Løvlien Georåd

Elvebredden Skien AS

Nenset Terrasse 28a, Skien

21469 Rapport nr. 2 Vurdering av områdestabilitet



Flyfoto av tomt

Prosjektnr: 21469	Dato: 25.08.25	Saksbehandler: Andreas Brathetland
Kundenr: 12614	Dato: 29.08.25	Kollegakontroll: Tor-Ivan Granheim

Fylke: Telemark og Vestfold	Kommune: Skien	Sted: Nenset
Adresse: Nenset terrasse 28a	Gnr/Bnr: 221/1076/0/5	

Tiltakshaver: Elvebredden Skien AS v/ Rune Solstad
Oppdragsgiver: Elvebredden Skien AS v/ Rune Solstad
Oppdragsgivers referanse:

Rapport: 21469 Rapport nr. 2 Vurdering av områdestabilitet
Rapporttype: Geoteknisk rådgivning
Stikkord: Områdestabilitet
Euref UTM: Sone 32V – Ø0536450, N6558950

Revisjon	Grunnlag	Dato
00	Første utgave for uavhengig kvalitetssikring	01.07.22
01	Endret utforming av tiltaket	01.09.25

Sammendrag

Elvebredden Skien AS planlegger etablering av tre leilighetsbygg med felles p-kjeller.

Utførte grunnundersøkelser viser at det er sammenhengende forekomster av sprøbruddmateriale i det aktuelle området. Iht. krav i TEK17 §7-3 og NVEs veileder 1/2019 [1] er faren for områdeskred utredet. Det er fra tidligere kartlagt en faresone for områdeskred - *Nenset* - med faregrad lav.

Forekomstene av sprøbruddmateriale har en begrenset mektighet. Utredningen viser at et eventuelt områdeskred vil arte seg som rotasjonsskred.

Beregnet sikkerhetsfaktor mot skred er ikke tilfredsstillende for beregningsprofiler innenfor influensområdet til det planlagte tiltaket. For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred anbefales det å legge kombinert motfylling og erosjonssikring langs elvebredden samt å utbedre eksisterende drensledning i skråningen.

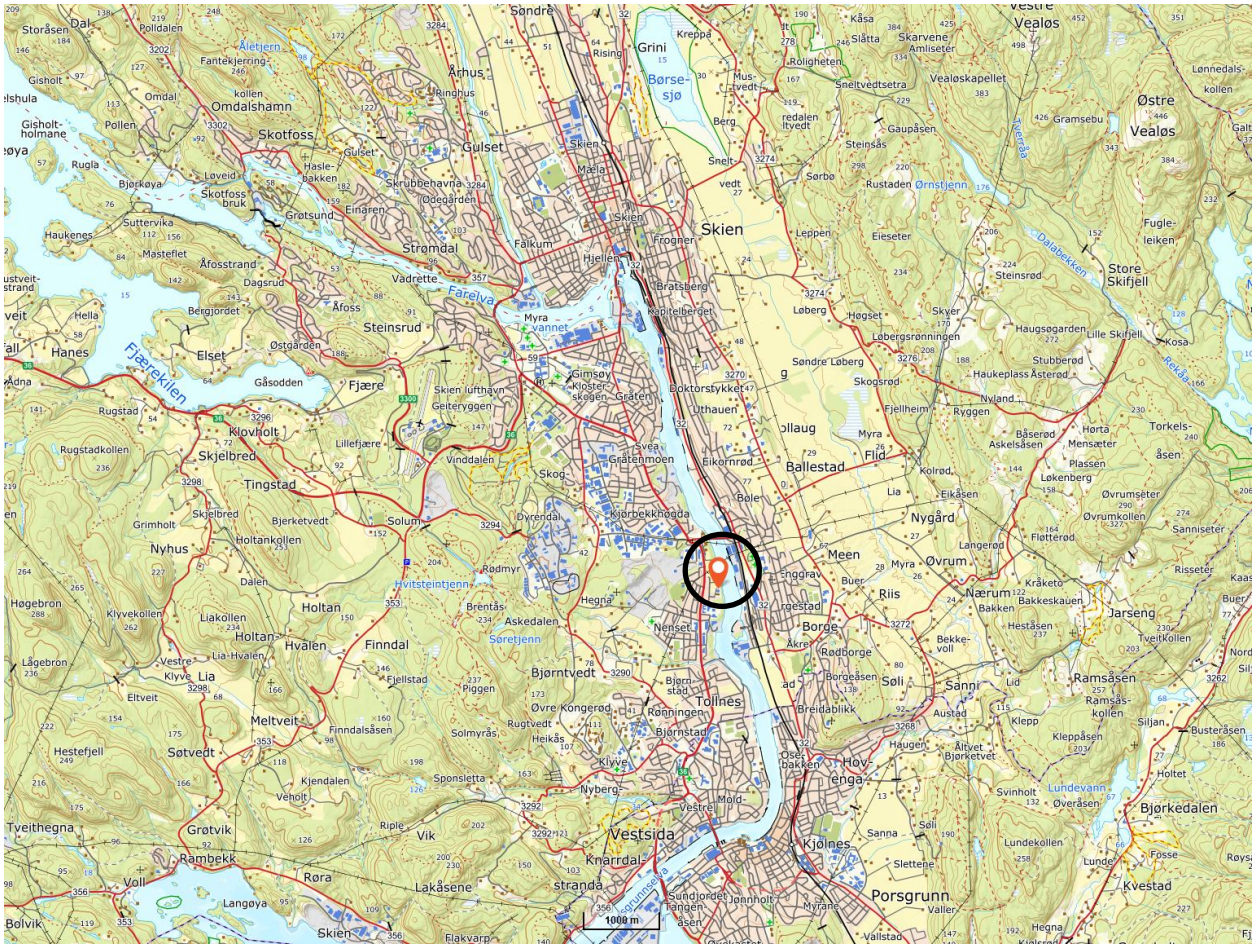
For å etablere fyllingen vil det være nødvendig med adkomst i elva. Dette kan f.eks. gjøres ved å etablere anleggsvei i elva med adkomst fra småbåtkaia i nord, se figur 11.1 i rapporten for skisse.

Sikringstiltakene må detaljprosjekteres nærmere før igangsettelse og må være utførte før annen byggeaktivitet kan tilta på tomten. Etablering av bygg og utomhusarealer på tomten må utføres på en slik måte at områdestabiliteten ikke forverres. Dette må ivaretas videre i prosjektet.

Denne rapporten må kvalitetssikres av uavhengig foretak iht. krav i NVEs veileder 1/2019 [1].

Utformingen av bebyggelsen er endret etter første utgave av denne rapporten (bla. utgår kjelleretasjen). Revisjon 01 omfatter en oppdatering av rapporten iht. gjeldende planer.

Oversiktskart



Figur 0.1: Oversiktskart [2]

Tegninger

Beskrivelse	Tegn. nr.
Situasjonsplan med boringer og beregningsprofiler	R02A01
Profil A: Stabilitetsberegning dagens situasjon og flom	R02E01
Profil B: Stabilitetsberegning dagens situasjon og flom	R02E02
Profil C: Stabilitetsberegning dagens situasjon og flom	R02E03
Profil D: Stabilitetsberegning dagens situasjon og flom	R02E04
Profil E: Stabilitetsberegning dagens situasjon og flom	R02E05
Profil A: Stabilitetsberegning med sikringstiltak og flom	R02E06
Profil B: Stabilitetsberegning med sikringstiltak og flom	R02E07
Profil C: Stabilitetsberegning med sikringstiltak og flom	R02E08

Vedlegg

1.1 Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU, inkl. anvendelsesklasse, OCR-plot og sprøbr.
1.2 Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon fra utvalgte CPTU
1.3 Tolkning av treaksialforsøk
1.4 Bilder fra befaring

Innholdsfortegnelse

Oversiktskart 3
1 Innledning 6
1.1 Bakgrunn 6
1.2 Rapportens innhold 6
2 Eksisterende faresoner 6
3 Avgrens områder under marin grense 7
4 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred 8
4.1 Topografi 8
4.2 Aktsomhet løsneområde 8
4.3 Aktsomhet utløpsområde 8
4.4 Delkonklusjon 8
5 Tiltakskategori 8
6 Identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde 8
7 Befaring 8
8 Gjennomfør grunnundersøkelser 9
8.1 Grunnforhold 11
8.1.1 Kartlegging av kvikkleire og sprøbruddmateriale 12
8.2 Geotekniske dimensjoneringsparametere (Grunnlag for stabilitetsberegninger) 14
8.2.1 Drenerte materialparametere 14
8.2.2 Udrenerte materialparametere 15
8.3 Poretrykksforhold 19
9 Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder 21
9.1 Stabilitetsberegninger dagens situasjon 21
9.1.1 Profil A 22
9.1.2 Profil B 22
9.1.3 Profil C 22
9.1.4 Profil D 22
9.1.5 Profil E 23
9.2 Avgrensning av faresone 23
10 Klassifiser faresoner 23
11 Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet 23
11.1 Anbefalte tiltak for å ivareta stabilitetsforholdene 24
11.2 Påvirkning på områdestabilteten fra utbygging av tomten 25
12 Supplerende grunnundersøkelser 26
13 Konklusjoner og videre arbeid 26
14 Referanser 27

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Elvebredden Skien AS planlegger etablering av tre leilighetsbygg med felles p-kjeller.

Prosjektets beliggenhet er vist på oversiktskart i figur 0.1. Utklipp av perspektivtegning er vist i figur 1.1

Løvlien Georåd AS har fått i oppdrag å bistå med geotekniske grunnundersøkelser og vurdering av områdestabilitet i forbindelse med prosjektet.



Figur 1.1: Utklipp fra tegning A200 70 003 utarbeidet av ADAPT Arkitekter AS. Perspektiv sett fra nordøst mot sørvest. Skråningen ned til Skienselva er vist i forgrunnen.

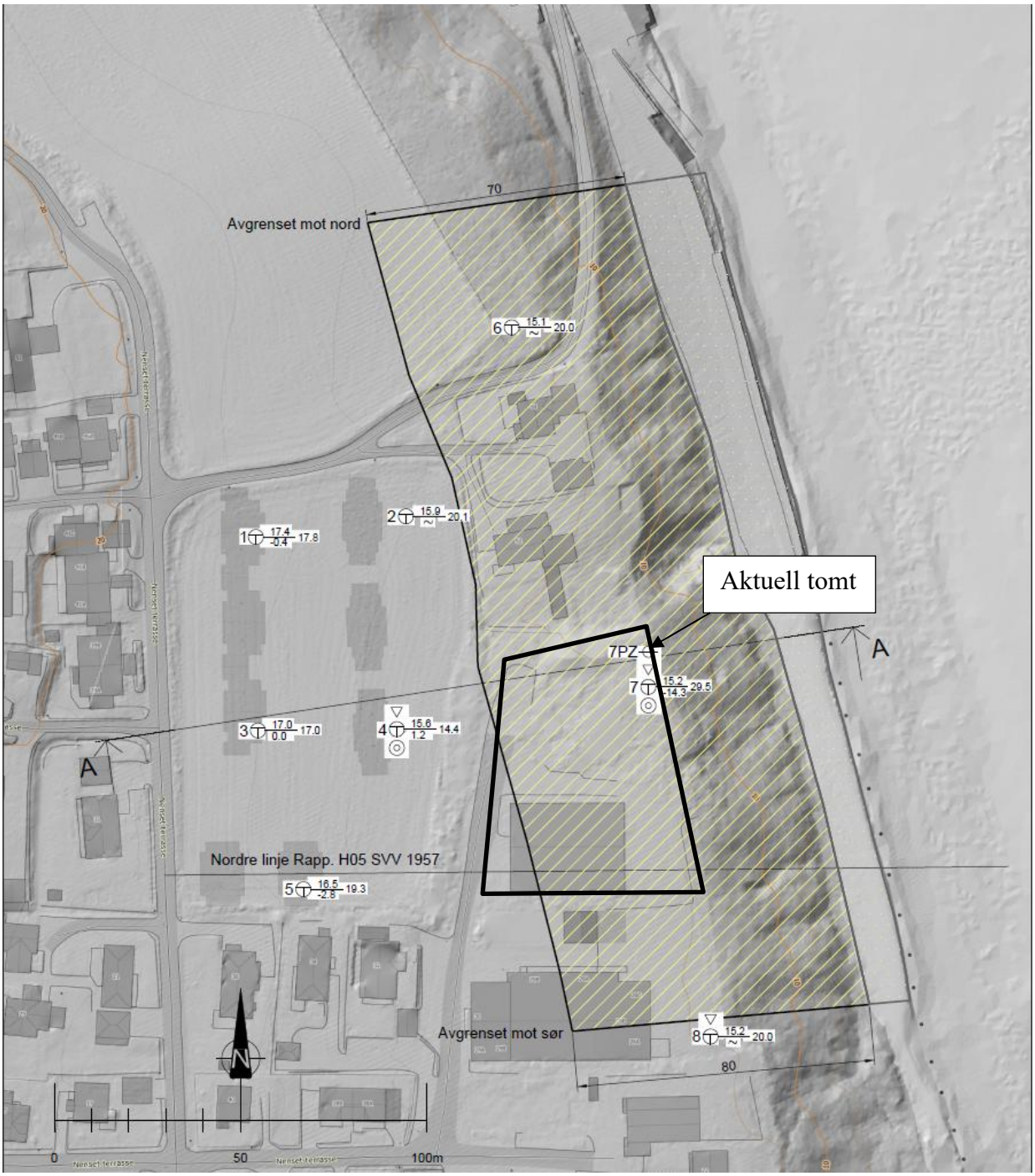
1.2 Rapportens innhold

Foreliggende rapport omhandler utredning av områdestabilitet iht. TEK17 §7-3 og NVEs veileder nr. 1/2019- *Sikkerhet mot kvikkleireskred*, se ref. [1]. Rapporten bruker geotekniske definisjoner som krever faglig geoteknisk kompetanse. Kapittelinndelingen i rapporten følger den stegvise prosedyren for utredning av områdeskredfare iht. NVEs veiledning.

2 Eksisterende faresoner

Den aktuelle tomten ligger i faresone 2790 Nenset. Denne faresonen ble kartlagt av Grunnteknikk AS ifm. naboprosjektet Nenset Park mot vest, se ref. [3] og Figur 2.1 under. Det ble beregnet lav sikkerhet på effektivspenningsbasis for sonen, men siden Nenset Park-prosjektet ble vurdert å ligge utenfor mulig løsneområde samt influensområde ble det ikke vurdert at det var behov for tiltak i forbindelse med Nenset Park-prosjektet.

Sør for faresone 2790 Nenset (og i forlengelse av denne), ligger faresone 2791 Leirvollen. Faresone 51 Bugta ligger videre mot sør med avstand ca. 500 m fra tiltaksområdet. Mot nord ligger faresone 49 Goberg, ca. 750 m nord for tiltaksområdet.



Figur 2.1 Utklipp av tegning 115636-2 fra ref. [3] som viser faresonen utredet av Grunnteknikk. Den aktuelle tomten er markert med sort figur.

3 Avgrens områder under marin grense

Hele prosjektområdet ligger under marin grense. Marin grense ligger rundt ca. kote +145 ifølge NGUs løsmassekart [4]. Hele prosjektområdet ligger i tillegg i område med aktsomhet for marin leire ifølge NVEs temakart kvikkleire [5].

4 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

4.1 Topografi

Landskapet i området er preget av et platå som ligger på ca. kote +15 med en bratt skråning ned i Skienselva mot øst. Gjennomsnittlig helning på skråningen er ca. 1:2. Det generelle inntrykket er dog at skråningen er forholdsvis slak øverst, men blir brattere og brattere ned mot elva. Nede ved elva er det flere steder helning brattere enn 1:1 over en høydeforskjell på 2 til 5 m. Ved elvebredden er det et parti hvor det er langgrunt og hvor terrenget er på ca. kote +0. Videre ut i elva faller terrenget forholdsvis slakt ned mot kote -10.

Mot vest stiger terrenget slakt med helning slakere enn 1:20. Mot nord og sør er terrenget forholdsvis horisontalt.

Fra befaring ble det for øvrig observert at det stedvis har vært fylt ut både søppel og løsmasser i toppen av skråningen. Det er også observert/prøvetatt masser som inneholder en del søppel og antatte fyllmasser inne på platået i nordre del av tomten.

For vurdering av områdestabilitet er det tegnet fire profiler (Profil A til E) med beliggenhet som vist i tegning R02A01. Profilene er vist i tegning R02E01 – R02E08.

4.2 Aktsomhet løsneområde

Basert på terrengkriterier fra tabell 3.1 i ref. [1] vurderes det at hele tomten ligger i aktsomhetsområde for mulig skred som løsner i skråningen ned mot Skienselva.

4.3 Aktsomhet utløpsområde

Basert på terrengkriterier fra tabell 3.1 i ref. [1] vurderes det at det ikke er høyereliggende terreng som kan gi skredutløp på den aktuelle tomten.

4.4 Delkonklusjon

Siden tiltaket ligger i aktsomhetsområde for skred som kan løsne i skråningen mot Skienselva samt allerede kartlagt faresone for kvikkleireskred må det gjøres videre utredning iht. NVEs veileder [1].

5 Tiltakskategori

Prosjektet omfatter etablering av leilighetsbygg, noe som innebærer etablering av boliger med mer enn to boenheter. Det er derfor valgt tiltakskategori K4.

6 Identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde

Ut fra terrengprofiler og utførte grunnundersøkelser vurderes det at hele prosjektområdet kan ligge innenfor et mulig løsneområde for områdeskred. Avgrensning av løsne- og utløpsområde er beskrevet i kapittel 9.

7 Befaring

Det ble utført befaring av geotekniker Tor-Ivan Granheim i oktober 2021. Fra befaring kan det ikke utelukkes fare for områdeskred.

Under befaringen ble det observert en del søppel og fyllmasser både i nordre del av tomten samt langs toppen av skråningen i øst. Det er observert flere skjeve trær og eksponerte røtter i skråningen.

Det er observert en drensledning med utløp midt i skråningen, se plassering i figur 7.1 og bilde i tillegg 1.4. Vannet har ført til ca. 1,5 m erosjon av massene ved utløpet og videre ned mot elva. De eroderte massene vurderes å bestå av siltig sand eller sandig silt. Massene fremstår som tørre.



Figur 7.1: Omtrentlig plassering av utløp drensledning hvor det er mye erosjon.

Langs elvebredden er det noe erosjon, men basert på at terrenget stedvis er mosegrodd helt ned i vannet virker det ikke å være høy erosjonshastighet. Det er heller ikke nevneverdig hastighet på vannet i elva. Springflo og springfjære varierer i Porsgrunn ifølge ref. [2] kun mellom kote -0,2 og +0,1. Det virker derfor lite sannsynlig at tidevannet fører til nevneverdig erosjon langs elva. Basert på flomsonekart i ref. [6] er dimensjonerende flomvannstand for 200-årsflom på ca. kote +2. Sannsynligvis er det i forbindelse med større flommer at det er nevneverdig erosjon i skråningen. Iht. ref. [7] karakteriseres erosjonsforholdene i elva som *litt erosjon*.

Det virker som det er pågående sig i skråningen. Skråningen fremstår som labil.

8 Gjennomfør grunnundersøkelser

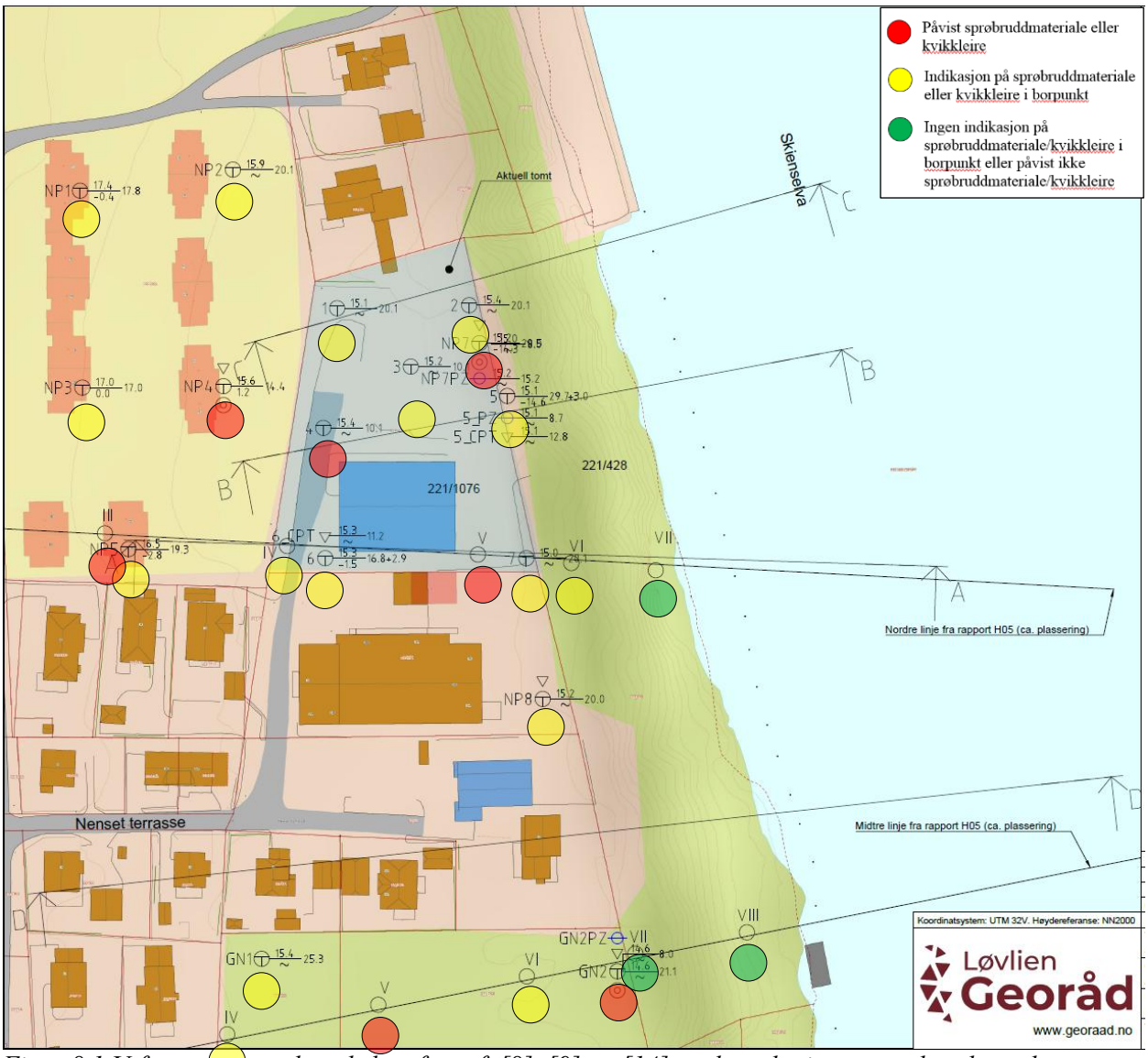
Det er utført grunnundersøkelser i forbindelse med det aktuelle prosjektet. I tillegg er vi kjent med at det er utført grunnundersøkelser både på den aktuelle tomten og i nærområdet flere ganger tidligere. Følgende grunnundersøkelser ligger til grunn for vurderingene i denne rapporten:

1. 21469 Nenset terrasse 28a, Skien. Rapport nr.1 - Geoteknisk datarapport. Løvlien Georåd (2021) [8]

2. 115636r1 Skien. Nenset park, boligbebyggelse. Grunnundersøkelser – Geoteknisk datarapport. Grunnteknikk (2021) [9]
3. 880075-2 Kartlegging av kvikkleireområder – Kartblad Porsgrunn, NGI (1990) [10]
4. 620207A NVE Region Sør – Skienselva i Skien og Porsgrunn – Rapport nr.1 Grunnundersøkelser Datarapport, Scandiaconsult (2002) [11]
5. Hd-746A Rv. 354/02 Porsgrunn bru – Skien X 316. Parsell Rabben-Nenset, G/S-veg. Grunnundersøkelser, Statens Vegvesen (1986) [12]
6. H05 Rapport om grunnundersøkelse for bru over Skienselva mellom Solum og Gjerpen, Veglaboratoriet (1957) [13]

I tillegg har vi fått oversendt geosuite-database inkl. prøvedata etc. fra Grunnteknikk for deres oppdrag for Grenland Næringspark som ligger like sør for prosjektområdet, ref. [14].

Tegning R02A01 viser en sammenstilling av utførte grunnundersøkelser fra ref. [8], [9] og [14]. Figur 8.1 viser en oversikt over utførte borpunkt med markering av hvor det er påvist, eller indikasjon på, kvikkleire/sprøbruddmateriale (røde og gule sirkler), samt hvilke borpunkt hvor det ikke er påvist eller ikke indikasjon på kvikkleire eller sprøbruddmateriale (grønne sirkler). Lagdeling med tolkning av kvikkleireforekomster i de ulike borpunktene vist i beregningsprofilene R02E01 – R02E08.



Figur 8.1 Utførte grunnundersøkelser fra ref. [8], [9] og [14] med markering av punkter hvor det er påvist eller antatt forekomst av kvikkleire eller sprøbruddmateriale samt punkter hvor det ikke er indikasjon på dette.

8.1 Grunnforhold

Utførte grunnundersøkelser indikerer at løsmassene oppe på platået ved tomten har følgende lagdeling (med unntak av haugen i nord, denne er ikke prøvetatt):

1. Oppfylte masser. Mektighet ca. 0-1 m.
2. Siltig sand. Stedvis leirig og grusig samt humusblandet. Mektighet ca. 1-3 m.
3. Leirig silt med sandkorn. Bløt til middels fast og middels sensitiv. Mektighet ca. 2-5 m. Mektigheten virker å øke fra nord mot sør. Defineres ikke som sprøbruddmateriale.
4. Siltig, sandig leire. Bløt til middels fast og middels til meget sensitiv. Defineres i hovedsak som sprøbruddmateriale. Mektighet ca. 1-5 m i området ved tomten. Mektigheten virker å øke mot vest og sør, jamfør ref. [13] og [14].
5. Sand over berg. Mektighet fra 8 m og oppover.

I selve skråningen ned mot elva har vi kun tilgang på et borpunkt fra ref. [13]. Det er utført på ca. kote +10. Det er ikke indikasjon på sprøbruddmateriale ned til 6,5 m dybde under terreng (kote +3,5).

Nede ved elva har vi tilgang på tre borpunkter, to fra ref. [13] og ett fra ref. [14]. Basert på disse vurderer vi at løsmassene i elva består av sand med mektighet ca. 13-15 m ved foten av skråningen ved den aktuelle tomten.

Det er ikke observert berg i dagen i det aktuelle området. Dybdene til berg i borpunktene hvor man har påtruffet berg varierer mellom ca. 13 og 30 m. I det aktuelle området virker bergoverflaten generelt å falle fra vest mot øst.

8.1.1 Kartlegging av kvikkleire og sprøbruddmateriale

Kvikkleire: Leire som i omrørt tilstand har skjærfasthet mindre enn 0,5 kPa etter gammel konus-standard (NS8015, tilbaketrukket i 2017). Etter ny konus-standard (ISO 17892-6:2017 [15]) tilsvarer dette omrørt skjærfasthet på 0,33 kPa.

Sprøbruddmateriale: Leire som i omrørt tilstand har skjærfasthet mindre enn 2,0 kPa etter gammel konus-standard (NS8015, tilbaketrukket i 2017). Etter ny konus-standard (ISO 17892-6:2017 [15]) tilsvarer dette omrørt skjærfasthet på 1,27 kPa. Kvikkleire er en type sprøbruddmateriale.

Kartlegging av forekomster av sprøbruddmateriale er basert på opptatte prøver, CPTU-sonderinger og totalsonderinger.

Tolkning av lagdeling er vist i beregningsprofilene R02E01 – R02E08.

8.1.1.1 Måling av omrørt skjærfasthet fra laboratorieundersøkelser

Løvlien Georåd sitt laboratorium tok i bruk den nye konus-standarden fra august 2017. Kartlegging av sprøbruddmateriale fra laboratorieundersøkelsene som er utført i forbindelse med vår datarapport *21469 datarapport nr. 1* er dermed basert på den nye standarden. Resultatene fra rapport i ref. [9] er også angitt å være etter ny standard. Vi antar at dette også gjelder resultatene vi har mottatt i ref. [14].

For øvrige rapporter i ref. [10], [12] og [13] antar vi at klassifiseringen er gjort etter gammel standard (NS8015) siden rapportene er fra før 2017.

Fra laboratorieundersøkelser er det kartlagt forekomster av sprøbruddmateriale i følgende borpunkt og dybder i det aktuelle området:

Tabell 1: Tabell med angivelse av påvist sprøbrudmateriale fra prøveserier.

Borpunkt	Kote terreng [m]	Registrert sprøbruddmateriale (fra – til) [m]	Kotehøyde sprøbruddmateriale (fra – til) [m]	Minste registrerte omrørte skjærstyrke [kPa]
4 (ref. [8])	+15,4	? - 6,25	+9,2 og ?	0,72 (ISO)
4 (ref. [9]) (=NP4)	+15,6	4,0 – 6,0	+9,6 - +11,6	0,45 (ISO)

7 (ref. [9]) (=NP7)	+15,2	6,5 – 7,5	+7,7 - +8,7	0,82 (ISO)
2 (ref. [14]) (=GN2)	+14,6	8,0 – 9,0	+5,6 - +6,6	0,54 (ISO)
8 (ref. [14]) (=GN8)	+15,0	5,0 – 8,0	+7,0 - +10,0	0,66 (ISO)
108 (ref. [11])	+14,9 (NN54)	5,5 – 6,5	+8,4 - +9,4 (NN54)	~1,3 (NS8415)
III linje nord (ref. [13])	+16,5	4,5 – 5,5	+11 - +12	~1,8 (NS8415)
V linje nord (ref. [13])	+15,2	6,5 - 10	+5,2 - +8,7	~1,0 (NS8415)
II linje midt (ref. [13])	+17,5	6,5 – 7,0	+10,5 - +11	~1,1 (NS8415)
V linje midt (ref. [13])	+15,0	5,0 – 6,5	+8,5 - +10	~2,0 (ISO)

8.1.1.2 CPTU-sonderinger

Fra CPTU-sonderingene er revidert spissmotstandstall N_{mc} og poretrykksforholdet, B_{q1}, benyttet som en indikasjon på kvikkleire/sprøbruddmateriale iht. retningslinjer i ref. [16].

Følgende verdiområder er lagt til grunn:

Tabell 3.4. Verdiområde for klassifiseringsparametrene N_{mc}, B_{q1} og R_{fu} i sprøbruddmateriale.

Parameter	Verdiområde for kvikkleire	Verdiområde for sensitiv leire
$N_{mc} = q_n/(\sigma_A' + a)$ (-)	1 - 2,5	2,5 - 3,5
$B_{q1} = \Delta u_1/q_n$ (-)	1 - 2	0,75 – 2,0
$B_{q2} = \Delta u_2/q_n$ (-)	1 - 2	0,60 – 1,80
$R_{fu} = f_s/\Delta u_1$ (%)	0 – 2,0	0 – 2,0

I enkelte av CPTU-sonderingene faller poretrykket raskt idet sonden presses gjennom et sandlag, og poretrykket bygger seg opp igjen når sonden presses videre ned i den underliggende leira. I enkelte deler av disse sonderingene er det usikkert hvorvidt filteret klarer å bygge opp riktig poretrykk før neste sandlag påtreffes, både fordi det tar tid før poretrykket bygges opp og fordi metningen av poretrykksfilteret kan være påvirket. Dette kan føre til for lave B_q-verdier. I slike tilfeller vektlegges ev. prøvetaking og/eller N_{mc}-parameteren for tolkning av sprøbruddmateriale.

I tillegg er det indikasjoner på at det stedvis er sandlag i sprøbruddleiren. Vi har valgt å ikke legge inn i dette i beregningene. Dette vurderes som konservativt.

Basert på dette antas det at det er sprøbruddmateriale i følgende dybder i CPTU-sonderingene:

Tabell 2: Tolket sprøbruddmateriale fra CPTU-sonderinger.

Borpunkt	Kote terreng [m]	Tolket dybde sprøbruddmateriale (fra – til) [m]	Tolket kotehøyde sprøbruddmateriale (fra – til) [m]
5 (ref. [8])	+15,1	4,0 – 9,5	+5,6 - +11,1
6 (ref. [8])	+15,3	4,5 – 8,8	+6,5 - +11,1
4 (ref. [9]) (=NP4)	+15,6	4,0 – 7,4	+8,2 - +11,6
7 (ref. [9]) (=NP7)	+15,2	6,5 – 8,7	+6,5 - +8,7
8 (ref. [9]) (=NP8)	+15,2	6,0 – 10,0	+5,2 - +9,2
2 (ref. [14]) (=GN2)	+14,6	5,7 – 8,6	+6,0 - +8,9
7 (ref. [14]) (=GN7)	+16,4	5,0 – 9,7 og 11,5 ->	<+4,9 samt mellom +6,7 - +11,4
8 (ref. [14]) (=GN8)	+15,0	5,0 – 7,8	+7,2 - +10,0
14 (ref. [14]) (=GN14)	+1,1	Ikke sprøbruddmat.	Ikke sprøbruddmateriale
108 (ref. [11])	+14,9 (NN54)	5,5 – 7,5	+7,4 - +9,4

8.1.1.3 Totalsonderinger og dreietrykksonderinger

Fra totalsonderinger og dreietrykksonderinger antas det forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale i dybdeintervall der sonderingene viser konstant eller avtakende sonderingsmotstand mot dybden. Unntaket er hvis prøvetaking og/eller CPTU-sonderinger utelukker muligheten for sprøbruddmateriale.

8.2 Geotekniske dimensjoneringsparametere (Grunnlag for stabilitetsberegninger)

Følgende avsnitt beskriver geotekniske dimensjoneringsparametere som er lagt til grunn for stabilitetsberegningene.

8.2.1 Drenerte materialparametere

Materialparametere for drenert oppførsel er gitt i tabell 8.3.

Materialparametere er til dels basert på erfaringsverdier fra Statens vegvesen *Håndbok V220*, se ref. [17]. For silt og leire er tyngdetetthet basert på målte verdier på opptatte prøver.

Friksjonsvinkel og attraksjon for de stedlige massene er tolket fra CPTU og vist i tillegg 1.2.

Tabell 8.3 Materialparametere for drenert oppførsel

Lag nr.	Materiale	Tyngdetetthet γ (kN/m³)	Effektiv tyngdetettehet γ' (kN/m³)	Friksjonsvinkel ϕ (°)	Kohesjon c' (kN/m²)
1	Oppfylte masser	18	8	30	0
2	Siltig sand	19	9	33	2
3	Leirig silt	20,5	10,5	29	5
4	Siltig, sandig leire (sprøbrudd)	20	10	25	5
5	Sand	18	8	34	0
6	Tilførte samfengte steinmasser	17*	8	42	0

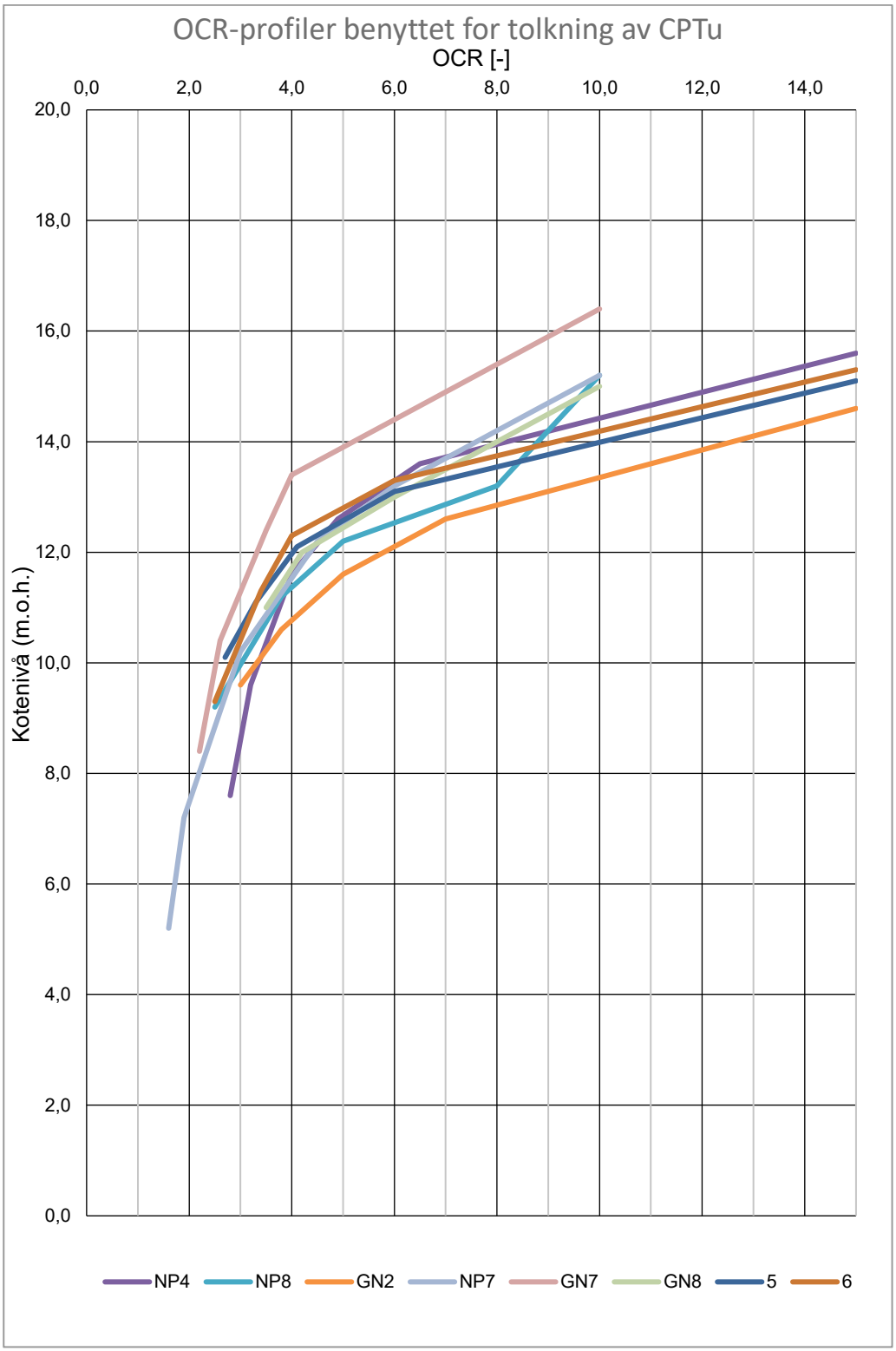
**Velger forsiktig å anta 17 kN/m³ i egenvekt siden massene delvis legges ut under dimensjonerende flomnivå og det da kan vaskes ut en del masse.*

8.2.2 Udrenerte materialparametere

Silten og leiren er i stabilitetsberegningene modellert med både udrenert og drenert materialoppførsel.

8.2.2.1 Prekonsolidering (OCR)

Vi har ikke tilgang til ødometerforsøk som er utført i nærområdet. Basert på en samlet tolkning av de utførte trykksonderingene (CPTU), er det lagt til grunn OCR-profilene vist i Figur 8.2 for tolkning av udrenert skjærstyrke fra de utførte trykksonderingene.



Figur 8.2: OCR-profiler benyttet for tolkning av CPTU.

8.2.2.2 Udrenert skjærfasthet

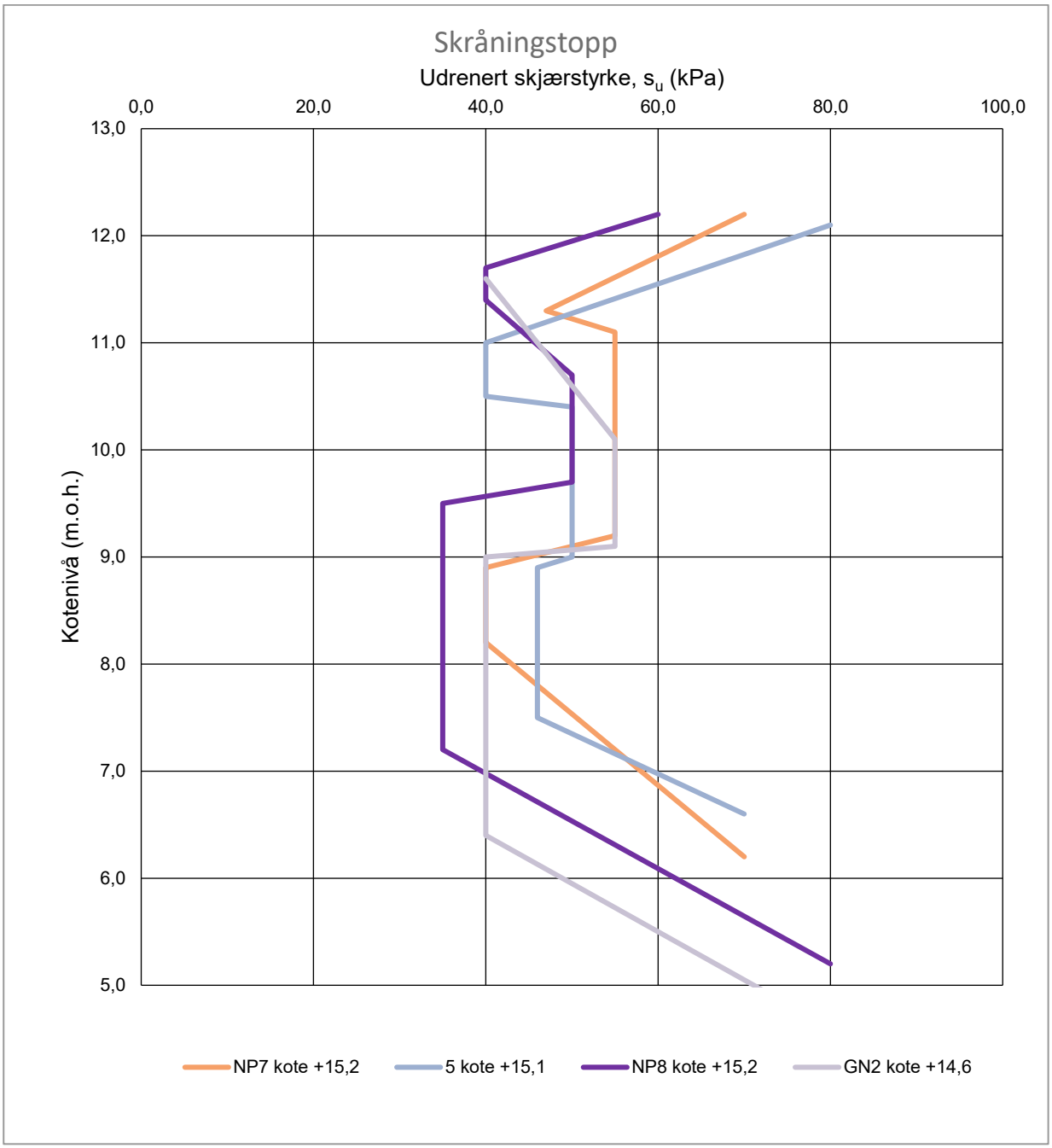
Vurdering av aktiv udrenert skjærfasthet (s_u^A) er i hovedsak basert på CPTU-sonderinger i borpunkt 5,6, NP7, NP8, GN2 og GN7. I tillegg er konus- og enaksialforsøk benyttet som støtte til tolkningen der dette er tilgjengelig.

Aktiv udrenert skjærfasthet (s_u^A) tolket fra CPTU-sonderinger er basert på korrelasjoner for norske leirer som er utarbeidet av Karlsrud m.fl. [18]. Korrelasjonsfaktorene N_{kt} og $N_{\Delta u}$ er gitt som funksjon av sensitivitet (S_t), plastisitetsindeks (I_p) og grad av overkonsolidering (OCR). Verdier for sensitivitet og plastisitetsindeks er valgt på bakgrunn av målinger fra laboratorieforsøk eller antatt der dette ikke er tilgjengelig. OCR-profilene som inngår i korrelasjonsfaktorene er vist i Figur 8.2.

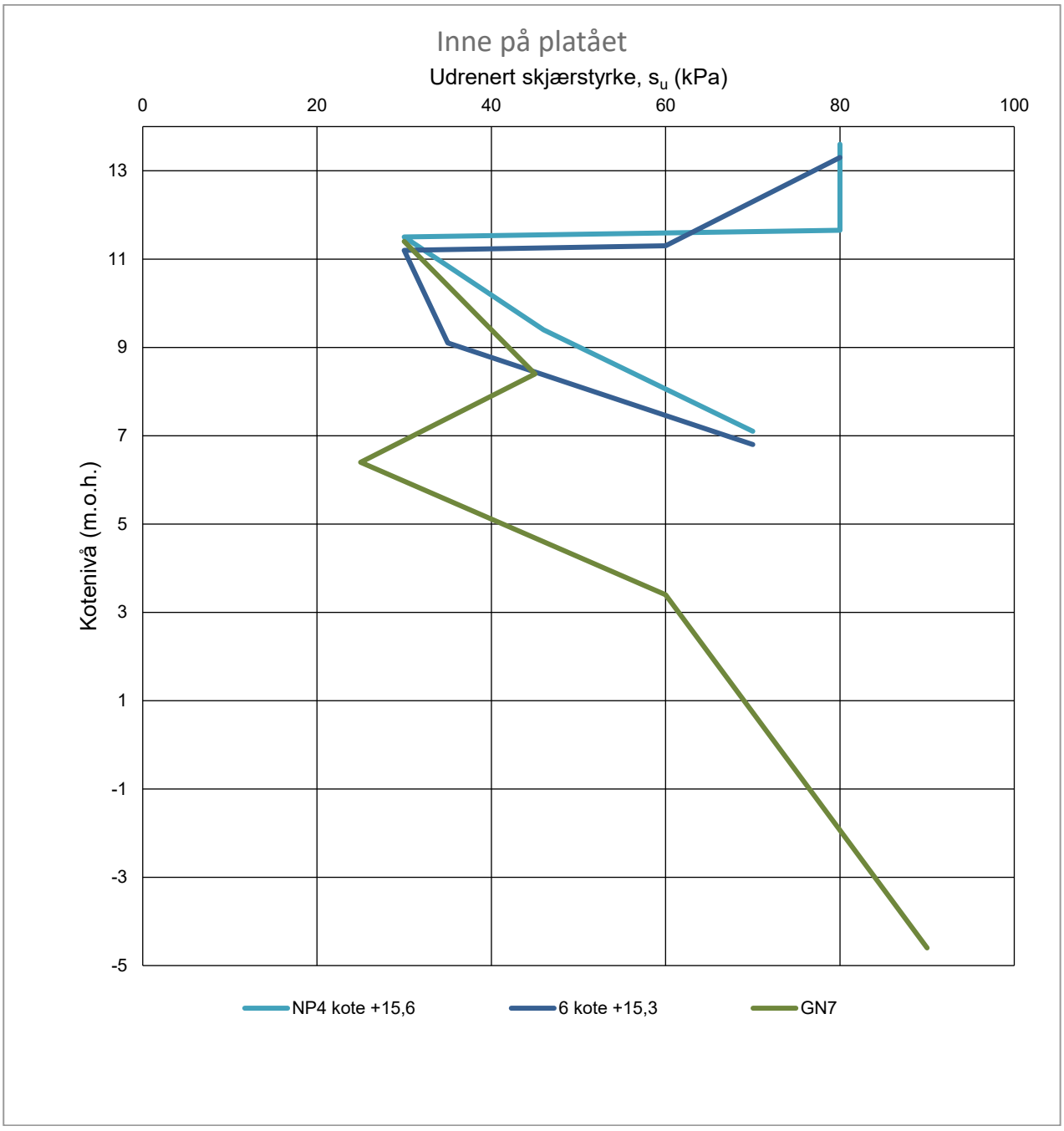
OCR-profilene er tolket individuelt i hvert borpunkt og er vist i tillegg 1.1.

Tolkning av udrenerte skjærfasthetsprofiler som er lagt til grunn i stabilitetsberegningene er vist i tillegg 1.1 og en sammenstilling av profiler for aktiv udrenert skjærfasthet er vist i Figur 8.3 og Figur 8.4. Alle CPTU-sonderinger oppnår anvendelsesklasse 1.

Det er for øvrig utført to treaksialforsøk i borpunkt 4. Basert på kvalitetskriteriet ut fra OCR og endring av poretall i konsolideringsfasen klassifiseres disse forsøkene som *meget dårlig* og *dårlig*. CPTU-sonderingene tillegges derfor størst vekt i tolkning av s_u^A.



Figur 8.3 Sammenstilling aktiv udrenert skjærfasthet ved skråningstopp fra CPTU.



Figur 8.4: Sammenstilling aktiv udrenert skjærfasthet inne på platået fra CPTU.

8.2.2.3 ADP-faktorer

Forholdet mellom aktiv, direkte, og passiv skjærstyrke velges på bakgrunn av NIFS-rapport: «*En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer*», ref. [19].

Ut fra målinger det valgt å legge til grunn $I_p \leq 10$ % i silten og leira, som gir følgende anisotropiforhold:

- $s_u^D / s_u^A = 0{,}63$
- $s_u^P / s_u^A = 0{,}35$

8.3 Poretrykksforhold

Det er installert poretrykksmålere i følgende punkt og med følgende avlesninger:

Punkt	Kotehøyde terreng [m]	Kotehøyde spiss [m]	Dato	Målt poretrykk [kPa]	Kotenivå vannspeil [m]	Dybde vannspeil ift. terreng [m]
5 fra ref. [8]	+15,1	+6,1	22.10.2021	3	+6,4	8,7
7 fra ref. [9] (=NP7)	+15,2	+9,2	29.06.2021	9	+10,1	5,1
			22.10.2021	9	+10,1	5,1
2 fra ref. [14] (=GN2)	+14,9	+6,9	04.01.2022	8	+7,7	7,2
7 fra ref. [14] (=GN7)	+16,4	+10,4	10.12.2021	29	+13,3	3,1
8 fra ref. [14] (=GN8)	+15	+5	26.11.2021	1,5	+5,15	9,85

Poretrykksmålerne i borpunkt 5, NP7, GN2 og GN8 er installert ved skråningstopp. Målingene viser at det er lavt poretrykk i grunnen i skråningen. Begge avlesningene i borpunkt NP7 viser samme poretrykk selv om de er utført med 3 måneders mellom.

Poretrykksmåleren i borpunkt GN7 er installert på platået, ca. 150 m (~10H) inn fra skråningstopp. Målingen indikerer som ventet at det er høyere poretrykk i dette området sammenlignet med langs skråningstoppen.

I bunnen av skråningen antas det hydrostatisk poretrykk fra nivå på elva og videre med dybden (~kote 0). Det antas også at det vil være hydrostatisk poretrykksøkning i grunnen under skråningstopp og inne på platået fra en viss kotehøyde. Det antas at denne kotehøyden øker med avstanden til elva. Det er også gjort beregninger for dimensjonerende flom (200-årsflom) med flomvannstand på kote +2,0. Da beregningene med dimensjonerende flomnivå virker å være kritiske er det kun lagt vekt på disse i vurdering av geoteknisk stabilitet.

Viser til beregningsprofilene for ytterligere detaljer.

9 Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder

Det er kartlagt antatt sammenhengende lag av sprøbruddmateriale i det aktuelle området. I borpunkt NP4, GN2 og GN8 tilsier målinger av omrørt skjærfasthet at et retrogressivt skred kan oppstå, dvs. at $c_{u,r} \leq 0{,}69$ kPa etter ISO. Det er imidlertid kartlagt begrenset mektighet av sprøbruddmateriale i de utførte borpunktene. For å kunne vurdere andelen av sprøbruddmateriale over kritisk glideflate er det utført stabilitetsberegninger for dagens situasjon.

9.1 Stabilitetsberegninger dagens situasjon

Det er uført stabilitetsberegninger for dagens situasjon i 5 beregningsprofiler (Profil A til E) med beliggenhet som vist på situasjonsplan i tegning R02A01.

Stabilitetsberegningene er utført i GeoSuite Stability og BEAST som beregningsverktøy [20]. Det er utført beregninger for totalspenningsbasis (udrenert tilstand i silt og leire) og effektivspenningsbasis (drenert langtidstilstand i silt og leire). Både sirkulærsylindriske og sammensatte glideflater er kontrollert og presentert i beregningene. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle positive bidrag fra geometrieffekter i beregningene (3D-effekter).

Det er utført stabilitetsberegninger for dagens situasjon for å kartlegge stabilitetsforholdene og aktuelle skredmekanismer. I tillegg er det gjort beregninger for å finne nødvendige tiltak for å ivareta sikkerhetskrav i tre av beregningsprofilene hvor sikkerheten er for dårlig i dagens situasjon.

Stabilitetsberegningene er vist i tegning R02E01 til R02E05. Lagdeling, materialparametere og andel kvikkleire/sprøbruddmateriale over kritisk glideflate er vist i beregningene. Beregningsmessig sikkerhet er oppsummert i tabell 9.1.

Tabell 9.1 Beregnet sikkerhetsfaktor for dagens situasjon

Tegningsnr.	Profil	Beregningsmet.	Beregnet F
R02E01	A	ADP / AFI	1,25 / 1,00 (overflateglidning) og 1,27 (dyp skjærflate)
R02E02	B	ADP / AFI	1,36 / 1,27
R02E03	C	ADP / AFI	1,28 (rotasjonsskred) og 4,48 (flakskred) / 0,87 (overflateglidning) og 1,21 (dyp skjærflate)
R02E04	D	ADP /AFI	1,56 / 1,52
R02E05	E	ADP / AFI	1,46 / 0,93 (overflateglidning) og 1,29 (dyp skjærflate)

Beregnet b/D-forhold for de ulike profilene er oppsummert i tabell 9.2. I samtlige av de undersøkte profilene er b/D-forholdet mindre eller lik 40 %. Iht. figur 4.3 i NVE 1/2019 [1] er dermed aktuelle skredmekanismer rotasjonsskred eller flakskred. Basert på stabilitetsberegning i profil C vurderes flakskred som en lite sannsynlig bruddmekanisme da beregnet skjærflate gir meget høy sikkerhetsfaktor. Det vurderes derfor at rotasjonsskred er mest sannsynlig skredmekanisme. Maksimal løsnedistanse for rotasjonsskred vil være 5 ganger høydeforskjellen (H) fra bunn skråning til topp skråning iht. kap. 4.5.3 i ref. [1].

Tabell 9.2 Oppsummering b/D-forhold

Tegningsnr.	Profil	b/D-forhold	Kommentar
R02E01	A	0,15 0,33	Ved bakkant kritisk skjærflate Ved topp skråning
R02E02	B	0,40	Ved bakkant kritisk skjærflate
R02E03	C	0,15 0,30	Ved bakkant kritisk skjærflate Ved topp skråning
R02E04	D	0,36	Ved bakkant kritisk skjærflate
R02E05	E	0,28	Ved bakkant kritisk skjærflate

9.1.1 Profil A

Profil A ligger i søndre del av aktuell tomt. Dagens sikkerhet for overflateglidninger i nedre del av skråningen mot elva er labil, med $F_{c\phi} = 1{,}00$. For dypere skjærflater oppnås udrenert sikkerhetsfaktor $F_{cu} = 1{,}25$. Langtidsstabiliteten for dype skjærflater er $F_{c\phi} = 1{,}27$.

Profilet er innenfor influensområdet til planlagt tiltak. For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred må det gjøres stabiliserende tiltak i profilet.

Viser også til tegning R02E01.

9.1.2 Profil B

Profil B ligger i midtre del av aktuell tomt. For dypere skjærflater oppnås udrenert sikkerhetsfaktor $F_{cu} = 1{,}36$. Langtidsstabiliteten for dype skjærflater er $F_{c\phi} = 1{,}27$.

Profilet er innenfor influensområdet til planlagt tiltak. For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred må det gjøres stabiliserende tiltak i profilet.

Viser også til tegning R02E02.

9.1.3 Profil C

Profil C ligger i nordre del av aktuell tomt. Dagens sikkerhet for overflateglidninger i nedre del av skråningen mot elva er labil, med $F_{c\phi} = 0{,}87$. For dypere skjærflater oppnås udrenert sikkerhetsfaktor $F_{cu} = 1{,}28$. Langtidsstabiliteten for dype skjærflater er $F_{c\phi} = 1{,}21$.

Profilet er innenfor influensområdet til planlagt tiltak. For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred må det gjøres stabiliserende tiltak i profilet.

Viser også til tegning R02E03.

9.1.4 Profil D

Profil D ligger sør for aktuell tomt. Dagens sikkerhet for overflateglidninger vurderes å være tilfredsstillende. For dype skjærflater oppnås udrenert sikkerhetsfaktor $F_{cu} = 1{,}56$. Langtidsstabiliteten for dype skjærflater er $F_{c\phi} = 1{,}52$.

Profilet er utenfor influensområdet til tiltaket (>2H = 30 m). Det er ikke nødvendig å gjøre stabiliserende tiltak i profilet.

Viser også til tegning R02E04.

9.1.5 Profil E

Profil E ligger nord for aktuell tomt ved småbåthavna. Dagens sikkerhet for overflateglidninger i nedre del av skråningen mot elva er labil, med $F_{c\phi} = 0{,}93$. For dypere skjærflater oppnås udrenert sikkerhetsfaktor $F_{cu} = 1{,}46$. Langtidsstabiliteten for dype skjærflater er $F_{c\phi} = 1{,}29$.

Den tidligere utbyggingen av småbåthavna med oppfylling langs elva vurderes å ha gitt en forbedring av den geotekniske stabiliteten i profilet. Videre gir ROS-analyse av profilet veldig lav faregrad (2 % av maksimal score). Profilet er utenfor influensområdet til tiltaket (>2H = 30 m). Sikkerheten for dype skjærflater er tilfredsstillende.

Det vurderes at evt. overflateglidninger ikke medfører fare for områdeskred siden det antas å være stor avstand fra skjærflate for overflateglidning og bak til sprøbruddmaterialet.

Det vurderes at det derfor ikke er nødvendig å gjøre stabiliserende tiltak i profilet.

Viser også til tegning R02E05.

9.2 Avgrensning av faresone

Faresonen er tidligere avgrenset, se Figur 2.1, samt ref. [3] og [21].

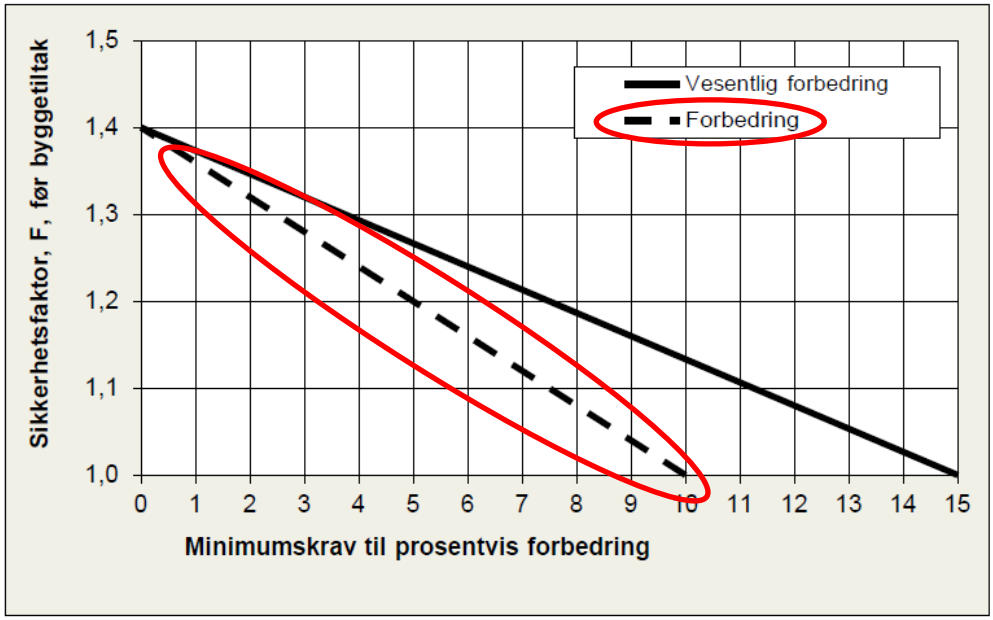
10 Klassifiser faresoner

Faresonen er tidligere klassifisert, se ref. [3] og [21].

11 Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet

Sikkerhetskrav for tiltakskategori K4 og faregrad lav er følgende:

- Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor Fcu ≥ 1,61 og Fcφ ≥ 1,25.
- For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet Fcu ≥ 1,40 og Fcφ ≥ 1,25. Ved lavere sikkerhet må Fcu og Fcφ økes prosentvis iht. krav om forbedring i Tabell 3.3 og Figur 3.3 i [1].
- For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet Fcφ ≥ 1,25, samt krav til robusthet Fcu ≥ 1,20. Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal Fcφ og Fcu økes prosentvis iht. krav om forbedring i Tabell 3.3 og Figur 3.3 i [1].



- Figur 3.3 Krav til prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktor, F_{cu} og $F_{cφ}$.

11.1 Anbefalte tiltak for å ivareta stabilitetsforholdene

Lav faregrad og tiltakskategori K4 tilsier prosentvis forbedring av alle bruddflater i sonen som ikke har tilstrekkelig sikkerhet for dagens situasjon. For det aktuelle tiltaket gjelder dette bruddflater i profil A-A, B-B og C-C. Det gjennomgående i alle disse beregningene er at skråningen blir brattere og brattere ned mot elva, antakelig på grunn av erosjon, og at dette er hovedårsaken til at den geotekniske stabiliteten er dårlig.

Vi mener derfor at det må utføres en kombinert erosjonssikring og motfylling i den nedre, bratte delen av skråningen ved tiltaket for å både oppnå krav til prosentvis forbedring, men også krav til bestandighet mot erosjon.

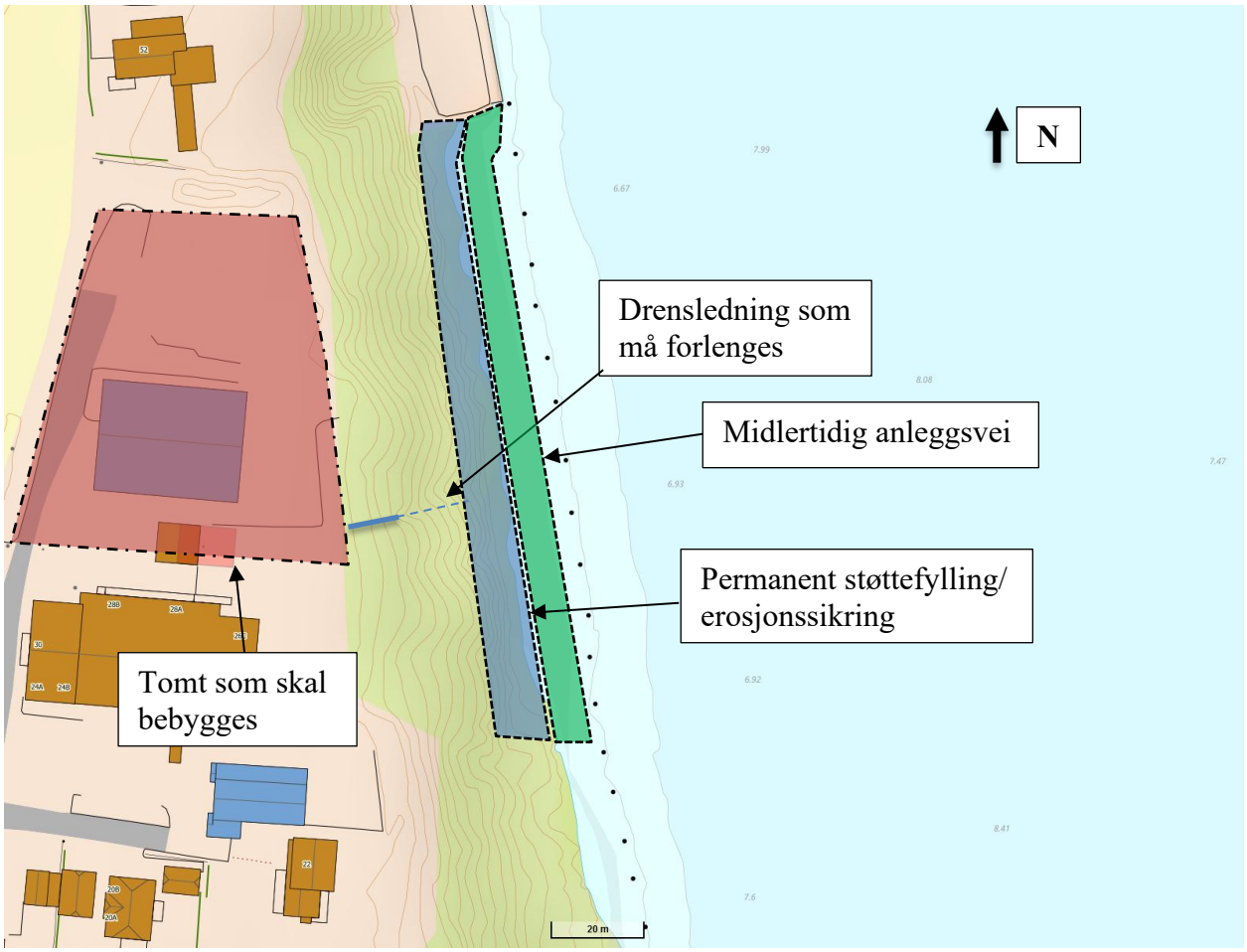
I tillegg må overvannsledning som i dag kommer ut midt i skråningen, og som har ført til erosjon i skråningen, utbedres. Vi foreslår at ledningen forlenges ned til bunnen av skråningen, og legges i den planlagte erosjonssikringen/motfyllingen langs elva. Slik vil man kunne sikre mot erosjon ved det nye utløpet av ledningen.

For å etablere motfyllingen vil det være nødvendig med adkomst i bunnen av skråningen. Det mest åpenbare alternativet for tilkomst er å etablere en anleggsvei i elva fra småbåtkaia i nord. Trær og vegetasjon må kappes for å gi plass til fyllingen, men stubber og røtter bør få stå igjen for ikke å forverre stabiliteten mer enn nødvendig i forbindelse med anleggsarbeidene.

Sikringstiltaket må detaljprosjekteres i forkant av utførelse og må utføres før annen byggeaktivitet kan igangsettes på tomten.

Et grovt estimat tilsier behov for ca. 1000 m^3 masse ferdig utlagt for motfylling/erosjonssikring og 1000 m^3 ferdig utlagt masse for anleggsvei.

Se prinsipp i figur 11.1. Se tabell 6 for beregnet sikkerhet med stabiliserende tiltak.



Figur 11.1 Foreslåtte stabilitetsforbedrende tiltak for å ivareta områdestabilitet.

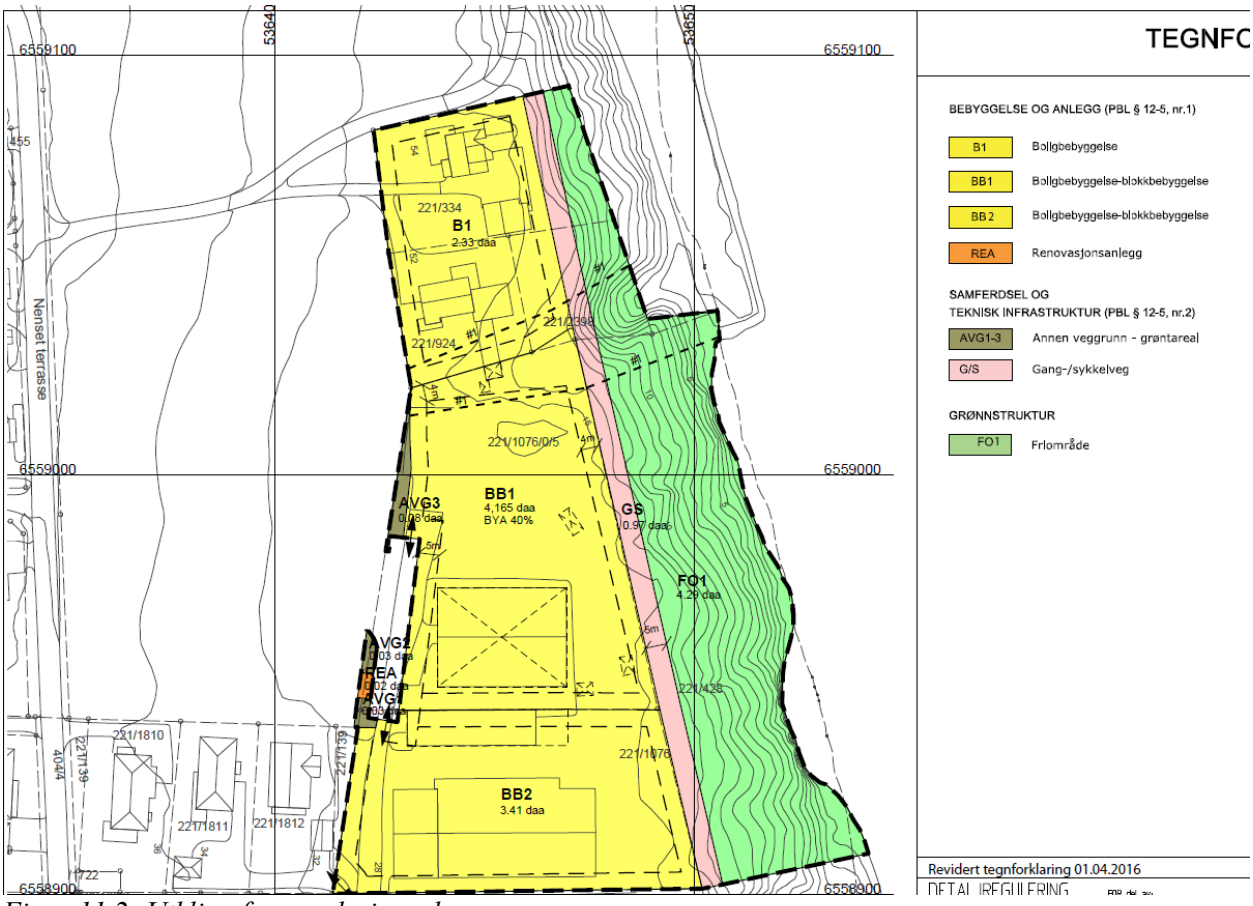
Tabell 3: Beregnet sikkerhet med stabiliserende tiltak.

Tegningsnr.	Profil	Beregningsmet.	Beregnet F	Krav F
R02E01	A	ADP / AFI	1,40 / 1,12 (overflateglidning) og 1,35 (dyp skjærflate)	1,30 (4 % forbedring) / 1,10 (10 % forbedring overflateglidning) og 1,32 (3,5 % forbedring dyp skjærflate)
R02E02	B	ADP / AFI	1,43 / 1,32	1,38 (1 % forbedring) / 1,32 (3,5 % forbedring)
R02E03	C	ADP / AFI	1,38 / 1,17 (overflateglidning) og 1,29 (dyp skjærflate)	1,32 (3 % forbedring) / 1,10 (10 % forbedring overflateglidning) og 1,27 (5 % forbedring dyp skjærflate)

11.2 Påvirkning på områdestabilteten fra utbygging av tomten

Når tomten er ferdig sikret, kan utbygging igangsettes. Det må i den anledning sørges for at selve prosjektet ikke medfører forverring av sikkerheten mot skred. Boligbyggene er planlagt etablert uten kjeller, og vil derfor medføre en tilleggsbelastning på terreng dersom byggene direktefundamenteres. Vår vurdering er derfor at byggene bør pelefundamenteres for å unngå en tilleggsbelastning på terrenget ut mot skråningskanten. Detaljprosjektering av fundamenteringsløsning må ivaretas i videre prosjekteringsfaser.

Det er i tillegg skissert en gang- og sykkelvei øst for den planlagte tomten, se figur 11.3. I den videre prosjekteringen må det påses at også denne planlegges iht. krav i NVE-veileder 1/2019 [1].



Figur 11.2: Utklipp fra reguleringsplan.

12 Supplerende grunnundersøkelser

Det anses i utgangspunktet ikke som nødvendig å utføre supplerende grunnundersøkelser for å prosjektere sikringstiltaket. Det kan imidlertid ikke utelukkes behov for supplerende grunnundersøkelser ifm. detaljprosjektering av tiltaket.

13 Konklusjoner og videre arbeid

Det planlagte tiltaket ligger i en tidligere kartlagt faresone for kvikkleireskred, og er klassifisert i tiltakskategori K4. Utførte grunnundersøkelser viser at det er forekomster av sprøbruddmateriale som kan påvirke det planlagte tiltaket. Faren for områdeskred ifm. tiltaket er derfor utredet iht. NVE-veileder 1/2019. Utredningen viser at tiltaket kan rammes av et mulig skred i faresonen, og at den geotekniske stabiliteten i dagens situasjon ikke er tilfredsstillende.

Som sikringstiltak foreslås det å etablere en støttefylling/erosjonssikring i foten av skråningen langs Skienselva samt utbedre eksisterende drensledning i skråningen for å ivareta krav til områdestabilitet. Disse sikringstiltakene må utføres før øvrige grunnarbeider kan igangsettes. Utbyggingen i seg selv må ikke føre til forverring av områdestabiliteten etter at tomten er sikret.

Rapporten må kvalitetssikres av uavhengig foretak iht. krav i NVEs veileder 1/2019.

14 Referanser

[1] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Veileder nr.1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» 2020.

[2] Kartverket, Geovekst og kommuner, «Norgeskart,» [Internett]. Available: https://norgeskart.no/.

[3] Grunnteknikk, «115636n1 Teknisk notat - Skien Nenset Park Områdestabilitet,» 2021.

[4] NGU, «løsmassekart,» [Internett]. Available: www.ngu.no. [Funnet 2021].

[5] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Temakart kvikkleire,» [Internett]. Available: https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire. [Funnet 2021].

[6] NVE, «10/2004 Flomsonekart Delprosjekt Skien,» 2004.

[7] NVE, «9/2020 Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred,» 2020.

[8] Løvlien Georåd, «21469 Nenset terrasse 28a, Skien. Rapport nr.1 - Geoteknisk datarapport,» 2021.

[9] Grunnteknikk, «115636r1 Skien. Nenset park, boligbebyggelse. Grunnundersøkelser,» 2021.

[10] NGI, «880075-2 Kartlegging av kvikkleireområder – Kartblad Porsgrunn,» 1990.

[11] Scandiaconsult, «620207A NVE Region Sør - Skienselva i Skien og Porsgrunn - Rapport nr.1 Grunnundersøkelser datarapport,» 2002.

[12] Statens vegvesen, «Hd-746A Rv. 354/02 Porsgrunn bru – Skien X 316. Parsell Rabben-Nenset, G/S-veg. Grunnundersøkelser,» 1986.

[13] Veglaboratoriet, «H05 Rapport om grunnundersøkelse for bru over Skienselva mellom Solum og Gjerpen,» 1957.

[14] Grunnteknikk, «Geosuite-database grenland næringspark,» 2021.

[15] Standard Norge, «NS-EN ISO 17892-6:2017 Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser. Laboratorieprøving av jord. Del 6: Konusprøving».

[16] NVE, «Rapport nr. 126-2015 Detektering av kvikkleire. Sluttrapport,» 2015.

[17] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Håndbok V220 - Geoteknikk i vegbygging,» 2014.

[18] K. Karlsrud, T. Lunne, D. A. Kort og S. Strandvik, «CPTU correlations for clays,» *International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka,* pp. 693-702, 2005.


[19] Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire, «Rapport 14-2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.

[20] Trimble - Novapoint , «BEAST. A Computer Program for Limit Equilibrium Analysis by the Method of Slices. Documentation.,» Report 8302-2, rev. 3. 10. aug. 2000.

[21] NVE, «NVEs Atlas,» [Internett]. Available: https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#. [Funnet 22 04 2022].

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	FC	CAa	Ad	Ap
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	2.0		
Leirig silt	20.50	10.50	29.0	5.0		
Si.,sa.leire	20.00	10.00	25.0	5.0		
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0		

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	FC	CAa	Ad	Ap
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	2.0		
Leirig silt	20.50	10.50		C-prof1.00	0.63	0.35
Si.,sa.leire	20.00	10.00		C-prof1.00	0.63	0.35
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0		



FORKLARINGER:

Røde glideflater: Udrenert analyser
Blå glideflater: Drenerte analyser

- Siltig sand
- Leirig silt
- Siltig, sandig leire (Sprøbruddmateriale)
- Sand

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	01.07.22	TIG	MWJ

Løvlien Georåd
www.georaad.no

Tiltakshaver: Elvebredden Skien AS	Tegning nr.: R02E01
Oppdragsgiver: Elvebredden Skien AS	Prosjekt nr.: 21469
Prosjekt: Nenset terrasse 28a, Skien	Format / Målestokk: A3-L / 1:200
Tegningstittel: Profil A: Stabilietsberegning dagens sit. /m fllom	Status: Områdestabilitet

M:\GEOSUITE\21469\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsberegninger som vedlegg til rapport nr2\06 PROFIL A-A Dagens situasjon med 200-årsflom.dwg

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	FC	CAa	Ad	Ap
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	2.0		
Leirig silt	20.50	10.50	29.0	5.0		
Si.,sa. leire	20.00	10.00	25.0	5.0		
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0		

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	FC	CAa	Ad	Ap
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	2.0		
Leirig silt	20.50	10.50		C-prof1.00	0.63	0.35
Si.,sa. leire	20.00	10.00		C-prof1.00	0.63	0.35
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0		

Fc=1.36

Fcφ =1.27

Plane shear surface

D = 13.5 m

b = 5.4 m

H = 15.3 m

Profil B-B

1 : 100

Result file : m:\geosuite\21469\stabgraf.rit\profil b-b dagens situasjon med 200-årsflom.R3

FORKLARINGER:

Røde glideflater: Udrenert analyser

Blå glideflater: Drenerte analyser

- Siltig sand
- Leirig silt
- Siltig, sandig leire (Sprøbruddmateriale)
- Sand

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	01.07.22	TIG	MWJ

Tiltakshaver: Elvebredden Skien AS

Tegning nr: R02E02

Oppdragsgiver: Elvebredden Skien AS

Prosjekt nr: 21469

Prosjekt: Nærset terrasse 28a, Skien

Format / Målestokk: A3-L / 1:200

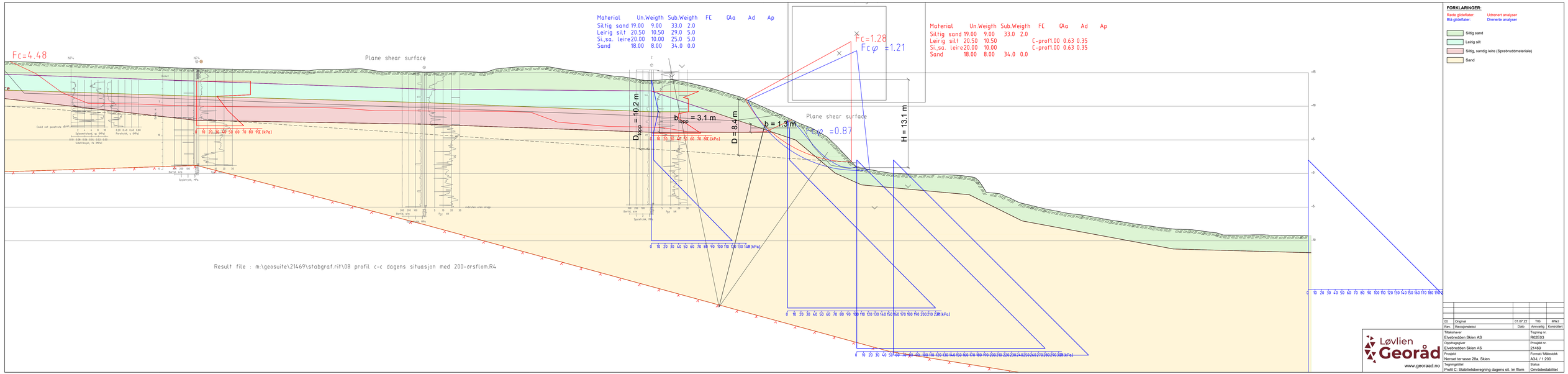
Tegningstittel: Profil B: Stabilitetsberegning dagens sit. /m flom

Status: Områdestabilitet

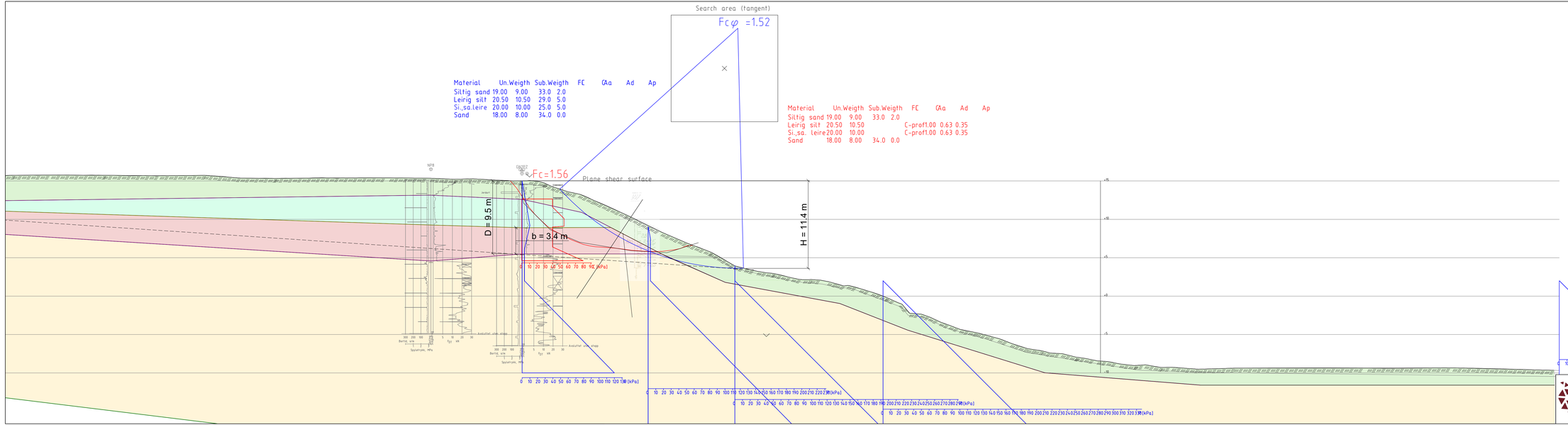
Løvlien Georåd

www.georaad.no

M:\GEOSUITE\21469\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsberegninger som vedlegg til rapport nr2\07 profil b-b dagens situasjon med 200-årsflom.dwg



M:\GEOSUITE\21469\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsberegninger som vedlegg til rapport nr\208 profil c-c dagens situasjon med 200-årsflom.dwg



FORKLARINGER:

Røde glideflater: Udrenert analyser
Blå glideflater: Drenerte analyser

- Siltig sand
- Leirig silt
- Siltig, sandig leire (Sprøbruddmateriale)
- Sand

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	01.07.22	TIG	MWJ

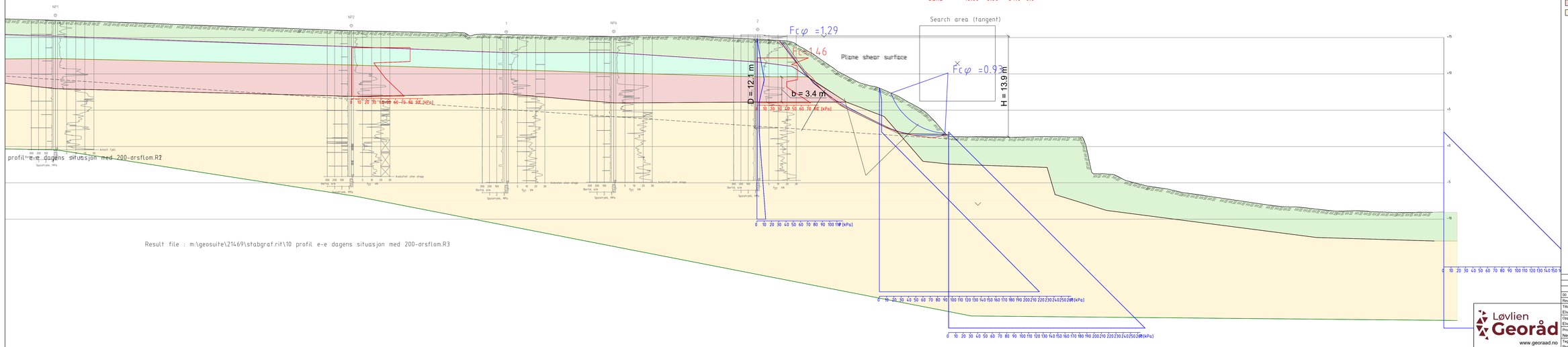
Løvlien Georåd
www.georaad.no

Tiltakshaver	Tegning nr.
Elvebredden Skien AS	R02E04
Oppdragsgiver	Prosjekt nr.
Elvebredden Skien AS	21469
Prosjekt	Format / Målestokk
Nærset terrasse 28a, Skien	A3-L / 1:200
Tegningstittel	Status
Profil D: Stabilitetsberegning dagens sit. /m flom	Områdestabilitet

M:\GEOSUITE\21469\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsberegninger som vedlegg til rapport nr2\09 profil d-d dagens situasjon med 200-årsflom.dwg

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	FC	CAa	Ad	Ap
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	2.0		
Leirig silt	20.50	10.50	29.0	5.0		
Si.,sa. leire	20.00	10.00	25.0	5.0		
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0		

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	FC	CAa	Ad	Ap
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	2.0		
Leirig silt	20.50	10.50	C-prof1.00	0.63	0.35	
Si.,sa. leire	20.00	10.00	C-prof1.00	1.00	1.00	
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0		



profil e-e dagens situasjon med 200-årsflom.R2

Result file : m:\geosuite\21469\stabgraf.rit\10 profil e-e dagens situasjon med 200-årsflom.R3

FORKLARINGER:

Røde glideflater: Udrenert analyser
Blå glideflater: Drenerte analyser

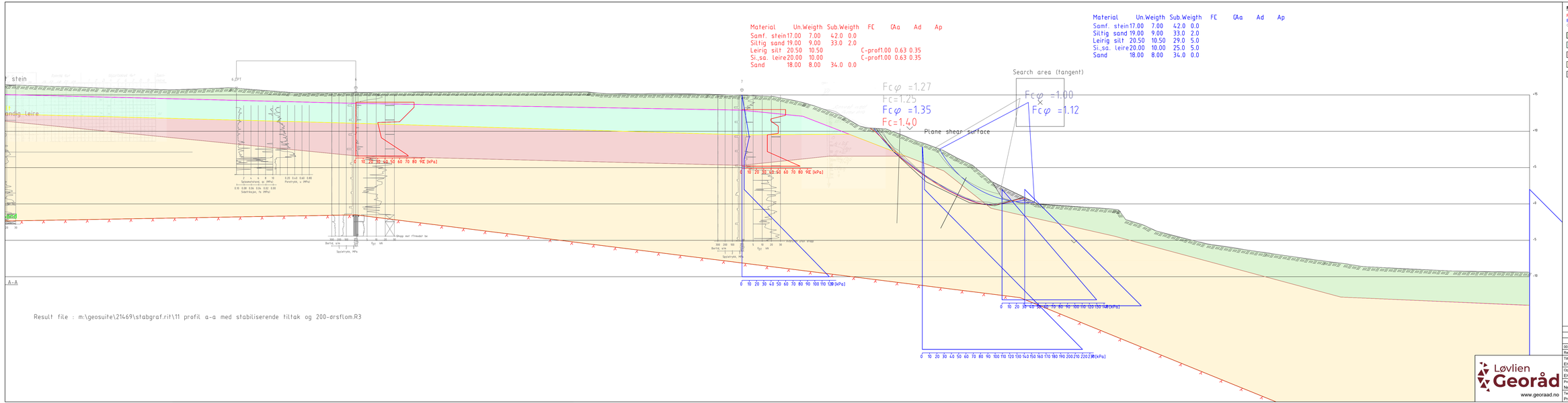
- Siltig sand
- Leirig silt
- Siltig, sandig leire (Sprøbruddmateriale)
- Sand

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	01.07.22	TIG	MWJ

Tiltakshaver	Elvebredden Skien AS
Tegning nr.	R02E05
Oppdragsgiver	Elvebredden Skien AS
Prosjekt nr.	21469
Prosjekt	Nærset terrasse 28a, Skien
Format / Målestokk	A3-L / 1:200
Tegningstittel	Profil E: Stabilitetsberegning dagens sit. /m flom
Status	Områdestabilitet

Løvlien Georåd
www.georaad.no

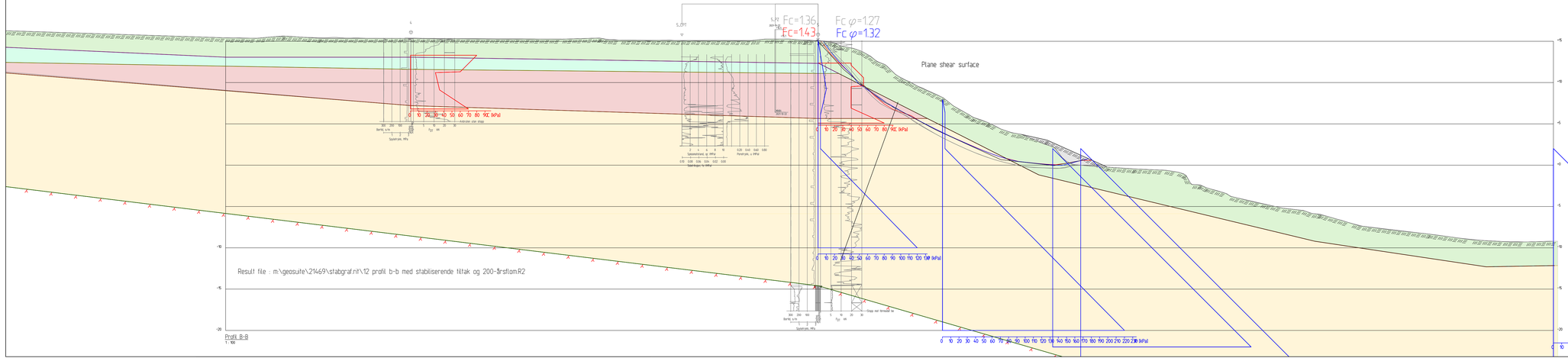
M:\GEOSUITE\21469\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsberegninger som vedlegg til rapport nr2\10 profil e-e dagens situasjon med 200-årsflom.dwg



M:\GEOSUITE\21469\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsberegninger som vedlegg til rapport nr\11 profil a-a med stabiliserende tiltak og 200-årsflom.dwg

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Samfengt stein	17.00	7.00	42.0	0.0				
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	2.0				
Leirig silt	20.50	10.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Siltig, sandig leire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Samfengt stein	17.00	7.00	42.0	0.0				
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	2.0				
Leirig silt	20.50	10.50	29.0	5.0				
Siltig, sandig leire	20.00	10.00	25.0	5.0				
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				



FORKLARINGER:

Røde glideflater: Udrenert analyser
Blå glideflater: Drenerte analyser
Grå sliplet glideflate: Dagens situasjon, før tiltak (udrenert)

- Siltig sand
- Leirig silt
- Siltig, sandig leire (sprøbruddmateriale)
- Sand
- Steinfylling

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	08.06.2022	TIG	MWJ

Tiltakshaver	Tegning nr.
Elvebredden Skien AS	R02E07
Oppdragsgiver	Prosjekt nr.
Elvebredden Skien AS	21469
Prosjekt	Format / Målestokk
Nærset terrasse 28a, Skien	A3-L / 1:200
Tegningstittel	Status
Profil B: Stabilitetsberegning med sikringstiltak og fl	Områdestabilitet

Løvlien Georåd
www.georaad.no

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Samfengt stein	17.00	7.00	42.0	0.0				
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	2.0				
Leirig silt	20.50	10.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Siltig, sandig leire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				

Fc φ=1.29

Fc=1.38

Fc=1.28

Fc φ=1.21

Fc φ=1.17

Fc φ=0.87

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Samfengt stein	17.00	7.00	42.0	0.0				
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	2.0				
Leirig silt	20.50	10.50	29.0	5.0				
Siltig, sandig leire	20.00	10.00	25.0	5.0				
Sand	18.00	8.00	34.0	0.0				

FORKLARINGER:

Røde glideflater: Udrenert analyser
Blå glideflater: Drenerte analyser
Grå sliplet glideflate: Dagens situasjon, før tiltak (udrenert)

- Siltig sand
- Leirig silt
- Siltig, sandig leire (sprabruddmateriale)
- Sand
- Steinfylling

Result file : m:\geosuite\21469\stabgraf.nit\13 profil c-c med stabiliserende tiltak og 200-årsflomR3

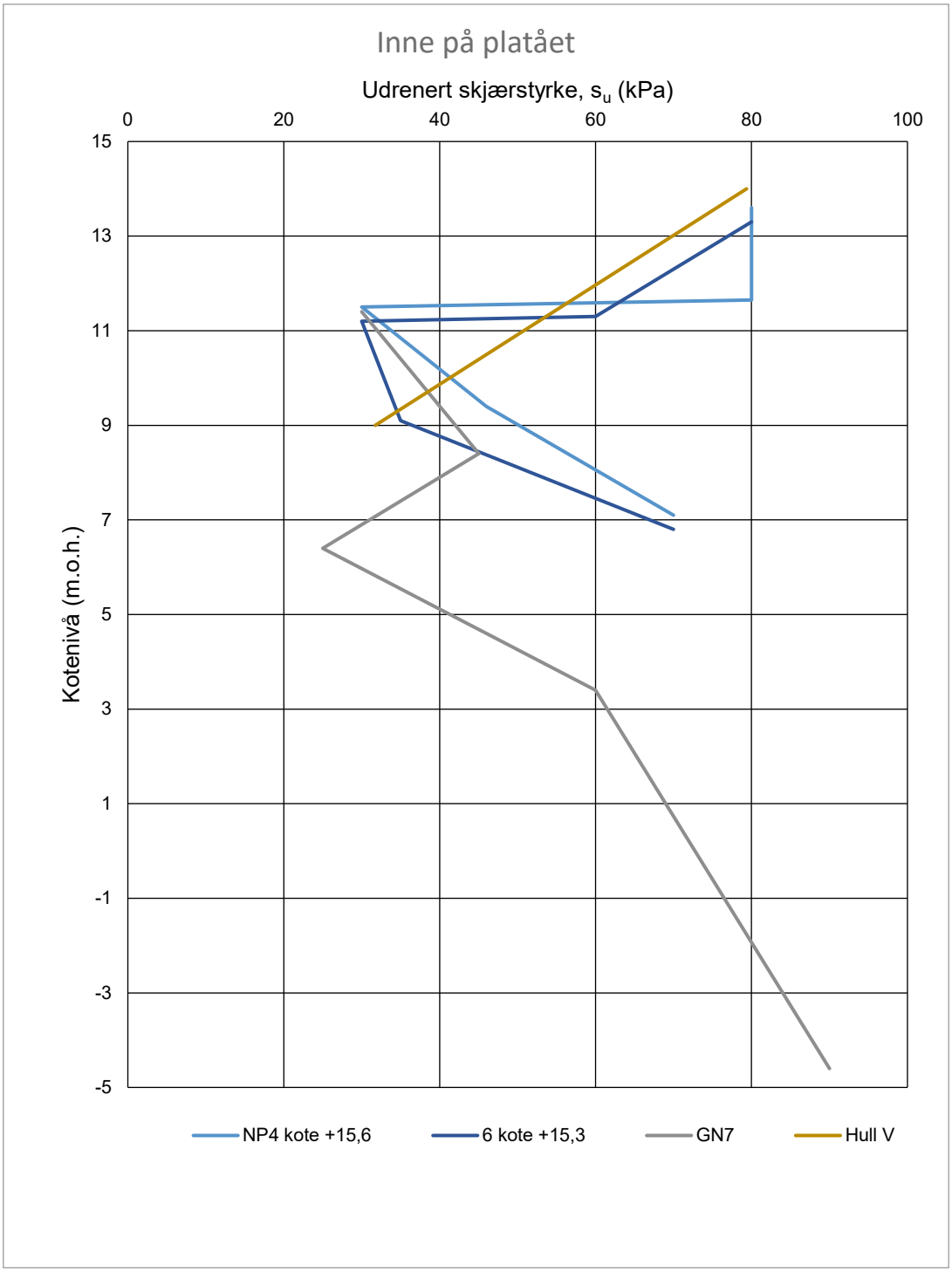
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	08.06.2022	TIG	MWJ

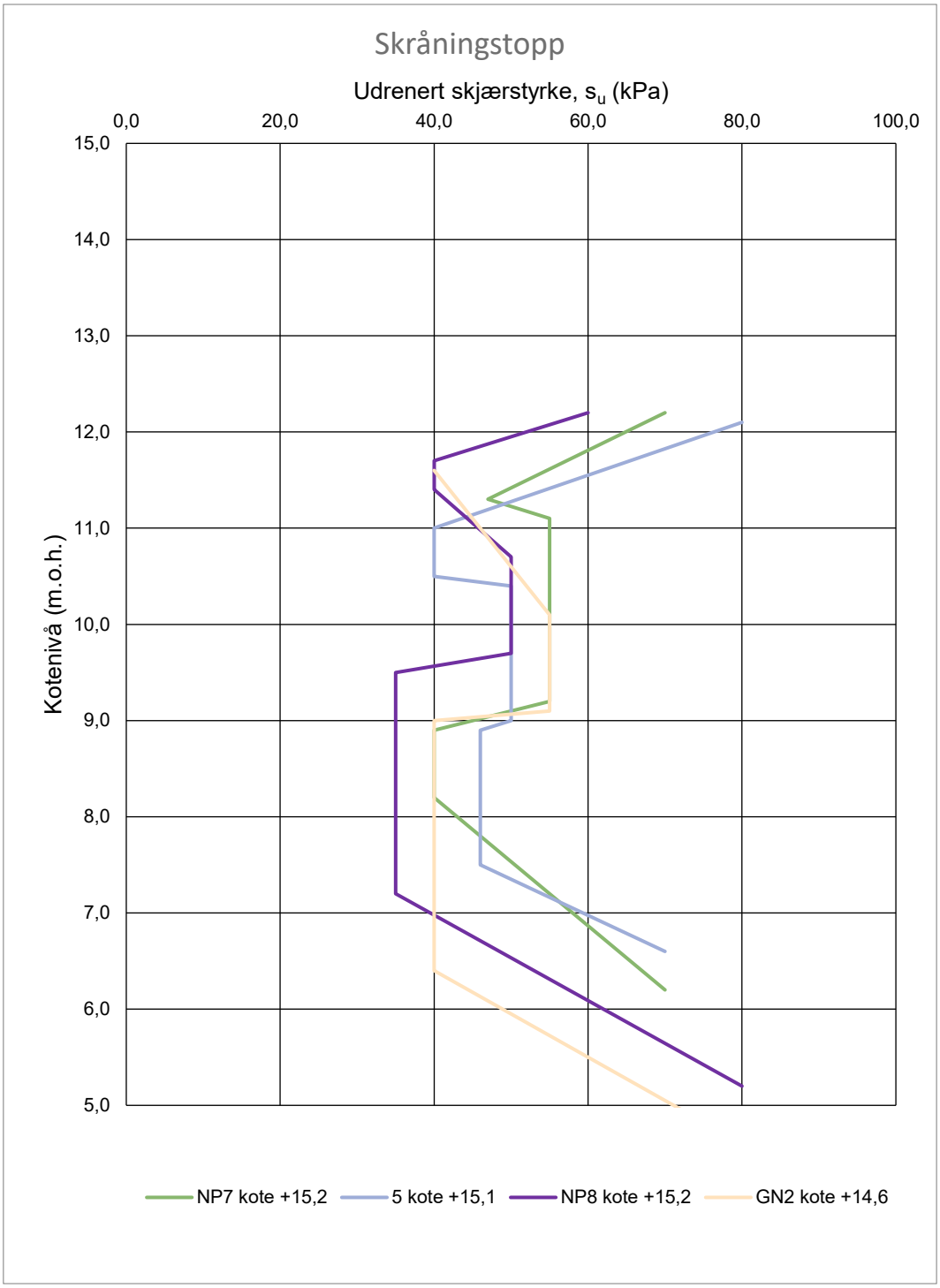
Tiltakshaver	Tegning nr.
Elvebredden Skien AS	R02E08
Oppdragsgiver	Prosjekt nr.
Elvebredden Skien AS	21469
Prosjekt	Format / Målestokk
Nærset terrasse 28a, Skien	A3-L / 1:200
Tegningstittel	Status
Profil C: Stabilitetsberegning med sikringstiltak og fl	Områdestabilitet

Løvlien Georåd
www.georaad.no

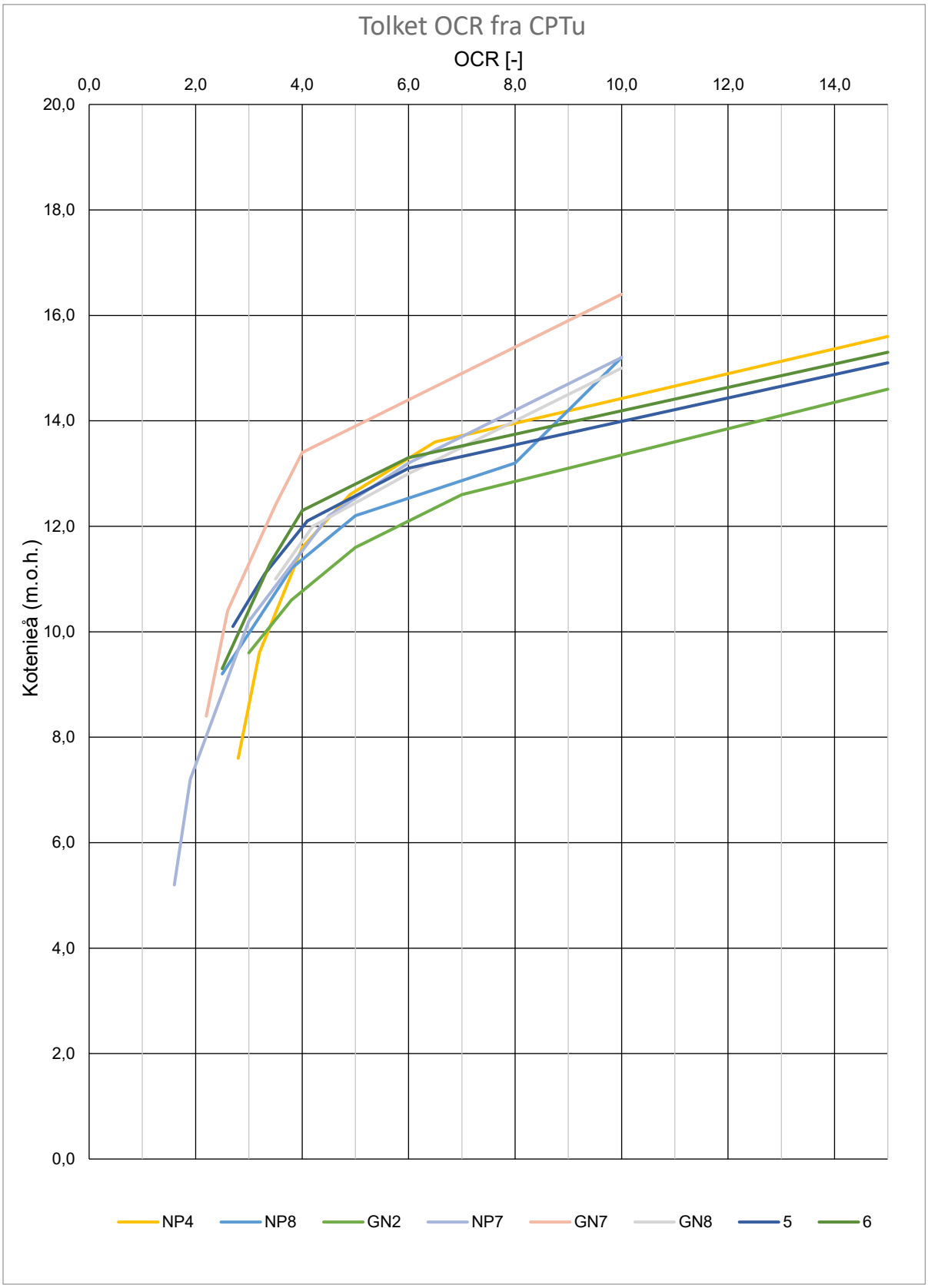
Tillegg 1.1 – Tolkning av udrenert skjærstyrke fra CPTU, inkl. anvendelsesklasse, OCR-plot og tolkning sprøbruddmateriale

Samleplott tolket skjærstyrke alle CPTU

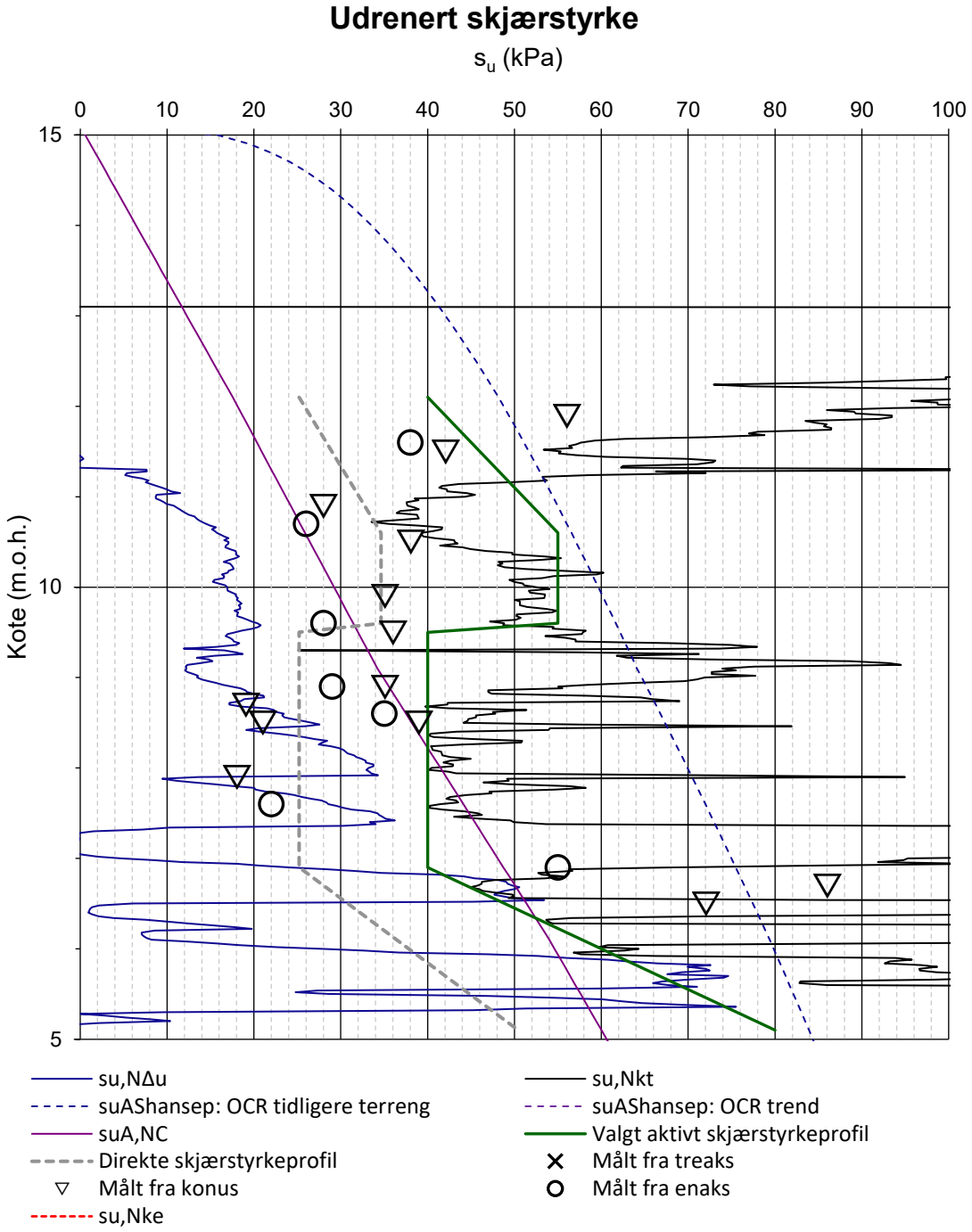



Skråningstopp
Udrenert skjærstyrke, s_u (kPa)
0,0
20,0
40,0
60,0
80,0
100,0
15,0
14,0
13,0
12,0
11,0
10,0
9,0
8,0
7,0
6,0
5,0
Kotenivå (m.o.h.)
NP7 kote +15,2
5 kote +15,1
NP8 kote +15,2
GN2 kote +14,6

Samleplott OCR fra CPTU

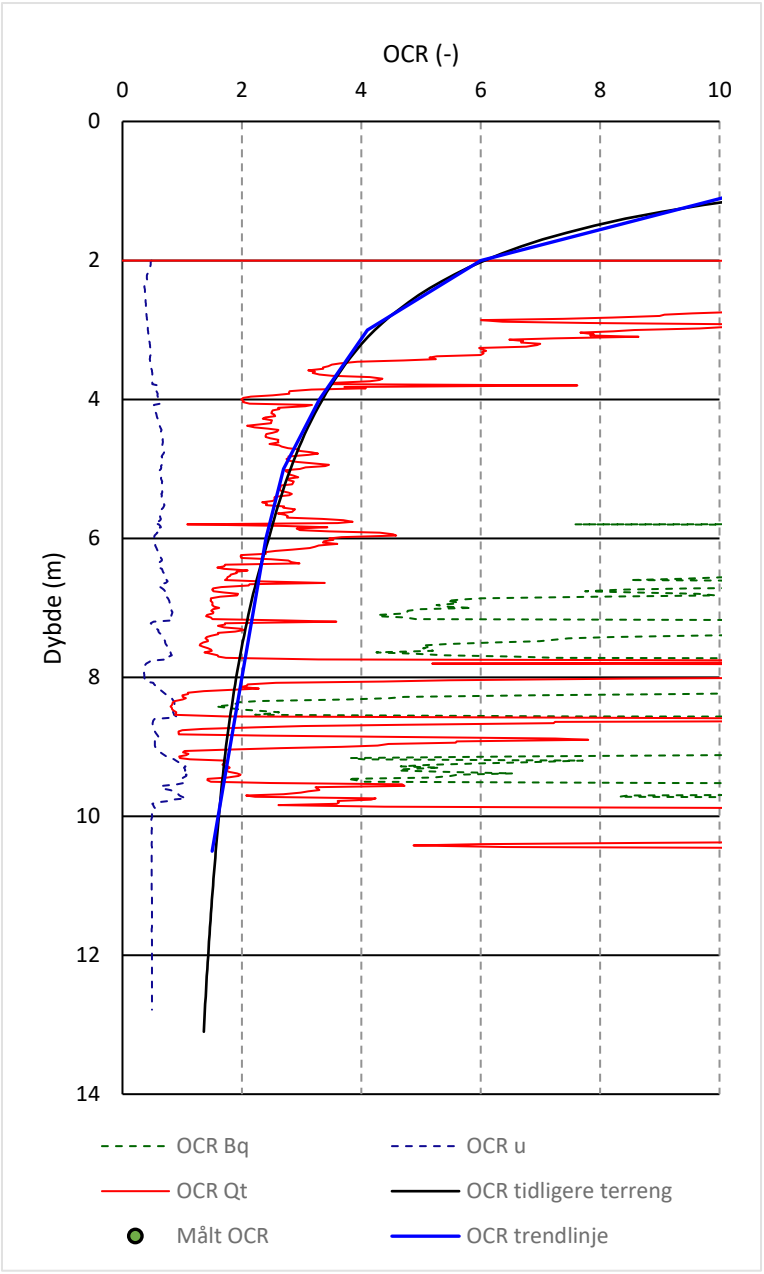


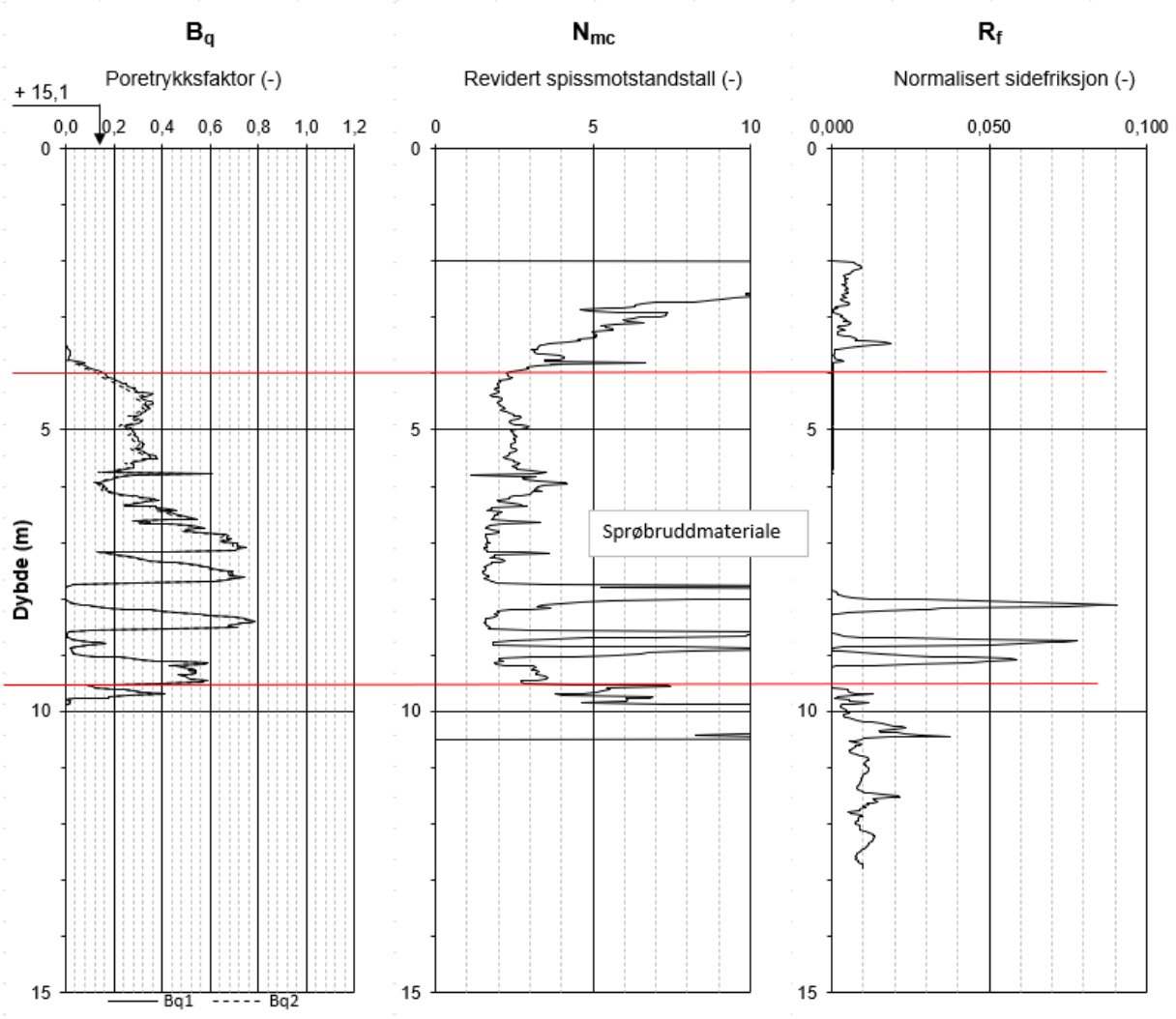
Borpunkt 5



Konklusjon:

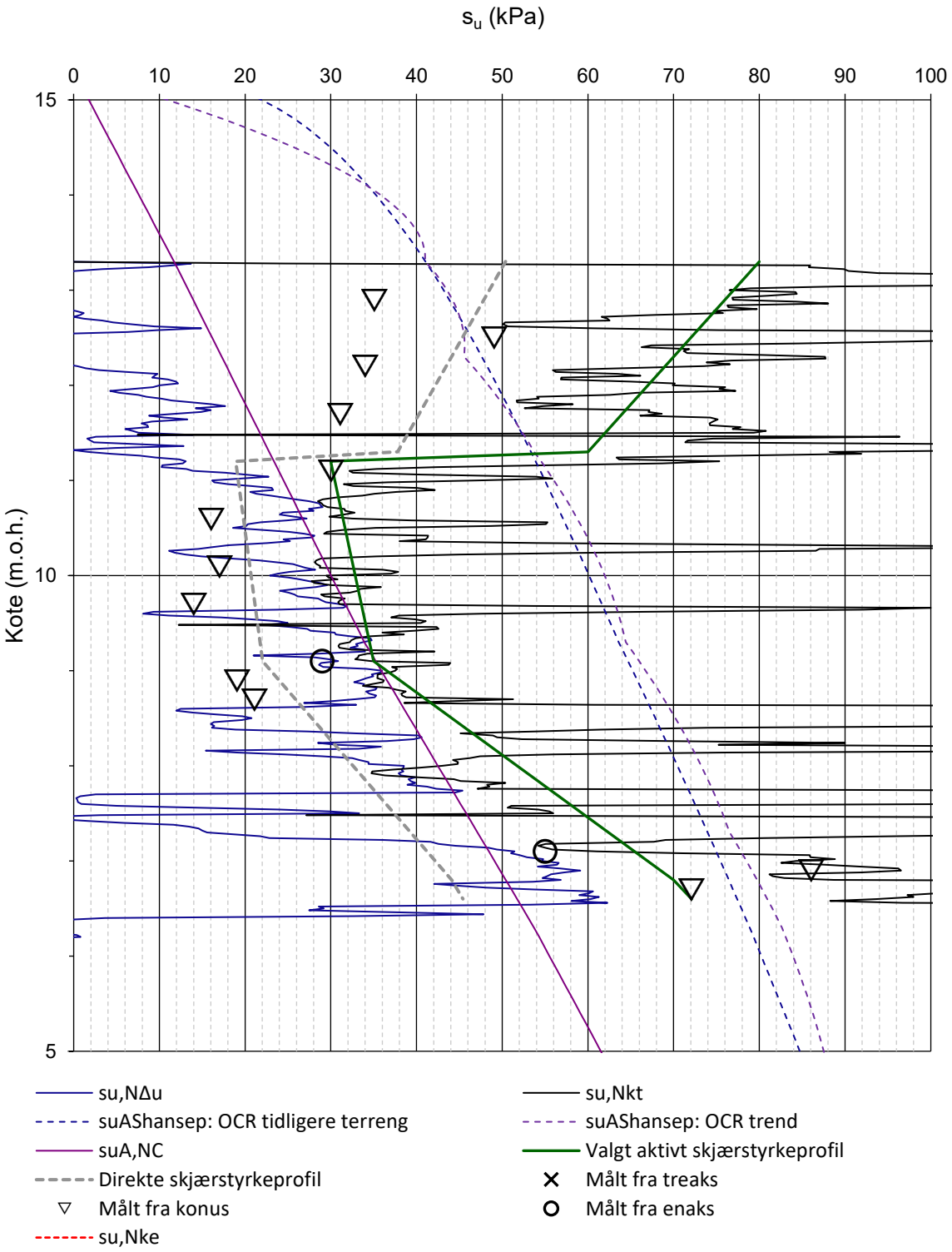
Borpunkt 5	*Spissmotstand*	*Sidefriksjon*	*Poretrykk*
Anvendelsesklasse	*1*	*1*	*1*
Nullpunktsavvik	*50 kPa*	*-0,5 kPa*	*-2,1 kPa*


OCR (-)
0
2
4
6
8
10
Dybde (m)
0
2
4
6
8
10
12
14
OCR Bq
OCR u
OCR Qt
OCR tidligere terreng
Målt OCR
OCR trendlinje


B_q
Poretrykksfaktor (-)
N_{mc}
Revidert spissmotstandstall (-)
R_f
Normalisert sidefriksjon (-)
+ 15,1
0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2
0 5 10
0,000 0,050 0,100
Dybde (m)
0
5
10
15
Sprøbruddmateriale
Bq1
Bq2

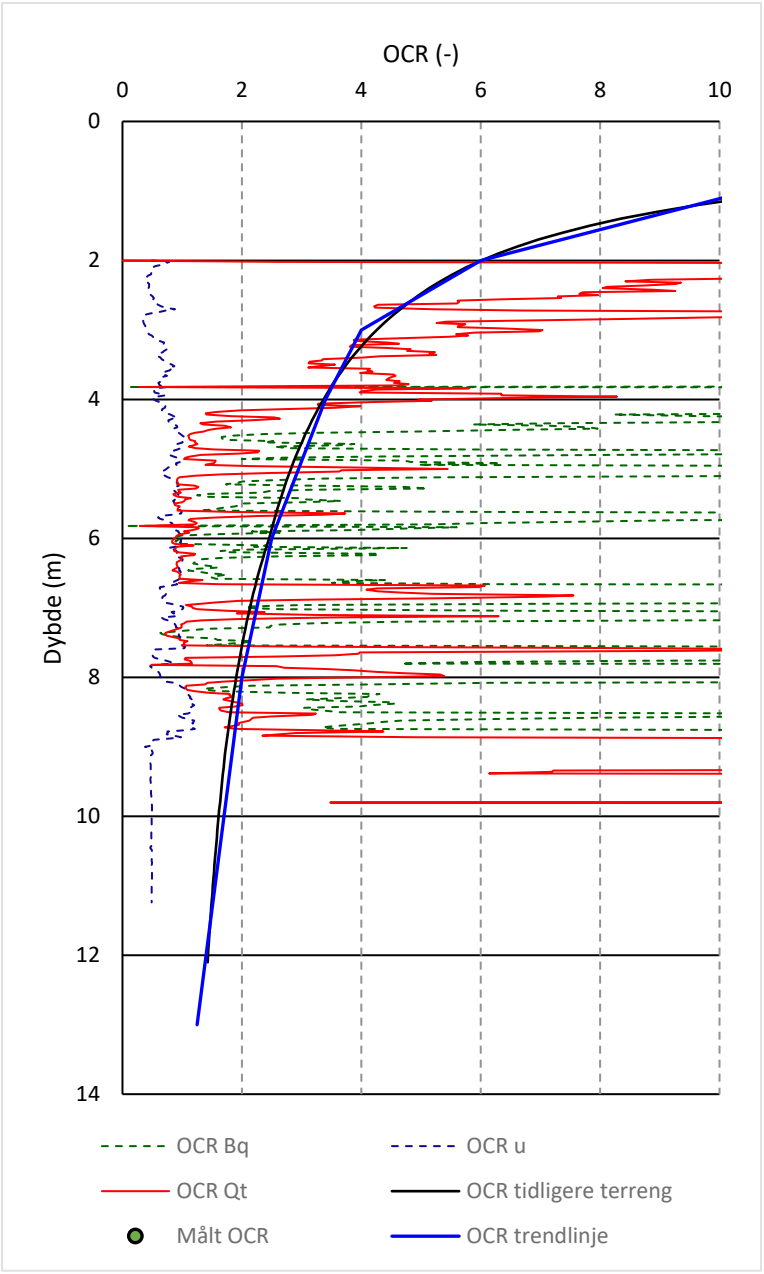
Borpunkt 6

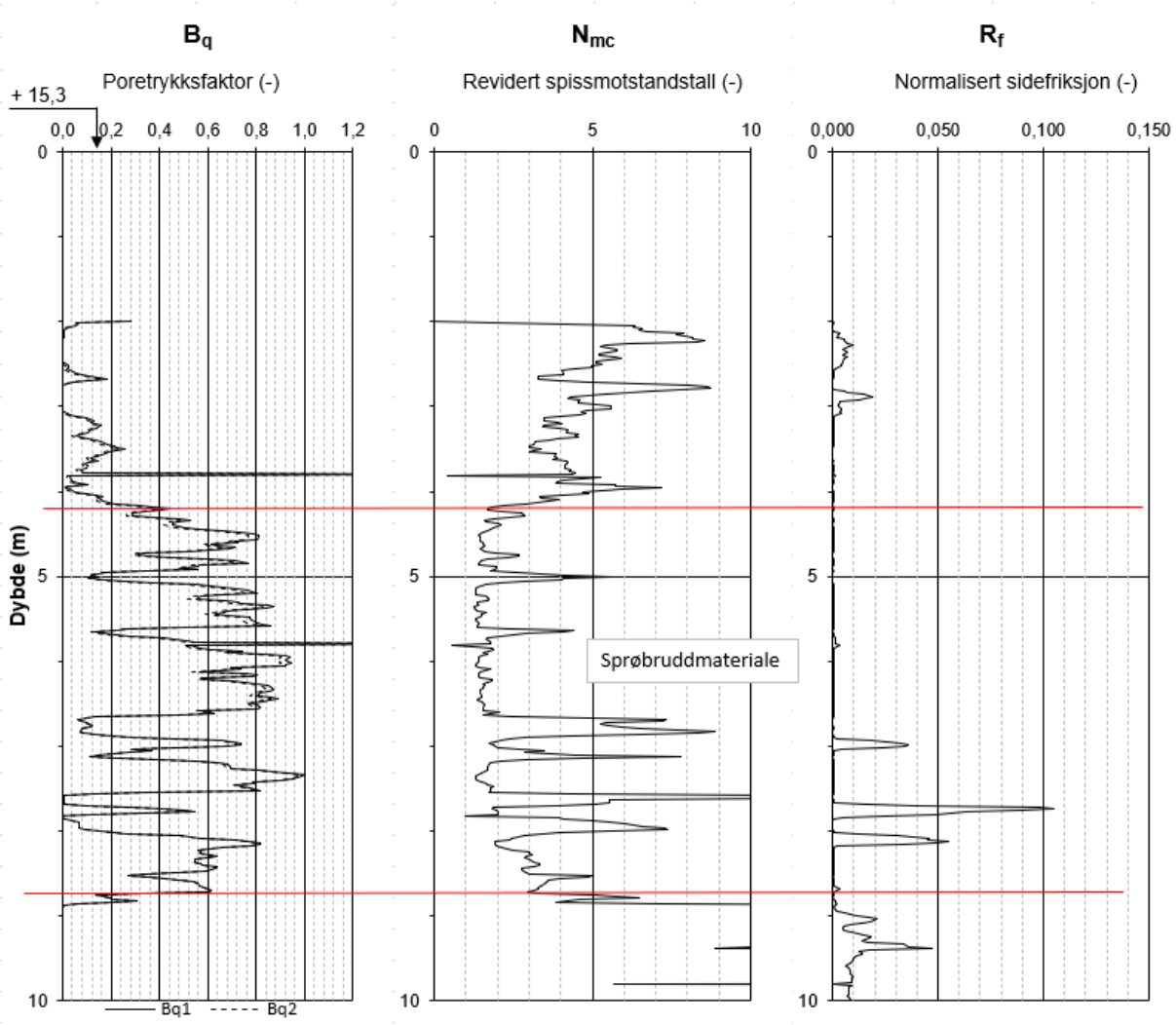
Udrenert skjærstyrke



Konklusjon:

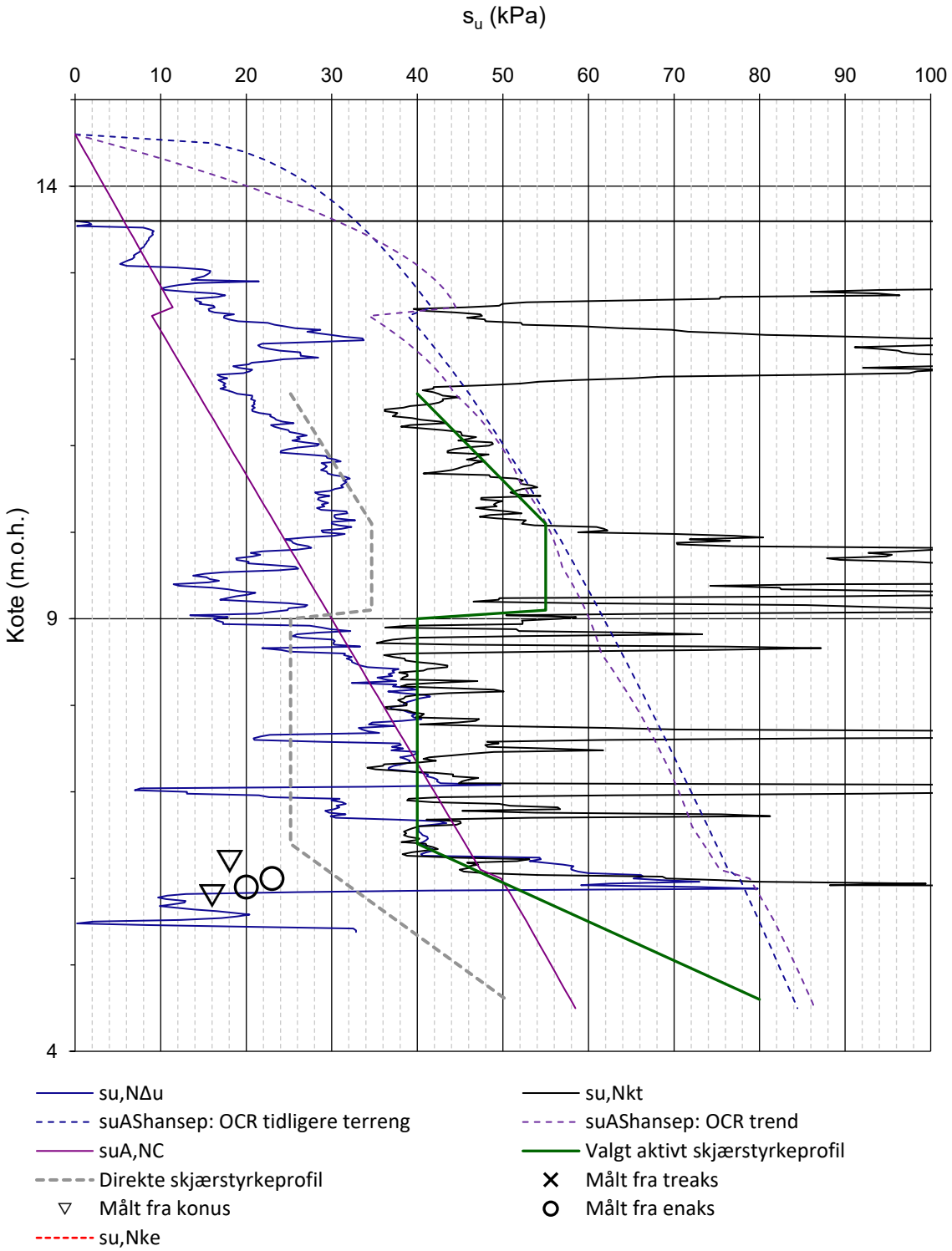
Borpunkt 6	*Spissmotstand*	*Sidefriksjon*	*Poretrykk*
Anvendelsesklasse	*1*	*1*	*1*
Nullpunktsavvik	*8,6 kPa*	*-0,4 kPa*	*-7 kPa*


OCR (-)
0
2
4
6
8
10
Dybde (m)
0
2
4
6
8
10
12
14
OCR Bq
OCR u
OCR Qt
OCR tidligere terreng
Målt OCR
OCR trendlinje


B_q
Poretrykksfaktor (-)
N_{mc}
Revidert spissmotstandstall (-)
R_f
Normalisert sidefriksjon (-)
+ 15,3
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
0
5
10
0
5
10
0,000
0,050
0,100
0,150
Dybde (m)
Sprøbruddmateriale
Bq1
Bq2

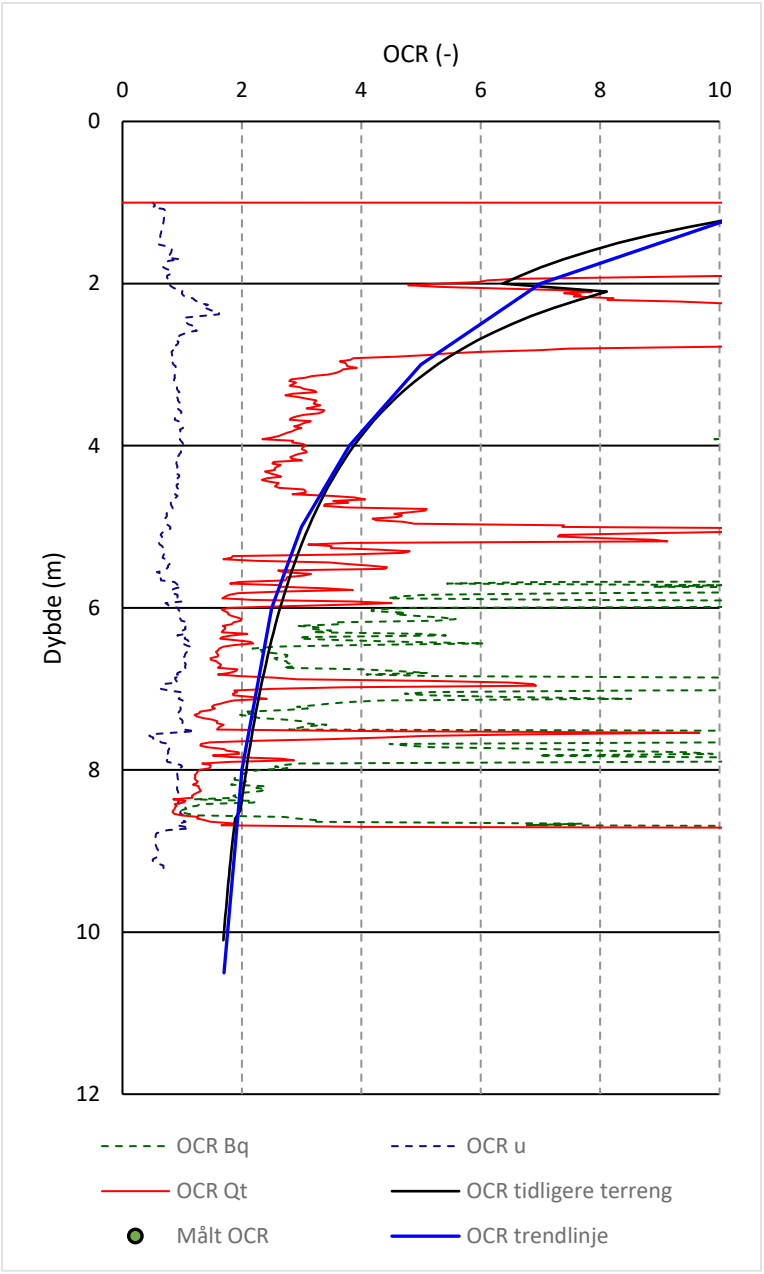
Borpunkt GN2

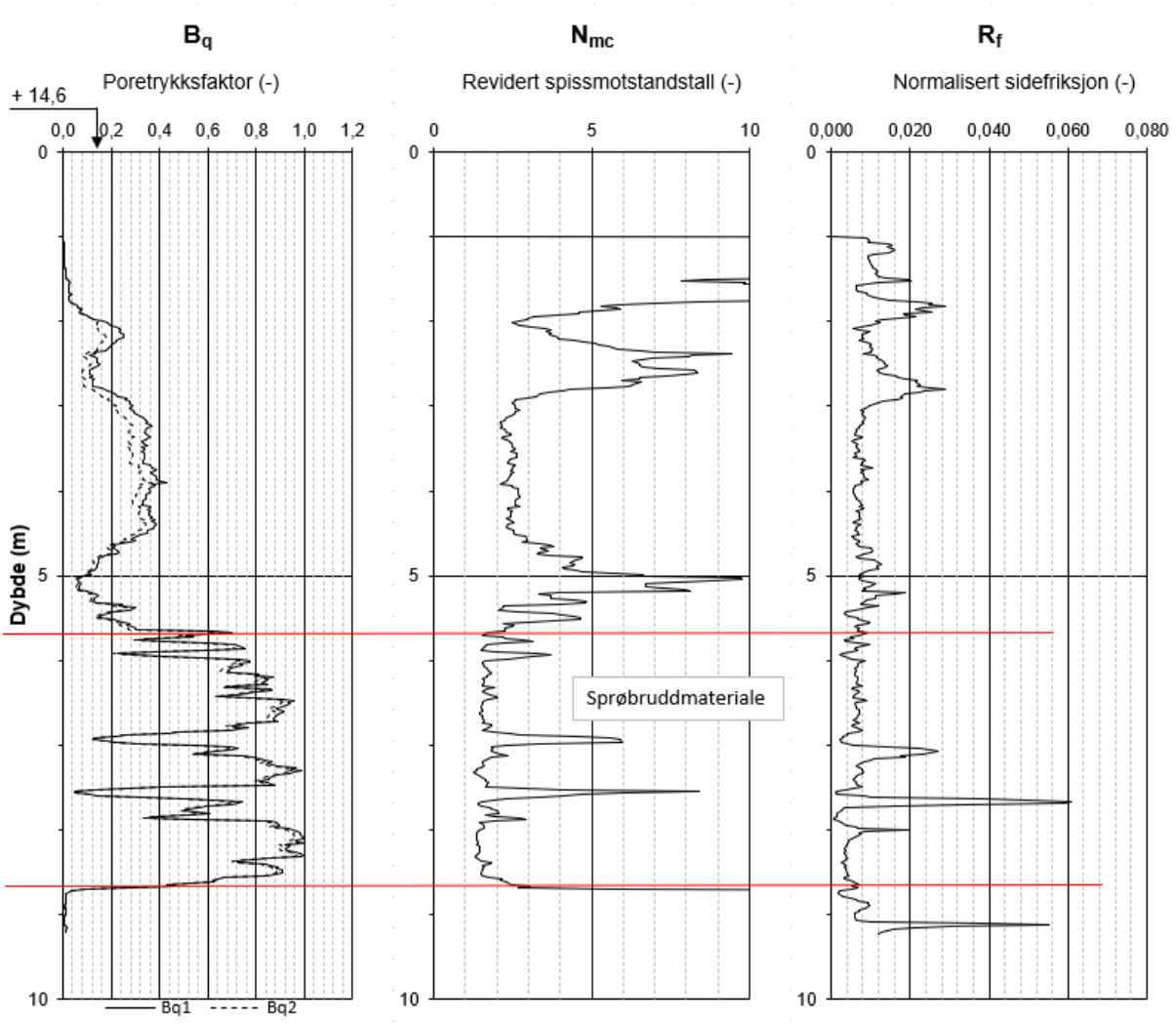
Udrenert skjærstyrke



Konklusjon:

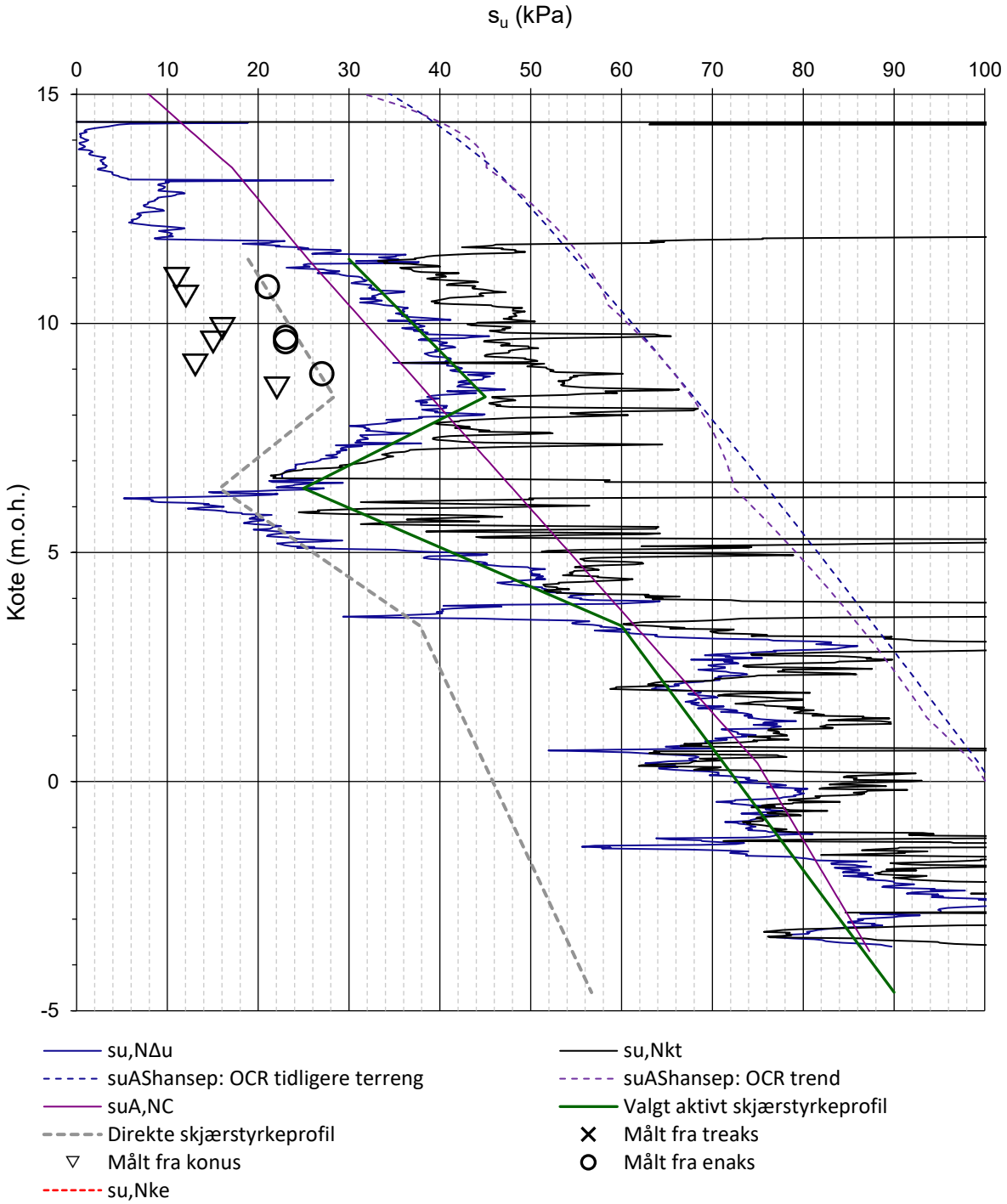
Borpunkt GN2	*Spissmotstand*	*Sidefriksjon*	*Poretrykk*
Anvendelsesklasse	*1*	*1*	*1*
Nullpunktsavvik	*-12,8 kPa*	*-0,1 kPa*	*-0,4 kPa*


OCR (-)
0
2
4
6
8
10
Dybde (m)
0
2
4
6
8
10
12
OCR Bq
OCR u
OCR Qt
OCR tidligere terreng
Målt OCR
OCR trendlinje


B_q
Poretrykksfaktor (-)
N_{mc}
Revidert spissmotstandstall (-)
R_f
Normalisert sidefriksjon (-)
+ 14,6
0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2
0 5 10
0,000 0,020 0,040 0,060 0,080
Dybde (m)
0
5
10
Sprøbruddmateriale
Bq1
Bq2

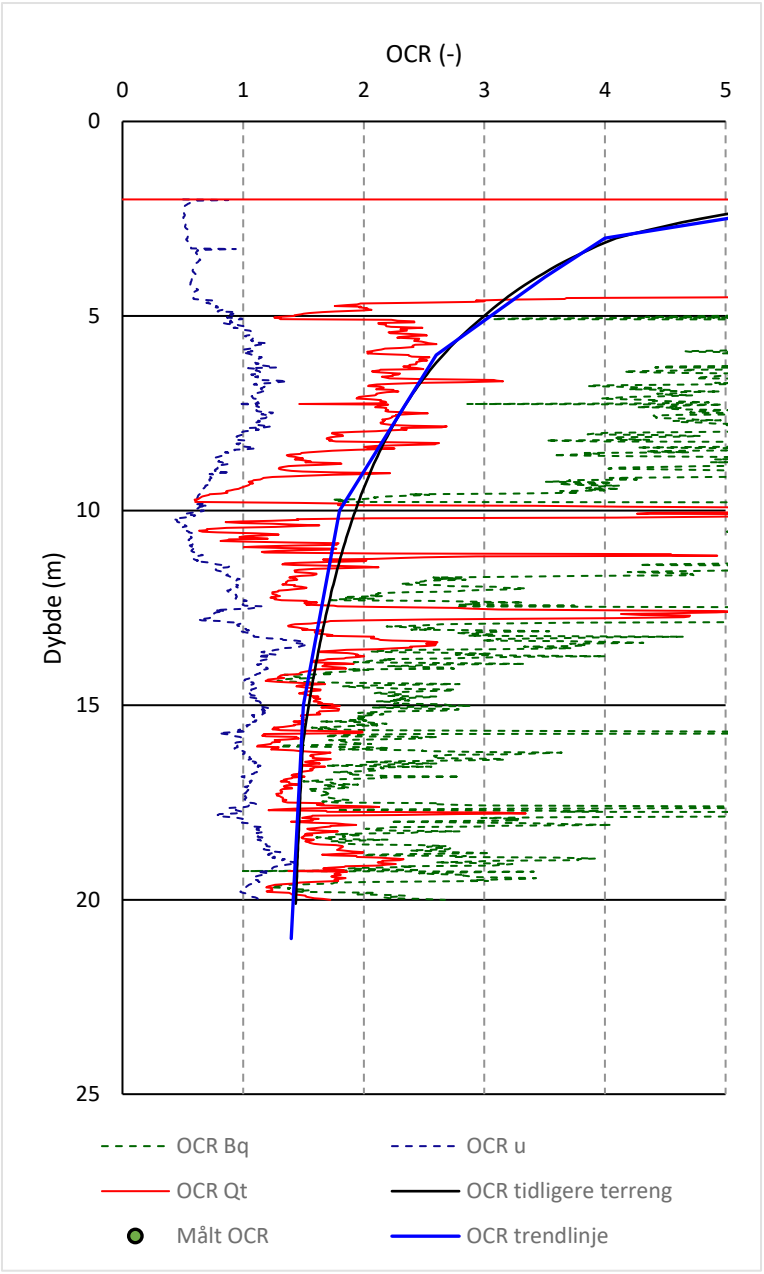
Borpunkt GN7

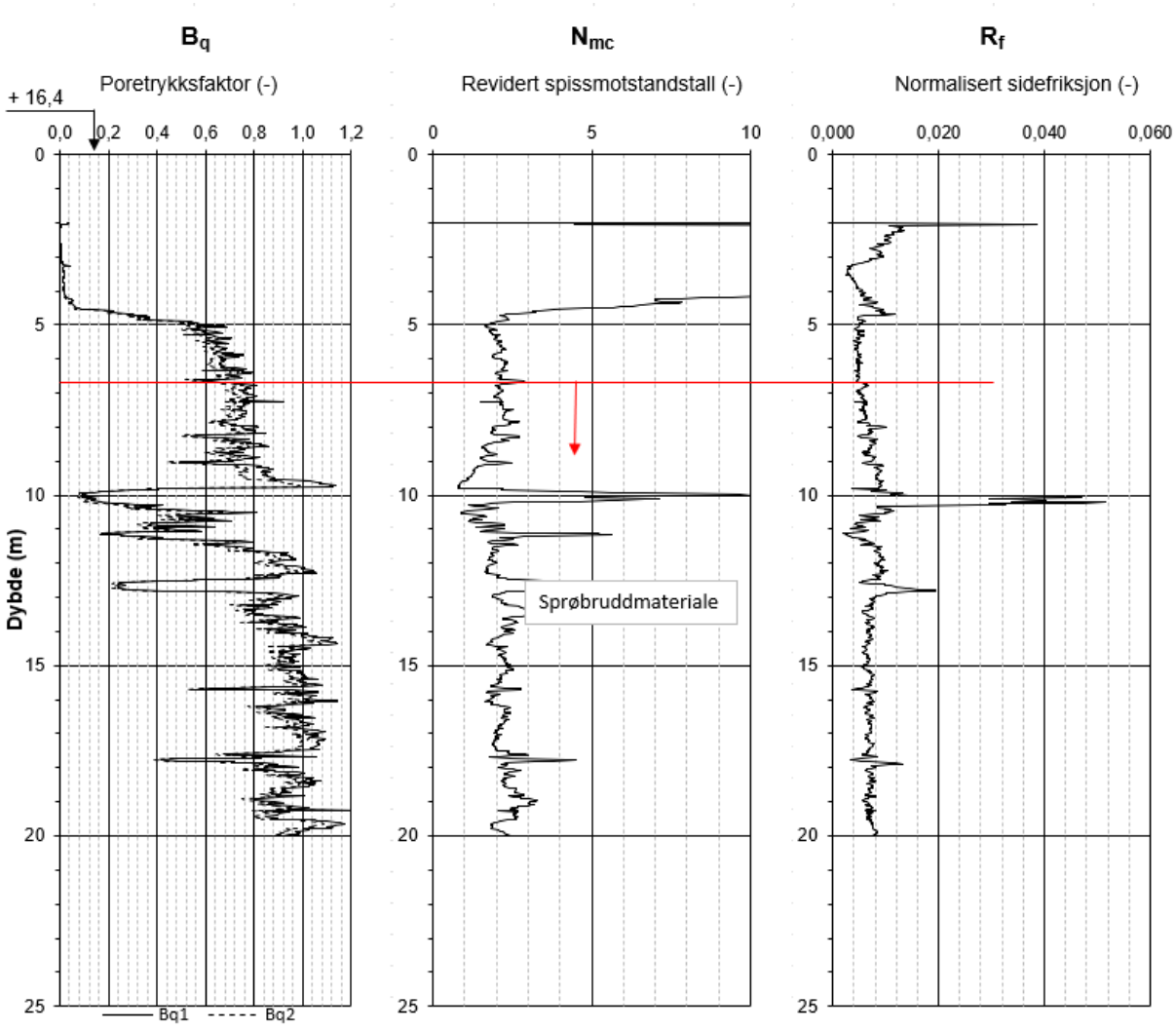
Udrenert skjærstyrke



Konklusjon:

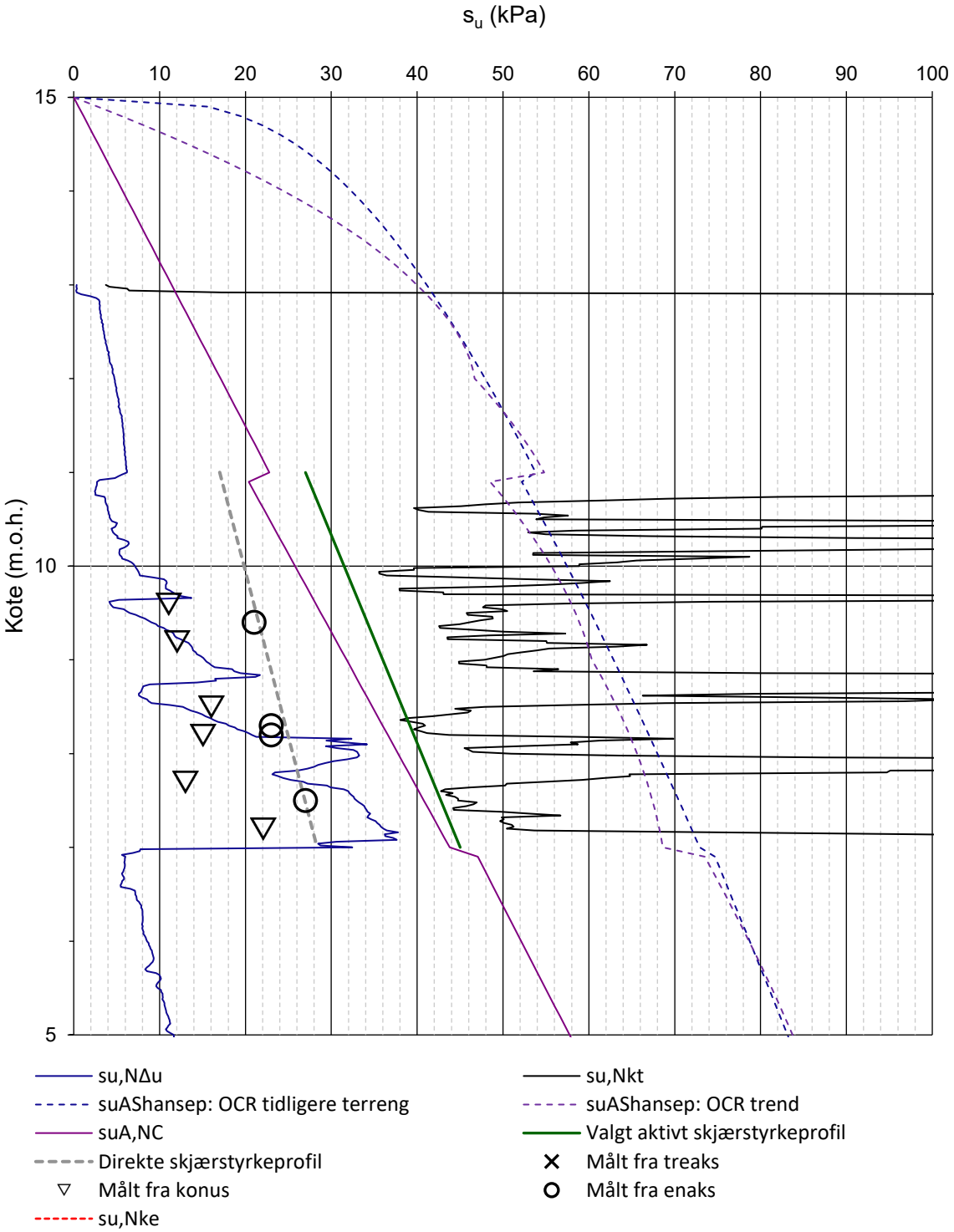
Borpunkt GN7	*Spissmotstand*	*Sidefriksjon*	*Poretrykk*
Anvendelsesklasse	*1*	*1*	*1*
Nullpunktsavvik	*22,6 kPa*	*0,6 kPa*	*0 kPa*


OCR (-)
0
1
2
3
4
5
Dybde (m)
0
5
10
15
20
25
OCR Bq
OCR u
OCR Qt
OCR tidligere terreng
Målt OCR
OCR trendlinje


B_q
Poretrykksfaktor (-)
N_{mc}
Revidert spissmotstandstall (-)
R_f
Normalisert sidefriksjon (-)
+ 16,4
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
0
5
10
0,000
0,020
0,040
0,060
Dybde (m)
0
5
10
15
20
25
Sprøbruddmateriale
Bq1
Bq2

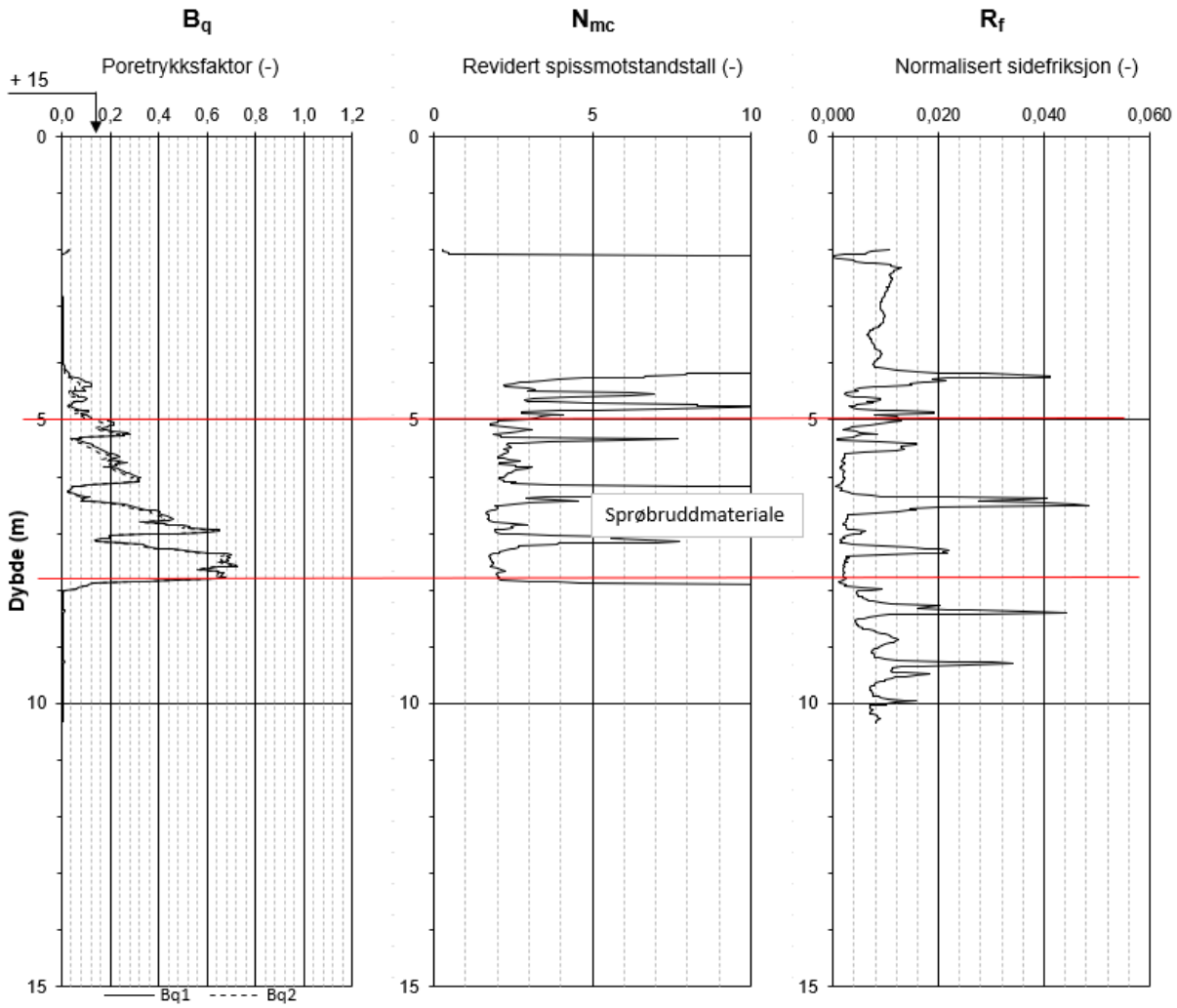
Borpunkt GN8

Udrenert skjærstyrke

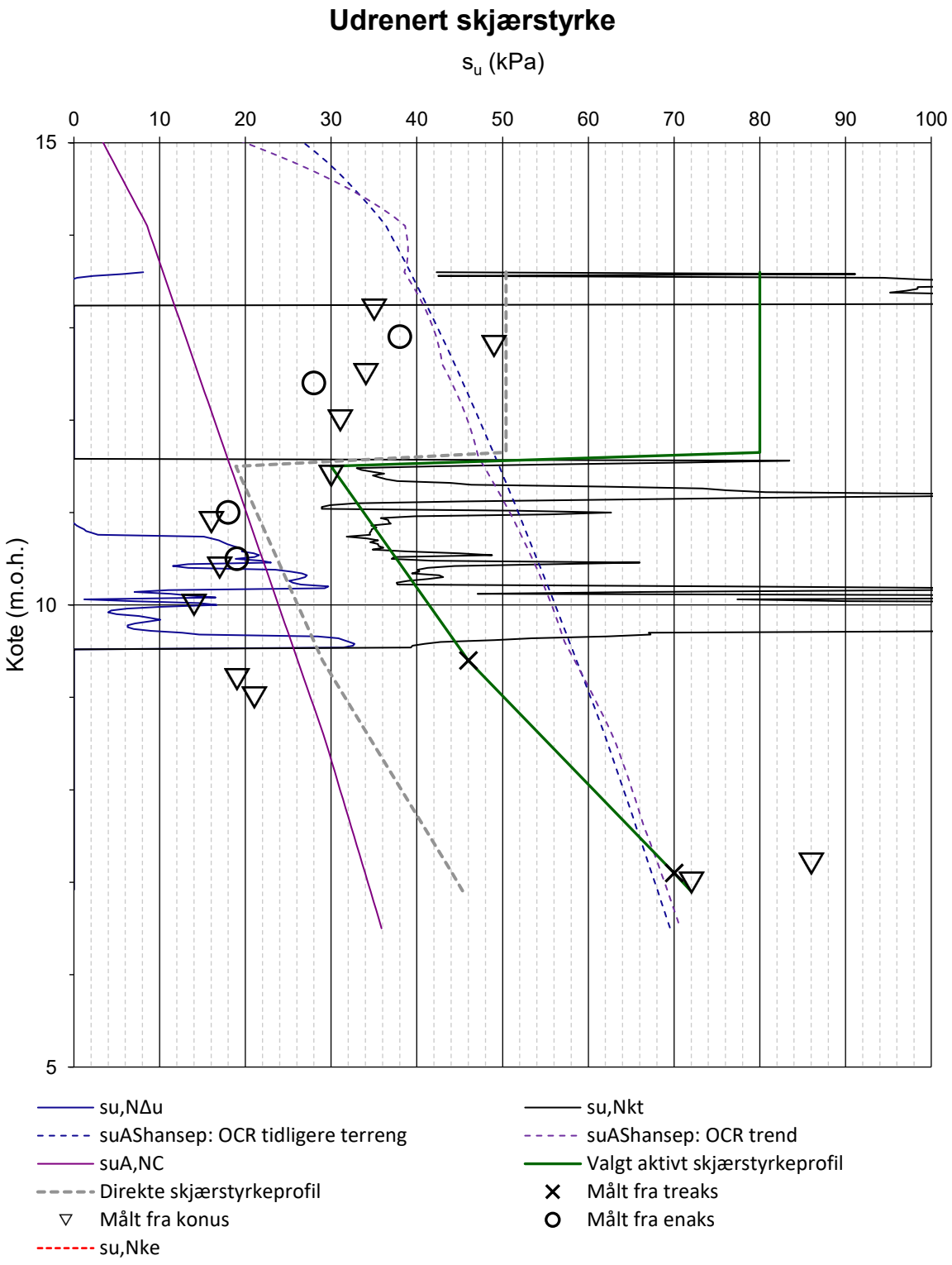


Konklusjon:

Borpunkt GN8	*Spissmotstand*	*Sidefriksjon*	*Poretrykk*
Anvendelsesklasse	*1*	*1*	*1*
Nullpunktsavvik	*7,1 kPa*	*1 kPa*	*3,4 kPa*

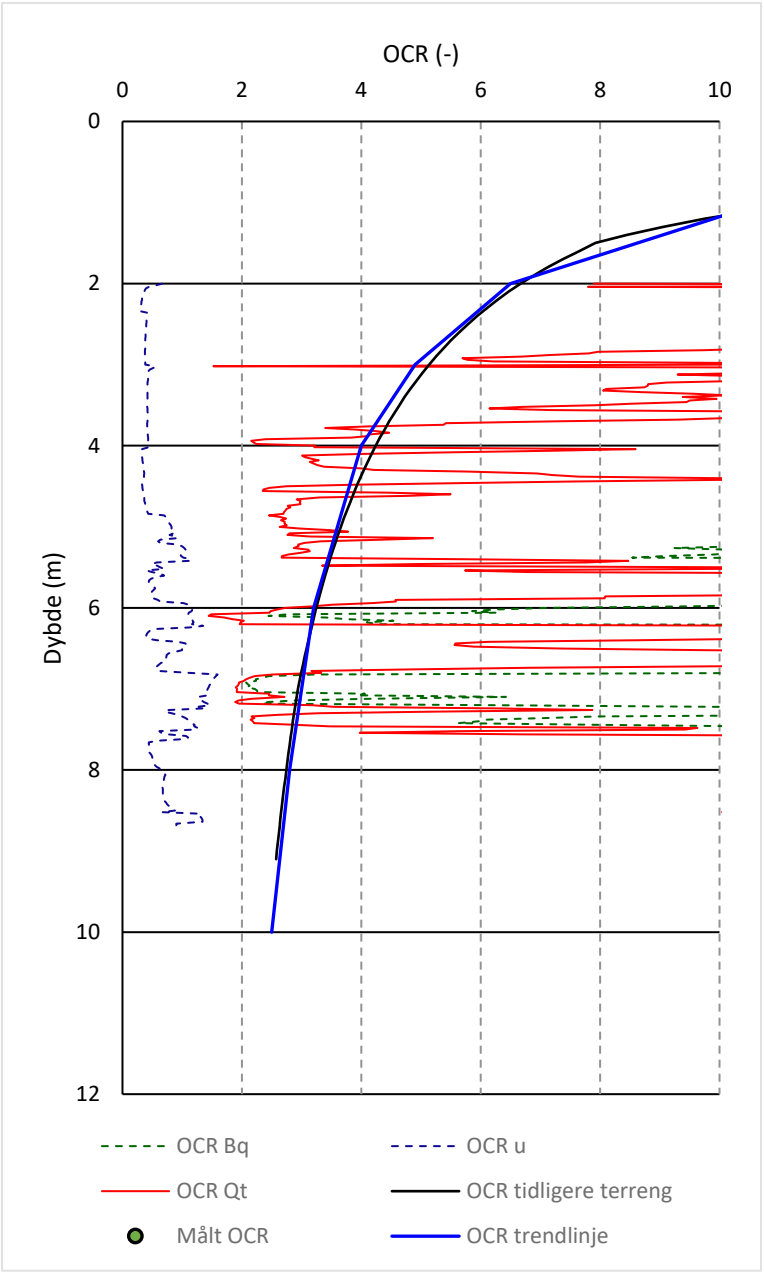

B_q
Poretrykksfaktor (-)
N_{mc}
Revidert spissmotstandstall (-)
R_f
Normalisert sidefriksjon (-)
+ 15
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
0
5
10
0
5
10
0,000
0,020
0,040
0,060
0
5
10
15
Dybde (m)
Sprøbruddmateriale
Bq1
Bq2

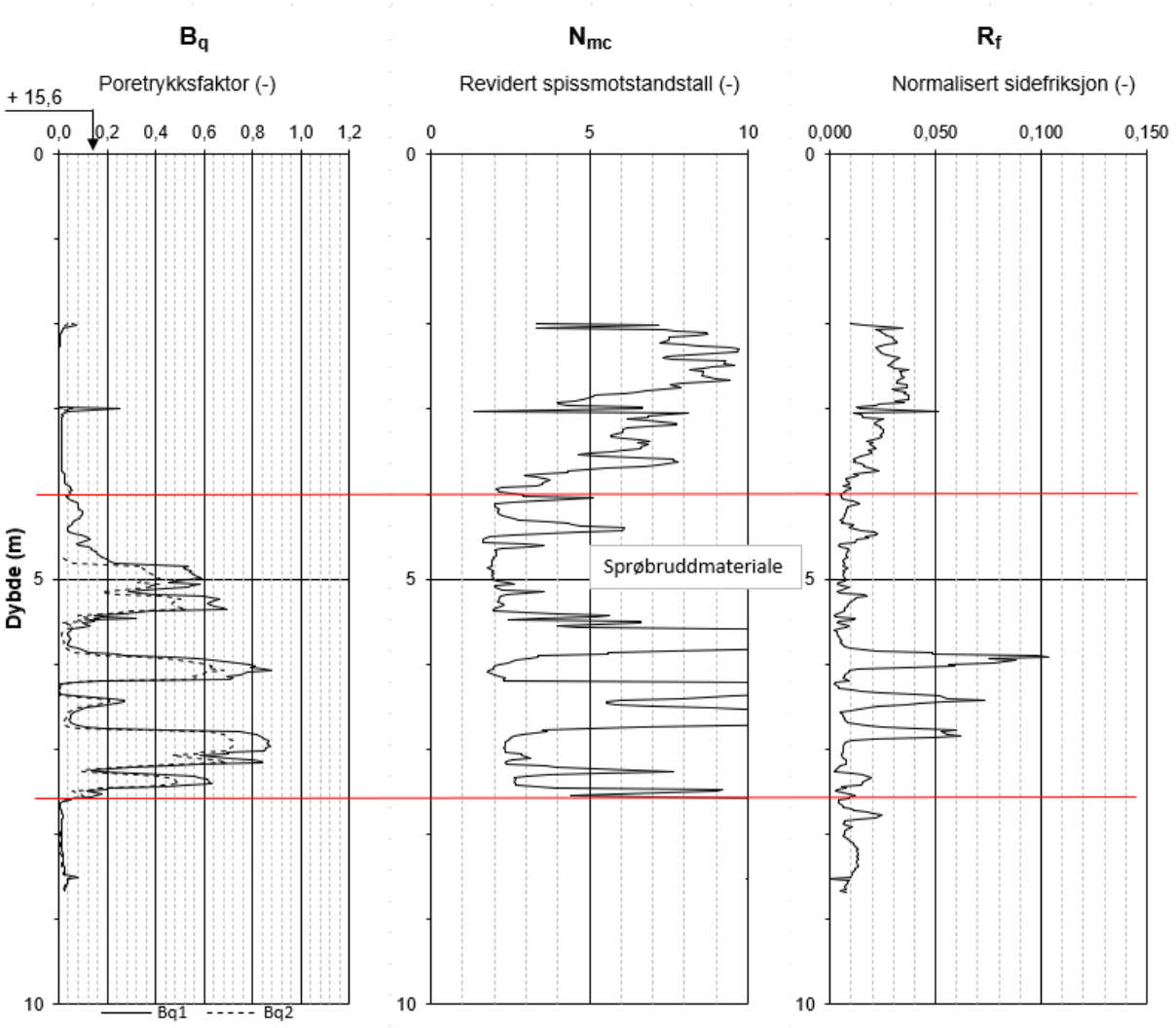
Borpunkt NP4



Konklusjon:

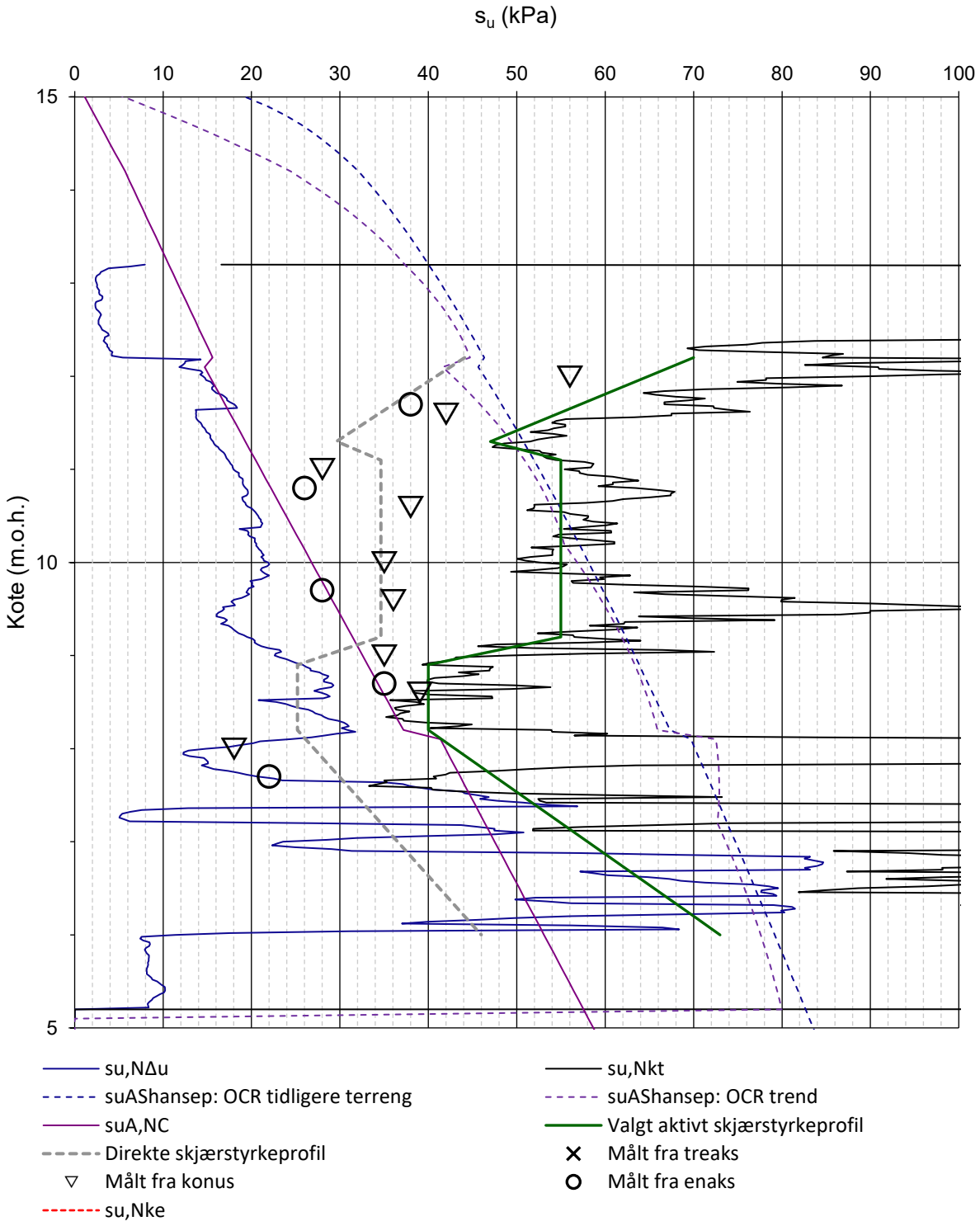
Borpunkt NP4	*Spissmotstand*	*Sidefriksjon*	*Poretrykk*
Anvendelsesklasse	*1*	*1*	*1*
Nullpunktsavvik	*-1,8 kPa*	*-1,4 kPa*	*-4,1 kPa*


OCR (-)
0
2
4
6
8
10
Dybde (m)
0
2
4
6
8
10
12
OCR Bq
OCR u
OCR Qt
OCR tidligere terreng
Målt OCR
OCR trendlinje


B_q
Poretrykksfaktor (-)
+ 15,6
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
N_{mc}
Revidert spissmotstandstall (-)
0
5
10
R_f
Normalisert sidefriksjon (-)
0,000
0,050
0,100
0,150
Dybde (m)
0
5
10
Sprøbruddmateriale
Bq1
Bq2

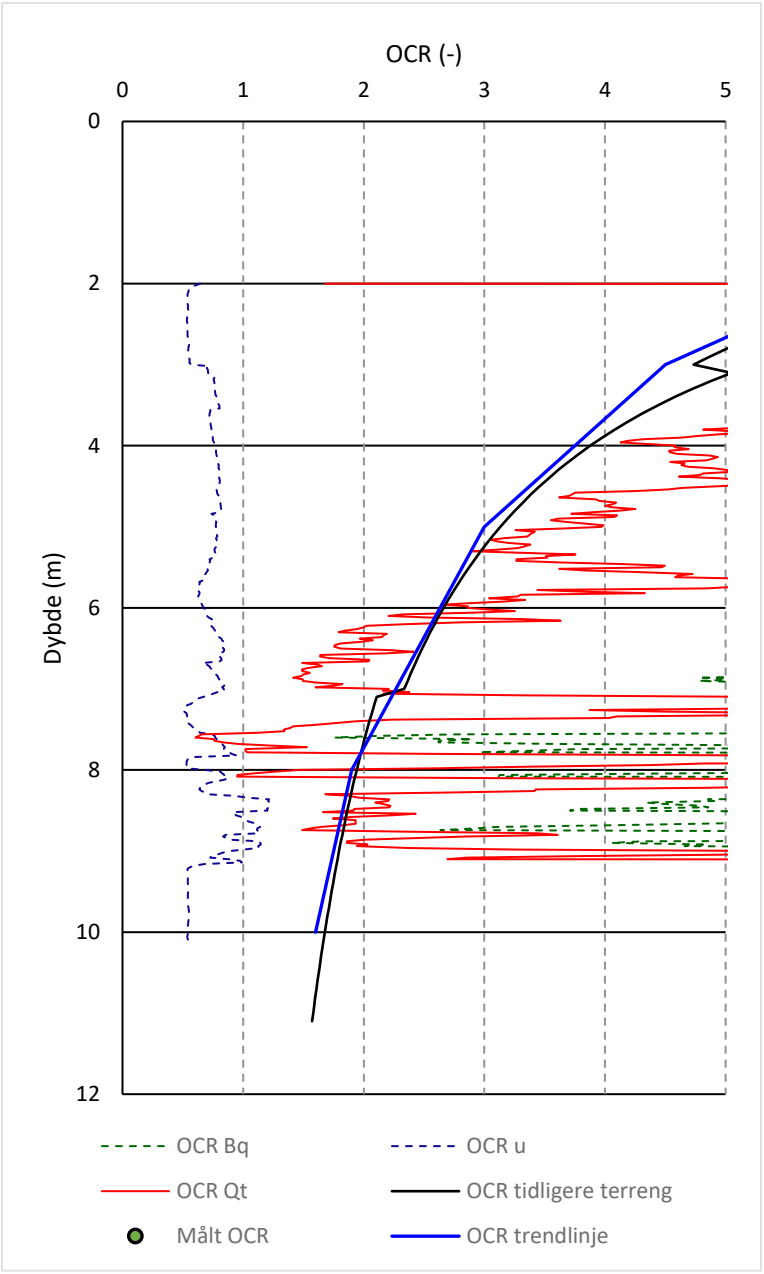
Borpunkt NP7

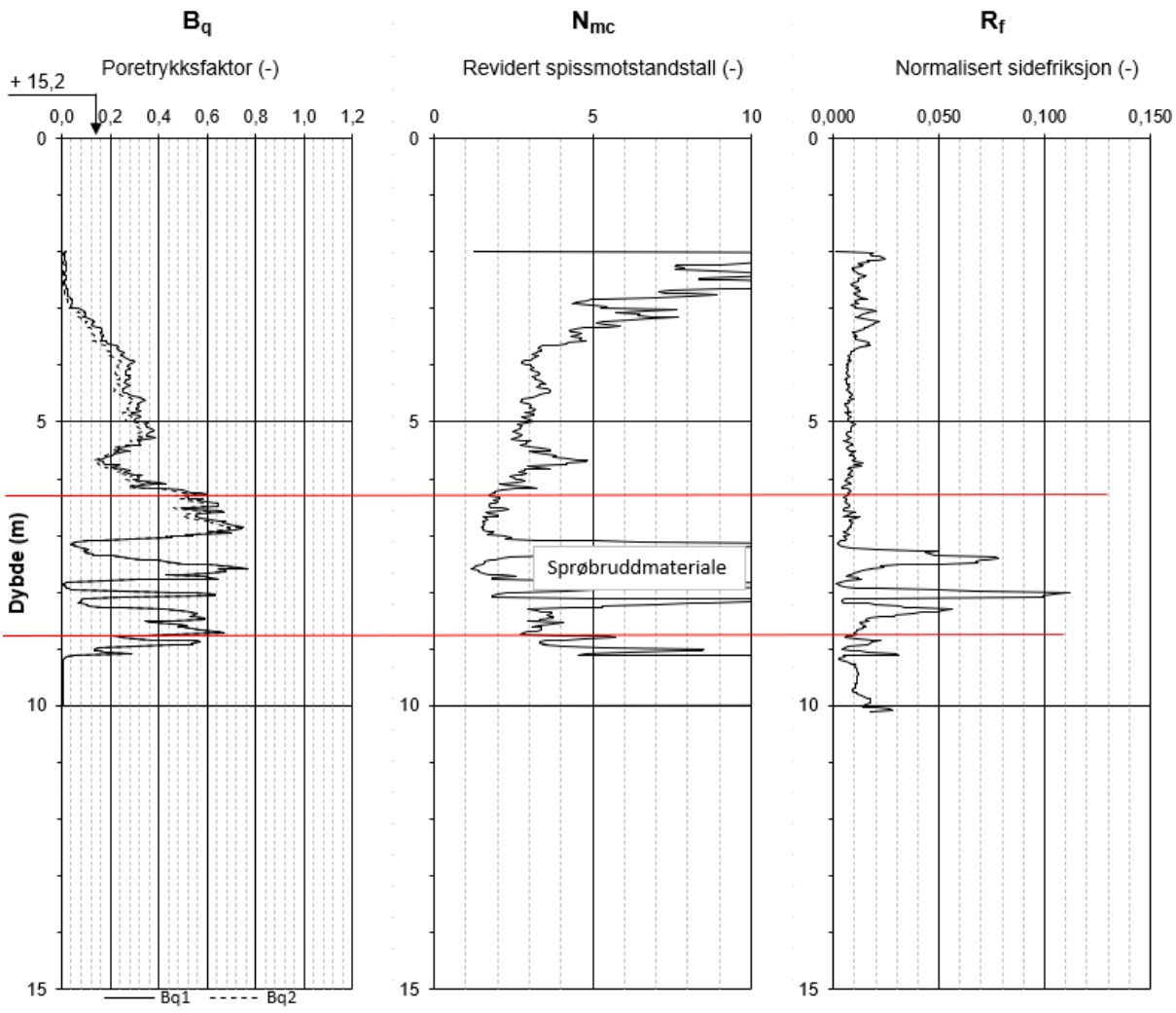
Udrenert skjærstyrke



Konklusjon:

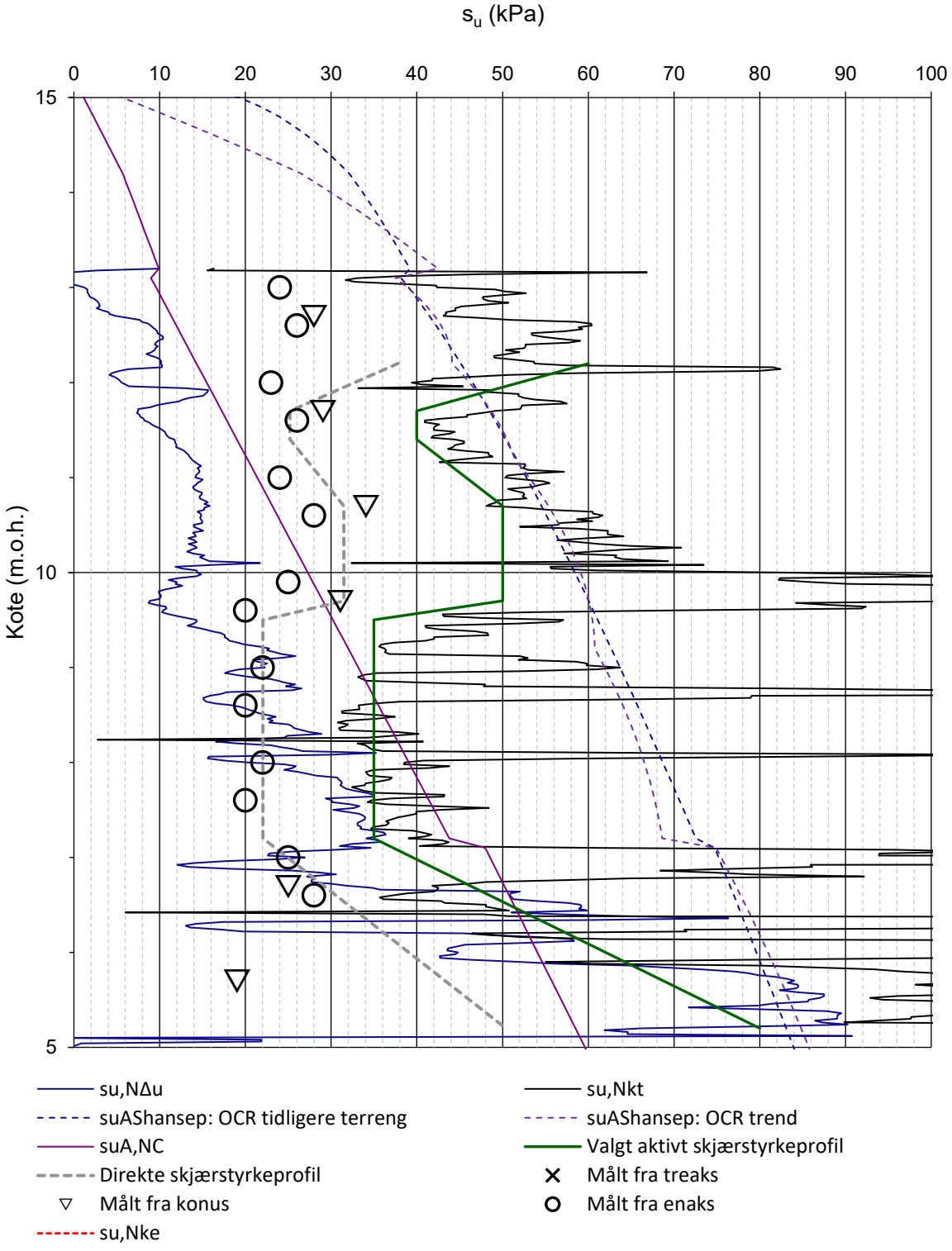
Borpunkt NP7	*Spissmotstand*	*Sidefriksjon*	*Poretrykk*
Anvendelsesklasse	*1*	*1*	*1*
Nullpunktsavvik	*2,3 kPa*	*0,4 kPa*	*-0,1 kPa*


OCR (-)
0
1
2
3
4
5
Dybde (m)
0
2
4
6
8
10
12
OCR Bq
OCR u
OCR Qt
OCR tidligere terreng
Målt OCR
OCR trendlinje


B_q
Poretrykksfaktor (-)
+ 15,2
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
N_{mc}
Revidert spissmotstandstall (-)
0
5
10
R_f
Normalisert sidefriksjon (-)
0,000
0,050
0,100
0,150
Dybde (m)
0
5
10
15
Sprøbruddmateriale
Bq1
Bq2

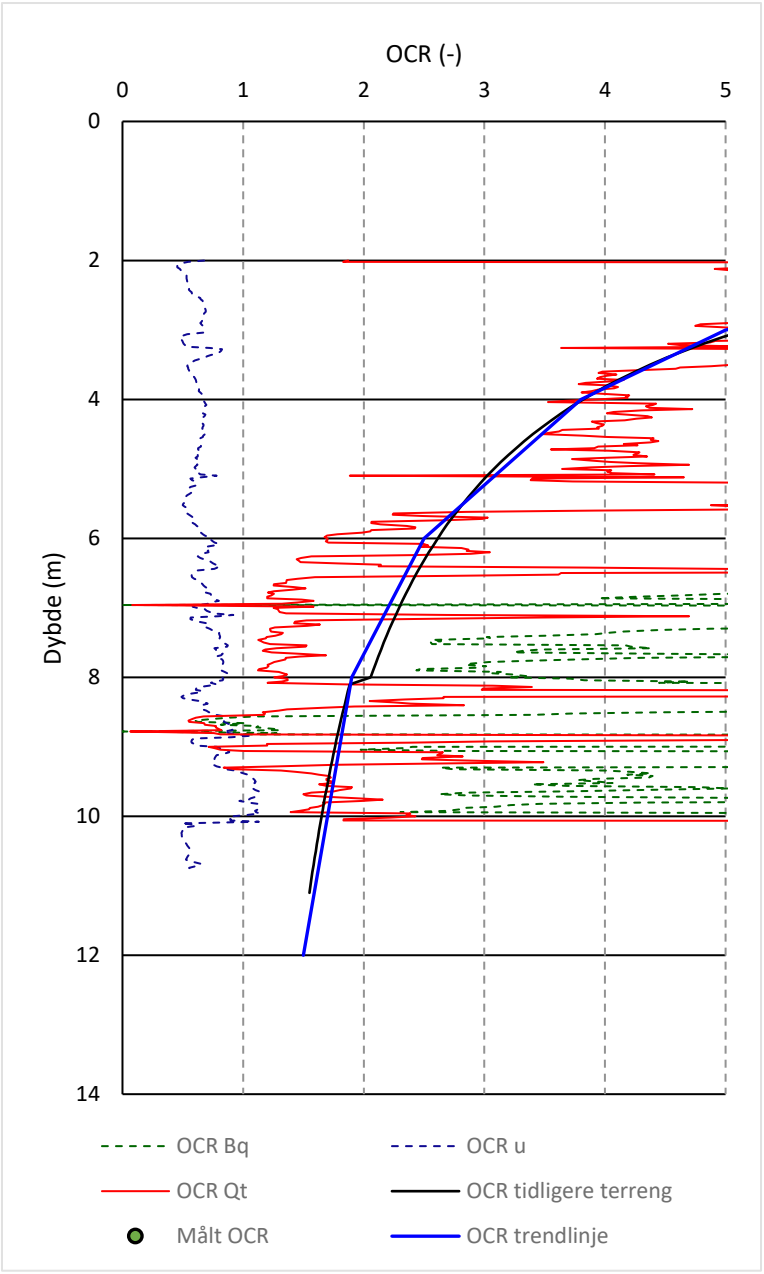
Borpunkt NP8

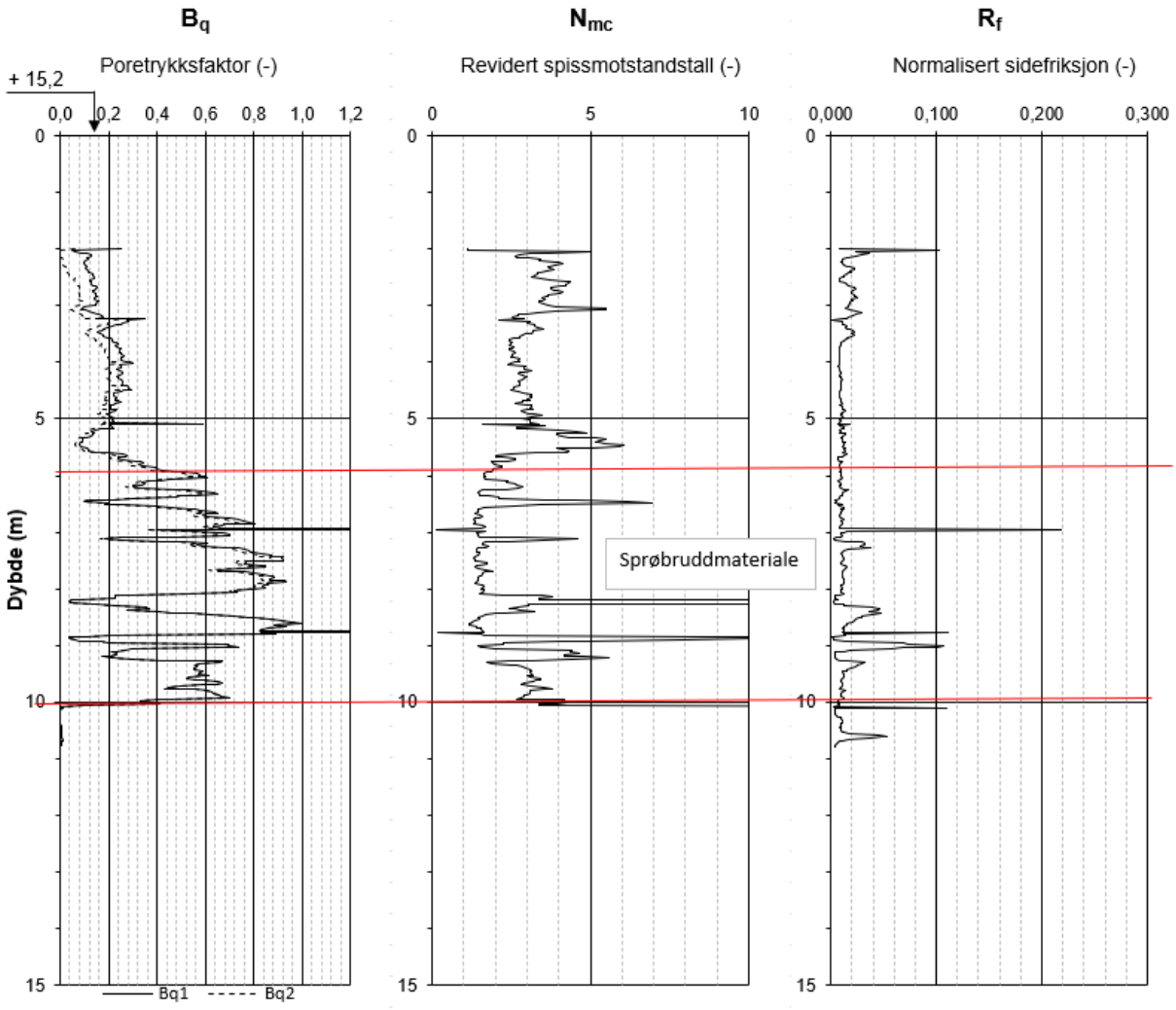
Udrenert skjærstyrke



Konklusjon:

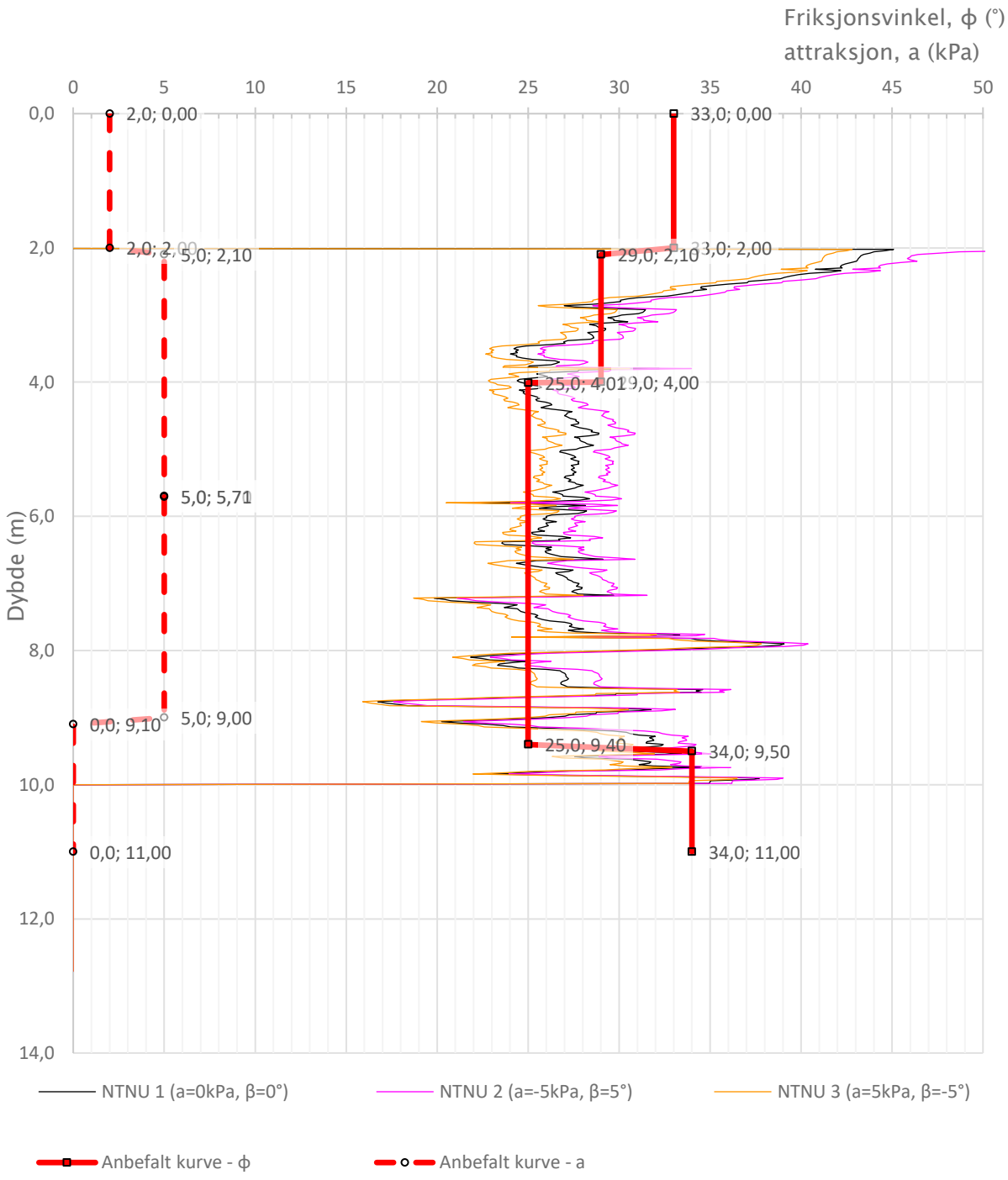
Borpunkt NP8	*Spissmotstand*	*Sidefriksjon*	*Poretrykk*
Anvendelsesklasse	*1*	*1*	*1*
Nullpunktsavvik	*-5,2 kPa*	*0,4 kPa*	*1,1 kPa*


OCR (-)
0
1
2
3
4
5
Dybde (m)
0
2
4
6
8
10
12
14
OCR Bq
OCR u
OCR Qt
OCR tidligere terreng
Målt OCR
OCR trendlinje

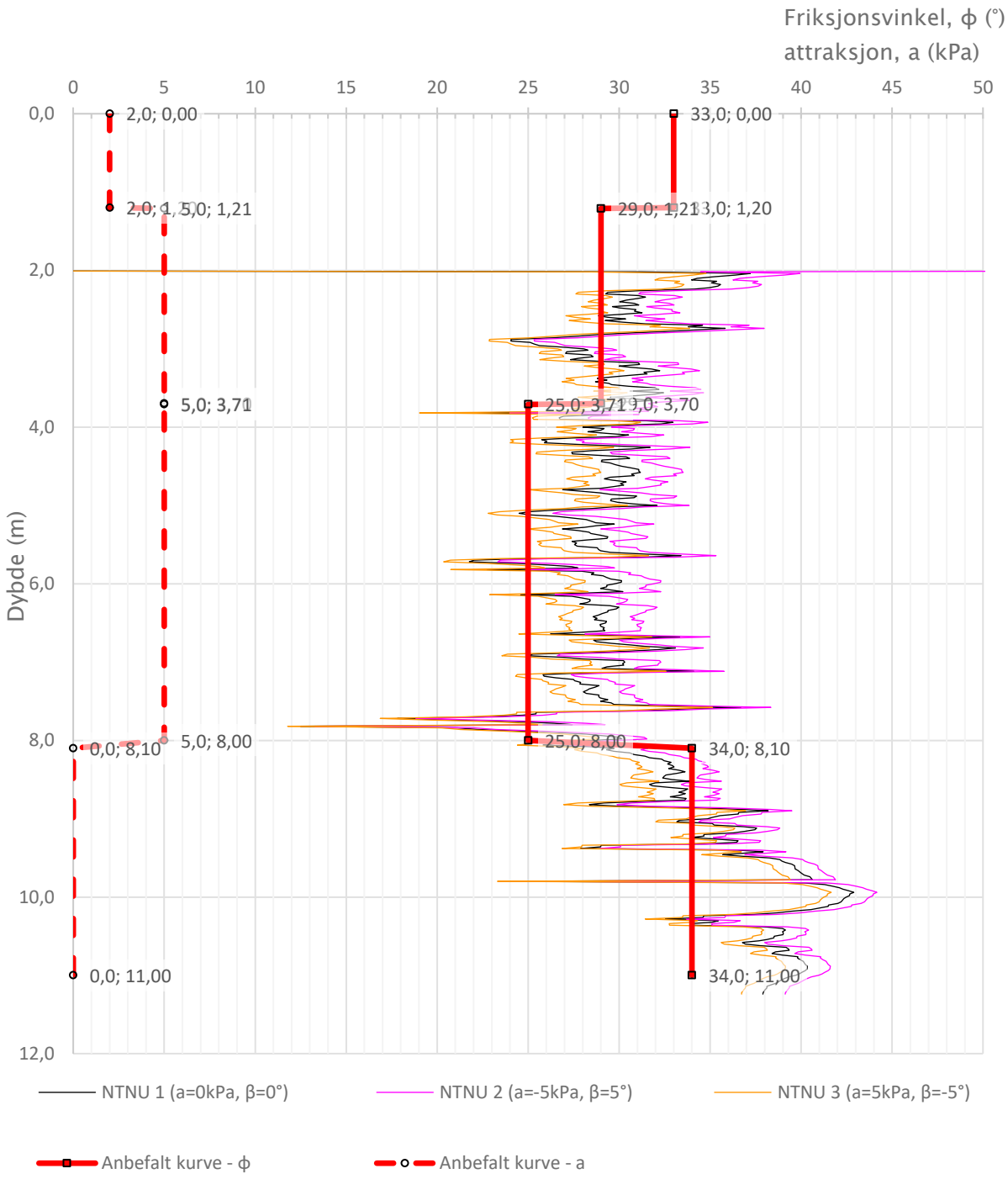

B_q
Poretrykksfaktor (-)
N_{mc}
Revidert spissmotstandstall (-)
R_f
Normalisert sidefriksjon (-)
+ 15,2
0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2
0 5 10
0,000 0,100 0,200 0,300
Dybde (m)
0
5
10
15
Sprøbruddmateriale
Bq1
Bq2

Tillegg 1.2 – Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon i utvalgte CPTU vha. SVVs CPTU-ark

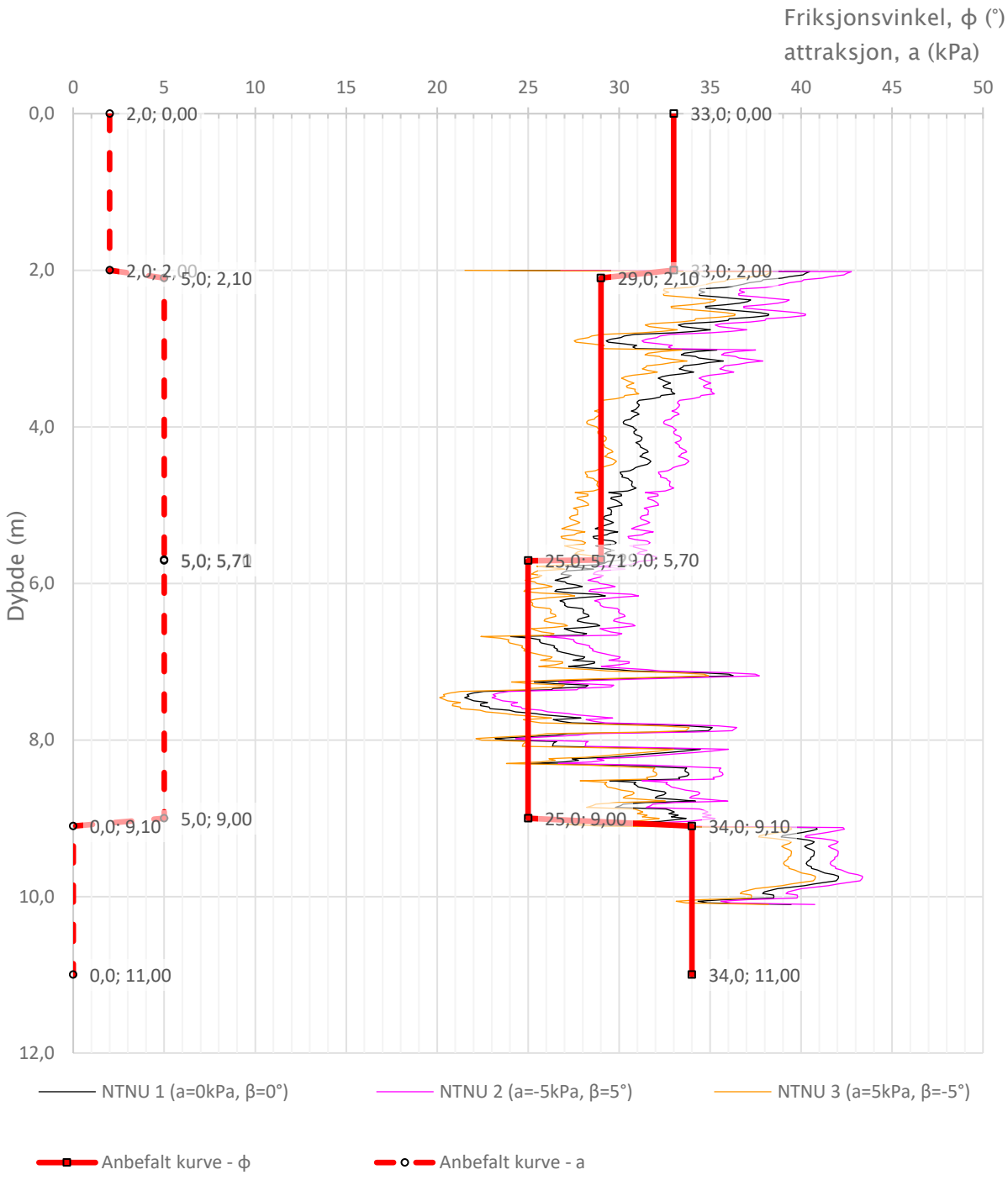
Borpunkt 5


Friksjonsvinkel, ϕ (°)
attraksjon, a (kPa)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
0,0
2,0
4,0
6,0
8,0
10,0
12,0
14,0
Dybde (m)
2,0; 0,00
33,0; 0,00
2,0; 2,00
5,0; 2,10
29,0; 2,10
33,0; 2,00
25,0; 4,01
9,0; 4,00
5,0; 5,71
0,0; 9,10
5,0; 9,00
25,0; 9,40
34,0; 9,50
0,0; 11,00
34,0; 11,00
NTNU 1 (a=0kPa, β=0°)
NTNU 2 (a=-5kPa, β=5°)
NTNU 3 (a=5kPa, β=-5°)
Anbefalt kurve - ϕ
Anbefalt kurve - a

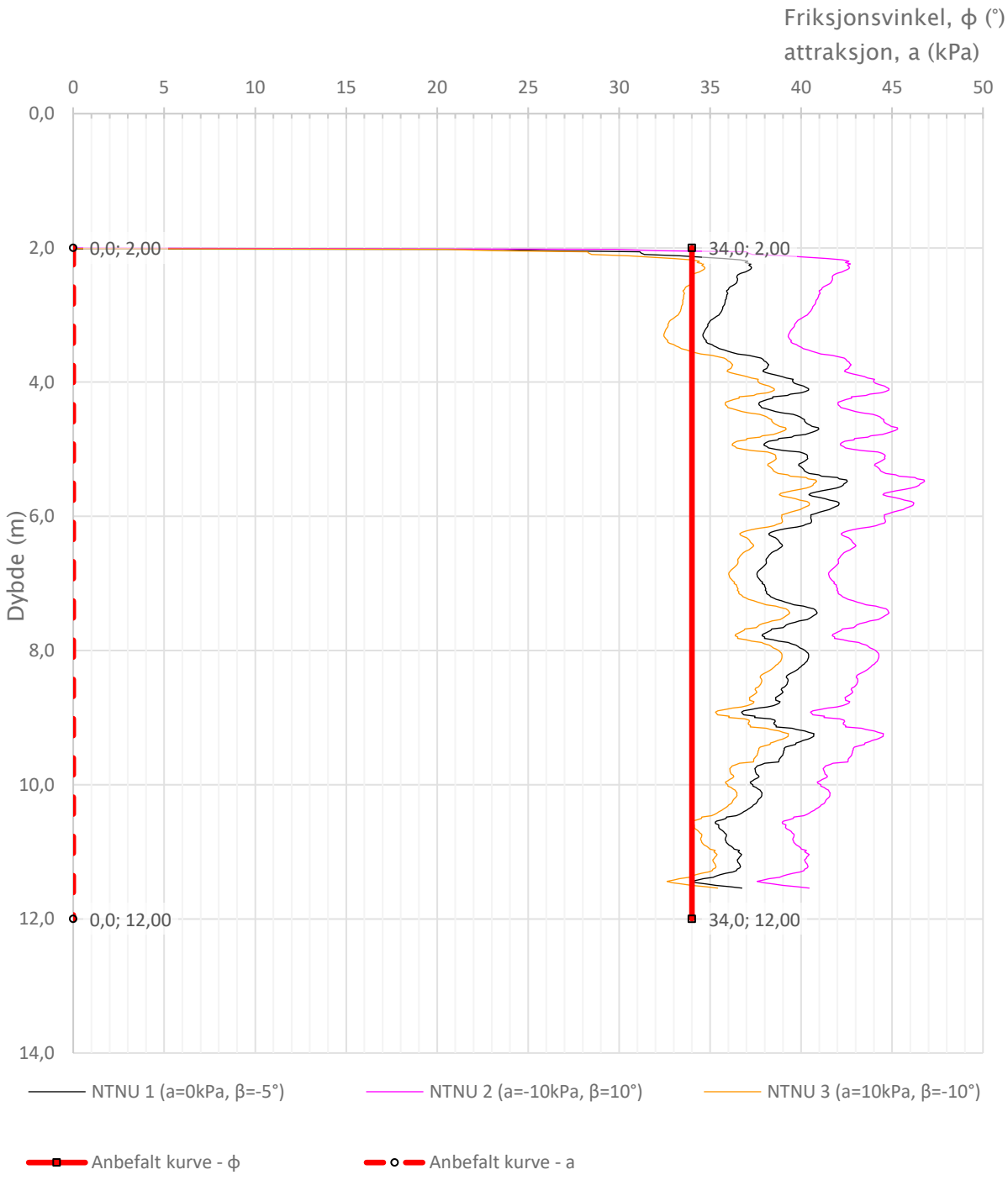
Borpunkt 6

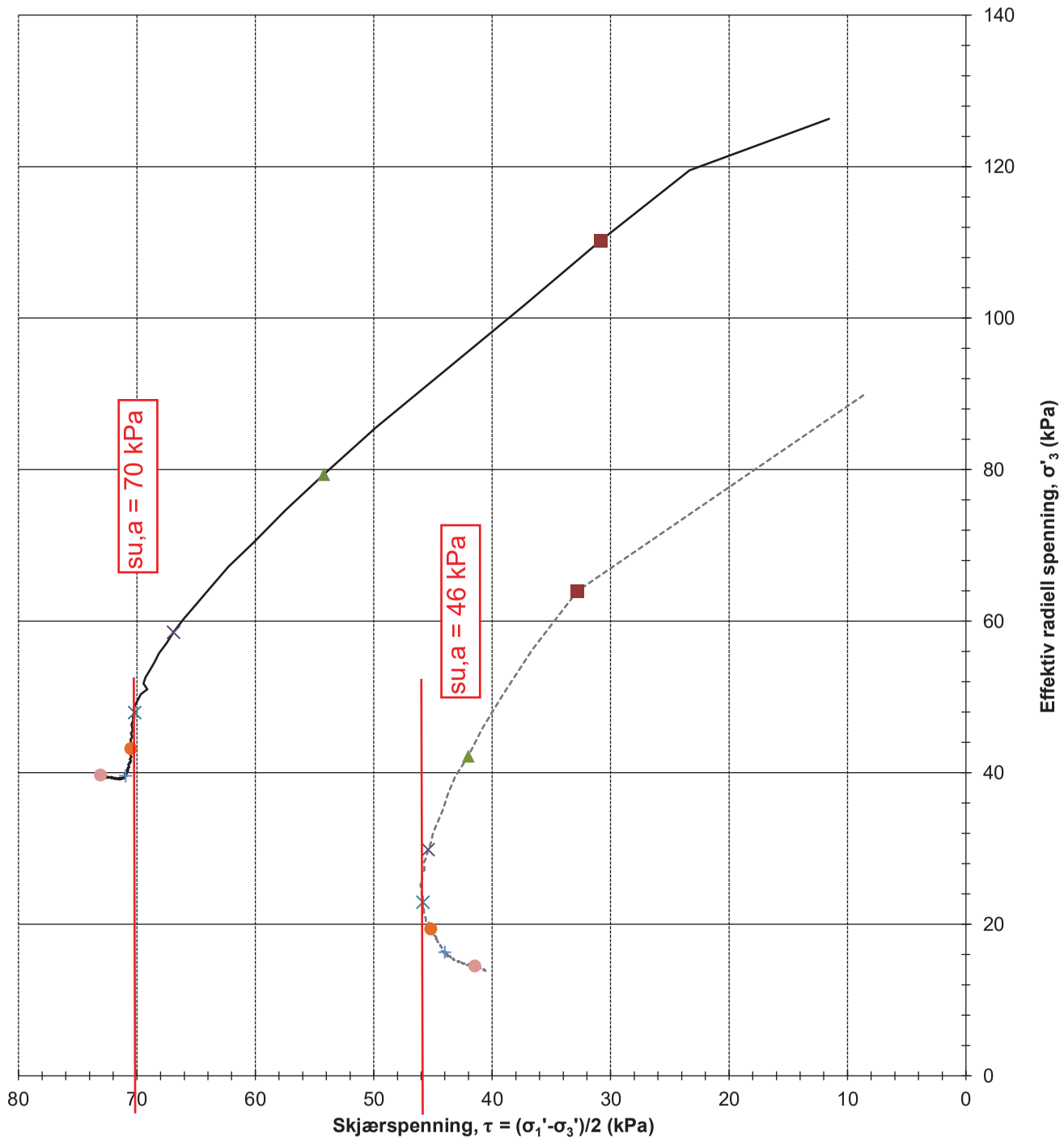

Friksjonsvinkel, ϕ (°)
attraksjon, a (kPa)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
0,0
2,0
4,0
6,0
8,0
10,0
12,0
Dybde (m)
2,0; 0,00
2,0; 1,21
5,0; 3,71
0,0; 8,10
5,0; 8,00
0,0; 11,00
33,0; 0,00
29,0; 1,21
3,0; 1,20
25,0; 3,71
3,0; 3,70
25,0; 8,00
34,0; 8,10
34,0; 11,00
NTNU 1 (a=0kPa, β=0°)
NTNU 2 (a=-5kPa, β=5°)
NTNU 3 (a=5kPa, β=-5°)
Anbefalt kurve - ϕ
Anbefalt kurve - a

Borpunkt NP7



Borpunkt GN14





Dybde forsøk 1 (m)	6,2	Dato forsøk 1	02.11.2021
Dybde forsøk 2 (m)	8,5	Dato forsøk 2	03.11.2021
Konsolidert spenning σ'_a/σ'_r forsøk 1 (kPa)	107,1 / 89,8	Kommentar prøve 1	SILT, leirig
Konsolidert spenning σ'_a/σ'_r forsøk 2 (kPa)	149,4 / 126,3	Kommentar prøve 2	SILT, leirig

Løvlien Georåd

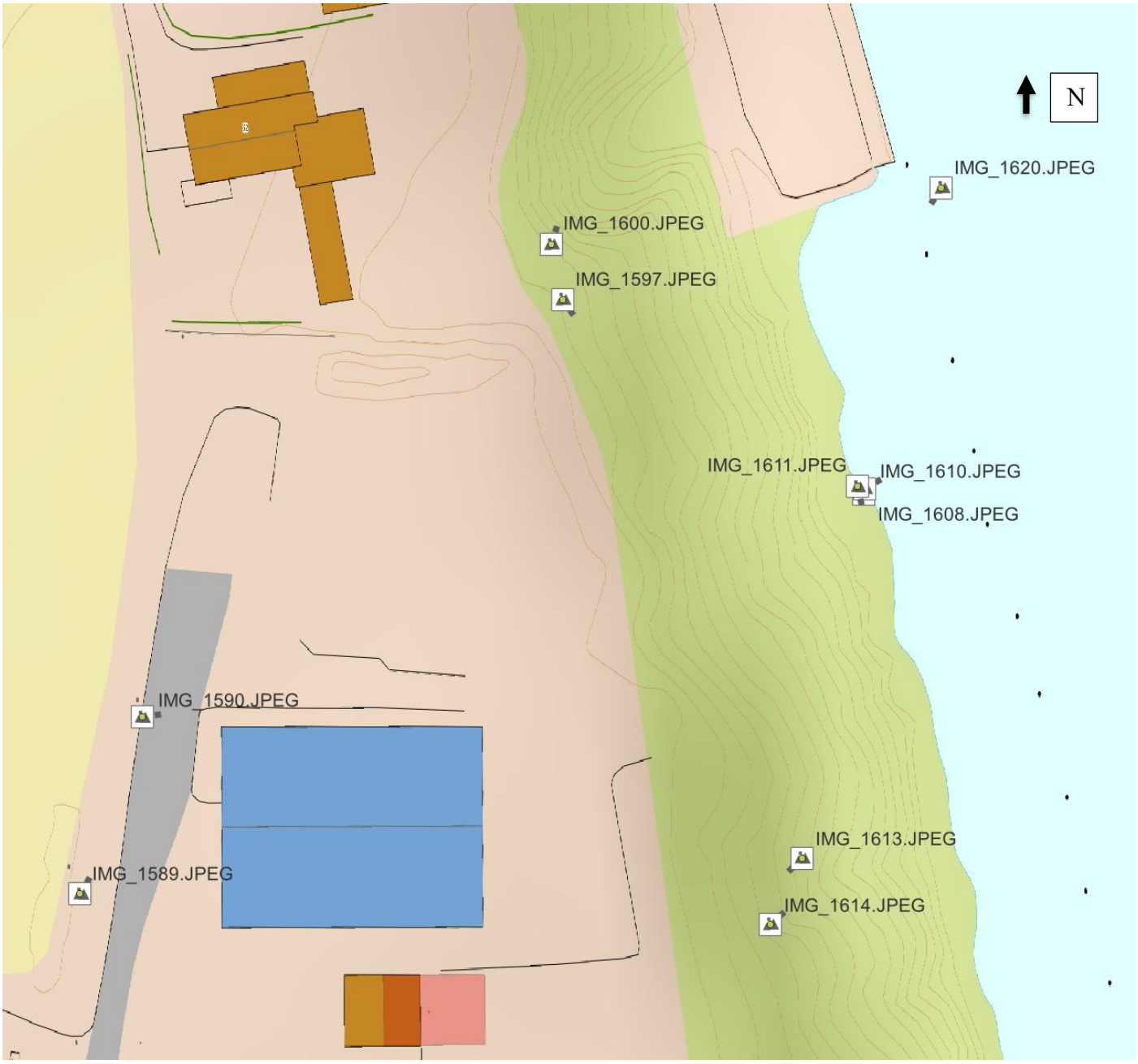
Oppdragsgiver: AEVI Eiendom AS		Prosjekt nr.: 21469	Tegning nr.: ~~R01C11~~
Prosjekt: Nenset Terrasse 28a, Skien		Side: 1 av 3	Borpunkt: 4
Tittel: Treaksialforsøk, τ_{max} vs σ'_3		Ansvarlig: ~~KS~~	Kontrollert: ~~TIG~~

Tillegg 1.3

Tillegg 1.4

Bilder fra befaring

Løvlien Georåd	Oppdragsgiver Elvebredden Skien AS	Prosjekt nr. 21469	Tillegg 1.4
	Prosjekt Nenset Terrasse 28a, Skien	Dato 08.06.2022	Revisjon 00
	Tittel Bilder fra befaring	Ansvarlig TIG	Kontrollert MWJ


N
IMG_1620.JPEG
IMG_1600.JPEG
IMG_1597.JPEG
IMG_1611.JPEG
IMG_1610.JPEG
IMG_1608.JPEG
IMG_1590.JPEG
IMG_1589.JPEG
IMG_1613.JPEG
IMG_1614.JPEG

IMG_1589



IMG_1590



IMG_1597



IMG_1600



IMG_1608



IMG_1610



IMG_1611



IMG_1613



IMG_1614



IMG_1620

