10237063-RIG-R01-A05

Verket Moss BT3 - Områdestabilitetsvurdering

Sweco Norge AS	Organisasjonsnr. 967032271		
Prosjekt	Verket Moss BT3 - områdestabilitet		
Prosjektnummer	10237063		
		Kontrollert av	Tassos Mousiadis
Kunde	Höegh Eiendom AS		
Rev	A05		
		Godkjent av	Gard Hofshagen
Dato	28.11.2024		
Opprettet av	Louis Steigerwald		
Dokumentnummer	10237063-RIG-R01		
Dokumentreferanse			

Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Godkjent av
01	25.08.2023	Første leveranse.	NOLOST	NOTAMO
02	28.11.2023	Revidert rapport etter innledende kommentarer fra uavhengig kvalitetssikring.	NOGARH	NOTAMO
03	23.09.2024	Reviderte beregninger med grunnforsterkning i sjøen og estimat av omfang av forsterkning. Soneavgrensning er noe innskrenket nordover.	NOGARH	NOTAMO
04	07.10.2024	Oppdatert etter tilbakemeldinger fra utbygger.	NOGARH	NOTAMO
05	28.11.2024	Oppdatert etter uavhengig kvalitetssikring. Mindre justeringer i sammendrag og konklusjon.	NOGARH	NOTAMO

SIGNATUR

Innholdsfortegnelse

Sammendrag 4

1 Innledning 5

2 Planlagt utbygging 6

3 Regelverk og krav 9
3.1 Sikkerhetskrav 9

4 Grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og potensielt løsneområde 11
4.1 Topografi 11
4.2 Grunnforhold 14
4.2.1 Øst for jernbanelinja 15
4.2.2 Sjøfronten 15
4.2.3 I sjøen 15
4.2.4 Bergblotninger og bergdybder 15
4.2.5 Grunnvannstand 16
4.2.6 Grunnlagsmateriale og grunnundersøkelser 17
4.3 Kvikkleire og sprøbruddmateriale 18
4.4 Kritiske skråninger og løsneområde 19

5 Befaring 21

6 Grunnundersøkelser 21

7 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone 21
7.1 Skredmekanismer 21
7.2 Løsneområde 22
7.3 Utløpsområde 24

8 Klassifisering av faresone 24
8.1 Faregradsvurdering 24
8.2 Konsekvensklassevurdering 26
8.3 Risikoklasse 26

9 Kritiske snitt og materialparametere 27
9.1 Materialparametere 28
9.1.1 Udrenert skjærstyrke 28
9.2 Lastsituasjon 29

10 Stabilitetsvurderinger 30
10.1 Krav til forbedring av beregningsmessig sikkerhet 32

11 Vurdering av stabiliserende tiltak 33
11.1 Supplerende grunnundersøkelser 33
11.2 Terrengendringer 33
11.2.1 Avlastning og utslaking av skråning 33
11.2.2 Motfylling i sjøen 34
11.2.3 Lette masser 35
11.3 Last på skråningen 35
11.4 Grunnforsterkning 35
11.4.1 Omfang av grunnforsterkning i sjøen 36

11.4.2 Viktige forhold 37
11.5 Øvrige betraktninger 37
12 Videre arbeider 37
13 Konklusjon og oppsummering 38
14 Referanser 40
Vedlegg 1 - Tolkning av data fra CPTU 42
Vedlegg 2 – Tegninger 43

Tegninger

Tegningsnr.	Tegningsnavn	Skala	Rev.
G-001	Oversiktsplan Verket Beregningsprofiler Grunnundersøkelser	1:2500	02
G-002	Oversiktsplan Verket Løsne- og utløpsområde	1:2500	02
G-003	Snitt A-A – Dagens situasjon: Udrenert og drenert beregning	1:300	02
G-004	Snitt A-A – Avlastning: Udrenert og drenert beregning	1:300	02
G-005	Snitt A-A – Avlastning med grunnforsterkning: Udrenert beregning	1:300	02
G-006	Snitt C-C – Dagens situasjon: Udrenert og drenert beregning	1:250	02
G-007	Snitt C-C – Avlastning: Udrenert beregning	1:250	02

Sammendrag

Sweco er engasjert av Höegh Eiendom AS i forbindelse med utredning av områdeskredfare i detaljreguleringsfasen for Verket BT3 i Moss, som omfatter planområdene Bk_3A, Bk_3B, og B_3C. Vurderingen er utført etter prosedyren i NVE Veileder 1/2019 (Kvikkleireveilederen). Utbyggingsplanene medfører valg av tiltakskategori K4.

Denne rapporten og områdestabilitetsvurderingen er godkjent gjennom uavhengig kvalitetssikring av Dr.Techn. Olav Olsen. Det vises til deres notat 14068-OO-RIG-N-001.

Det er evaluert aktuelle skråninger og brudd-/skredmekanismer basert på et omfattende grunnlagsmateriale fra hele utbyggingsområdet. Det er påvist sprøbruddmateriale og kvikkleire i flere punkter i det aktuelle området og utarbeidet et forslag til utvidelse av eksisterende kvikkleiresone 2817 Verket basert på foreliggende grunnlag fra grunnundersøkelsene. Det er foreslått aktuelt løsne- og utløpsområde for den oppdaterte kvikkleiresonen som angitt i tegning G-002. Sonen er klassifisert med «Middels» faregrad og «Meget alvorlig» konsekvens, som medfører Risikoklasse 4.

Reguleringsområdet for Verket BT3 overlapper med denne kvikkleiresonen. Hele delplanområde 3A og en liten del av delplanområde 3B ligger innenfor det kartlagte løsneområdet. Delplanområde 3C er ikke definert som en del av løsneområdet for et skred ved strandlinjen, og kan ikke berøres av kvikkleireskred. Områdeskredfare er dermed ivaretatt for delplanområde 3C.

Stabilitetsberegninger som er utført for kritisk skråning i sjøen viser at det med dagens situasjon ikke er tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet etter sikkerhetskravene i NVE Veileder 1/2019 for tiltakskategori K4. Dette medfører krav til prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktor ved topografiske endringer. Sikkerhet mot områdesskredfare er derfor ikke ivaretatt for delplanområde BK_3A og vest på område Bk_3B uten at det gjennomføres stabiliserende tiltak.

Det er utført innledende vurderinger av relevante stabiliserende tiltak i prosjektet. Planlagt avlastning av terreng og fjerning av jernbanen viser forbedrende effekt som indikerer at prosjektet er teknisk gjennomførbart. Beregninger tilsier at avlastningen på land må utvides mot nord for å ivareta skråningsstabiliteten. Beregningene tilsier også at det må gjennomføres grunnforsterkning i sjøen for å ivareta sikkerhet mot et skred i sjøen som kan ramme byggene på land. Detaljprosjektering av grunnforsterkning i sjøen må utføres for å ivareta både lokal- og områdestabilitet for anleggsfasen og i ferdig situasjon. Avlastingen og grunnforsterkningen må utføres før øvrige anleggsarbeider på planområdet kan begynne.

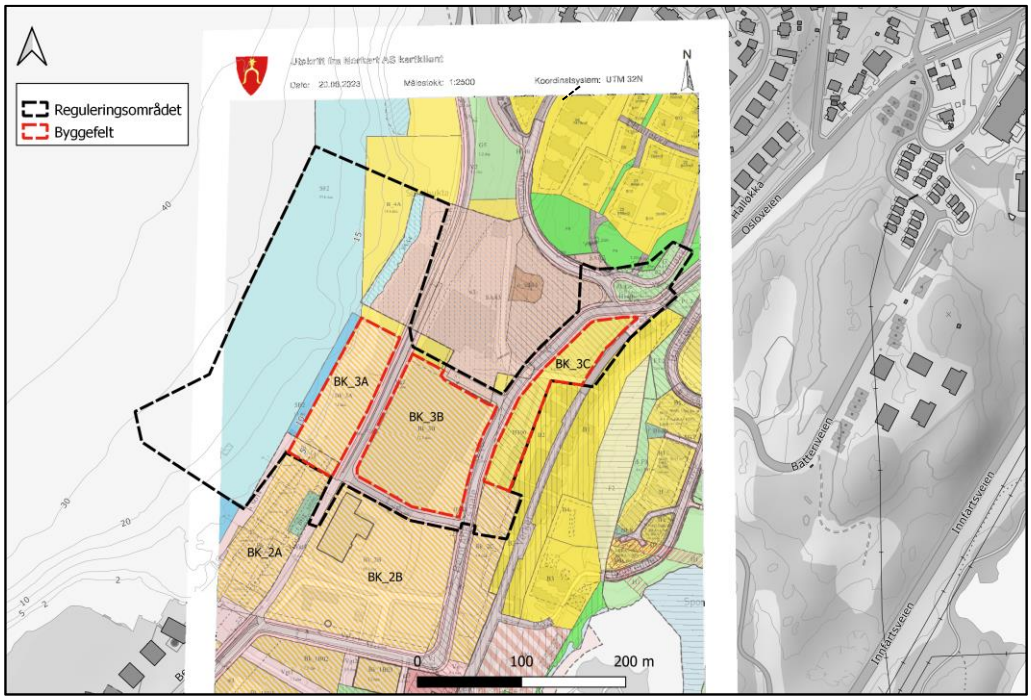
Usikkerheten i beregningene kan reduseres ved å utføre supplerende grunnundersøkelser. Supplerende grunnundersøkelser anbefales for at omfanget av avlastningen på land kan bestemmes i detalj, og for å nærmere vurdere behov, omfang og gjennomførbarhet av grunnforsterkning i sjøen. Sweco vurderer at det er tilstrekkelig at supplerende undersøkelser utføres i neste fase, siden vurderingene i denne rapporten baserer seg på konservative vurderinger der det ikke foreligger grunnlag fra eksisterende undersøkelser.

Det anbefales også at det planlegges for en fremtidig prøvestabilisering i sjøen for å kunne dokumentere at grunnforsterkningen gir tilstrekkelig fasthetsøkning av de bløte massene i sjøen.

Vurderingene i denne rapporten omhandler områdestabilitetsvurdering for dagens situasjon og planlagt utbygging. Det er ikke medtatt betraktning av lokal stabilitet i kritiske skråninger, for eksempel i forbindelse med byggearbeidene ved kaien på Verket. Dette må ivaretas i forbindelse med senere detaljprosjektering.

1 Innledning

Sweco er engasjert av Höegh Eiendom AS i forbindelse med utredning av sikkerhet mot områdeskred i detaljreguleringsfasen for Verket BT3 i Moss. Verket Byggetrinn 3 omfatter planområdene Bk_3A, Bk_3B, og B_3C. Aktuelt område er vist i Figur 1. Sweco har tidligere utført områdeskredfarevurdering for planområdet Verket Bk_2, som ligger rett sør for BT3 [1]. Utredningen ble godkjent av en uavhengig tredjepartskontroll og meldt inn til NVE, og det ble opprettet en ny kvikkleiresone: «2817 Verket».



Figur 1: Oversiktskart som viser omtrent avgrensning av reguleringsområdet i svart [2].

Foreliggende rapport omfatter en videre utredning av områdestabilitet for det aktuelle reguleringsområdet etter NVEs veileder 1/2019 [3], med grunnlag i nylig utførte supplerende grunnundersøkelser, tidligere vurderinger og data fra området. Rapporten er utformet etter retningslinjene i vedlegg 1 i Veileder 1/2019. Øvrige geotekniske problemstillinger i prosjektet må ivaretas i detaljprosjekteringen, og er ikke en del av denne vurderingen.

Sweco har også bistått utbygger med innledende geotekniske vurderinger for detaljregulering av planområdet. Det vises til følgende geotekniske notater:

- 10237063-RIG-N01 Verket Moss 3 – Innledende geotekniske vurderinger
- 10237063-RIG-N02 Verket Moss 3 – Innledende stabilitetsvurdering Felt BK_3A
- 10237063-RIG-N03 Verket Moss 3 – Oppsummering av innledende geotekniske vurderinger og stabiliserende tiltak for utbygging på Bk_3A

De ovennevnte notatene må sees i sammenheng med foreliggende rapport. Det vises til kapittel 11.2, 11.4 og 12, der stabilitetsberegningene i RIG-N02 vurderes opp mot beregningene i denne rapporten for områdeskredfare.

2 Planlagt utbygging

Prosjektet er foreløpig i en detaljreguleringsfase. Alle detaljer vedrørende utgraving og fundamentering, samt omfang av utbyggingen er derfor ikke avklart. Denne rapporten tar utgangspunkt i foreliggende planer for utbygging pr. leveransedato.

Tidligere har det blitt utarbeidet detaljreguleringsplan for felt Bk_1A og Bk_2A. Utformingen av planområdet er bestemt av områdereguleringsplanen for Verket, vedtatt i desember 2015. Område Bk_3A og Bk_3B er regulert til kombinert bebyggelses- og anleggsformål. B_3C er regulert for boligformål.

I forbindelse med utarbeidelse av planforslaget for detaljregulering av området har arkitekt og landskapsarkitekt laget foreløpige skisser for planlagt utforming av området. Dette inkluderer blant annet ny bebyggelse, uteområder og gjenbruk av eksisterende bebyggelse.

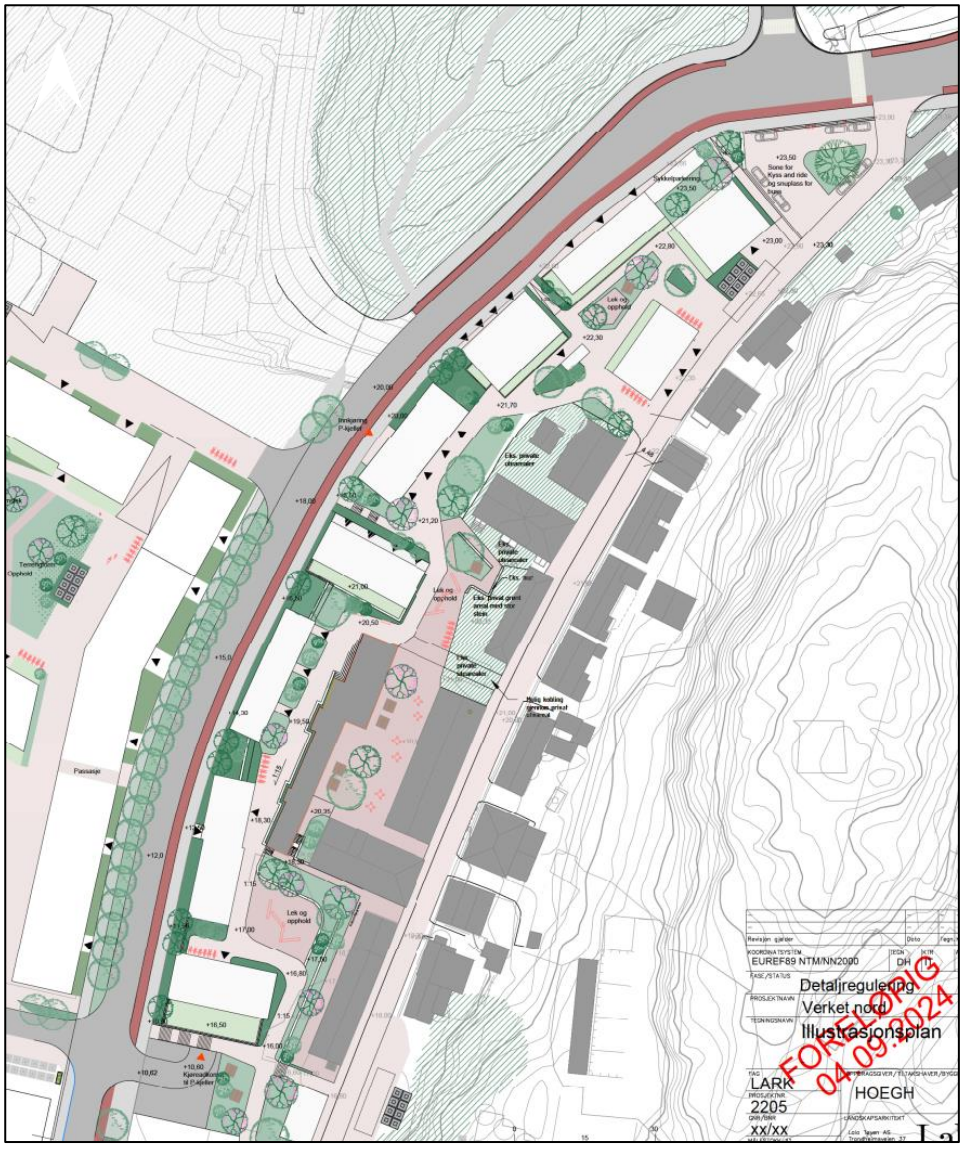
På område Bk_3A er det planlagt boligbebyggelse ut mot sjøfronten, se Figur 2. Det er også planlagt en parkeringskjeller med overkant gulv på kote +0,5 (NN2000), med utgravingsplanum på kote -0,2. Innvendig gulv i 1. etasje i boligene og utvendig plan er planlagt på kote +4,5. Bygningsmassen ved sjøfronten er plassert på utsiden av dagens kystlinje og er planlagt fundamentert på spissbærende peler i sjøen.

Figur 2: Foreløpig planskisse fra utbygger for felt Bk_3A (skjermdump av versjon datert 04.09.2024). Planlagt parkeringskjeller er skissert i figuren med rød stiplet linje.

Område Bk_3B er foreløpig satt av til kombinert bolig- og næringsformål. Se Figur 3 for foreløpig skisse. Det er også planlagt en stor parkeringskjeller under planområdet. Innvendig gulvkote i parkeringskjelleren varierer, men dypeste gulvkote er på +5,0.

Figur 3: Foreløpig planskisse fra utbygger som viser planlagt bebyggelse og uteareal for område Bk_3B (skjermdump av versjon datert 04.09.2024).

I område B_3C er det foreløpig planlagt boliger. Disse bygges nær de historiske arbeiderboligene som i dag ligger ved vegen Verket. Se Figur 4.



Figur 4: Foreløpig planskisse fra utbygger som viser planlagt bebyggelse og uteareal for område B_3C (skjermdump av versjon datert 04.09.2024). De eksisterende arbeiderboligene på Verket er vist som mørkegrå figurer.

3 Regelverk og krav

Følgende lover, forskrifter og retningslinjer er aktuelle for den planlagte utbyggingen:

- Plan- og bygningsloven (PBL) [4]
- Byggteknisk forskrift (TEK 17) [5], med veiledning
- Forskrift om byggesak (byggesaksforskriften, SAK 10) [6], med veiledning
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7 – Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler
- NVEs retningslinjer 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» [7], med tilhørende veileder 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [3] (kvikkleireveilederen)

Plan- og bygningsloven §28-1 angir sikkerhetskrav for byggegrunn: *«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»* [4]

TEK 17 kapittel 7 stiller krav til sikkerhet for byggverk mot naturpåkjenninger, herunder sikkerhet mot flom, stormflo og skred. §7-3 angir at tilstrekkelig sikkerhet mot kvikkleireskred kan oppnås i alle faser av utbygging og for ferdig bygg ved å følge metoder og prosedyrer gitt i NVEs retningslinjer 2/2011 med tilhørende veileder 1/2019. [5]

Det understrekes at denne rapporten kun vurderer områder som potensielt kan ramme aktuelt tiltaksområde på Verket i Moss, som beskrevet i veileder 1/2019.

3.1 Sikkerhetskrav

Tiltaket plasseres i kategori K4, etter veiledningen i Figur 5. Dette begrunnes primært med at prosjektet innebærer boligutbygging med flere boenheter over et større område. Se nærmere beskrivelse i kapittel 2. Detaljregulering av tomtene medfører en full gjennomgang av prosedyren fra NVE veileder 1/2019. Med bakgrunn i prosjektets modenhetsgrad er ikke alle detaljer rundt omfang av utbyggingen endelig bestemt. Dette inkluderer utgravingsdybder og fundamentering av byggene. Foreløpige planer for utbyggingen er benyttet som forutsetning for denne vurderingen.

Eventuelt behov for stabiliserende tiltak mot områdeskred i forbindelse med utbyggingen og gjennomførbarhet av disse tiltakene må vurderes som en del av denne områdestabilitetsutredningen.

Tabell 3.2 Tiltakskategori med eksempler på type tiltak

Tiltaks-kategori	Type tiltak
K0	**Små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer** Garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod, landbruk- og skogsveger
K1	**Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer** Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, lokale VA-anlegg, private og kommunale veger, mindre parkeringsanlegg og trafikksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)
K2	**Tiltak som kun innebærer terrengendring; utgraving, opp- og utfylling og masseflytting** Massedeponier, komposteringsanlegg, bakkeplanering/nydyrking, massetak, andre massefyllinger
K3	**Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, større byggverk med begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi** Bolighus/fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, lagerbygg med større verdi, mindre nærings- og industribygg, mindre utendørs publikumsanlegg, større VA-anlegg
K4	**Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner** Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg

Figur 5: Valg av tiltakskategori fra veiledning i NVE veileder 1/2019, kap. 3.3 [3].

K4 medfører følgende krav til sikkerhet iht. veilederens kapittel 3.3.6:

> «*Faresonen(e) som kan berøre tiltaket må avgrenses og utredes for områdeskredfare, iht. kap. 4 Soneutredning. Krav til utredning gjelder også hvis tiltaket ligger i et utløpsområde. Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges. For vurdering av erosjon, se NVE Ekstern rapport 9/2020 (15). For tiltakskategori K3 ved lav faregrad er kravene til sikkerhet lik som for tiltakskategori K1, kap. 3.3.4.*
>
> *Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40*f_s$ og $F_{c\varphi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene, se kap. 5.3.3.*
>
> *For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\varphi} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\varphi}$ økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3.*
>
> *For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\varphi} \geq 1.25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1.20$. Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal $F_{c\varphi}$ og F_{cu} økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3. Kriteriene for hva som kan regnes som skråninger utenfor influensområdet til tiltaket fremgår av kap. 3.3.7.*
>
> *Prosentvis forbedring kan bare oppnås ved bruk av topografiske endringer og/eller ved bruk av lette masser. Dersom man velger å bedre områdets stabilitet ved grunnforsterkning, må en oppnå sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\varphi} \geq 1,25$ etter at sikringstiltaket er utført.*
>
> *Kravet til prosentvis forbedring gjelder for alle skredmekanismer som kan berøre tiltaket, og gjelder for alle potensielle glideflater som før tiltak har lavere sikkerhet enn kravet. Ved særlig stor kompleksitet, spesielt ugunstige grunnforhold, utfordrende topografi og stor konsekvens bør større forbedring vurderes. Se for øvrig kap. 5.4 vedrørende beregningsmetodikk for prosentvis forbedring.*
>
> *Vurderinger og utarbeidelse av dokumentasjon skal gjennomføres av foretak med geoteknisk kompetanse som angitt i kap. 3.1. Kvalitetssikring gjennomføres av uavhengig foretak (også for K3 lav faregrad).*»

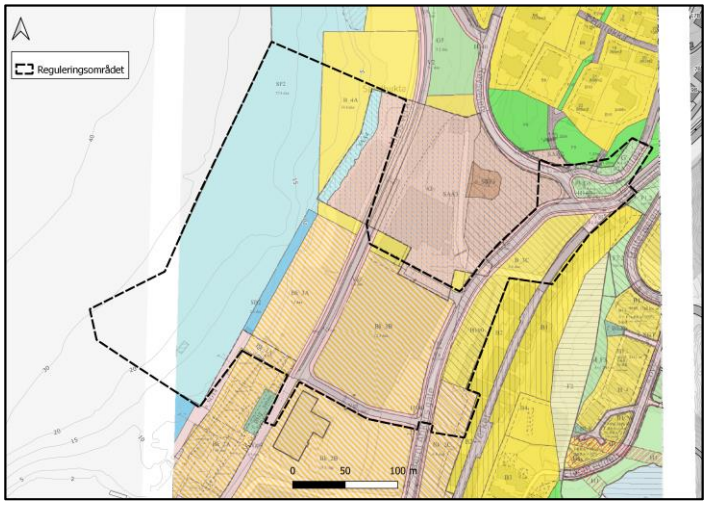
Med grunnlag i dette er det behov for en uavhengig kvalitetssikring av denne rapporten. Kontrollen skal gjennomføres av et uavhengig foretak med geoteknisk kompetanse og med grunnlag i NVEs veileder 1/2019 [3].

Denne rapporten og områdestabilitetsvurderingen er godkjent gjennom uavhengig kvalitetssikring av Dr.Techn. Olav Olsen. Det vises til deres notat 14068-OO-RIG-N-001.

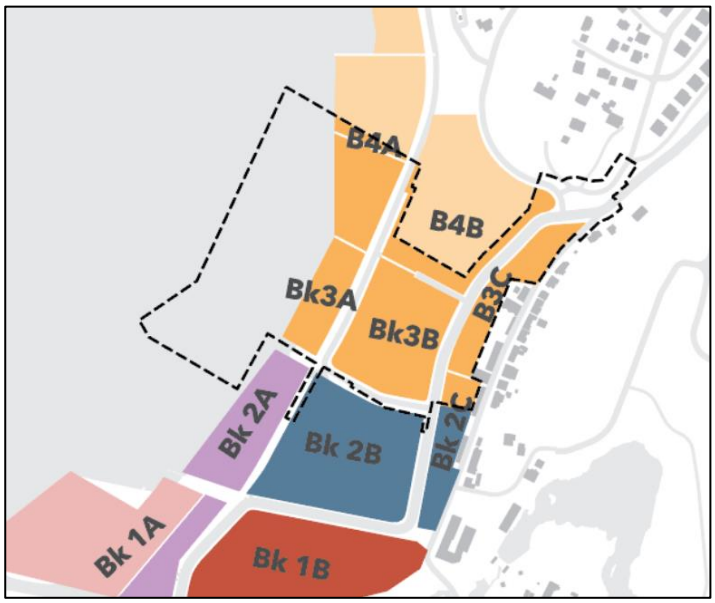
4 Grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og potensielt løsneområde

4.1 Topografi

Aktuelt reguleringsområde befinner seg på Verket i Moss, nord for Mosseelvas munning ut i Mossesundet, som vist i Figur 6. Området avgrenses av sjøkanten mot vest, og mot øst av lokalvegen «Verket». Verket har historisk vært preget av industrivirksomheten på området og utbygginger i flere omganger. Reguleringsområdet avgrenses mot sør av felt Bk_2A, Bk_2B og Bk_2C, og mot nord av felt B_4A og B_4B, i reguleringsplanen for området. Mot vest avgrenses området av Mossebukta og mot øst av Verket (veg) og de historiske arbeiderboligene på Verket.



Figur 6: Kart som viser plassering av aktuelt reguleringsområde [2].



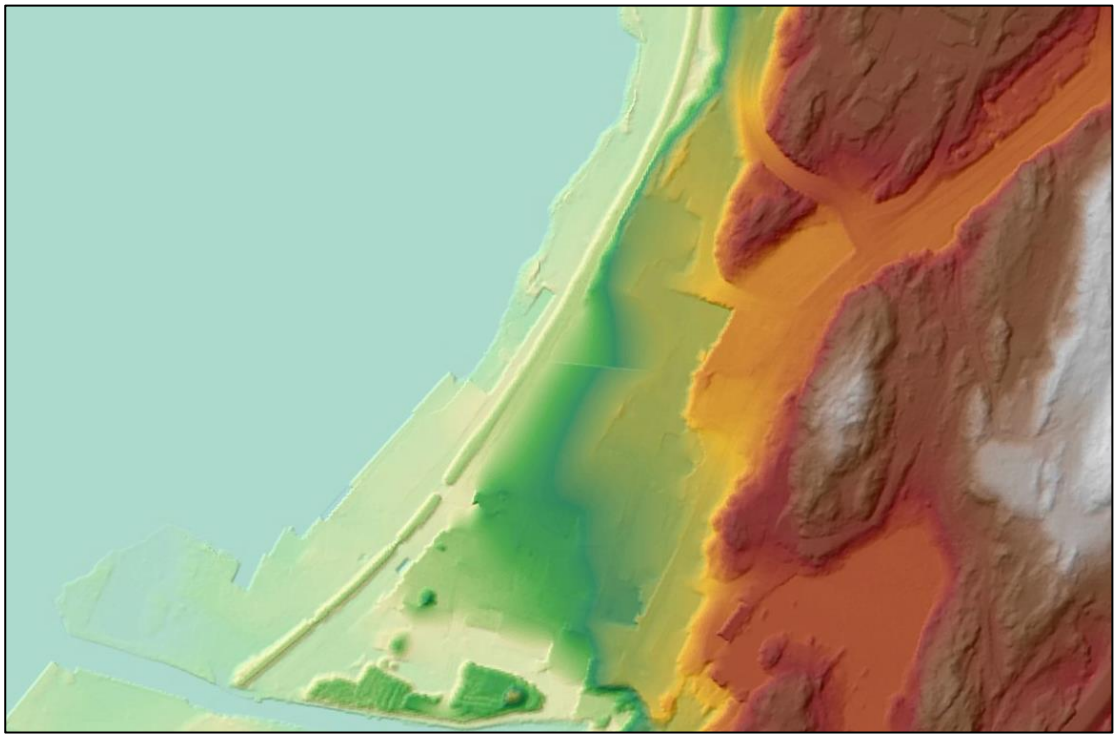
Figur 7: Utklipp av planområdet og de forskjellige feltene som er en del av planinitiativet.

Område Bk_3A benyttes i dag primært til mellomlagring av masser og anleggsutstyr. Det er også etablert en liten parkeringsplass nord for området. Historisk har arealene ved sjøen blitt benyttet til lagring av tømmer eller maskinell og industribebyggelse. Grusvegen på området følger sjøfronten som en del av eksisterende kyststi, og dagens jernbanetrasé går parallelt på østsiden av denne vegen. Det forutsettes av jernbanen fjernes før utbyggingen påbegynnes.

Øst for jernbanen, på felt Bk_3B, ligger i dag resterende bygningsmasse fra gamle Peterson cellulosefabrikk. Det er et gammelt murbygg som er antatt fundamentert på/til berg. Dette bygget brukes i dag til diverse næringsvirksomhet, og det har vært planlagt å gjenbruke deler av det eksisterende bygget i den nye bebyggelsen. På østsiden av fabrikkbygningen, lengre vekk fra sjøen, er det parkeringsplasser. Felt B_3C er i dag ubebygd og delvis benyttet som parkeringsareal. Området avgrenses mot øst av de eksisterende historiske, vernede arbeiderboligene på Verket.

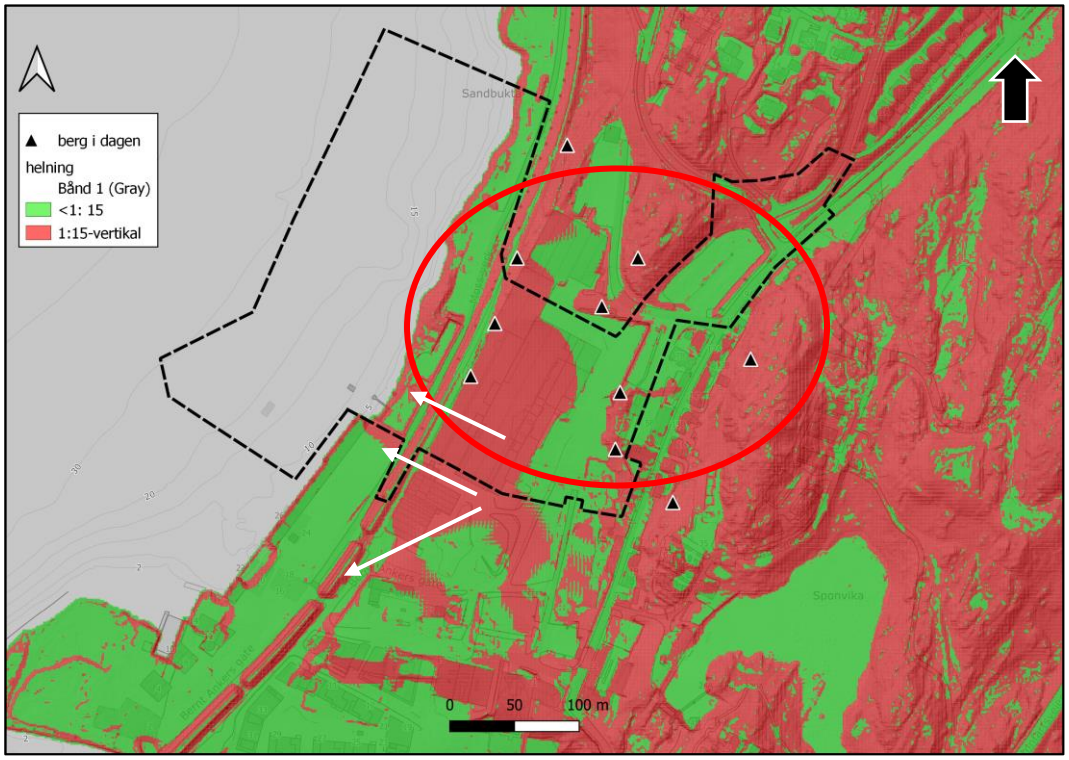
Terrenghøyden innenfor reguleringsområdet på land varierer mellom ca. kote +21,8 i nordøst til ca. kote 0 ved sjøkanten i vest. I sjøen er det utført sjøbunn-scanning som indikerer at sjøbunnen varierer mellom kote 0 til ca. kote -30,0 innenfor reguleringsområdet. Kotehøyder er oppgitt i høydereferansesystem NN2000.

Terrenget faller forholdsvis jevnt mot vest og sør-vest, som vist i Figur 8. Terrenganalyse av laserinnsyndata i Figur 9 viser at terrenget i stor grad faller med helning slakere enn 1:15 i reguleringsområdet øst for jernbanelinjen. Det er registrert berg i dagen i form av vegskjæringer og bergrygger i østre del av reguleringsområdet og langs en bergrygg som går parallelt med jernbanelinjen. Det er kartlagt terreng brattere enn 1:15 like øst for jernbanelinjen, hvor det er en løsmasseskråning med høyde over 5 m nær søndre grense av reguleringsområdet. Tidligere vurdering av områdestabilitet for Verket Brygge Felt Bk_2B og 2C av Sweco [1] konkluderte med at denne skråningen ikke er utsatt for områdeskred basert på tidligere utførte grunnundersøkelser. Denne skråningen inngår ikke i løsneområdet for kvikkleiresone 2817 Verket som tidligere vurdert av Sweco [1].



Figur 8. Visualisert terrenghøyde på området rundt Verket (hoydedata.no).

En kan se en grov sjøbunnstopografi utenfor strandlinjen ved Verket Brygge i Figur 6. Det har også blitt utført sjøbunnskartlegging (batymetri) av Digital Geologi AS i forbindelse med prosjektet Verket Brygge 2 der det i tillegg ble gjort en vurdering av bergoverflatens kontur og sedimentstratigrafi rundt Verket. Det vises til separat rapport [8]. Terrenget i sjø faller mot vest med en gjennomsnittlig helning på ca. 1:4 innenfor reguleringsområdet. Skråningen ned fra sjøfronten har ikke en tydelig marbakke, men fortsetter med relativt jevn helning ned mot midten av Mossesundet. Skråningen avgrenses for vurdering av områdestabilitet ved kote -25 i søndre del av reguleringsområdet, iht. NVE Ekstern rapport 09/2020 [9]. I nordre del av reguleringsområdet er det en terrengform i sjøen som indikerer tidligere utrasing [8], der terrenget er brattere med en helning på omtrent 1:1,5 omtrent fra kote 3 til -22. Dette gir en skråning med høyde på ca. 25 m.



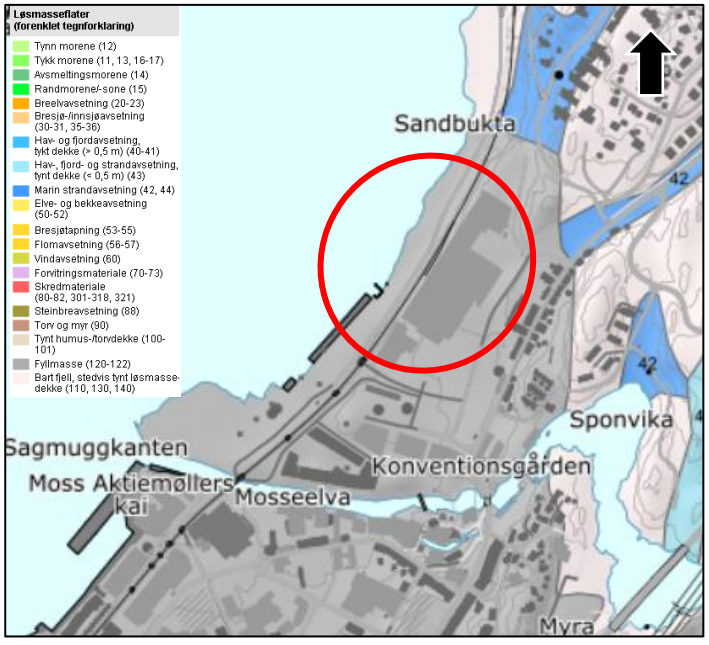
Figur 9. Områder markert i rødt har en helning > 1:15. Omtrentlig helningsretning for aktuelle skråninger er angitt med hvite piler.

4.2 Grunnforhold

Grunnforholdene i Moss generelt, og området rundt Verket er blitt kartlagt gjennom flere runder med grunnundersøkelser. Dette inkluderer blant annet dreietrykksonderinger, totalsonderinger, trykksonderinger (CPTU) og opptak av prøveserier for analyse i geoteknisk laboratorium. En sammenstilling av tilgjengelig geoteknisk grunnlag er presentert i kap. 4.2.6.

NGUs løsmassekart angir at området preges av tilførte fyllmasser etter at opprinnelig strandlinje har blitt utvidet mot sjøen for etablering av jernbanen og industrielle foretak langs dagens sjøfront. Kvartærgeologisk kart indikerer kun forventet løsmassetype i øverste lag. Utklipp fra Nasjonal Løsmassedatabase er vist i Figur 10 [10]. En kan her imidlertid observere en marin strandavsetning (i blått) som strekker seg ut fra «under» fyllmasselaget (i grått på Figur 10) og avsluttes mot områder med bart fjell eller tynt løsmassedekke (lyst grått). Det antas at dette marine laget er avsatt naturlig før den industrielle aktiviteten på Verket startet opp, og at dette løsmasselaget løper mer eller mindre kontinuerlig under det antatt antropogene fyllmasselaget som senere er tilført i overkant.

De omfattende rundene med grunnundersøkelser indikerer at tykkelsen og sammensetningen av fyllmasselaget varierer betraktelig over havneområdet. Det er derfor sannsynlig at de naturlig avsatte marine leireforekomstene har gjennomgått en omfattende konsolideringsprosess på landsiden som følge av belastningen fra overliggende masser over lengre tid. De mekaniske egenskapene til fyllmassene i overkant av leiren bestemmes av hva slags type masser som er benyttet i fyllingen. Det foreligger lite eller ingen dokumentasjon på historiske utfyllinger ved kaien og hvilken sammensetning fyllmassene har, med unntak av geotekniske laboratorieundersøkelser i enkelte løsmassesjikt. Under leirelaget er det antatt friksjonsmasser og morene. Ved kaien under fyllmassene viser leiren større fasthetsegenskaper, og det er tidligere tolket som moreneleire over fast morene ned til berg [11]. Et stykke lengre sør finner man israndavsetningen «Raet» som strekker seg over Oslofjorden i øst-vestlig retning gjennom Moss sentrum (ikke synlig i Figur 10) [10].



Figur 10: NGUs Løsmassekart som viser forventede kvartærgeologiske jordarter i området rundt Verket i Moss [10].

4.2.1 Øst for jernbanelinja

Grunnforholdene øst for jernbanelinja synes å skille seg fra sjøfront- og havområdet på reguleringsområdet. Øst for jernbanelinja er det betydelig grunnere til berg med dypeste dokumenterte bergkontakt på ca. 10 m under terreng i nord-østre hjørne av reguleringsområdet. Generelt viser utførte grunnundersøkelser dybde fra ca. 3 - 5 m ned til berg i området øst for det eksisterende fabrikkbygget. Grunnforholdene kan generelt oppsummeres som fyllmasser over stedlige masser av siltige leiravsetninger med innhold av mer grovkornete materialer mot dybden. Det er dokumentert et større leirelag med sprøbruddegenskaper lenger sør ved tomt Bk_2B og Bk_2C [1], men utførte grunnundersøkelser i det aktuelle reguleringsområdet gir ikke indikasjon på et tilsvarende løsmasselag på det aktuelle området for BT3. Sprøbruddleiren på dette området virker altså å avgrenses sør for reguleringsområdet for Verket BT3, der bergdybden blir kortere.

4.2.2 Sjøfronten

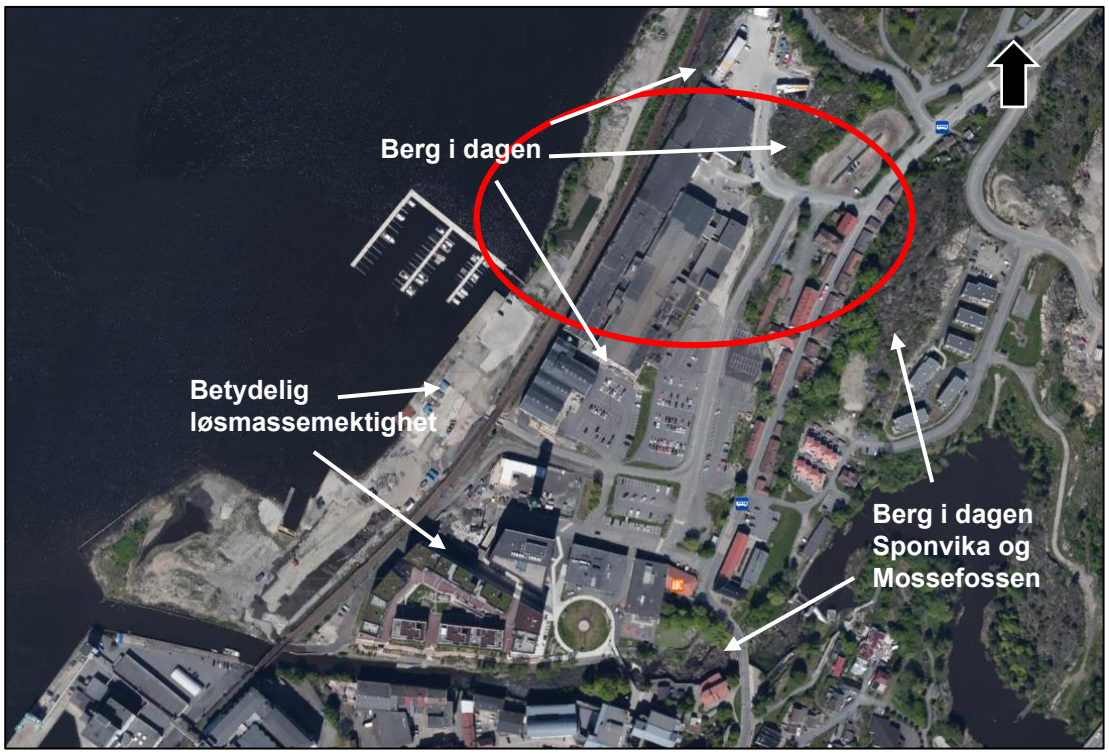
Langs sjøfronten er det avdekket stor mektighet fyllmasser av sand med innhold av sagflis og avfallsmaterialer på landsiden og delvis i skråningen ned mot sjøbunnen. Dette er også tidligere observert ved grunnundersøkelser i området lenger sør [1]. Løvlien Georåd har nylig utført totalsonderinger i bakkant av sjøkanten som indikerer at sammensetningen av løsmassene varierer, og at grunnen har en kompleks lagdeling. Dette tilsvarer tidligere erfaringer fra vurderinger sør for aktuelt reguleringsområde. Sonderingene viser en tykk leiravsetning under toppmassene. Tykkelsen av fyllmasselaget i topp avtar mot nord for planområdet, og her ligger leiren grunnere. Resultater fra laboratorieundersøkelser viser at dette leirelaget stedvis har sprøbruddegenskaper. Se resultatene i datarapport fra undersøkelsene [12]. I punkt 22383-16 indikeres et bløtere lag ca. mellom 11-14 m under terreng. Dette sammenfaller med tidligere observert sprøbruddlag i kaiskråningen ved Verket BT2. Laboratorieundersøkelser viser at dette laget også har sprøbruddegenskaper.

4.2.3 I sjøen

Mektigheten av disse fyllmassene avtar betydelig i sjøen mot Mossesundet, og utførte grunnundersøkelser [13, 14] viser et stort areal med naturlig avsatte, finkornete masser i sjø. I de øverste meterne ligger det et meget bløtt gytjelag med lav fasthet. Under dette er det et tykt lag med leirmasser over antatt morene. Det er tatt opp prøver som har påvist bløt kvikkleire med lav skjærfasthet og stedvis veldig høy sensitivitet i dette laget. Omfanget av kvikkleire både vertikalt og lateralt synes å ha sterk sammenheng med mektighet og omfang av fyllmasser i overkant. Grunnundersøkelser viser at leira har noe høyere fasthet og mindre sensitivitet mot land [12], noe som delvis kan være et resultat av belastning og konsolidering fra utfyllingene.

4.2.4 Bergblotninger og bergdybder

Fra flyfoto i Figur 11 kan en bekrefte at det er berg i dagen øst og sør-øst for tiltaksområdet, nord for Sponvika og i Mossefossen. Det kan også skimtes at det er flere bergblotninger rett nord for fabrikkområdet. Innenfor planavgrensningen er det også dokumentert kort bergdybde nord på området. Antydningen fra grunnundersøkelsene er at bergoverflaten faller brått av mot sør og vest, noe som understøttes ved at det i flere sonderinger i denne delen av området er boret flere titalls meter før man har påtruffet fastere masser. I flere av borepunktene har man ikke sikker påvisning av bergoverflate under morenen.



Figur 11: Flyfoto fra 2021 viser at det er berg i dagen ved Mossefossen og nord for Sponvika (kart.finn.no).

Verket ligger på kanten av Oslofjordforkastningen. Dette betyr at bergoverflaten faller meget brått av mot vest ut i Mossesundet. Lette seismiske undersøkelser har angitt en antatt bergoverflate i området [8]. I sjøen antas det en tykkmoreneavsetning med meget stor dybde til berg.

4.2.5 Grunnvannstand

Grunnvannstanden i området antas generelt å ligge rundt havnivå, med en gradvis økning på landsiden som følger terrenget. Det antas at de drenerende massene som er fylt ut på industriområdene medfører et hydrostatisk vanntrykk under terrengoverflaten. Middelvannstanden i sjøen på Verket er målt til kote -0,02 (NN2000) [15].

Det er tidligere målt et poreovertrykk på 20 kPa i ett prøvepunkt i underliggende leir/siltlag mellom kote -10 til -12 ved gammel kaifront nord på Verket Brygge [16]. I rapport 970052-3, som det henvises til, beskriver NGI dette poreovertrykket i forbindelse med forutsetningene for deres stabilitetsvurderinger. Datarapport 970052-2 oppsummerer grunnundersøkelsene for dette prosjektet, men beskriver ikke resultater fra poretrykksmålinger. Mindre poreovertrykk er også registrert ved nyere undersøkelser ved kaifronten, men det er noe usikkerhet i disse målingene [17]. Det er ikke oppgitt tidspunkt for avlesningene. Dette medfører en viss usikkerhet i målingen i og med at vannstanden antagelig vil påvirkes av sjøvannstanden på avlesningstidspunktet. Poreovertrykket er antatt på grunnlag av avvik fra forventet hydrostatisk vanntrykk fra midlere sjøvannstand (NN2000) ved måledybden.

I forbindelse med nye grunnundersøkelser av Løvlien Georåd AS er det installert en poretrykksmåler nord for felt Bk_3A. I dette punktet er det installert poretrykksmåler til to dybder – 10,0 m og 16,2 m under terreng – og foretatt kontinuerlige avlesninger mellom 06.10. og 03.11.2022. I måleren 10,0 m under terreng (avsluttet i siltig leire/kvikkleire) er grunnvannstanden målt til ca. kote +0,3, mens det i den dypeste måleren 16,2 m under

terreng (avsluttet i siltig leire/sprøbruddmateriale) ble grunnvannstanden målt til kote +1,8. Dette indikerer at det kan være et poreovertrykk i de underliggende massene.

4.2.6 Grunnlagsmateriale og grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser på Verket i flere omganger. Det er nylig utført supplerende grunnundersøkelser av Mesta (for Løvlien Georåd) og Sweco:

- 22383 Rapport nr. 1. Verket Moss, kryssløsning Osloveien, Moss kommune, Løvlien Georåd [12]
- 10233501 RIG-R01-A01 Verket Rabben. Datarapport Grunnundersøkelser, Sweco [13]

I forbindelse med tidligere utredning av områdestabilitet i området sør for Verket 3 referer Rambøll til følgende rapporter i sitt notat [18]:

- 125046-RIG-RAP-001 Peterson fabrikkområde, Moss, Multiconsult 2013
- 1670210-4 Verket Moss, Golder Associates 2017
- 950019-1 Grunnundersøkelser for oljetank, kai og flishugg, NGI 1995
- 980107-1 Grunnundersøkelser under eksisterende lager, NGI 1998
- 69047 Grunnundersøkelser for ny fordampereffekt, NGI 1969
- 69048 Grunnundersøkelser for kontinuerlig koker, NGI 1969
- 69063 Grunnundersøkelser i branntomt. Cellulosefabrikken, NGI 1970
- 69071 Sondering til fjell for elektrofilter, NGI 1969

Det er også listet opp relevant rapportgrunnlag fra området i Løvlien Georåds rapport 21635 RIG01 for vurdering av områdestabilitet i forkant av de nye grunnundersøkelsene. Nummerering av borpunkter er oppsummert i notatets Tabell 1 [18]. Deler av grunnlagsrapportene nevnt over er ikke tilgjengelige for prosjektet, foruten borpunktplassering og boret dybde (ev. angitt bergdybde). I tillegg er det flere grunnundersøkelsesrapporter fra området rundt som er relevante for arbeidet, blant annet:

- 970052-2 Peterson Moss Grunnundersøkelser for kai og lager, NGI 1997
- 920039-2 Dobbeltspor Ski-Moss Parsell Kambo-Sandbukta – Grunnforhold i dagsone i Sandbukta, NGI 1993
- Geoteknisk rapport 11-90 nr. 1 Peterson AS Rehabilitering av kai, Moss Grunnundersøkelser, Løvlien Georåd 2011
- 21004 Verket Moss, GU Papirhuset, Moss Labresultater, Løvlien Georåd 2021
- 21004 rapport nr. 2 Verket Moss, GU, Moss kommune, Løvlien Georåd 2021
- 21004 rapport nr. 3 Verket Moss, GU, Moss kommune, Løvlien Georåd 2021
- 21004 rapport nr. 4 Verket Moss, GU, Moss kommune, Løvlien Georåd 2021
- 21004 rapport nr. 5 Verket Moss, GU, Moss kommune, Løvlien Georåd 2021

Det refereres generelt til nevnte rapporter ovenfor for utfyllende informasjon om sonderingsresultater og laboratorieundersøkelser, samt en mer omfattende oversikt over grunnforholdene som ikke er diskutert her.

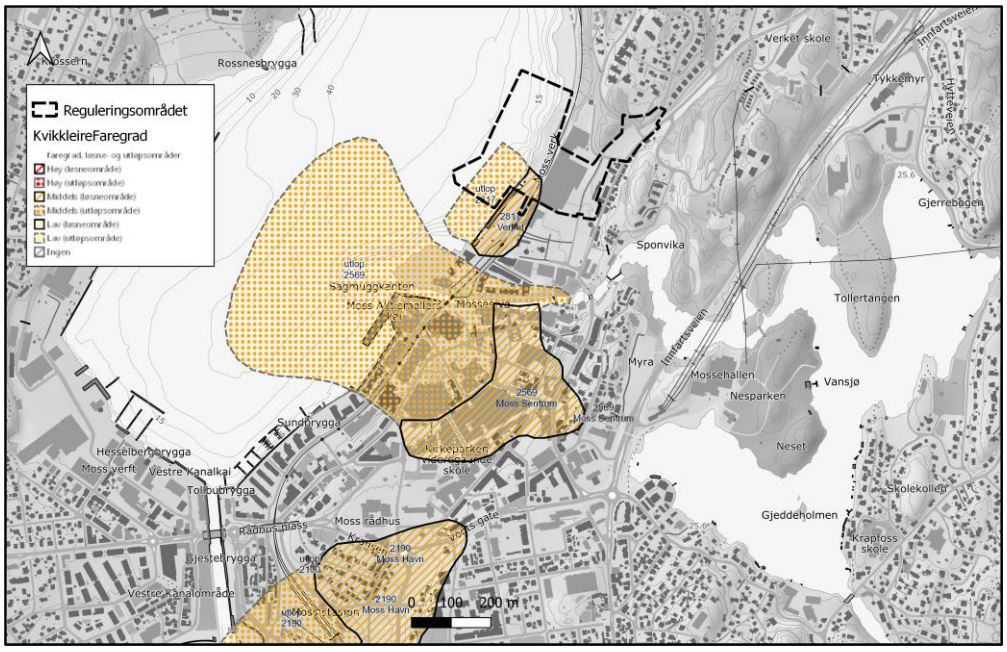
Det er i Swecos tidligere utredning av områdestabiliteten ved Verket Bk_2A, 2B og 2C vurdert grunnlag fra utført refraksjonsseismikk [19] og lette seismiske undersøkelser [8] i området for kartlegging og tolkning av massenes lagdeling som supplement til utførte geotekniske grunnundersøkelser. Det er, i likhet med forrige områdestabilitetsvurdering [1], bestemt å ikke legge stor vekt på disse resultatene i denne områdestabilitetsvurderingen. Tolkning av løsmassenes lagdeling og fasthet er vurdert først og fremst ved bruk av tradisjonelle geotekniske grunnundersøkelser. Dette begrunnes med tidligere erfaring med stedvise avvik i seismikk-kartleggingene knyttet til detektering av sprøbruddmaterialer og

løsmassenes lagdeling og egenskaper. Det er likevel foretatt gjennomgang av dette materialet som en del av helhetsvurderingen i denne rapporten.

Det vises også til tidligere vurdering av stabilitet i området av NGI [17]. Her ble det gjennomført stabilitetsberegninger for datidens kai som viste en beregnet sikkerhetsfaktor mot brudd på 1,0-1,2.

4.3 Kvikkleire og sprøbruddmateriale

Tilnærmet hele Moss by ligger under marin grense, og det må derfor forventes at det vil forekomme marine avsetninger i området. Dette bekreftes av tidligere kartlegginger av grunnforhold, som er kort beskrevet over i kapittel 4.2. Det er ved flere separate runder med grunnundersøkelser påvist leiravsetninger med sprøbruddegenskaper fra laboratorieforsøk, også kvikkleire. Det er både påvist sprøbruddmateriale/kvikkleire både på land og i sjøen.



Figur 12: Oversikt over områdets plassering i forhold til registrerte kvikkleiresoner i Moss i NVEs database [20].

I NVE Atlas [20] kan en se at det aktuelle området er definert under et område med mulige sammenhengende forekomster av marine avsetninger. Dette stemmer godt overens med tidligere erfaringer fra grunnundersøkelser.

Tiltaksområdet for byggetomtene i søndre del av reguleringsområdet ligger delvis innenfor eksisterende kvikkleiresone 2817 Verket i NVEs database. Av Figur 12 kan en se tre eksisterende kvikkleiresoner i Moss: 2569 Moss Sentrum, 2190 Moss Havn og 2817 Verket, alle er klassifisert med middels faregrad og meget alvorlig konsekvens. Derav risikoklasse 5 for Verket og risikoklasse 4 for Moss Sentrum og Moss Havn etter klassifiseringsmetoden i NVE ekstern rapport 9/2020 [9]. Kvikkleiresonen Verket overlapper med planområdet, og blir derfor en del av vurderingen i forbindelse med områdeskredutredningen i denne rapporten.

Kvikkleiresonene Moss Sentrum og Moss Havn er nylig kartlagt av NGI ifm. byggingen av IC Sandbukta-Moss-Såstad [21]. Moss Havn vil blant annet på grunnlag av topografien i området ikke interferere med tomtene på Verket. Løsneområdet til sone 2569 Moss Sentrum er lokalisert på sørsiden av Mosseelva, mens det er tegnet en utløpssone som vil naturlig munne ut i elven og Mossesundet. Utløpet er avgrenset noe opp på nordsiden av Mosseelva, sør for utbyggingstomtene som vurderes i denne rapporten. NGI beskriver i sin

rapport at stabilitetsberegninger i kritiske snitt for denne sonen resulterer i en beregnet sikkerhetsfaktor mot brudd over kravet på 1,4 fra veileder 1/2019[1]. Her er det forenklet og konservativt antatt at alle kartlagte leireforekomster også er kvikkleire.

Sør for planområdet er det tidligere utført områdestabilitetsvurdering[2] av Multiconsult for boligutbygging på området rett nord for Mosseelven, nedenfor Mossefossen. I denne rapporten er det evaluert skråningsstabilitet i fire snitt langs elvepromenaden mot sør, samt ett snitt i skråningen opp mot Verket (vegen), for å ivareta en potensiell retrogressiv bruddutvikling inn på tiltaksområdet. Løsneområdet er avgrenset på sørsiden av Bernt Ankers gate basert på kriteriet på 15 x skråningshøyde fra elven [22]. Stabilitetsberegninger ned mot elven viser at den beregningsmessige sikkerheten ikke tilfredsstiller kravene i NVEs veileder 7/2014 og at det må gjennomføres tiltak for at dette skal ivaretas under og etter utbyggingen. Flyfoto fra området antyder at det er gjort utbedringer langs elven i tråd med anbefalingene som er gitt i Multiconsults rapport.

I sin områdestabilitetsrapport for område Bk_2B-2C og -3B henviser Rambøll til at det ble gjennomført en omfattende kalksementstabilisering av grunnen ved oppføring av Støperiet og Anker hus på sørsiden av Bernt Ankers gate. Omfanget av dette kan en se i tegning nummer 1001 i nevnte rapport [18]. Grunnstabiliseringen ble gjennomført etter at det ble påvist en betydelig mengde sprøbruddmateriale på utbyggingsområdet.

Det er avdekket sprøbruddmateriale og kvikkleire innenfor og nært reguleringsområdet gjennom flere runder med grunnundersøkelser. Primær påvisning av sprøbruddegenskaper er gjort gjennom konusforsøk[3]. Der det foreligger CPTU-data er det blant annet foretatt jordartsklassifisering fra sonderingsdataene for å antyde forekomster av sprøbruddmateriale.

Tegning G-001, vedlagt denne rapporten, inkluderer en oversikt over alle kjente punkter som er tilgjengelige i prosjektet der det er påvist sprøbruddmateriale og kvikkleire fra laboratorieforsøk. Antatt sprøbruddmateriale, bl.a. fra kategorisering etter data fra CPTU-sonderinger, er også markert.

4.4 Kritiske skråninger og løsneområde

Basert på terrenginformasjonen ved Verket og resultater fra foreliggende grunnundersøkelser er det identifisert 3 aktuelle naturlige skråninger som potensielt kan utløse et skred som kan berøre tiltaksområdet – mot Mosseelven i sør, en skråning innenfor tiltaksområdet, og fra kaien ved Verket Brygge og ned i Mossesundet. Disse vurderes iht. innvirkning på tiltaket og potensielt løsneområde.

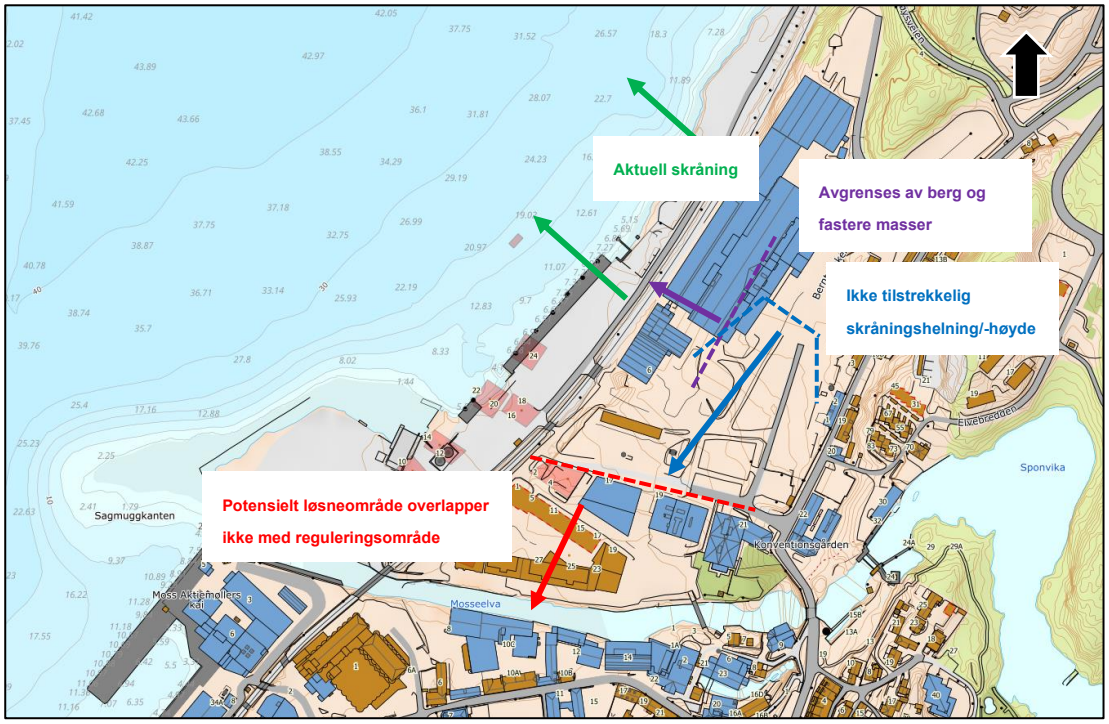
Skråningen ned mot Mosseelven sør for tiltaksområdet er ca. 6 m høy, og er tidligere vurdert av Multiconsult ifm. boligutbygging langs elvebredden [22]. Skråningsretningen og stipulert omfang av en eventuell soneavgrensning er vist med rødt i Figur 13. Aktuell tomteutbygging ligger dermed utenfor influensområdet til skråningen etter prinsippet i kapittel 3.3.7 i veileder 1/2019 (2 x skråningshøyde) [3]. Største potensielle løsneområde basert på veiledende avgrensning på 15 x skråningshøyde er også avgrenset sør for Bernt Ankers vei, og inkluderer derfor ikke felt Bk_3B og B_3C på Verket. Kombinert med at det har blitt iverksatt stabilitetsforbedrende tiltak ifm. utbygging på dette området, eksempelvis kalksementstabilisering under Ankers hus og Støperiet [18] samt sikring av selve

[1] Veileder 1/2019 presiserer at det ikke skal foretas korreksjon for sprøbruddoppførsel ved uendret eller forbedret stabilitet bl.a. dersom det bygges kompensert, noe NGIs rapport påpeker at er tilfellet for aktuell utbygging for IC-SMS [21]. Derav er gjeldende krav til sikkerhetsfaktor i stabilitetsberegninger for udrenerte situasjon > 1.4 for deres beregninger.

[2] Vurderingen er utført etter NVE veileder 7/2014 (nå erstattet av 1/2019) [3].

[3] Detektering av sprøbruddmateriale i grunnlaget er vurdert etter gjeldende standard for utførelse av konusforsøk. Skjærfasthet $c_{u,r}$ < 2 kPa i henhold til NS8015 (dvs. «gammel konusstandard»), og for ISO 17892-6:2017 tilsvarer dette omrørt skjærfasthet på 1,27 kPa [3].

elveskråningen, er det vurdert at skråningen ikke er aktuell for denne områdestabilitetsvurderingen.



Figur 13: Aktuelle skråninger som kan inngå i en områdestabilitetsvurdering for felt BK_3A, Bk_3B og B_3C. Enkel avgrensning av influensområde basert på kjennskap til topografi og overordnet vurdering av grunnforhold. Skråningens hovedretning er vist med pil [2].

Som nevnt i et avsnitt i kapittel 4.1 heller terrenget jevnt brattere enn 1:15 over et større areal innenfor reguleringsområdet, inkludert en total skråningshøyde > 5 m. Denne skråningen er vist med lilla i Figur 13, og avgrenses mot øst innenfor tiltaksområdet der terrenget flater ut. Grunnforholdene i skråningen er beskrevet i kapittel 4.2.1, og består hovedsakelig av fastere friksjonsmasser og kort bergdybde. Det er også flere bergblotninger rundt den gamle fabrikkbygningen. Eventuell skredutvikling i skråningen vil derfor naturlig avgrenses her, og forhindre videre utbredelse mot bebyggelsen til nord og øst fra eventuelle lokale initialbrudd i skråningståen. Skråningshelningen mot sør (i blått i Figur 13) er mer ujevn og viser ikke tegn til sammenhengende helning > 1:15 med høyde > 5 m. Disse skråningene er derfor ikke aktuell for en områdeskredvurdering.

Utbyggingsplanene for tomtene Bk_3A, Bk_3B og B_3C vil p.t. innebære gravearbeider som omfatter store deler av denne skråningen. Dette medfører blant annet at stabilitetsmessige problemstillinger som følge av utgravinger og byggearbeider på tomten må ivaretas lokalt gjennom detaljprosjekteringen.

Sjøfronten fra Verket Brygge og nordover er beskrevet kort i kapittel 4.1. Denne skråningen har en høyde og helning ned i sjøen som faller innenfor kriteriene til kvikkleireveilederen. Det er også her avdekket sprøbruddmateriale på landsiden og i sjøen I sjøen har leiren høy sensitivitet (>100) i dybden, mens massene er mindre sensitive på land. Skråningen har ikke en tydelig marbakke og avgrenses for vurdering av områdestabilitet ved kote -25 i søndre del av reguleringsområdet iht. NVE 09/2020 [3]. Løsneområdet for denne skråningen vil naturlig avgrenses mot øst av berg i dagen som er registrert like øst for jernbanelinjen.

Kaifronten i tomten sør for reguleringsområdet er tidligere vurdert av Sweco ifm. lokalstabilitet og områdestabilitet [23, 1].

5 Befaring

Sweco har tidligere utført befaring på området ifm. utbyggingene ved Verksplassen og Verket Brygge 2. Det er også nylig gjennomført en kort befaring langs sjøkanten på Verket 05.06.2024, der det blant annet var fokus på inspeksjon av bergblotninger og av forholdene på tomten i dag. Det ble ikke avdekket vesentlige forhold knyttet til grunnforhold eller terrenginngrep som avviker fra forutsetningene som tidligere beskrevet i rapporten.

6 Grunnundersøkelser

Det er foretatt nye grunnundersøkelser ifm. denne områdestabilitetsvurderingen [12, 13]. Det vises til oppsummering av grunnforhold og utførte grunnundersøkelser i kapittel 4.2. Supplerende grunnundersøkelser gir informasjon om grunnforholdene innenfor reguleringsområdet og i sjøen, inkludert laboratorieanalyse av opptatte prøver.

De nylig foretatte undersøkelsene har påvist sprøbruddmateriale og kvikkleire i flere opptatte prøveserier, spesielt i sjøen. Sonderingsprofilene indikerer og kan ikke utelukke at det forekommer et sammenhengende lag med kvikkleire i sjø med varierende mektighet. Det er noe usikkerhet om omfanget av laget sprøbruddegenskaper og variasjon i fasthet, da leira er mer sensitiv lenger ut i sjøen og mindre sensitiv mot land. Det må også påregnes noe usikkerhet knyttet til prøveforstyrrelse på sylinderprøvene av de bløte massene i sjøen.

Overgang fra det utfylte arealet på land til naturlig avsatte masser i sjø er av stor betydning. Den naturlig avsatte kvikkleiren i sjøen synes å ha veldig lav skjærfasthet, og leira i sjø er generelt veldig bløt. I sjøen er det også påvist et lag med sjøbunnssedimenter (antatt gytje) med meget lav fasthet og egenvekt. Der det foreligger utfylte masser over avsetningene på landsiden er skjærfastheten til leira noe høyere.

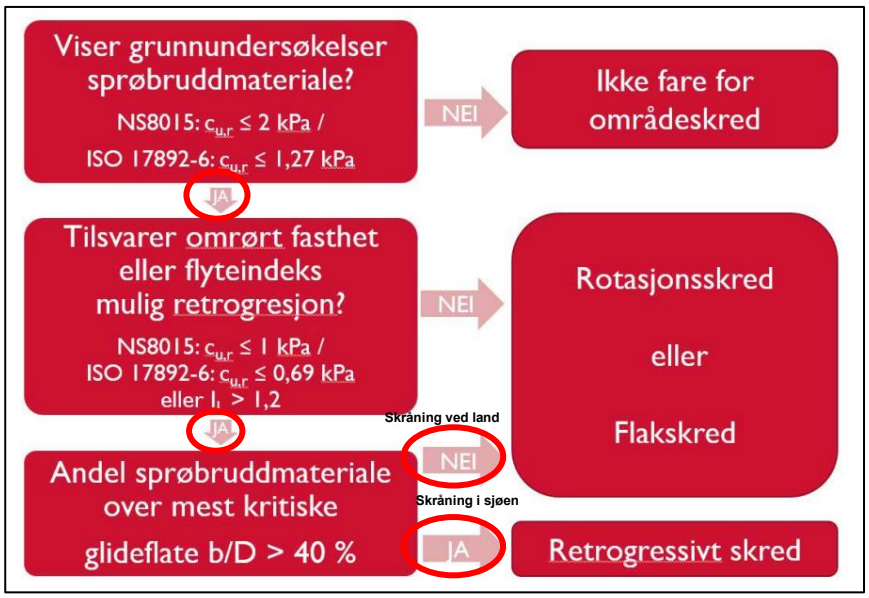
Selv om det p.t. foreligger et betydelig grunnlag av grunnundersøkelser som benyttes til tolkning av grunnforholdene på hele Verket, gjenstår det fortsatt en viss restusikkerhet når det kommer til lokale variasjoner i løsmassene. Kombinasjonen av naturlig avsatte masser, og menneskelige utfyllinger og bygningsarbeider, gjør at det stedvis må påregnes store avvik i lagdelingen i grunn og jordens fasthetsegenskaper. Det anbefales derfor at behovet for supplerende grunnundersøkelser vurderes fortløpende fremover under videre prosesser på området for å ivareta usikkerheten i grunnforholdene der det skal graves ut og bygges.

7 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

7.1 Skredmekanismer

Aktuell skredmekanisme for kritiske skråninger nært tiltaket vurderes etter figur 4.3 i NVE veileder 1/2019, gjengitt i Figur 14.

For strandlinjen og kritisk skråning ned mot Mossesundet er det avdekket leiravsetninger med sprøbruddegenskaper i flere prøvepunkter langs eksisterende kai. Dette laget er avdekket fra ca. kote -20. Klassifiseringsmetoden for detektering av sprøbruddmateriale i CPTU-sonderingen er utført etter anbefaling i [24].



Figur 14: Figur 4.3 i NVE veileder 1/2019 for vurdering av aktuell skredmekanisme.

Innledende stabilitetsanalyser vurdert opp mot Figur 14 viser at flere skredmekanismer kan være aktuelle. Løsneområdet er avgrenset naturlig mot berg i dagen øst for jernbanelinjen.

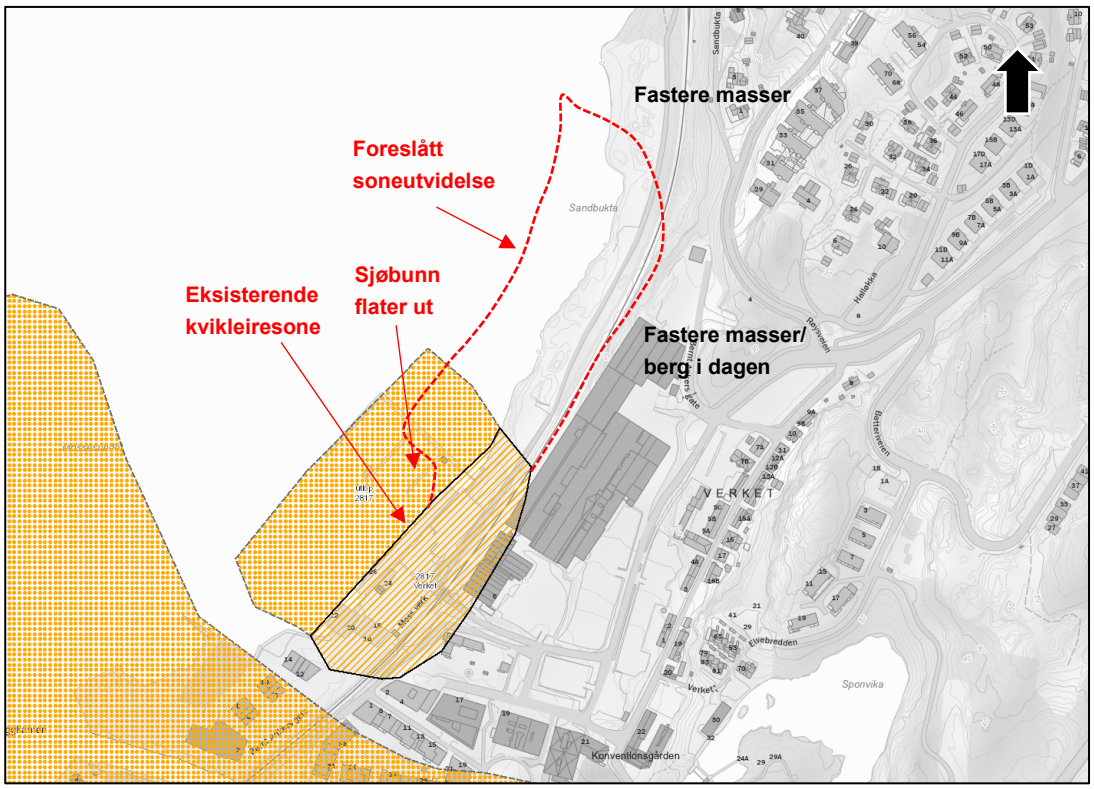
Utførte grunnundersøkelser indikerer og kan ikke utelukke at det forekommer sammenhengende lag med sprøbruddegenskaper i sjø, som blir mindre sensitivt mot land. Sjøbunnstopografien i reguleringsområdet er noe brattere enn skråningen lenger sør. Skråningshelningen for sjøbunnen overstiger 1:6. Det må derfor regnes som et potensielt løsneområde, men avgrenset ved kote -25 iht. definisjonen for løsneområder i sjø i NVE ekstern rapport 9/2020.

Utførte stabilitetsanalyser viser lav beregningsmessig sikkerhet ved både sammensatte og sirkulære glideflater med både stor utstrekning og lokalt i skråningen. Utførte analyser av sjøkantskråningens stabilitet viser at de kritiske glideflatene med lavest beregnet sikkerhet hovedsakelig går gjennom en begrenset mengde av materialer med sprøbruddoppførsel. Dette indikerer at et stort retrogressivt skred som forplanter seg innover på Verket som følge av kollaps ved dagens strandlinje ikke er sannsynlig. Mest aktuelle skredmekanismer er rotasjonsskred og flakskred, i henhold til Figur 14.

Det er derimot mulig at et skred utløst lenger ned i sjøbunnen kan utvikle seg bakover mot land i en retrogressiv skredutvikling. Ingen større terrenginngrep er planlagt i sjøen i forbindelse med utbyggingen, men naturlig utløste skred langs sjøbunnen kan være en risiko for planområdet. Det må derfor anses som en viktig forutsetning at stabiliteten i denne delen av skråningen må være ivaretatt for at prosjektet skal være gjennomførbart.

7.2 Løsneområde

Løsneområdet vil avgrenses naturlig langs sjøen mot nord-nordøst pga. forekomstene av friksjonsmasser og kort bergdybde. Grunnundersøkelsene som nylig er utført [12, 13] indikerer at eksisterende kvikkleiresone 2817 Verket bør revideres og utvides nordover langs sjøen. Det er da naturlig at området også vil omfatte punktene langs sjøkanten og i sjøen der det er påvist eller indikert forekomster av sprøbruddmateriale. Se skisse på Figur 15.



Figur 15: Utklipp fra NVE Atlas [20] som viser eksisterende kvikkleiresone 2817 Verket og skisse av ny soneutvidelse nordover med rødstiplet linje. Det er tegnet inn beskrivelse av grunnforhold som danner grunnlag for avgrensning av sonen.

Soneutvidelsen tar også høyde for skredfarevurderingen i sjøen. Den nye sonen tegnes derfor noe lengre ut i sjøen i dette området, der sjøbunnen heller jevnt nedover ut i Mossesundet. Dette snevres inn der sjøbunnen er flatere ved den eksisterende kvikkleiresonen.

I og med at hele sjøfronten har store variasjoner i løsmasseforekomster og -lagdeling kan ytterligere undersøkelser resultere i at kvikkleiresonen kan deles opp i flere mindre soner ved at man kan få informasjon om eventuelle diskontinuiteter i lagdelingen som kan avgrense omfanget av et mulig områdeskred. Basert på tilgjengelig grunnlag, og for å ivareta usikkerhetene knyttet til omfanget av et eventuelt skred, er det foreløpig mest hensiktsmessig at den eksisterende sonen utvides uten en slik oppdeling. Foreliggende grunnundersøkelser gir heller ingen klar indikasjon på at området bør deles opp i mindre soner. Fra et sedimentologisk perspektiv med hensyn til avsetningene i sjøen, er det heller mer sannsynlig at kvikkleireavsetningen i sjøen og inn mot land er mer eller mindre kontinuerlig.

Løsneområdet avgrenses på land enten mot berg eller ved kriteriet 5 x skråningshøyde. Se blant annet Figur 15. Selv om massene langs sjøkanten i hovedsak består av fyllmasser og antatt konsolidert leire i de øverste 20-30 m, med kun enkelte lag med sprøbruddoppførsel, er det likevel naturlig at løsneområdet også tegnes inn på land. Sjøkantskråningen er høy og bratt, og har generelt lav beregningsmessig sikkerhet [17]. Det kan derfor være høyst aktuelt at et skred i sjøen eller ved sjøkanten vil kunne medføre at skråningen på land også blir påvirket.

Det er tegnet opp et forslag til revidert løsneområde for sone 2817 Verket i tegning G-002. Løsneområdet i tegning G-002 overlapper med områdene Bk_3A og den vestre delen av felt Bk_3B på reguleringsområdet, og videre nordover mot planområde 4 og 5. I henhold til

prosedyren i Kvikkleireveilederen vil det derfor være behov for videre utredning av områdeskredfare for Bk_3A og Bk_3B vest, mens B_3C ikke må vurderes nærmere for sikkerhet mot områdeskred.

7.3 Utløpsområde

Det er ikke vanlig praksis å definere utløpsområder for skred som munner ut i sjøen [9]. En forenklet utløpssone er likevel tegnet for å illustrere utløpsretning av et eventuelt skred. Det er tegnet opp et forslag til revidert utløpsområde for sone 2817 Verket i tegning G-002.

8 Klassifisering av faresone

Eksisterende faresone 2817 Verket er klassifisert og tidligere utredet av Sweco [1] etter prosedyre og kriterier i NVE ekstern rapport 9/2020 [9]. Sonen er registrert med «middels» faregrad og konsekvensklasse «meget alvorlig». Poengsummen fra klassifiseringen resulterte i at sonen havnet i risikoklasse 5.

Det er utført en ny klassifisering av faresonen i forbindelse med foreliggende områdestabilitetsvurdering. Klassifiseringen er foretatt med grunnlag i dagens situasjon, og må derfor oppdateres i forbindelse med senere prosjektering. Grunnen til dette er at tiltakets omfang ikke er bestemt i detalj på nåværende tidspunkt.

8.1 Faregradsvurdering

Faregrad er vurdert på nytt etter supplerende grunnundersøkelser og økt soneomfang. Foreløpig er det vurdert at faregrad ligger i faregradsklasse «middels». Oppdaterte verdier fra forrige vurdering er vist med rød tekst i Tabell 1.

Tabell 1: Vurdering av faregradsklasse etter NVE ekstern rapport 9/2020, kap. 4.1. Oppdatert score fra forrige vurdering er markert med rødt.

Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekttall	Poeng
Skredaktivitet	Det er tidligere registrert noen lokale overflateglidninger lokalt i skråningen ned fra kaifronten. Ingen kjennskap til større skredhendelser i området.	Noe	2	1	2
Skråningshøyde i meter	Aktuell skråningshøyde ned i sjøen er ca. 25-30 m.	20-30 m	1-2	2	2-4
Forkonsolidering pga. terrengsenkning	Området er utfylt i flere omganger og over flere år, og de naturlige løsmassene er antatt tilnærmet normalkonsolidert etter denne fyllingsbelastningen.	1,0-1,2	3	2	6
Poretrykk	Tidligere grunnvannsmålinger indikerer et poreovertrykk i skråningen på ca. 20 kPa.	10-30	2[4]	3	6[4]

[4] Det gjøres oppmerksom på at denne scoren ikke er endret fra forrige vurdering. I faregradsvurderingen som ble utført for sone 2817 Verket i rapport 10232437-RIG-R01 (utarbeidet for Verket Bk_2B og Bk_2C) [1] er det oppgitt feil score på poretrykk. Dette resulterte i at faregradsscoren og beregnet risiko iht. rapport 9/2020 ble for lav. Sonen ble likevel klassifisert med «Middels» faregrad. Denne feilen ble rettet opp ved innmelding til NVE, og kvikkleiresonen er dermed klassifisert korrekt i NVEs database og på faktaarket for sonen.

Kvikkleiremektighet	Antas konservativt. De fleste kritiske beregnete glideflatene går gjennom begrensede mengder kvikkleire.	H/2-H/4	2	2	4
Sensitivitet	Antar noe konservativt. Kritiske beregnede glideflater går i stor grad gjennom masser med sensitivitet <100 i skåningen mot land. Lengre ut i sjøen har leiren stedvis sensitivitet >100.	>100	1-3	1	1-3
Erosjon	Antar noe erosjon langs kaien fra bølgepåkjenning fra sjø. Ingen betydelig indikasjon på pågående erosjon i skråningen.	Litt	1	3	3
Inngrep	Terrenget skal avlastes til kote -0,2 i forbindelse med etablering av kjelleretasje. Det forutsettes at last fra nybyggene føres direkte til berg ved spissbærende peler, og i ferdig situasjon blir det ingen forverring av stabilitet.	Noe forbedring	0- -2	3	0- -6
Total poengsum					**24-22**
Prosent av maks					47,1% 43,1%
FAREGRADSKLASSE: MIDDELS					
Sist oppdatert 28.11.2023					

Skråningshøyden i sjøen ved felt Bk_3A er noe større enn skråningen som ble vurdert i forrige utredning [1]. Faregradsscoren er derfor oppjustert.

Det bemerkes at inngrep er gitt score «noe forbedring». Foreløpig utforming av boligutbyggingen medfører utgraving i skråningstopp til ca. kote -0,2, som betyr at skråningshøyden reduseres med ca. 2,0-3,0 m fra dagens terreng. Det forutsettes også at bygningsmassen fundamenteres på peler til faste masser eller berg.

Det er forutsatt at avlastning av terreng vil ha en forbedrende effekt på skråningsstabiliteten, og at pelefundamentering ikke vil forverre stabiliteten i ferdigsituasjonen. Det må likevel tas høyde for midlertidig svekking av skråningens sikkerhet som følge av anleggsarbeidene. Dette kan være i forbindelse med for eksempel peleinstallasjon eller last fra anleggsmaskiner. Disse påvirkningene er ikke vurdert i detalj her, og må ivaretas i videre prosjektering. Se nærmere beskrivelse i kapittel 9.2 og 10 av forutsetninger med hensyn til planlagt belastning på skråningen i forbindelse med stabilitetsberegningene. Dette må oppdateres når endelig løsning i prosjektet er bestemt. Stabiliserende tiltak for skråningen er nærmere beskrevet i kapittel 11.

Dersom det gjennomføres tiltak i forbindelse med utbyggingen som forbedrer stabiliteten ytterligere, kan faregradsscoren nedjusteres.

8.2 Konsekvensklassevurdering

Omfanget av utbyggingen tilsvarer det som har vært forutsatt ved tidligere vurdering av konsekvensklasse for tiltaket. Poengscore for «Næringsbygg» er redusert da utbygger har opplyst at det ikke forekommer næringsbygg innenfor den kartlagte sonen. Resultatene er vist i Tabell 2.

Tabell 2: Vurdering av skadekonsekvensklasse etter NVE ekstern rapport 9/2020, kap. 4.2.

Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekttall	Poeng
Boligenheter	Utbyggingen medfører tilflytting av flere personer.	Tett > 5	3	4	12
Næringsbygg	Ingen næringsbygg på området.	0	3-0	3	9-0
Annen bebyggelse	Mangfoldig bebyggelse på Verket. Antatt betydelig.	Betydelig	2	1	2
Veier	Antatt ÅDT.	1001-5000	2	2	4
Toglinje	Jernbanen går i dag rett på oversiden av aktuell skråning, og omfattes av nye sone.	Persontrafikk	3	2	6
Kraftnett	Ukjent. Antatt distribusjon.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemming	Flodbølge i Mossesundet fra skredhendelse antatt liten pga. begrenset masseforflytning fra rotasjonsskred.	Liten	1	2	2
Total poengsum					**36-27**
Prosent av maks					80,0%-60,0%
KONSEKVENSKLASSE: MEGET ALVORLIG					
Sist oppdatert 03.10.2024					

I forbindelse med utbyggingen skal jernbanelinjen fjernes. Dette vil medføre at poengscoren for «Toglinje» vil kunne reduseres, som igjen vil gi en lavere konsekvens- og risikoklasse dersom det ikke blir andre endringer. Fordi det foreløpig er usikkert når jernbanen fjernes, er det derfor lagt inn høy poengscore for denne konsekvensklassevurderingen.

8.3 Risikoklasse

Med beregnet faregradsklasse «Middels» og konsekvensklasse «Meget alvorlig», resulterer dette i følgende risikoklasse (fare x konsekvens) for sonen:

$$43{,}1 \times 60{,}0 = 2586 \rightarrow \textbf{Risikoklasse 4}$$

Risikoklasse beregnes ved å multiplisere prosentvis score av maksimal poengverdi for faregrad og konsekvens, som beskrevet i rapport 9/2020 [9].

9 Kritiske snitt og materialparametere

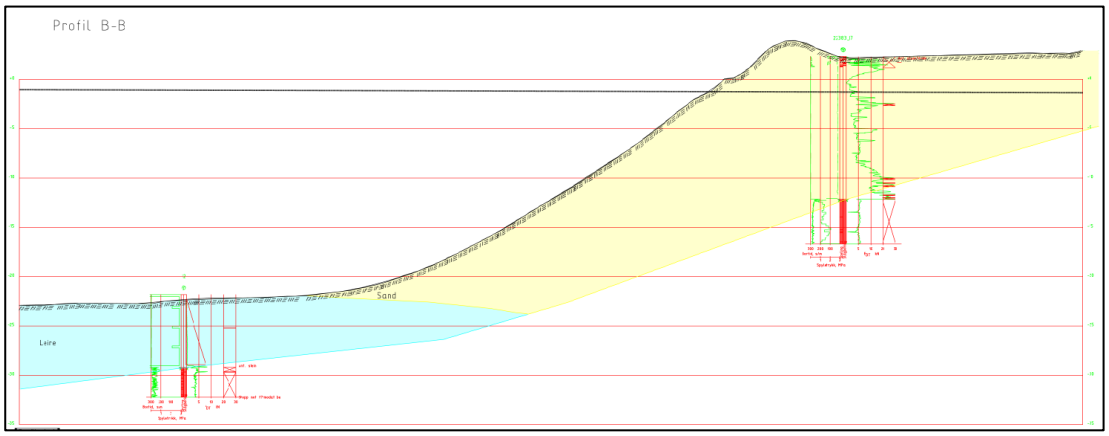
Det er identifisert én aktuell skråning for tiltaket som faller ned i sjøen mot Mossesundet. På grunn av stor variasjon i grunnforhold og utbredelse av sprøbruddmateriale langs strandområdet vil det være aktuelt å vurdere flere kritiske snitt ut i sjøen. Tre kritiske snitt er vurdert, vist i tegning G-001. Det bør vurdere flere kritiske snitt langs sjøen for planområde 4 og 5 lengre nordover.

Det er utført stabilitetsberegninger for to beregningssnitt: snitt A-A og snitt C-C. Skråningen ved sjøfronten har en totalhøyde i størrelsesorden 25-30 m og har en gjennomsnittlig helning på omtrent 1:4 i snitt A-A og 1:3,3 i snitt C-C. Skråningskanten er noe brattere mot sjøkanten og blir betydelig slakere utover i sjøen. I nærheten av disse beregningssnittene er det utført grunnundersøkelser i sjø som gir en indikasjon på utviklingen av lagdeling mot land og tilhørende styrkeparametere fra laboratorieundersøkelser. Mellom prøvepunktene i de aktuelle snittene er det foretatt en skjønnsmessig, konservativ tolkning av lagdeling med fokus på områdets historikk og geologiske avsetninger, samt aktuelle skredmekanismer.

Skråningen i sjø ved beregningssnitt B-B er noe brattere, med skråningshelning på ca. 1:1,5 ned til kote -20. Dette snittet ligger der sjøbunnstopografien indikerer at det har gått en historisk utglidning (se kapittel 4.1). Resultater fra totalsonderinger indikerer friksjonsmasser i topp (antatt fyllmasser) og antatt bløt kvikkleire i bunn av skråningen.

Det er ikke utført undersøkelser i selve skråningen i snitt B-B, og lagdelingen i denne delen av beregningssnittet er vanskelig å interpolere med sikkerhet uten supplerende undersøkelser. Det må utføres supplerende grunnundersøkelser for å avdekke lagdelingen i tilstrekkelig detalj videre i prosjektet. Supplerende grunnundersøkelser kan vise at skråningen hovedsakelig består av fastere friksjonsmasser etter den historiske utglidningen, eller av bløtere leirmasser. Figur 16 illustrerer noe av usikkerheten ved tolkning av lagdelingen. Dette er av stor betydning for modellering og beregning av skråningens sikkerhet. Det er derfor vurdert at foreliggende grunnundersøkelser ikke gir tilstrekkelig grunnlag for å kunne utføre stabilitetsanalyser i dette snittet.

For vurdering av områdestabilitet i denne fasen av prosjektet er det forutsatt at grunnlaget er tilstrekkelig til å konkludere med at snitt B-B har lav beregningsmessig sikkerhet i dagens situasjon, og at det må iverksettes stabiliserende tiltak slik som for området for øvrig. Se nærmere beskrivelse i kapittel 11. For videre prosjektering må det utføres supplerende undersøkelser. Det må derfor foreløpig forutsettes at det er dårlig stabilitet i dagens situasjon i snitt B-B.



Figur 16: Skråningens utforming og avstanden mellom sonderingspunktene medfører stor usikkerhet i tolkning av lagdelingen i beregningssnitt B.

Terrengoverflaten er tolket konservativt fra data hentet fra Høydedata (www.hoydedata.no) og Dybdedata (dybdedata.kartverket.no) kombinert med batymetri som er utført i prosjektet av Digital Geologi AS [8], samt gjennom kjennskap til området og vurderinger av topografi. Ved tolkning av sjøbunnstopografi er det tatt høyde for usikkerhet i foreliggende batymetri, herunder massene/sedimentene som danner sjøbunnskonturen.

9.1 Materialparametere

Fyllmassene som er benyttet til utfylling på området, og ut mot eksisterende kai og strandområde, er generelt veldig varierende i sammensetning og fasthet, og det er her antatt en forenklet gjennomsnittlig lagdeling i profilet med representative beregningsparametere. I tillegg til tolkning fra nylig utførte CPTu og laboratorieforsøk er det primært benyttet erfaringsparametere fra beregninger på Verket Brygge 2 samt Statens Vegvesen håndbok V220 [25]. Parameterne er også vurdert opp mot tidligere stabilitetsvurdering ved kaien av NGI [17].

Tabell 3: Drenerte materialparametere for stabilitetsberegninger.

Løsmasselag	γ_{sat} [kN/m^3][5]	c' [kPa]	φ [°]
Gytje	14,0	0,0	20
Fyllmasser	18,0	0,0	35
Sand/flis	18,0	0,0	32
Leire	19,0	0,0	23
Sand/grus	19,0	0,0	33

9.1.1 Udrenert skjærstyrke

NIFS-rapport 14/2014 beskriver leirens anisotrope egenskaper ved belastning, og presenterer ADP-faktorer for bruk i skråningsstabilitetsanalyser [26]. Basert på resultat av utførte laboratorieundersøkelser for flytindeksen I_L, er følgende faktorer benyttet i denne beregningen:

s_{uA}/s_{uA} = 1,00
s_{uD}/s_{uA} = 0,63
s_{uP}/s_{uA} = 0,36

Design skjærstyrkeprofil for beregningene er vurdert etter sammenfatting av alt tilgjengelig datagrunnlag fra laboratorieprøver og CPTU-sonderinger. Fra laboratorieundersøkelsene er det benyttet resultater fra konus- og enaksialt trykkforsøk for tolkning av direkte skjærstyrke.

CPTU-sonderingene i sjø kan brukes for tolkning av aktiv skjærstyrke i finkornete materialer ved hjelp av erfaringsbaserte korrelasjoner mot sonderingsdata. Valgt designprofil for udrenerte lag under sjøbunnen baserer seg på en konservativ tolkning av flere kjente CPTU-korrelasjonsmetoder presentert i Vedlegg 1. Leirelaget under den øvre sjøbunnavsetningen viser en god overensstemmelse mellom flere uavhengige metoder for tolkning av skjærstyrke fra CPTU. Korrelasjonene og tolkningen valideres mot resultater fra prøvetaking og laboratorieforsøk.

Flere utførte grunnundersøkelser indikerer at udrenert skjærstyrke i leiren øker mot land. Dette kan være et resultat av konsolidering fra overliggende fyllmasser. For å ta hensyn til denne effekten er skjærstyrkeprofilen ekstrapolert fra relevante nærliggende CPTU-

[5] $\gamma_{unsat} = \gamma_{sat} - 10$ kN/m^3

sonderinger [12, 13] og vingeboring VG38 (rapport 920039-2, se kapittel 4.2.6). Det er også gjort en vurdering av økning i skjærfasthet som følge av konsolidering etter SHANSEP-metoden som definert i Kvikkleireveilederen kapittel 5.3.2. Valg av design skjærstyrkeprofil i denne delen av beregningsprofilene vil ha stor innvirkning på beregnet sikkerhet i skråningen. Det er derfor benyttet en konservativ tilnærming for estimat av økt skjærfasthet. Se valg av skjærfasthetsprofil for snitt A-A i Tabell 4.

Tabell 4: Valgt dimensjonerende skjærfasthetsprofil for konsolidert leire under fyllmassene på land i snitt A-A[6].

Kote (ca.) [m]	Skjærfasthet s_{uA} [kPa]
-9,0	24,0
-18,0	45,0

I snitt C-C er skjærfastheten til den antatt fastere leiren i denne delen av profilet valgt basert på CPTU i borpunkt 10 og vingeboring VG38. Se Vedlegg 1.

9.2 Lastsituasjon

I stabilitetsberegningene må det tas hensyn til dimensjonerende lastsituasjon for skråningen. I dag er sjøkanten planert og benyttes til noe mellomlagring av materiell og masser for byggearbeidene ved Verket Brygge 2. Det er også etablert en liten parkeringsplass. Det går en grusveg bak skråningstoppen ved siden av jernbanelinjen. Det er antatt veldig lite trafikk og vurdert ikke aktuelt å regne med full trafikklast på terreng i beregningen for dagens situasjon. Det er antatt en lastpåkjenning på vegen i bruksgrensetilstand på 10 kPa etter anbefaling i håndbok N200 [27] påført ca. 30 m bak strandlinjen. Denne fordeles over et område på 5 m.

Last fra jernbanen ivaretas gjennom Bane Nors tekniske regelverk [28]. Karakteristisk linjelast for enkeltsporet jernbane er 110 kN/m fordelt over bredde 2,5 m som resulterer i en fordelt last på 44 kPa i bruksgrensetilstand. α-faktor for Østfoldbanen Vest er på 1,33.

For beregninger i bruddgrensetilstand er det benyttet en partialfaktor for ugunstig variabel lastpåkjenning, $\gamma_f = 1,3$, som samsvarer med tabell NA.A1.2(C) i NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016. Denne faktoren benyttes på alle karakteristiske terrenglaster som påvirker skråningen negativt.

Fremtidige anleggsarbeider vil medføre ekstra last på skråningen. Dette medtas i denne områdestabilitetsutredningen i form av en representativ karakteristisk anleggslast på 15 kPa på terreng ved skråningstoppen fordelt over et område på 5 m.

Eksisterende bygg på felt Bk_3B er antatt fundamentert på berg eller peler til berg, og vil derfor ikke gi noen tilleggslast på terrenget.

Det er ikke tatt med last i skråningstopp fra fremtidig bygningsmasse på Verket, da disse byggene er planlagt pelefundamentert til faste masser/berg. Eventuell last fra utfylling på/i skråningen er ikke tatt med da beregningene tyder på at beregningsmessig sikkerhet i dagens situasjon er lav, og at det derfor ikke er rom for forverring av stabiliteten i området ved en slik utfylling.

[6] Opprinnelig ble det valgt en lavere skjærfasthet for denne antatt fastere leiren (20-40 kPa i Tabell 4) basert på samme forutsetninger som beskrevet over. Beregninger med denne forutsetningen ga udrenert sikkerhetsfaktor $F_{cu} < 1,0$. I henhold til kapittel 5.4 i Kvikkleireveilederen ble det bestemt å benytte enn noe høyere skjærfasthet i denne delen av skråningen i beregningene for snitt A-A slik at $F_{cu} \sim 1,0$ for dagens situasjon.

10 Stabilitetsvurderinger

Veileder 1/2019 understreker at alle skredmekanismer må dokumenteres med samme sikkerhetskrav som beskrevet i kapittel 4.2.5. For skråningen ned fra sjøkanten er det krav til sikkerhet $\mathbf{F_{c\varphi} \geq 1{,}25}$, samt krav til robusthet $\mathbf{F_{cu} \geq 1{,}40}$, siden det forutsettes at tiltaket ikke medfører forverring av stabilitet i ferdig situasjon.

Det forutsettes at peleinstallasjon eller andre relevante arbeider i anleggsfasen skal utføres på en skånsom måte som ikke forverrer skråningsstabiliteten.

Lokalstabilitet i driftsfasen på Verket må ivaretas i videre prosjektering. Inngrep på tomt 3B og 3C er ikke tatt med i stabilitetsberegningene da tiltaket ligger utenfor skråningens influensområde basert på tolket bergoverflate. Det er også gjort innledende vurderinger av lokalstabiliteten på felt 3A mot partialfaktorkravene i Eurokode 7. Det vises til 10237063-RIG-N02 [29], samt kapittel 11.

Antatt grunnvannsnivå er beskrevet nærmere i kapittel 4.2. Det er ikke tatt med poreovertrykk i underliggende løsmasselag da grunnundersøkelsene indikerer at skråningen består av mer drenerende masser og kortere avstand til berg i dette området. For stabilitetsberegningene er det tatt hensyn til laveste sjøvannstand med 20 års gjentaksintervall. Dette tilsvarer en vannstand på ~ -1,0 m fra normalt nullnivå (NN2000) [15].

Stabilitet i skråningen beregnes for to representative beregningsprofiler, A-A og C-C, langs sjøkanten ved bruk av grenselikevektprogrammet Geosuite Stability, som benytter beregningsmetoden Beast 2003. Beregningene utføres i 2D-profiler der løsmassefordeling i grunnen er tolket etter utførte grunnundersøkelser i området, samt kjennskap og antagelser knyttet til områdets historikk og geologi.

Det er tatt høyde for et positivt bidrag fra sidefriksjon (3D-effekter) langs kritisk glideflate i profilet, da en todimensjonal beregning av stabilitet ikke i seg selv tar høyde for økt stabiliserende moment i den 3-dimensjonale skråningen. Innledende beregninger viser at selv et konservativt anslag av mobilisert sidefriksjon langs bruddflaten har stor positiv innvirkning på beregnet sikkerhetsfaktor, og det er derfor besluttet at denne forutsetningen ikke brukes i beregningene. Dette gjøres blant annet for å ivareta usikkerheten knyttet til grunnforholdene.

Siden skråningshelningen overstiger valgt dimensjonerende friksjonsvinkel for fyllmassene ved sjøkanten, og det dessuten er noe usikkerhet knyttet til skråningens nøyaktige utforming i sjøen, er det lagt inn en skjærflateavgrensning for å unngå bruddflater som konsentreres helt i skråningens overflate. Øvre skjærflateavgrensning er satt til ca. kote -10 i sjøen slik at glideflatene går gjennom leirlaget (se tegning G-003 - G-007). Skjærflater over dette nivået vil i hovedsak kun gå gjennom drenerte fyllmasser uten sprøbruddegenskaper, og utgjør derfor ikke et områdestabilitetsproblem.

Resultater fra beregningene for dagens situasjon er oppsummert i Tabell 5. Beregningsmessig sikkerhet dokumenteres for relevante bruddmekanismer i skråningen. Omfanget av beregnete bruddsirkler varierer, og det tas høyde for både lokale brudd og større glideflater. Flere kritiske glideflater i den øverste delen av skråningen ved sjøkanten viser lav sikkerhet, men går ikke gjennom sprøbruddmaterialer. Derimot vil en kollaps potensielt kunne utløse et områdeskred ved at de utraste massene belaster kvikkleire lenger ned i skråningsprofilet. Det er også modellert sammensatte glideflater i skråningen med lav sikkerhet som går gjennom sprøbruddmaterialer.

Tabell 5: Oppsummering av beregnede kritiske sikkerhetsfaktorer for dagens situasjon i aktuelt beregningssnitt.

Beregningsfase		Drenert $F_{cφ}$	Udrenert F_{cu}	Tegning
Snitt A-A	Sirkulær skjærflate	1,12	1,04 – skråning ved land 1,18 – i sjøen	G-003
	Sammensatt skjærflate	1,32	1,12	
Snitt C-C	Sirkulær skjærflate	1,57	1,01* 1,05	G-006
	Sammensatt skjærflate	1,49	0,97*	

*Skjærstyrkeparameterne er justert opp med 1,0 kPa til å oppnå F_{cu} = 1,00 i sirkulær skjærflate for Snitt C. Dette gir resultat F_{cu} < 1,00 for sammensatt skjærflate.

For visualisering av beregnede kritiske bruddflater med sikkerhetsfaktor vises det til tegninger G-003 og G-007. Beregnet sikkerhet for dagens situasjon er ikke tilstrekkelig etter de krav veileder 1/2019 stiller til et K4-tiltak. Den udrenerte sikkerheten er dimensjonerende for alle bruddflater som er vurdert her og ligger under kravet på $F_{cu} \geq 1,40$. Dette tilsvarer resultater fra tidligere nærliggende beregninger med lav sikkerhet av NGI [17], Rambøll [30] og Sweco [1].

Dette betyr at beregnet sikkerhetsfaktor for skråningen ikke tilfredsstiller kravet til sikkerhet mot områdeskred slik skråningen står i dag. Det er derfor krav til stabiliserende tiltak før utbyggingen kan påbegynnes.

Kritisk skjærflate ved lokalt brudd ved sjøkanten for drenert beregning ligger nært øvre skjærflateavgrensning ved overkant silt-/leirlaget, og en kan dermed anta at beregnet drenert sikkerhet vil avta ved grunnere bruddsirkler nært stranden. En slik problemstilling må ivaretas i videre prosjekteringsfaser.

Det bemerkes at beregnet drenert og udrenert sikkerhetsfaktor for skråningen i dagens situasjon også ligger under kravet til absolutt sikkerhet for geoteknisk prosjektering i henhold til Eurokode 7. Det vises til beregningene i notat 10237063-RIG-N02 [29].

Snitt A-A

Det er flere beregnete sirkulære og sammensatte skjærflater med lav sikkerhet som ligger inn mot dagens strandlinje. Disse skjærflatene går i liten grad gjennom løsmasser med dokumenterte sprøbruddegenskaper. Det er likevel beregnet svært lav sikkerhet i dagens situasjon i skråningen, med beregnet F_{cu} fra 1,04-1,12. Noe av grunnen til dette er at skråningen er meget bratt og høy, og at massene i sjøen er svært bløte.

Lenger ned i skråningen, der sjøbunnen slaker noe ut, er det beregnet en sirkulær skjærflate som går gjennom sprøbruddmaterialer, med beregnet sikkerhetsfaktor F_{cu} = 1,18. Beregningen er basert på konservativ antakelse av interpolert udrenert skjærstyrke for massene i sjøen basert på utførte grunnundersøkelser og SHANSEP-prinsippet. Det bemerkes at det ikke foreligger grunnundersøkelser lengre ute i sjøen, og at supplerende undersøkelser kan vise at forholdene er bedre enn forutsatt.

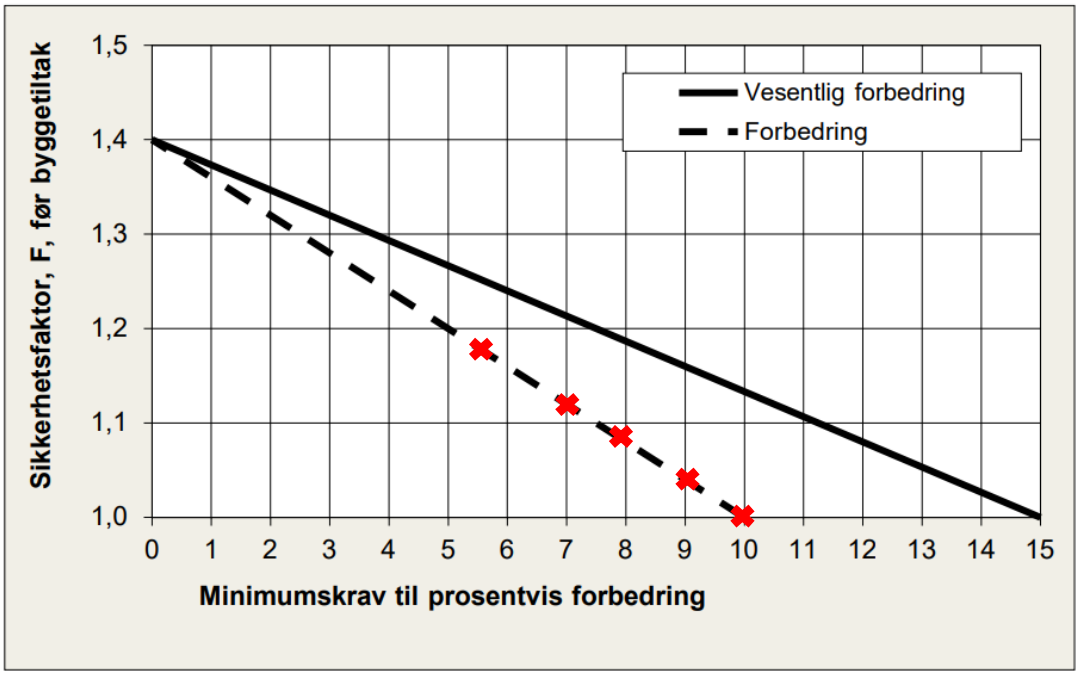
Sammensatt glideflate fra land gjennom sprøbruddmaterialer i sjø er beregnet å ha lav udrenert sikkerhet med F_{cu}=1,12.

Lav beregningsmessig sikkerhet i sjøen i snitt A-A, der det i flere punkter er påvist sprøbruddmaterialer under sjøbunnen, indikerer risiko for et kvikkleireskred ute i sjøen. Kombinert med lav beregningsmessig sikkerhet i sjøkantskråningen, der også skråningsstabiliteten påvirkes av sprøbruddmaterialer i sjøen, medfører dette både risiko for et lokalt brudd ved sjøkanten og et eventuelt initialskred i sjøen som kan destabilisere skråningen i sjøkanten.

Snitt C-C
Det er beregnet lav sikkerhet i skråningen i dagens situasjon for både sirkulære og sammensatte glideflater. Glideflatene omfatter et stort brudd med for lav sikkerhet i skråningen og går gjennom antatte sprøbruddmaterialer i den dypere delen av glideflatene.

10.1 Krav til forbedring av beregningsmessig sikkerhet

Beregnet sikkerhetsfaktor som ligger under sikkerhetskravet i Kvikkleireveilederen utløser krav om prosentvis forbedring av beregnet sikkerhet. For et K4-tiltak med middels faregrad er det krav til «forbedring» iht. tabell 3.3 i Kvikkleireveilederen. Aktuelle krav til forbedring for de udrenerte beregningene fra Tabell 5 er markert i Figur 17.



Figur 3.3 Krav til prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktor, F_{cu} og $F_{c\varphi}$.

Figur 17: Krav til prosentvis forbedring av beregnet sikkerhetsfaktor for dagens situasjon, der sikkerheten ligger under kravet som stilles i Kvikkleireveilederen [3]. Aktuell forbedring for stabilitetsberegningene fra Tabell 5 er markert med røde kryss.

Stabilisering i form av grunnforsterkning har høyere krav til beregnet sikkerhet **$F_{cu} \geq 1{,}40$** og **$F_{c\varphi} \geq 1{,}25$**, se kapittel 3.1.

11 Vurdering av stabiliserende tiltak

Stabiliserende tiltak for forbedring av beregnet sikkerhetsfaktor i skråningen er vurdert innledningsvis basert på gjeldende planer for utbygging og er ikke utredet i detalj. Avlastning av terrenget og evt. grunnforsterkning eller støttekonstruksjoner for å ivareta områdestabilitet og lokalstabilitet må detaljprosjekteres.

Lokal stabilitet og eventuelle tiltak ifm. byggearbeidene i strandsone må vurderes separat, da det er oppdaget lav beregnet udrenert sikkerhetsfaktor for lokal utglidning mot sjøen og for større bruddflater. Beregnet drenert og udrenert sikkerhetsfaktor for skråningen i dagens situasjon ligger under kravet til absolutt sikkerhet for geoteknisk prosjektering i henhold til Eurokode 7 [29]. Det vil være aktuelt å vurdere behov for stabilitetsforbedrende tiltak for å redusere risiko for lokale utglidninger, og iverksette disse før arbeidene ved felt 3A igangsettes.

11.1 Supplerende grunnundersøkelser

Det må utføres supplerende grunnundersøkelser i området før videre prosjektering av tiltaket. For å dokumentere fortsatt stabilitet i skråningen gjennom anleggsfasen på Verket, anbefales det at det foretas supplerende grunnundersøkelser med prøveserier fra det underliggende leirlaget, samt i skråningståen i sjøen, for å få bedre kjennskap til lagdelingen i grunnen og fasthetsegenskaper. Supplerende grunnundersøkelser er nødvendig for å detaljprosjektere sikringstiltak for å tilfredsstille krav til sikkerhet mot områdeskred for planlagt utbygging ved sjøkanten. Sweco vurderer at det er tilstrekkelig at supplerende undersøkelser utføres i neste fase, siden vurderingene i denne rapporten baserer seg på konservative vurderinger der det ikke foreligger grunnlag fra eksisterende undersøkelser.

Stabilitetsberegninger belager seg på vurderinger av grunnforhold og antagelser basert på tilgjengelig grunnlag, og dette vil ha mye å si for beregnet sikkerhetsfaktor. Supplerende grunnundersøkelser kan også vise at grunnforholdene er noe bedre enn antatt i denne rapporten.

11.2 Terrengendringer

Tidligere vurdering av områdestabilitet for Verket Bk_2B-1/2/3 og Bk_2C av Sweco [1] viste stor positiv virkning på beregnet sikkerhet som følge av planlagt terrengavlastning på kaiområdet i forbindelse med Verket Brygge 2 fase 2 og fjerning av jernbanelinjen. Med denne metoden var det konkludert med at det er mulig å oppnå tilstrekkelig prosentvis forbedring av stabilitet iht. tabell 3.3 i Kvikkleireveilederen med terrengendringer. Det vurderes derfor om dette også kan benyttes for felt 3. I det følgende er det foretatt beregninger for avlasting av terreng.

11.2.1 Avlastning og utslaking av skråning

Foreløpig plan for utbygging medfører utgraving for kjeller til kote -0,2 i topp av skråning. Jernbanen skal også fjernes. Det er utført stabilitetsberegninger for skråningen med disse forutsetningene for å se på forbedring av beregnet sikkerhet. Se resultater i Tabell 6.

Det bemerkes at gjeldende planforslag ikke inkluderer avlasting av terrenget på land ved beregningssnitt C-C, da dette ligger noe nord for planlagt kjeller på tomt Bk_3A. Det brukes likevel som en forutsetning for beregning av avlastning siden skråningen ikke tilfredsstiller krav til beregnet sikkerhetsfaktor med dagens situasjon.

For å ikke forverre stabiliteten under anleggsarbeidene kan det også være aktuelt å slake ut dagens skråning ved mudring fra lekter. Det er foretatt en liten utslaking av sjøkantskråningen i stabilitetsberegning for Snitt A-A.

Tabell 6: Oppsummering av beregnede sikkerhetsfaktorer (SF) i aktuelle kritiske beregningssnitt, med forutsetning om permanent avlastning på land til kote -0,2 og fjerning av jernbanen. Krav til beregnet sikkerhetsfaktor iht. Figur 17 er også vist i tabellen.

Beregningsfase		Drenert		Udrenert	
		Krav til forbedret SF	*Beregnet forbedret SF*	*Krav til forbedret SF*	*Beregnet forbedret SF*
Snitt A-A (G-004)	Sirkulær skjærflate	1,20	1,29	1,13 1,24	1,22 – skråning ved land 1,17 – i sjøen
	Sammensatt skjærflate	-	-	1,20	1,24
Snitt C-C (G-007)	Sirkulær skjærflate	-	-	1,10 1,15	1,10 1,15
	Sammensatt skjærflate	-	-	1,10	1,13

Resultatene viser effekten av forutsatt terrengavlastning til omtrent kote -0,2. Stabilitetsberegningene i Tabell 6 viser positiv innvirkning på beregnet sikkerhet ved planlagt avlastning av terreng og fjerning av jernbanelinjen. Basert på utførte stabilitetsberegninger, vurderes det at planlagt avlastning av terrenget gjør at det oppnås tilstrekkelig prosentvis forbedring, som vist i resultatene fra stabilitetsvurderinger i Vedlegg 2. Dette må utføres i forkant av andre arbeider på tomten. Avlastningen må være permanent, og vil derfor påvirke oppbygging av eventuelle utearealer.

Beregningene viser også at avlastning til kote -0,2 i snitt C-C fører til at kravet til forbedret sikkerhetsfaktor ivaretas. Selv om denne avlastningen ikke foreløpig er planlagt som en del av utbyggingen, må skråningsstabiliteten ivaretas. Dersom det ikke kan gjennomføres avlastning i skråningstoppen, må andre tiltak vurderes. Tilgjengelig grunnlag tilsier foreløpig at andre stabiliserende tiltak kan være krevende å gjennomføre.

Beregnet bruddflate langs sjøbunnen i snitt A-A ligger relativt dypt under havnivå, og avlastning av terreng på land vil derfor ikke ha en forbedrende effekt på stabiliteten i dette området. Krav til beregningsmessig sikkerhet i denne skråningen er derfor ikke ivaretatt med denne løsningen. Supplerende grunnundersøkelser kan vise at stabiliteten er bedre enn antatt. For denne delen av skråningen må det vurderes andre tiltak, se kapittel 11.4. Det bemerkes at denne bruddflaten innebærer større usikkerhet på grunn av manglende undersøkelser langt ute i sjøen. Beregnet sikkerhet er ikke veldig langt under sikkerhetskravet. Dersom supplerende grunnundersøkelser i sjøen viser at grunnforholdene er bedre enn forutsatt, kan det medføre at beregnet sikkerhet blir høyere.

I notat 10237063-RIG-N02 [29] er det også gjort vurderinger av beregnet sikkerhet for sjøkantskråningen i henhold til kravene i Eurokode 7. Dette notatet konkluderer med at avlasting på terreng ikke gir tilstrekkelig beregnet sikkerhetsfaktor mot land i alle skjærflater og at det derfor må iverksettes ytterligere tiltak for at prosjektet skal kunne gjennomføres.

11.2.2 Motfylling i sjøen

Motfylling kan bedre situasjonen i skråningen i sjøkanten ved å gi motvekt mot en eventuell utglidning. Utfordringen med en slik løsning ligger i at det er dårlig beregnet sikkerhet i skråningen på nedsiden, langs sjøbunnen ned mot Mossesundet. En fylling i bunn av

skråningen ved sjøkanten gir ekstra belastning på sjøbunnen, som kan utløse et skred som kan forplante seg bakover mot land. Det vil også være meget utfordrende å etablere en slik fylling på sjøbunnen på en skånsom måte på grunn av vanndybden i det aktuelle området.

Det vurderes derfor som ikke aktuelt å benytte motfylling i sjøen som et stabiliserende tiltak.

11.2.3 Lette masser

På grunn av nærhet til sjøen med risiko for oppdrift og utvasking, vurderes det som uaktuelt å masseutskifte med lette masser for å redusere tyngden på toppen av skråningen.

11.3 Last på skråningen

Stabilitetsberegninger for Snitt A-A og C-C i anleggsfasen er utført med antatt karakteristisk anleggslast på 15 kPa. På grunn av lav beregningsmessig sikkerhet i dagens situasjon og i anleggssituasjonen må anleggsbelastningen på skråningen og arbeidsrekkefølge vurderes nøye i detaljprosjektet.

11.4 Grunnforsterkning

Et alternativ for å øke sikkerheten til skråningen kan være grunnforsterkning i sjøen (kalksementstabilisering eller lignende), som kan bli aktuelt i kombinasjon med terrengavlastning.

Forsøk på innblanding med kalksement i leirprøver mellom 2,2 og 10,0 m under terreng utført av Multiconsult ved Ankers hus, sør for felt Bk_2B,viser god effekt ved økning av udrenert skjærfasthet [31]. Det ble benyttet et blandingsforhold med 50/50 kalk og sement samt Multicem og sement. Oppnådd skjærfasthet i prøvene etter 21 dager varierte mellom ca. 110-310 kPa, med økende skjærfasthet mot dybden. Det er ikke utført innblandingsforsøk med massene i sjøen. Dersom det er mulig å oppnå en lignende effekt i skråningen og i sjøen ved Bk_3A kan en potensielt oppnå tilfredsstillende sikkerhet.

Ved å gjennomføre grunnforsterkning for å øke skjærfastheten til massene i sjøen kan en både få en stabiliserende effekt i skråningen ved sjøkanten og sjøbunnen. Det gjøres derfor noen innledende beregninger der det forutsettes et omfang med forsterket leire i sjøen. Etter diskusjon med entreprenører er det forutsatt en stabiliseringsdybde på maks. ca. 30 m (inkludert sjødybde) og en konservativt antatt dimensjonerende skjærfasthet for stabilisert leire på 100 kPa. For beregning av gjennomsnittlig skjærfasthet for stabiliseringsområdet i sjøen benyttes en gjennomsnittlig aktiv skjærfasthet i stedlig leire på 20 kPa. Det forutsettes at det installeres enkeltpeler uten overlapp i sjøen, i bunn av sjøkantskråningen, med en dekningsgrad *a* på ca. 50%, som gir en dimensjonerende skjærfasthet på ca. 60 kPa i det stabiliserte området.

$$s_{u;m} = a \cdot s_{u;pel} + (1-a) \cdot s_{u;jord} = 0{,}5 \cdot 100\ kPa + (1-0{,}5) \cdot 20\ kPa = 60\ kPa$$

Se nærmere beskrivelse av foreslått utforming av pelemønster og omfang av grunnforsterkning i sjøen i kapittel 11.4.1. I stabilitetsberegningene i Geosuite Stability er dimensjonerende skjærfasthet definert ved skjærfasthetsprofiler langs beregningsprofilet basert på resultater fra grunnundersøkelser. Grunnforsterkningen legges inn med lokalt definert skjærfasthetsprofil for et område i bunn av sjøkantskråningen og litt ut i sjøen. Stabilisert område i beregningene er vist på tegning G-005. Skjærfasthetsøkningen antas noe mindre i øverste del av leirelaget (50 kPa).

Som beskrevet i kapittel 3.1 medfører denne løsningen krav til beregningsmessig sikkerhet **$F_{cu} \geq 1{,}40$** og **$F_{c\varphi} \geq 1{,}25$**. Dette kravet gjelder også for lokale bruddflater i sjøkantskråningen, som i kapittel 11.2.1 tilfredsstilte kravet til prosentvis forbedring av sikkerhet ved avlastning.

Det er foretatt innledende stabilitetsberegninger i snitt A-A for å vurdere effekten av grunnforsterkning i sjøen.

Tabell 7: Oppsummering av beregnede udrenerte sikkerhetsfaktorer (SF) i aktuelle kritiske beregningssnitt med installasjon av grunnforsterkning i skråningståen i sjøen, kombinert med forutsetning om permanent avlastning ved kaien til kote -0,2 og fjerning av jernbanen. Krav beregnet sikkerhetsfaktor iht. sikkerhetskravet for grunnforsterkning er også vist i tabellen.

Beregningsfase		Udrenert		Tegning
		Krav til forbedret SF	*Beregnet forbedret SF*	
Snitt A-A	Sirkulær skjærflate ved land	1,40	1,40	G-005
	Sirkulær skjærflate i sjøen	1,40[1]	1,24[1]	

[1] Beregnet sikkerhet i sjøen har blitt forbedret og sikkerhetsfaktoren er vurdert som OK, men er under kravet på 1,40. Se nærmere beskrivelse i avsnittet under.

Resultatene i Tabell 7 viser at en slik løsning kan gi svært god effekt på beregningsmessig sikkerhet i den aktuelle skråningen. Grunnforsterkning må utføres i sjøen og inn mot land for å stabilisere skråningen. Supplerende grunnundersøkelser kan gi mer informasjon om nødvendig omfang. Et foreløpig estimat av omfang av stabilisering i sjøen er diskutert i kapittel 11.4.1. Det vurderes derfor at grunnforsterkning tilsvarende det som er forutsatt i beregningen kan være et aktuelt tiltak for å forbedre stabilitet og beregningsmessig sikkerhet i skråningen. Endelig omfang må naturligvis detaljeres nærmere.

Langs sjøbunnen, lengre ut i sundet, ses det at beregningen tilsynelatende ikke tilfredsstiller krav til sikkerhet med grunnforsterkning. Det bemerkes likevel at denne beregnete skjærflaten ligger betydelig dypere i sjøen, og at den avgrenses ovenfra av området med forutsatt grunnforsterkning. Grunnforsterkningen vil også virke positivt mot eventuell skredutvikling ute i sjøen mot bygningsmassen. Beregningsmessig udrenert sikkerhet i denne delen av skråningen er likevel betraktelig forbedret, og er også over kravet til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$ for skråninger utenfor influensområdet til tiltaket. I tillegg er lagdelingen i denne delen av beregningssnittet mer usikkert fordi det ikke foreligger grunnundersøkelser så langt ute i sjøen.

Det vurderes derfor at grunnforsterkning i sjøen kombinert med planlagt permanent avlasting på land til kote -0,2 og fjerning av jernbanen gir tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet i snitt A-A.

11.4.1 Omfang av grunnforsterkning i sjøen

Det er gjort en vurdering av området i sjøen som må stabiliseres. Beregningene som er utført i kapittel 11.4 indikerte at det vil være behov for å stabilisere massene i sjøen fra nært sjøkanten og ca. 40-45 m ut i sjøen. Et omfang av området som det forventes at må stabiliseres er tegnet inn på G-001 i Vedlegg 2.

Stabilitetsberegningene i snitt A-A har avdekket behov for grunnforsterkning for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet. I snitt C-C indikerte beregningene at avlasting av terrenget gir tilstrekkelig sikkerhet, Det forutsettes derfor at det vil være behov for grunnforsterkning i sjøen opp til snitt C-C og sør for snitt A-A frem til sjøbunnen flater ut utenfor planområde 2. Sjøbunnstopografien i dette området fremstår fra kartgrunnlaget som relativt likt som i snitt A-A. Snitt B-B vurderes ikke som avgrensende for grunnforsterkning da forholdene vurderes som tilsvarende anstrengte som i snitt A-A.

På grunn av risiko for omrøring av massene i sjøen, anses det som mest aktuelt å installere enkeltpeler. Det var i beregningene forutsatt en dekningsgrad på ca. 50%. Med pelediameter på eksempelvis 1,0 m gir dette en minimum senteravstand mellom enkeltpelene på ca. 1,2 m.

Det må utføres supplerende grunnundersøkelser i sjøen for å vurdere nærmere området som må stabiliseres.

11.4.2 Viktige forhold

Et viktig forhold ved etablering av grunnforsterkning i sjøen er at man får en midlertidig lokal svekkelse av fastheten i grunnen på grunn av blant annet omrøring av massene, massefortrengning og økning i poretrykket. Det er helt vesentlig at dette blir ivaretatt videre i prosjektet, dersom det velges å gå videre med vurdering av grunnforsterkning. Det vises for øvrig til kapittel 4.2.2 i «Veileder for grunnforsterkning med kalksementpeler» [32]. Det anbefales særskilt at avlastingen på land utføres før grunnforsterkningen i sjøen påbegynnes.

En måte å redusere påvirkningen i grunnen på er at forsterkningspelene etableres enkeltvis med flytting mellom områder for å unngå store inngrep i ett område over kort tid, og slik at de stabiliserte massene rekker å herde noe før nærliggende peler påbegynnes. Dette vil naturligvis gjøre tiltaket mer tidkrevende og kostbart.

Det bemerkes at det er svært begrenset erfaring i Norge med grunnforsterkning i sjøen ved slike dybder som kan bli aktuelt i dette prosjektet. Lignende grunnforsterkning er derimot vanligere i for eksempel Sverige eller Danmark, og det er mer erfaring med stabilisering av masser i sjø. Vanndybden kan være kritisk for gjennomførbarheten av slik grunnforsterkning. Installasjonen må sannsynligvis utføres fra flåte og forventes å være utfordrende. Slike grunnforsterkningstiltak vil erfaringsmessig også medføre høye klimagassutslipp i prosjektet og risiko for oppvirvling av forurensede masser fra sjøbunnen. Sjøbunnen i Mossesundet er betydelig forurenset fra den historiske industriaktiviteten langs sjøen. Dette er forhold som må vurderes videre i prosjektet.

Et alternativ for å redusere området inn mot land som må forsterkes, kan være ytterligere permanent avlasting på land i forbindelse med utbyggingen på tomten. Omfang av avlastingen på land må veies opp mot nødvendig område som må stabiliseres i sjøen.

11.5 Øvrige betraktninger

Det er gjort en innledende vurdering av eventuelle øvrige stabiliserende tiltak for utbyggingen. Det er foretatt en oppsummering av dette i 10237063-RIG-N03 [33] der det konkluderes med at grunnforsterkning i sjøen kombinert med avlasting av terreng er det eneste og mest aktuelle tiltaket. Andre tiltak, som for eksempel en permanent spunt, er foreløpig vurdert som for utfordrende, kostbare eller umulige å gjennomføre i praksis.

Det forutsettes at pelearbeid i anleggsfasen utføres på en skånsom måte som ikke forverrer skråningsstabiliteten ved for eksempel oppbygging av poretrykk.

12 Videre arbeider

Stabilitetsberegningene som er blitt utført sammen med vurdering av stabiliserende tiltak viser at det må foretas avbøtende inngrep for å ivareta sikkerhet mot områdeskred for tomt BK_3A og vest på Bk_3B. Mest aktuelt vil være å avlaste terrenget ved sjøkanten som beskrevet i kapittel 11.2.1. Dette må kombineres med en form for grunnforsterkning (kalksementstabilisering eller lignende) i sjøen for å ivareta stabiliteten i sjøbunnen utenfor de nye boligbyggene. Det må utføres løsmasseprøver med innblandingsforsøk og

prøveforsterkning i sjøen for å kunne verifisere at grunnforsterkningen i sjøen har den nødvendige effekten.

Det er viktig å understreke at foreliggende geoteknisk grunnlag medfører noe restusikkerhet knyttet til de beregningene som er utført i denne rapporten. Verket Moss har en særdeles kompleks geologisk historikk og stor variasjon i lagdelingen i grunnen. Det gjenstår også noe usikkerhet ved tolkning av sjøbunnens utforming fra foreliggende batymetri. Massene i sjøen er bløte, og det må forsikres at massene som utgjør sjøbunnen er av en beskaffenhet som tilsvarer det som er forutsatt i beregningene. Dette innebærer blant annet supplerende grunnundersøkelser med CPTU-sonderinger og eventuelt prøvetaking.

Det må derfor utføres supplerende grunnundersøkelser på land og i sjøen, både i skråningen mot land og lengre ut i Mossesundet. Sweco vurderer at det er tilstrekkelig at supplerende undersøkelser utføres i neste fase, siden vurderingene i denne rapporten baserer seg på konesrvative vurderinger der det ikke foreligger grunnlag fra eksisterende undersøkelser. Gjeldende terrengmodell fra sjøbunn-scanningen må også kvalitetssikres.

13 Konklusjon og oppsummering

Sweco Norge AS har på oppdrag for Höegh Eiendom utført vurdering av områdestabilitet for felt Bk_3A, Bk_3B og B_3C på Verket i Moss. Vurderingen er utført etter prosedyren i NVE veileder 1/2019 (Kvikkleireveilederen). Utbyggingsplanene ligger i tiltakskategori K4.

Denne rapporten og områdestabilitetsvurderingen er godkjent gjennom uavhengig kvalitetssikring av Dr.Techn. Olav Olsen. Det vises til deres notat 14068-OO-RIG-N-001.

Prosjektet innebærer bygging av boligblokker og uteområder på det tidligere industriområdet på Verket. Det forutsettes at lastene fra den planlagte bygningsmassen vil føres til fast grunn ved bruk av peler.

Utførte grunnundersøkelser viser at det forekommer sammenhengende lag med sprøbruddegenskaper i sjø, som blir mindre sensitive mot land. Et sammenhengende lag i sjøen kan ikke utelukkes fra foreliggende undersøkelser. Det er også avdekket sprøbruddmateriale på landsiden.

De nylig utførte grunnundersøkelsene gir grunnlag til å foreslå en utvidelse av den eksisterende faresonen 2817 Verket. Løsneområdet anbefales avgrenset ved ca. kote -25,0 i sjøen. I denne vurderingen har Sweco gjort konservative antakelser og forutsetninger fra foreliggende grunnlag, og har avgrenset løsneområdet til bak jernbanelinjen der det er berg i dagen. Forslag til utvidet løsne- og utløpsområde for den oppdaterte kvikkleiresonen er vedlagt rapporten som tegning G-002.

Hele delplanområde 3A overlapper med den foreslåtte utvidelsen av kvikkleiresonen, sammen med den vestre delen av delplanområde 3B. Nøyere kartlegging av omfanget og lagdeling av sprøbruddmaterialer og bergdybde i skråningen kan resultere i at kvikkleiresonen kan avgrenses vest for område 3B, selv om foreliggende grunnlag ikke tilsier det.

Delplanområde 3C er ikke definert som en del av løsneområdet for et skred ved strandlinjen, og kan ikke berøres av kvikkleireskred. Områdeskredfare er derfor vurdert ivaretatt for delplanområde 3C.

Det er vurdert aktuelle skråninger og brudd-/skredmekanismer basert på foreliggende grunnlagsmateriale fra det relevante området. Stabilitetsberegninger som er utført for relevante kritiske skråninger viser at det med dagens situasjon ikke er tilfredsstillende beregningsmessig udrenert sikkerhet for delplanområde 3A og 3B i dagens situasjon ifølge sikkerhetskravene veileder 1/2019.

Det er foretatt en vurdering av relevante stabilitetsforbedrende tiltak for å tilfredsstille krav til prosentvis forbedring av beregningsmessig sikkerhet. Planlagt avlastning av terreng ved sjøkanten for etablering av kjeller og fjerning av jernbanelinjen viser positiv effekt på beregningsmessig sikkerhet. Dette kan være i kombinasjon med utslaking av skråningen med mudring. Foreløpig konkluderes det med at avlastningen må gjennomføres før anleggsarbeider i skråningstoppen kan påbegynnes. Beregningene tilsier at denne permanente avlastningen også må utføres over et større område enn foreløpig planlagt for kjelleren på grunn av lav beregningsmessig sikkerhet nord for tomt Bk_3A.

For å ivareta beregningsmessig sikkerhet tyder beregningene på at det må foretas grunnforsterkning i sjøen for å ivareta sikkerhet mot utglidning som kan ramme bygningene på land. Det er utarbeidet et foreløpig estimat av nødvendig omfang av forsterkning i sjøen. Det er lite erfaring med grunnforsterkning i sjø i Norge, men det er flere prosjekteksempler fra utlandet. Gjennomføringen av grunnforsterkningen må derfor planlegges nøye. Det er helt sentralt at det gjennomføres prøvestabilisering for å dokumentere at grunnforsterkningen har tilstrekkelig effekt.

Stabilitetsberegninger for foreløpig planlagt avlastning av terreng på land og grunnforsterkning i sjøen viser tilstrekkelig forbedrende effekt på beregnet sikkerhet som indikerer at prosjektet kan være teknisk gjennomførbart i henhold til krav til sikkerhet mot områdeskred. Disse tiltakene må utføres før øvrige anleggsarbeider kan påbegynnes. For at også kravene til sikkerhet for geoteknisk prosjektering i Eurokode 7 skal ivaretas, er det ikke tilstrekkelig med kun avlasting av terrenget på land.

Detaljprosjektering av stabiliserende tiltak må utføres for å ivareta både lokal- og områdestabilitet for anleggsfasen og i ferdig situasjon. Sweco anbefaler at det i forbindelse med dette utføres supplerende grunnundersøkelser. Det anbefales også å utføre supplerende grunnundersøkelser før valg av forsterkningsmetode i sjøen, og behov for og omfanget av denne forsterkningen. Det samme gjelder for å kunne avgrense området som må avlastes på land.

Deler av skråningen er ikke vurdert på grunn av stor usikkerhet i tolkning av lagdelingen fra foreliggende grunnundersøkelser. Det må utføres supplerende grunnundersøkelser for å kunne utføre beregninger av lokal stabilitet i denne delen av skråningen. For vurdering av sikkerhet mot områdeskred er det foreløpig konkludert med at den lave beregningsmessige sikkerheten i dagens situasjon ivaretas ved beregningene og de konservative vurderingene som er utført i denne rapporten, og at tilsvarende stabiliserende tiltak må iverksettes i resterende del av skråningen.

Det skal planlegges og utføres supplerende grunnundersøkelser for å kunne bestemme sammensetningen av løsmassene i sjøkanten med større sikkerhet og redusere usikkerheten i tolkning av grunnforhold i videre prosjektering. Supplerende grunnundersøkelser anbefales for at omfanget av avlastning på land kan bestemmes i detalj, og for å nærmere vurdere omfang og gjennomførbarheten av grunnforsterkning i sjøen. Sweco vurderer at det er tilstrekkelig at supplerende undersøkelser utføres i neste fase, siden vurderingene i denne rapporten baserer seg på konservative vurderinger der det ikke foreligger grunnlag fra eksisterende undersøkelser.

Vurderingene i denne rapporten omfatter ikke vurdering av lokal stabilitet ifm. byggearbeidene. Dette må ivaretas i de enkelte prosjektenes videre prosjektering.

14 Referanser

[1] Sweco, «10232437-RIG-R01-rev02 Verket Moss - Områdestabilitetsvurdering,» 2022.

[2] Statens Kartverk, «Norgeskart,» Statens Kartverk, 2024. [Internett]. Available: https://www.norgeskart.no/.

[3] NVE, «Veileder 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred,» 2020.

[4] Plan- og bygningsloven, «Lov om planlegging og byggesaksbehandling [LOV-2021-06-18-130],» 2008. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71.

[5] Byggteknisk forskrift, «Forskrift om tekniske krav til byggverk [FOR-2021-04-28-1315],» 2017. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840.

[6] Byggesaksforskriften, «Forskrift om byggesak [FOR-2021-02-09-410],» 2010. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-488.

[7] NVE, «Retningslinjer 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar,» Oslo, 2014.

[8] Digital Geologi AS, «Utvidet geologisk tolkning østsiden av Mossesundet,» Digital Geologi AS, Ranheim, 2021.

[9] NVE, «Ekstern rapport nr. 9/2020: Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred,» NVE, Oslo, 2020.

[10] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» 2024. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/.

[11] NGI, «970052-2 Peterson Moss Grunnundersøkelser for kai og lager,» NGI, 1997.

[12] Løvlien Georåd AS, «Verket Moss, kryssløsning Osloveien, Moss kommune,» Geoteknisk datarapport, 22383 nr. 1, 2022.

[13] Sweco Norge AS, «Verket Rabben, Datarapport - Grunnundersøkelser,» 1023501 RIG_R01_A01, 2023.

[14] Multiconsult, «Peterson fabrikkområde, Moss - Geoteknisk grunnundersøkelse - datarapport,» 125046-RIG-RAP-001, Oslo, 2013.

[15] Statens Kartverk, «Se havnivå,» 2024. [Internett]. Available: https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva.

[16] Golder Associates AS, «Verket, Moss - Geoteknisk undersøkelse Datarapport,» 2017.

[17] NGI, «970052-3 Peterson Moss Geotekniske vurderinger for kai og lagerbygg,» NGI, Oslo, 1997.

[18] Rambøll Norge AS, 1350040399 Verket Moss, Bk_2B-2C-3B Notat nr. 1 Rev01, 2020.

[19] MRM Konsult AB, «Refraktionsseismikk Mossverket, Moss, Norge,» Luleå, 2017.

[20] NVE, «NVE Atlas,» 2024. [Internett]. Available: https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#.

[21] NGI, «20190539-11-R Rev.Nr. 5 IC Sandbukta-Moss-Såstad - Vurdering av områdestabilitet og forslag til stabilitetsforbedrende tiltak,» BaneNor, 2021.

[22] Multiconsult, «512395-RIG-NOT-002 Verket Moss. Støperiet - Utredning av områdestabilitet,» Oslo, 2017.

[23] Sweco Norge AS, «10230487 RIG-N01-A01-05072021_rev. 02 Geoteknisk forprosjekt - Verket Brygge 2, Moss,» Sweco Norge AS, 2022.

[24] NVE, «Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire Rapport nr. 126-2015: Detektering av kvikkleire - Sluttrapport,» NVE, Oslo, 2015.

[25] Statens Vegvesen, «Håndbok V220 - Geoteknikk i vegbygging,» Vegdirektoratet, Oslo, 2022.

[26] NVE, «Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire Rapport nr. 14/2014: En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» NVE, 2014.

[27] Statens Vegvesen, *Håndbok N200 - Vegbygging,* Oslo: Vegavdelingen, 2022.

[28] Bane NOR, «Teknisk regelverk,» 15 9 2024. [Internett]. Available: https://trv.banenor.no/wiki/Forside.

[29] Sweco Norge AS, «10237063-RIG-N02 Verket Moss 3 - Innledende stabilitetsvurdering Felt Bk_3A,» 2024.

[30] Rambøll Norge AS, «1350038062 Notat nr. 001 Verket Brygge BK2 - Geoteknisk notat for forprosjekt,» 2021.

[31] Multiconsult AS, «512619-1-RIG-RAP-001 Verket Moss, Støperiet og Ankers hus, Grunnforhold datarapport,» 2017.

[32] Norsk Geoteknisk Forening, «Veiledning for grunnforsterkning med kalksementpeler,» 2012.

[33] Sweco Norge AS, «10237063-RIG-N03 Oppsummering av innledende geotekniske vurderinger og stabiliserende tiltak for utbygging på Bk_3A,» 2024.

Vedlegg 1 - Tolkning av data fra CPTU

Sonde og utførelse

Sondenummer	5859	Boreleder	Alexander S.
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	1,1
Kalibreringsdato	26.10.2022	Maks helning (°)	1,5
Dato sondering	24.11.2022	Maks avstand målinger (m)	0,02
Filtertype	Spaltefilter		

Kalibreringsdata

	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Maksimal last (MPa)	50	0,5	2
Måleområde (MPa)	50	0,5	2
Skaleringsfaktor	1314	4141	3501
Oppløsning 2^{12} bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2^{18} bit (kPa)	0,5806	0,0092	0,0218
Arealforhold	0,8050	0,0020	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	26,113	0,303	0,653
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktskontroll

	NA	NB	NC
Registrert før sondering (kPa)	7168,3	123,0	468,7
Registrert etter sondering (kPa)	16,3	-0,5	1,6
Avvik under sondering(kPa)	16,3	0,5	1,6
Maksimal temperatureffekt (kPa)	0,7	0,0	0,0
Maksverdi under sondering (kPa)	6249,0	46,8	477,2

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

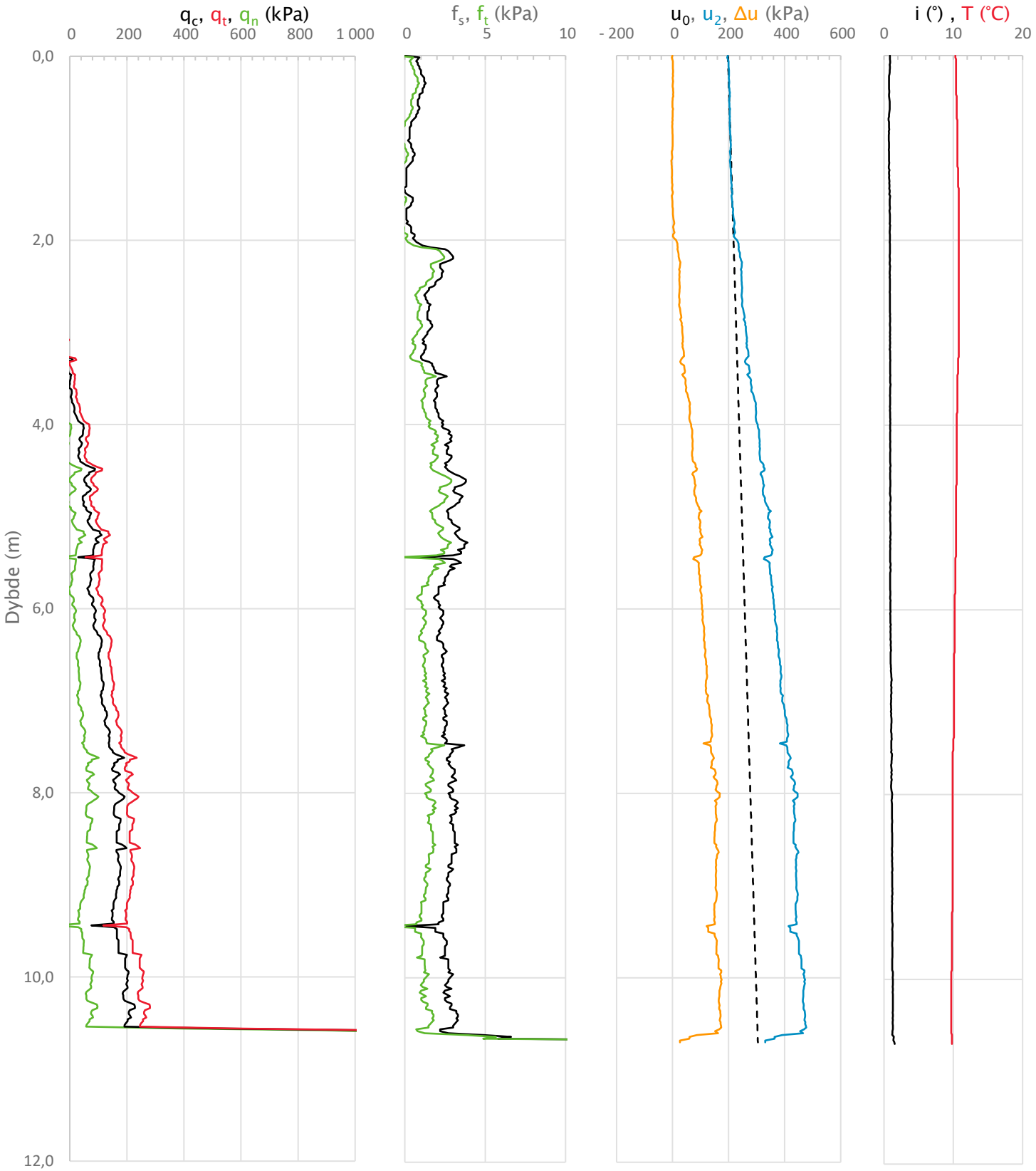
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	**17,6**	**0,3**	**0,5**	**1,1**	**1,6**	**0,3**
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					

Måleverdier under kapasitet/krav

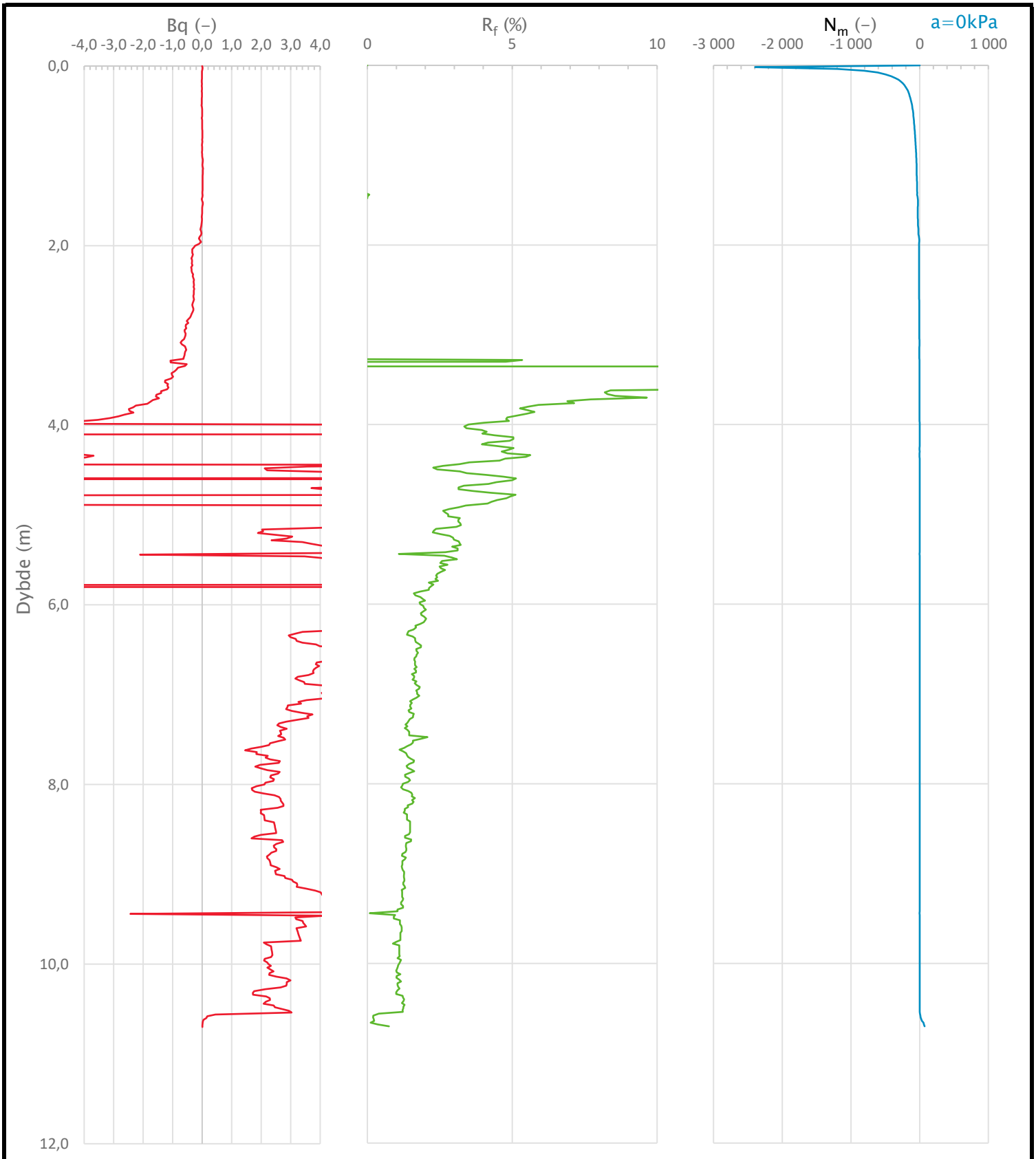
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur
OK	OK	OK	OK	OK

Kommentarer:

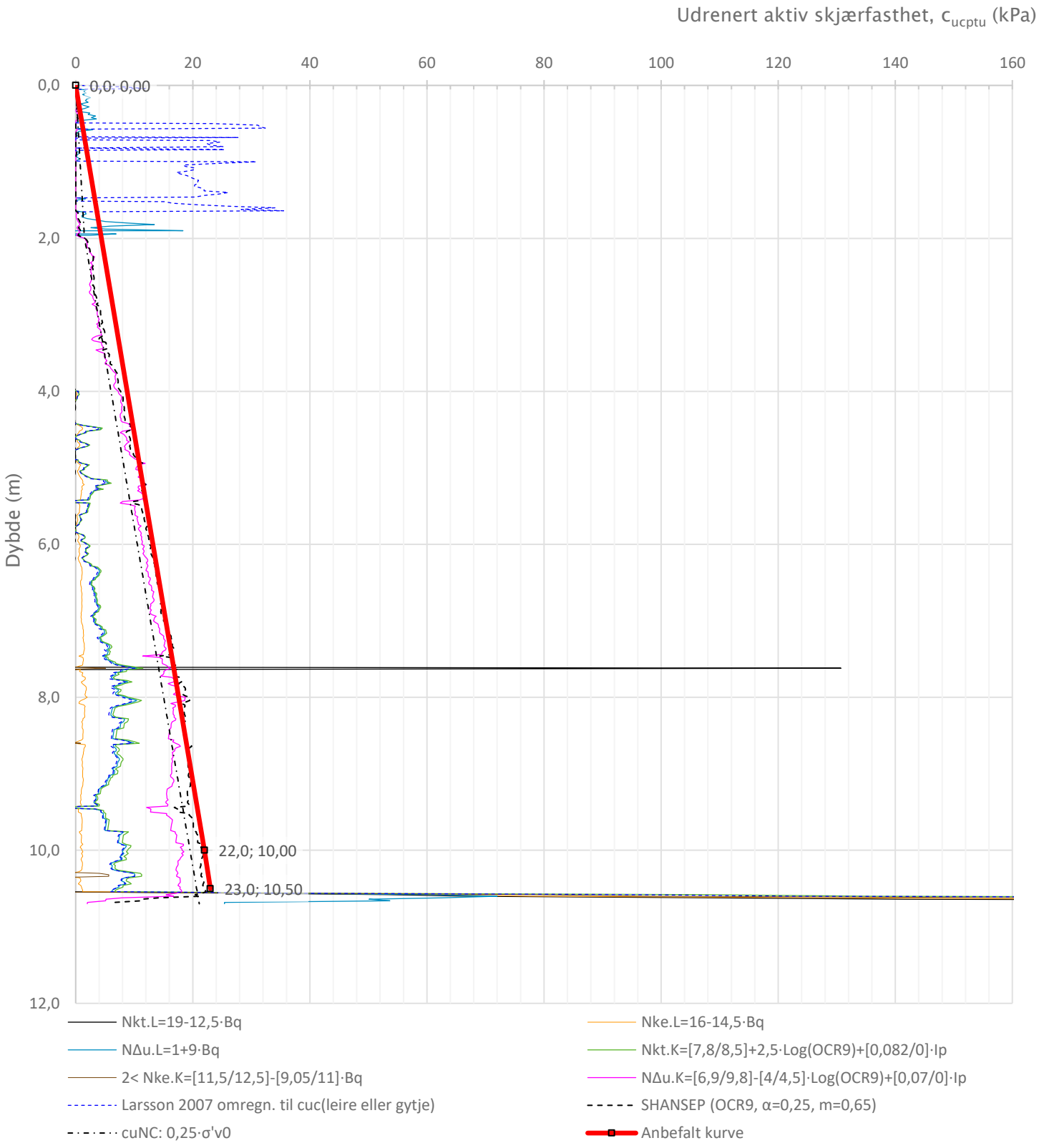
Prosjekt: **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501	Rapportnummer: RIG-R01		Borhull: 9 (Kote -19,77)
Innhold: Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet				Sondenummer: **5859**
SWECO	Utført: NOGARH	Kontrollert: NOTAMO	Godkjent: NOOMAB	Anvend.klasse: 1
	Divisjon: Utbygging	Dato sondering: 24.11.2022	Revisjon: 1 / Rev. dato: 23.11.2023	Figur: 1



Prosjekt **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501	Rapportnummer: RIG-R01		Borhull 9	Kote -19,77
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondenummer 5859	
SWECO	Utført NOGARH	Kontrollert NOTAMO	Godkjent NOOMAB	Anvend.klasse 1	
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 24.11.2022	Revisjon 1 Rev. dato 23.11.2023	Figur 2	



Prosjekt **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501 Rapportnummer: RIG-R01			Borhull Kote -19,77 **9**
Innhold Avledede dimensjonsløse forhold				Sondenummer **5859**
SWECO	Utført NOGARH	Kontrollert NOTAMO	Godkjent NOOMAB	Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 24.11.2022	Revisjon 1 Rev. dato 23.11.2023	Figur 3



Prosjekt **Verket Moss** Prosjektnummer: 10233501 Rapportnummer: RIG-R01				Borhull Kote -19,77 **9**
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondenummer **5859**
SWECO	Utført NOGARH	Kontrollert NOTAMO	Godkjent NOOMAB	Anvend.klasse **1**
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 24.11.2022	Revisjon 1 Rev. dato 23.11.2023	Figur **4**

Sonde og utførelse

Sondenummer	5859	Boreleder	Alexander S.
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	2.3
Kalibreringsdato	26.10.2022	Maks helning (°)	7.0
Dato sondering	24.11.2022	Maks avstand målinger (m)	0.02
Filtertype	Spaltefilter		

Kalibreringsdata

	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Maksimal last (MPa)	50	0.5	2
Måleområde (MPa)	50	0.5	2
Skaleringsfaktor	1314	4141	3501
Oppløsning 2^{12} bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2^{18} bit (kPa)	0.5806	0.0092	0.0218
Arealforhold	0.8050	0.0020	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	26.113	0.303	0.653
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktskontroll

	NA	NB	NC
Registrert før sondering (kPa)	7106.2	124.6	306.8
Registrert etter sondering (kPa)	-72.5	-1.7	4.9
Avvik under sondering(kPa)	72.5	1.7	4.9
Maksimal temperatureffekt (kPa)	1.5	0.0	0.0
Maksverdi under sondering (kPa)	9821.2	94.5	506.1

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	**74.6**	**0.8**	**1.7**	**1.8**	**5.0**	**1.0**
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	2	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:

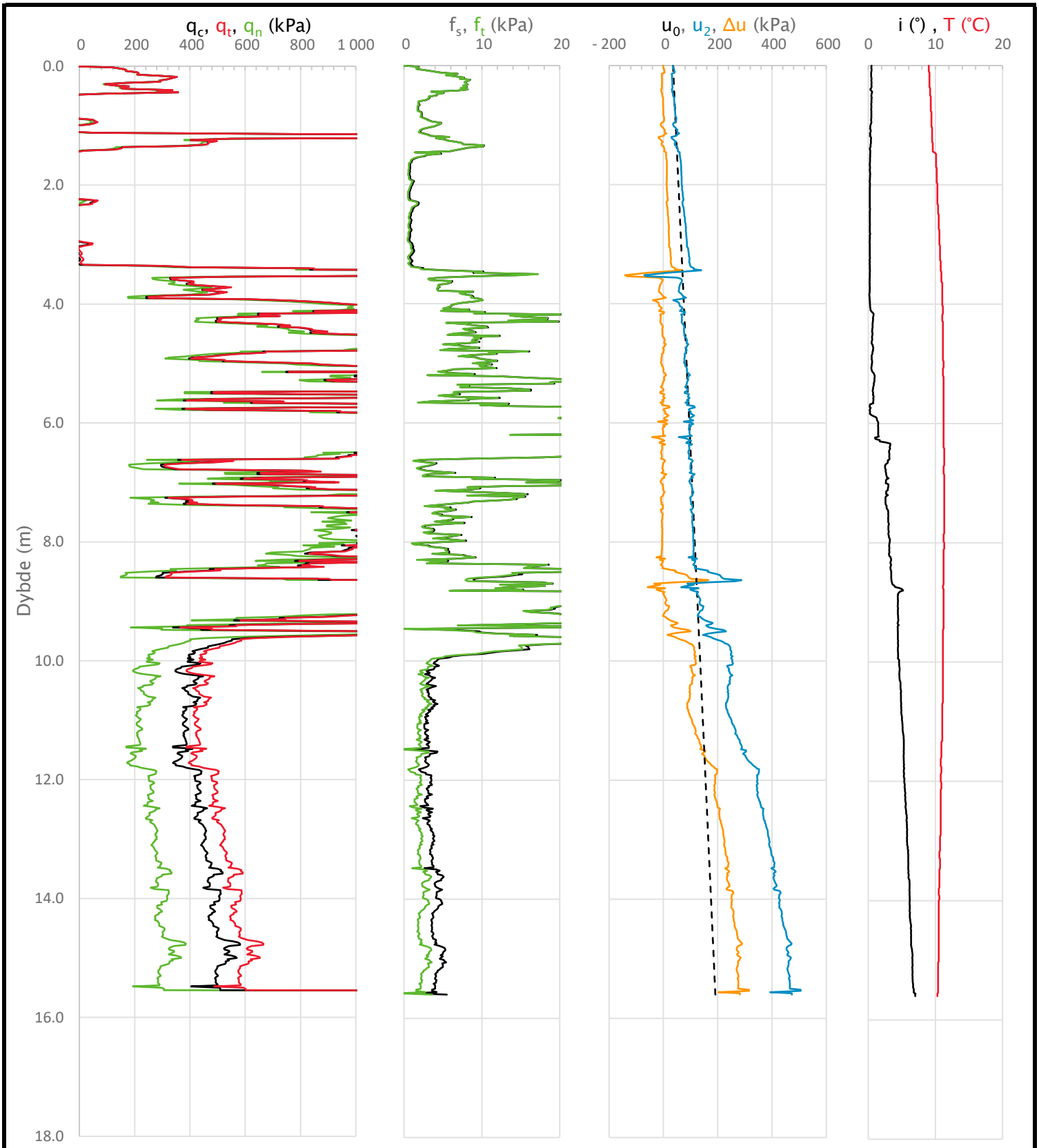
Prosjekt: **Verket Moss** — Prosjektnummer: 10233501 Rapportnummer: RIG-R01

Borhull: 10 — Kote -3,55

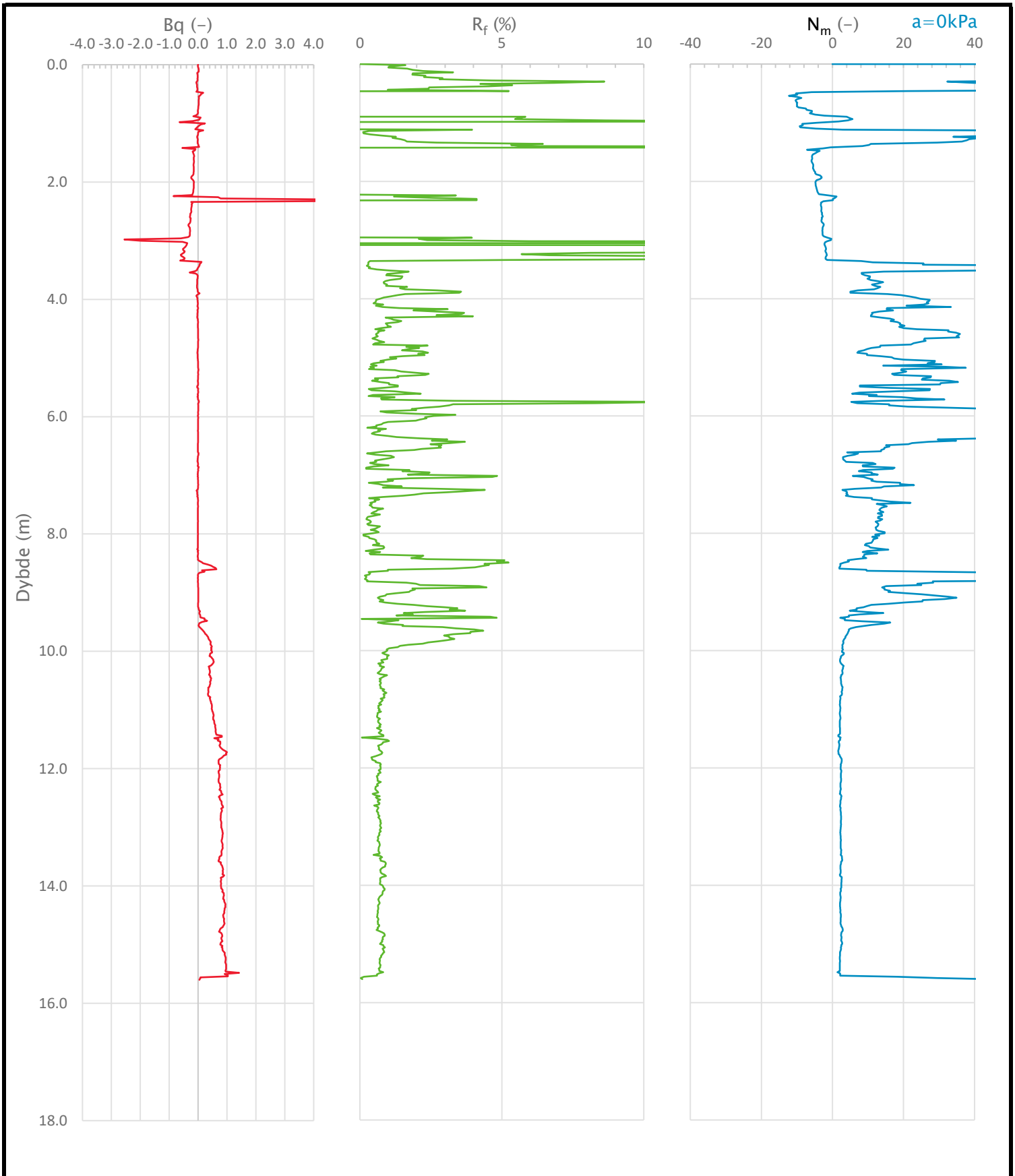
Innhold: Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet

Sondenummer: **5859**

Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	1
Divisjon	**Dato sondering**	**Revisjon** 1	**Figur**
Utbygging	24.11.2022	Rev. dato 23.11.2023	1

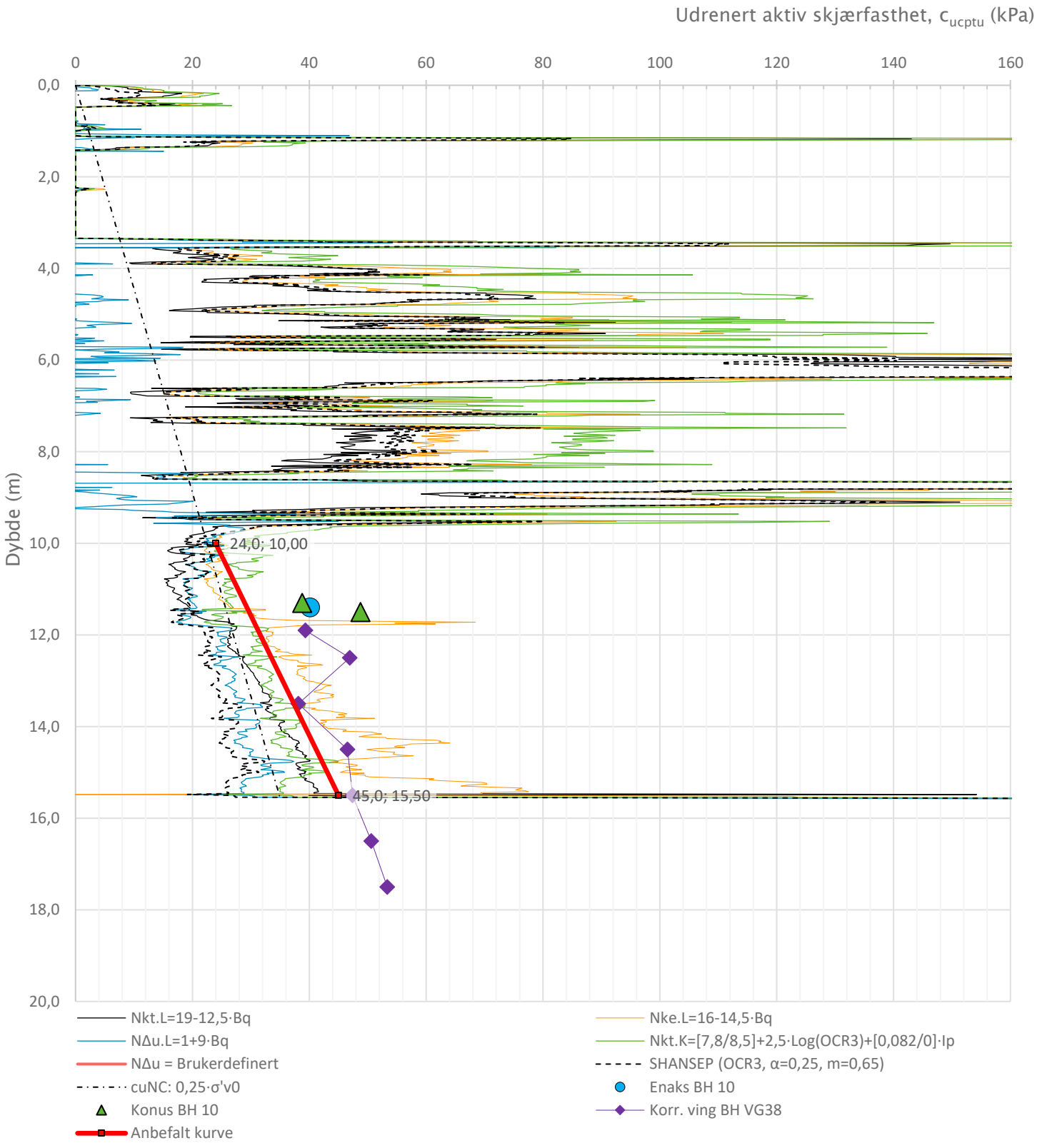


Prosjekt: **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501	Rapportnummer: RIG-R01		Borhull: 10 (Kote -3,55)
Innhold: Måledata og korrigerte måleverdier				Sondenummer: 5859
SWECO	Utført: NOGARH	Kontrollert: NOTAMO	Godkjent: NOOMAB	Anvend.klasse: 1
	Divisjon: Utbygging	Dato sondering: 24.11.2022	Revisjon: 1 Rev. dato: 23.11.2023	Figur: 2



Prosjekt **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501 Rapportnummer: RIG-R01			Borhull 10	Kote -3,55
Innhold Avledede dimensjonsløse forhold				Sondenummer 5859	
SWECO	Utført NOGARH	Kontrollert NOTAMO	Godkjent NOOMAB	Anvend.klasse 1	
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 24.11.2022	Revisjon 1 Rev. dato 23.11.2023	Figur 3	

Anisotropiforhold i figur:
Korr. ving BH VG38: cufv.korr/cucptu = 0,630



Prosjekt: **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501 Rapportnummer: RIG-R01			Borhull: 10 Kote -3,55
Innhold: Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondenummer: 5859
SWECO	Utført: NOGARH	Kontrollert: NOTAMO	Godkjent: NOOMAB	Anvend.klasse: 1
	Divisjon: Utbygging	Dato sondering: 24.11.2022	Revisjon: 1 Rev. dato: 23.11.2023	Figur: 4

Sonde og utførelse

Sondenummer	5859	Boreleder	Alexander S.
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	1.3
Kalibreringsdato	26.10.2022	Maks helning (°)	0.9
Dato sondering	29.11.2022	Maks avstand målinger (m)	0.02
Filtertype	Spaltefilter		

Kalibreringsdata

	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Maksimal last (MPa)	50	0.5	2
Måleområde (MPa)	50	0.5	2
Skaleringsfaktor	1314	4141	3501
Oppløsning 2^{12} bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2^{18} bit (kPa)	0.5806	0.0092	0.0218
Arealforhold	0.8050	0.0020	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	26.113	0.303	0.653
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktskontroll

	NA	NB	NC
Registrert før sondering (kPa)	7124.2	123.9	436.8
Registrert etter sondering (kPa)	26.7	-1.3	0.5
Avvik under sondering(kPa)	26.7	1.3	0.5
Maksimal temperatureffekt (kPa)	0.8	0.0	0.0
Maksverdi under sondering (kPa)	3559.4	11.3	534.6

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

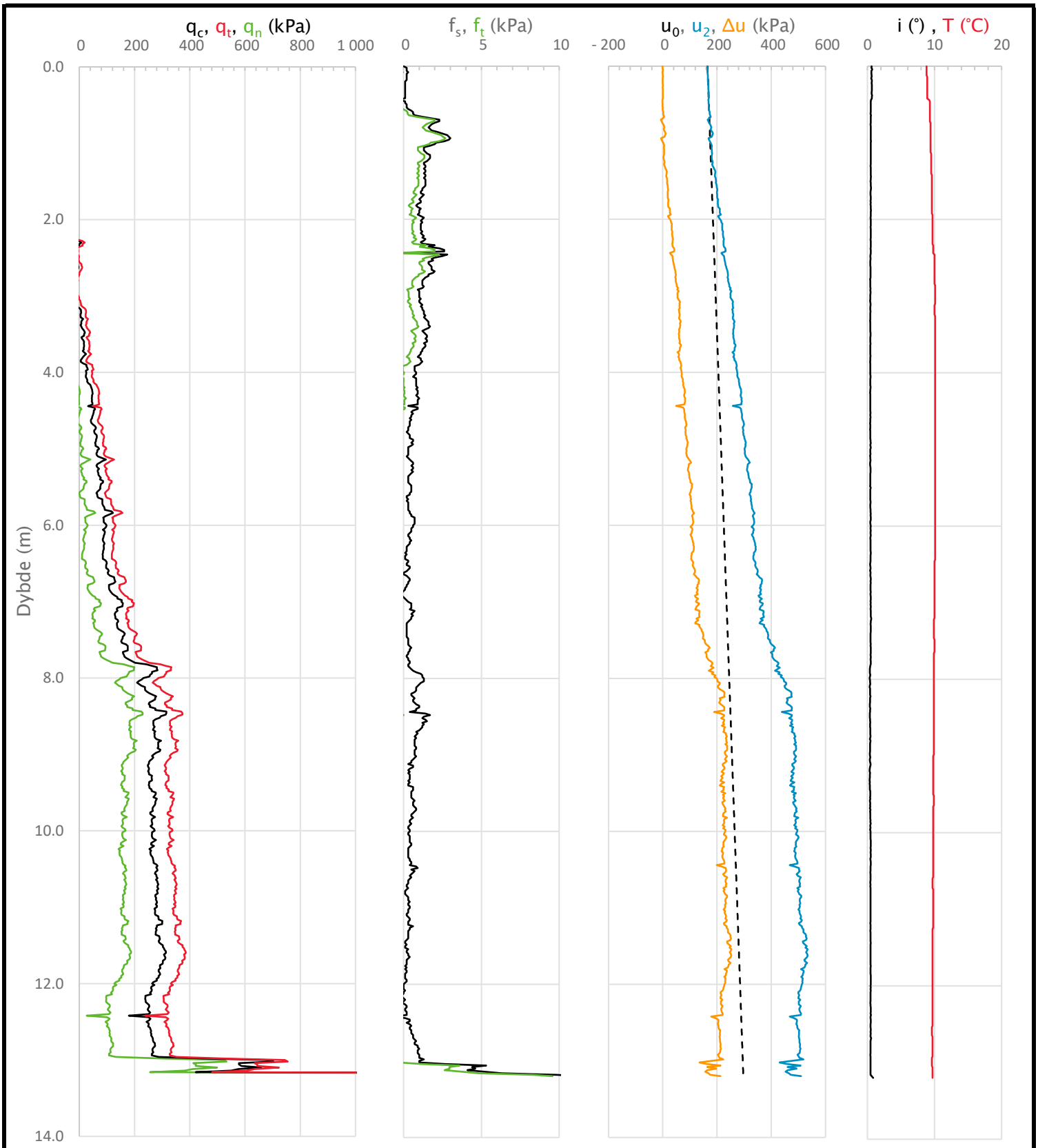
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	**28.1**	**0.8**	**1.3**	**11.7**	**0.5**	**0.1**
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	2	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					

Måleverdier under kapasitet/krav

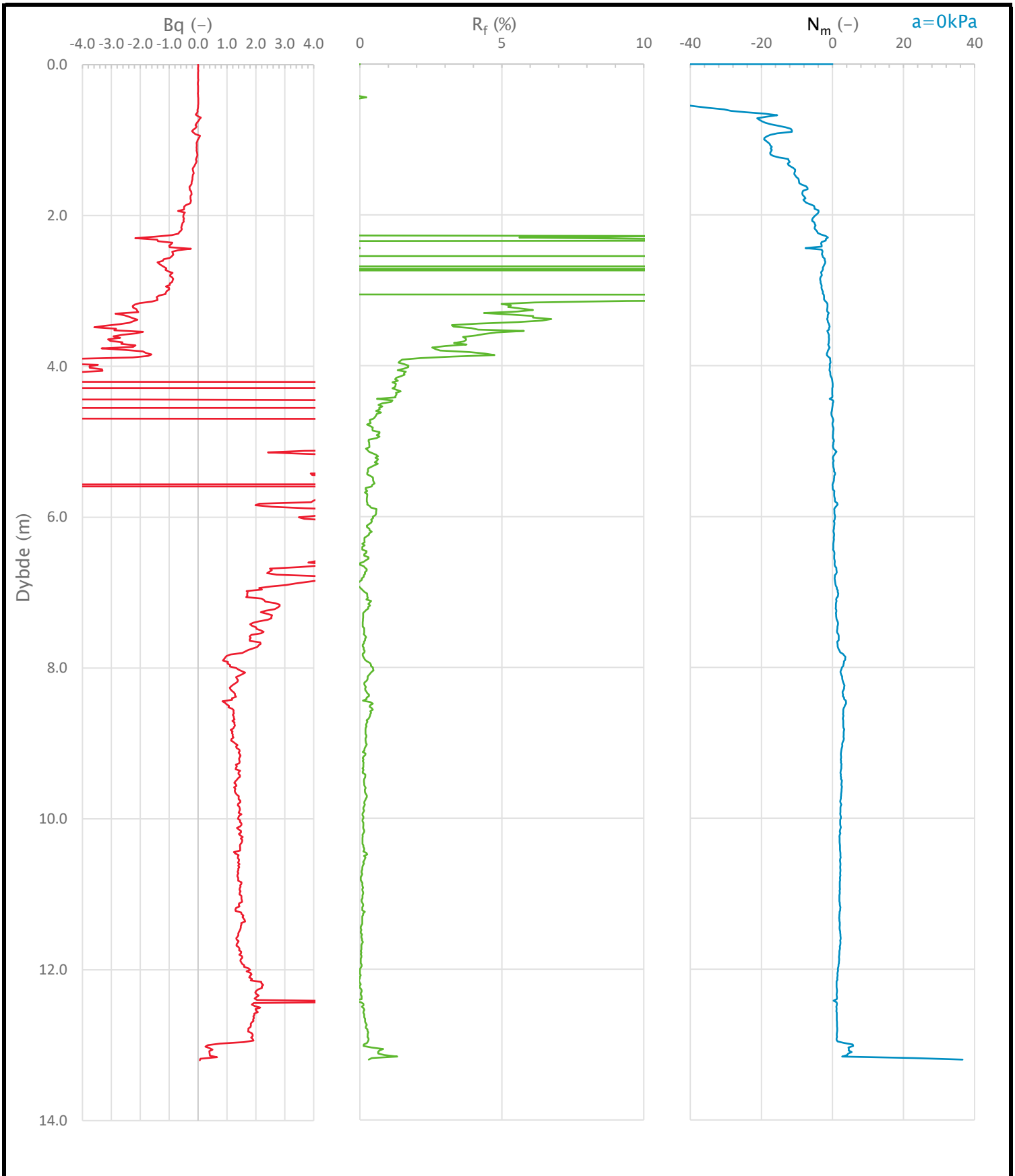
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur
OK	OK	OK	OK	OK

Kommentarer:

Prosjekt: **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501	Rapportnummer: RIG-R01		Borhull: 13 (Kote -16.52)
Innhold: Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet				Sondenummer: **5859**
SWECO	Utført: NOGARH	Kontrollert: NOTAMO	Godkjent: NOOMAB	Anvend.klasse: 1
	Divisjon: Utbygging	Dato sondering: 29.11.2022	Revisjon: 1, Rev. dato: 23.11.2023	Figur: 1

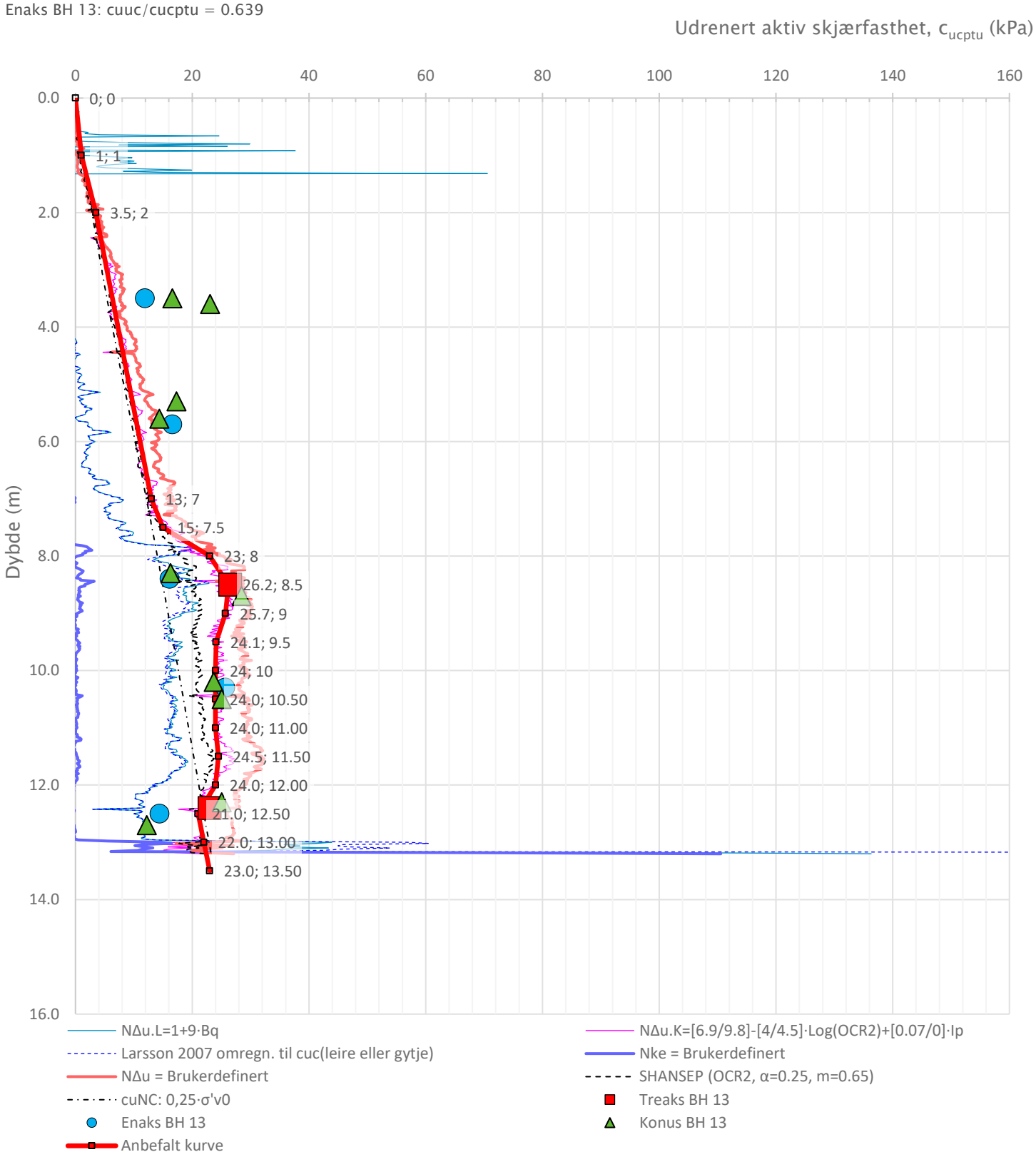


Prosjekt **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501	Rapportnummer: RIG-R01		Borhull Kote -16.52 **13**
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondenummer **5859**
SWECO	Utført NOGARH	Kontrollert NOTAMO	Godkjent NOOMAB	Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 29.11.2022	Revisjon 1 Rev. dato 23.11.2023	Figur 2



Prosjekt: **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501	Rapportnummer: RIG-R01		Borhull: 13 (Kote -16.52)
Innhold: Avledede dimensjonsløse forhold				Sondenummer: 5859
SWECO	Utført: NOGARH	Kontrollert: NOTAMO	Godkjent: NOOMAB	Anvend.klasse: 1
	Divisjon: Utbygging	Dato sondering: 29.11.2022	Revisjon: 1 Rev. dato: 23.11.2023	Figur: 3

Anisotropiforhold i figur:
Treaks BH 13: cuC/cucptu = 1.000
Enaks BH 13: cuuc/cucptu = 0.639



Treaksresultater: Lav prøvekvalitet.

Prosjekt: **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501 Rapportnummer: RIG-R01			Borhull: 13 Kote -16.52
Innhold: Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondenummer: 5859
SWECO	Utført: NOGARH	Kontrollert: NOTAMO	Godkjent: NOOMAB	Anvend.klasse: 1
	Divisjon: Utbygging	Dato sondering: 29.11.2022	Revisjon: 1 Rev. dato: 23.11.2023	Figur: 4

Sonde og utførelse

Sondenummer	5859	Boreleder	Alexander S.
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	1.9
Kalibreringsdato	26.10.2022	Maks helning (°)	3.1
Dato sondering	30.11.2022	Maks avstand målinger (m)	0.02
Filtertype	Spaltefilter		

Kalibreringsdata

	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Maksimal last (MPa)	50	0.5	2
Måleområde (MPa)	50	0.5	2
Skaleringsfaktor	1314	4141	3501
Oppløsning 2^{12} bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2^{18} bit (kPa)	0.5806	0.0092	0.0218
Arealforhold	0.8050	0.0020	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	26.113	0.303	0.653
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktskontroll

	NA	NB	NC
Registrert før sondering (kPa)	7092.3	123.7	386.6
Registrert etter sondering (kPa)	4.6	-1.2	-7.6
Avvik under sondering(kPa)	4.6	1.2	7.6
Maksimal temperatureffekt (kPa)	1.2	0.0	0.0
Maksverdi under sondering (kPa)	3767.1	23.5	666.2

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	**6.4**	**0.2**	**1.2**	**5.2**	**7.7**	**1.1**
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: 10233501 Rapportnummer: RIG-R01

Verket Moss

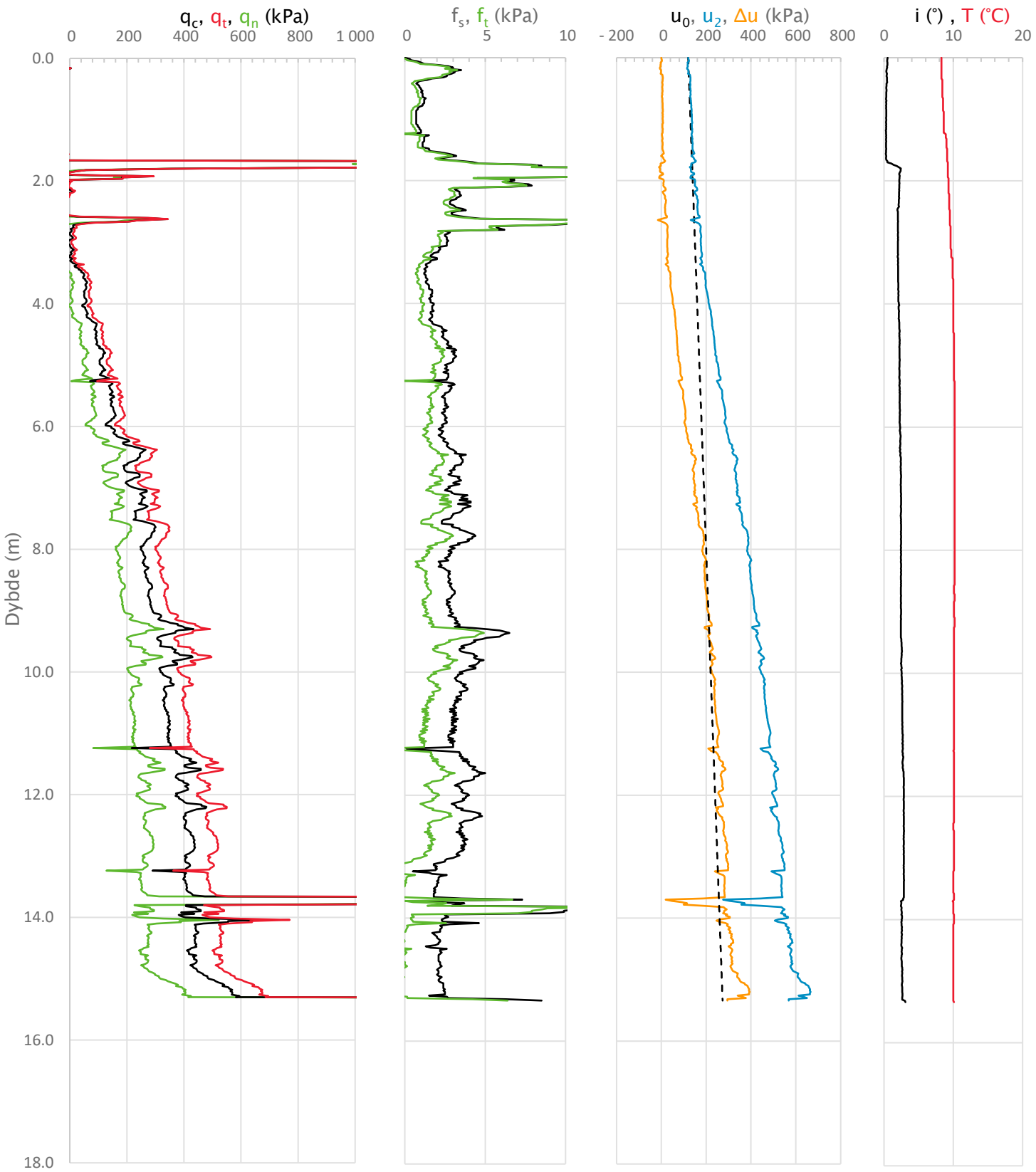
Borhull — Kote -11,99: **14**

Innhold: Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet

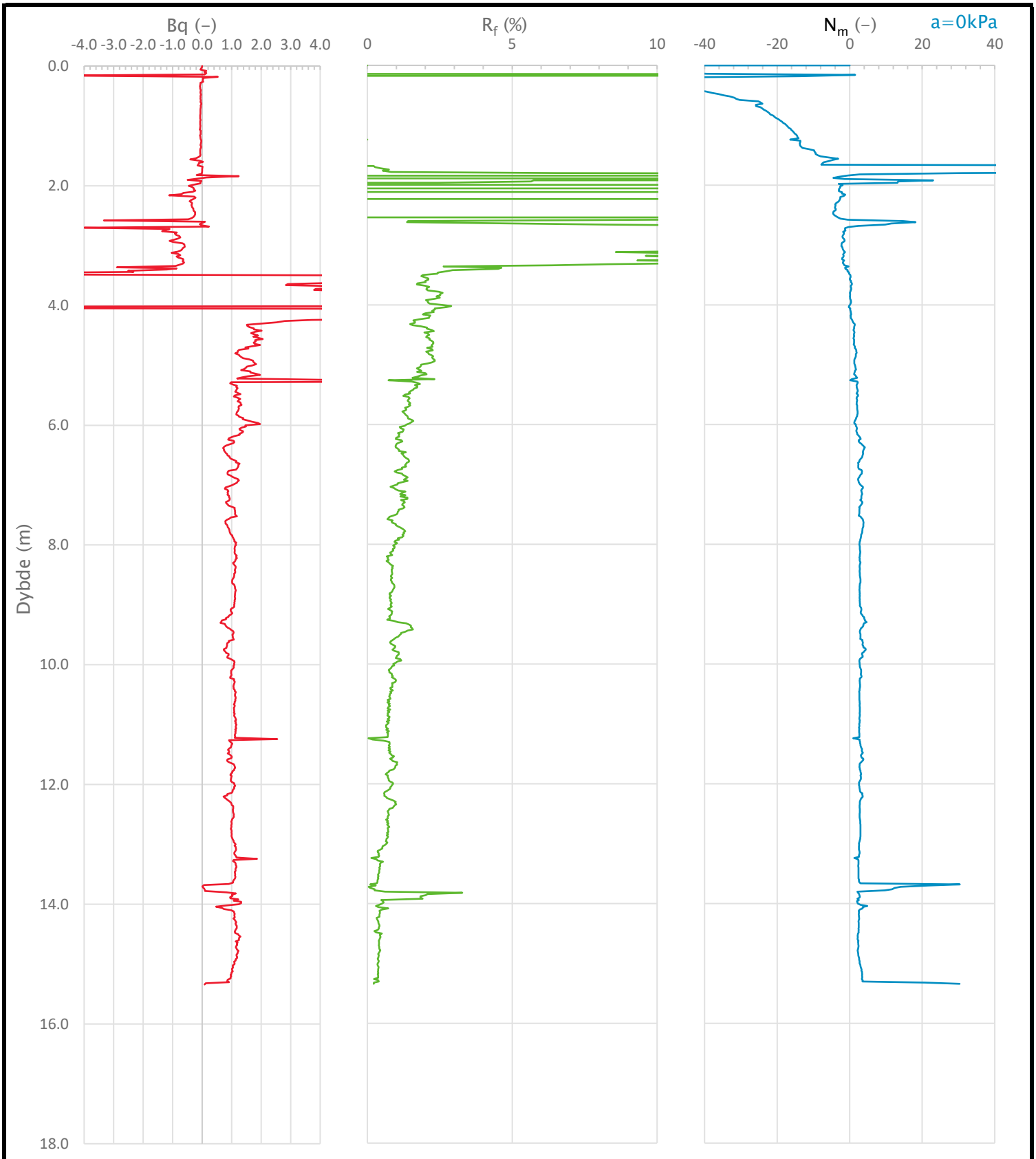
Sondenummer: **5859**

SWECO

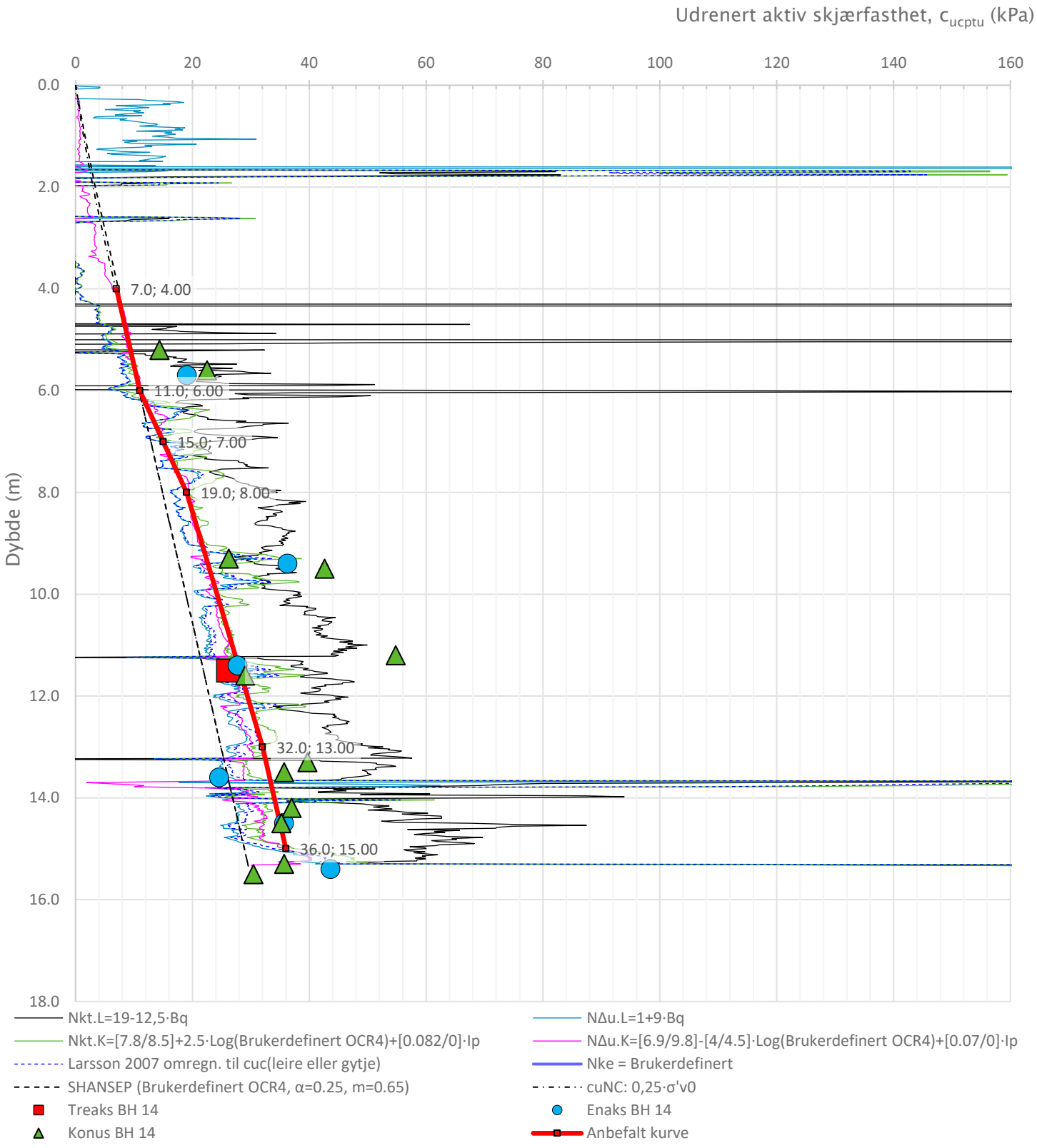
Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	1
Divisjon	**Dato sondering**	**Revisjon / Rev. dato**	**Figur**
Utbygging	30.11.2022	1 / 23.11.2023	1



Prosjekt **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501	Rapportnummer: RIG-R01		Borhull **14**	Kote -11,99
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondenummer **5859**	
SWECO	Utført NOGARH	Kontrollert NOTAMO	Godkjent NOOMAB	Anvend.klasse **1**	
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 30.11.2022	Revisjon 1 Rev. dato 23.11.2023	Figur **2**	



Prosjekt **Verket Moss**	Prosjektnummer: 10233501	Rapportnummer: RIG-R01		Borhull 14	Kote -11,99
Innhold Avledede dimensjonsløse forhold				Sondenummer 5859	
SWECO	Utført NOGARH	Kontrollert NOTAMO	Godkjent NOOMAB	Anvend.klasse 1	
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 30.11.2022	Revisjon 1 Rev. dato 23.11.2023	Figur 3	



Treaksresultater: Lav prøvekvalitet.

Prosjekt **Verket Moss** Prosjektnummer: 10233501 Rapportnummer: RIG-R01				Borhull Kote -11,99 **14**
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondenummer **5859**
SWECO	Utført NOGARH	Kontrollert NOTAMO	Godkjent NOOMAB	Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 30.11.2022	Revisjon 1 Rev. dato 23.11.2023	Figur 4

Vedlegg 2 – Tegninger

Antatt omfang av grunnforsterkning i sjøen

Dagens sjøkant

Planområde

Bk3A

Bk3B

B3C

A

B

C

TEGNFORKLARING :

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- Trykksondering
- Fjellkontrollboring
- Dreietrykksondering
- Totalsondering
- Prøveserie
- Prøvegrop
- Vingeboring
- Poretrykksmåling
- Berg i dagen

Borhull nr. — Terreng (sjøbunns) kote / Antatt bergkote — Boret i løsmasser + (boret i berg)

Kartgrunnlag : ETRS89 NTM-SONE 10

Utgangspunkt for nivellement : NN2000

- Mulig sprøbruddmateriale
- Påvist sprøbruddmateriale
- Avgrensning av delplanområder
- Antatt behov for grunnforsterkning i sjø

MERK: Sprøbruddmateriale kan forekomme utenfor punktene der det er påvist/antatt.

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
Z	02	Lagt inn område med grunnforsterkning, endret målestokk	NOGARH	NOTAMO	NODMAB	23.09.2024
Z	01	Lagt inn planavgrensing og aktuelle tomter	NOGARH	NOTAMO	NODMAB	28.11.2023
Z	00	Første leveranse	NOLØST	NOTAMO	NOPEAA	20.06.2023

Høegh Eiendom AS

Verket BT3 - områdestabilitetsvurdering

ØVERSIKTSPLAN VERKET
Beregningsprofiler og grunnforsterkning
Grunnundersøkelser

NOGARH | NOTAMO | NODMAB | 20.06.2023

Målestokk 1:2500 | Format A3

Oppdragsleder: Gard Hofshagen

Oppdragsnr. 10237063

SWECO Norge AS
Nordtvegta 14
POSTBØX Oslo TLF: 67 12 80 00

Disiplin: G | Løpenummer: 001 | Status: Z | Revi: 02

\\nolysfs001\oppdrag\31123\10237063_verket_noss_bt3_-_områdestabilitet\000\06 modell og tegning\01 modell\rig_arbeidsmodell ntm10_borplan.dwg
Plottedato: mandag 23. september 2024 13:27:58

LØSNEOMRÅDE

UTLØPSOMRÅDE

Planområde

Bk3A

Bk3B

B3C

Z	02	Innskrenket sone nordover. Justert avgrensning i sjø.	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	23.09.2024
Z	01	Lagt inn planområde og aktuelle tomter	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	28.11.2023
Z	00	Første leveranse	NOLOST	NOTAMO	NOPEAA	17.08.2023
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato

Höegh Eiendom AS

Verket BT3 - områdestabilitetsvurdering

NOGARH NOTAMO NOOMAB 17.08.2023

Målestokk 1:2500

Format A3

OVERSIKTSPLAN VERKET
Løsne- og utløpsområde

Oppdragsleder: Gard Hofshagen

Oppdragsnr.: 10237063

SWECO Norge AS
Nordbrygata 14
POSTBOX 1087 Oslo TLF: 67 12 80 00

Disiplin: G

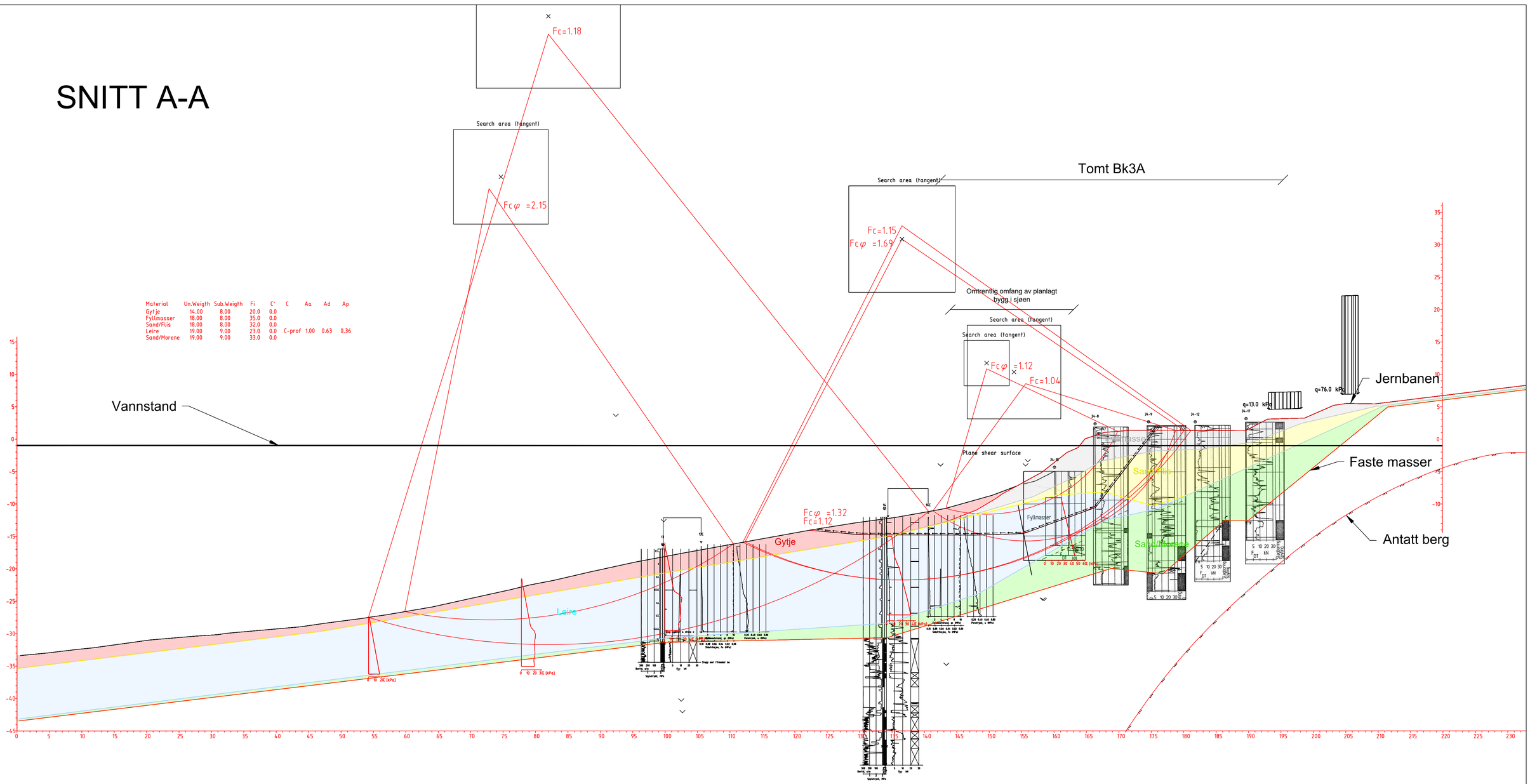
Løpenummer: 002

Status: Z

Rev: 02

\\nalysfs001\oppdrag\311123\10237063_verket_noss_bt3_-_områdestabilitet\000\06 modell og tegning\01 modell\vrj_arbeidsmodell_ntm10.dwg
Plottedato: mandag 23. september 2024 13:17:08

SNITT A-A



Forklaring:
- Gytje
- Fyllmasser
- Sand
- Leire
- Sand/Morene

Z	02	Lagt inn antatt bergoverflate.	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	23.09.2024
Z	01	Oppdatert beregning	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	28.11.2023
Z	00	Første leveranse	NOLOST	NOTAMO	NOPEAA	17.08.2023
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato

Höegh Eiendom AS

Verket BT3 - områdestabilitetsvurdering

	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	17.08.2023

Målestokk 1:300

Format A1

Snitt AA
Dagens situasjon
Udrenert og drenert beregning

Oppdragsleder: Gard Hofshagen

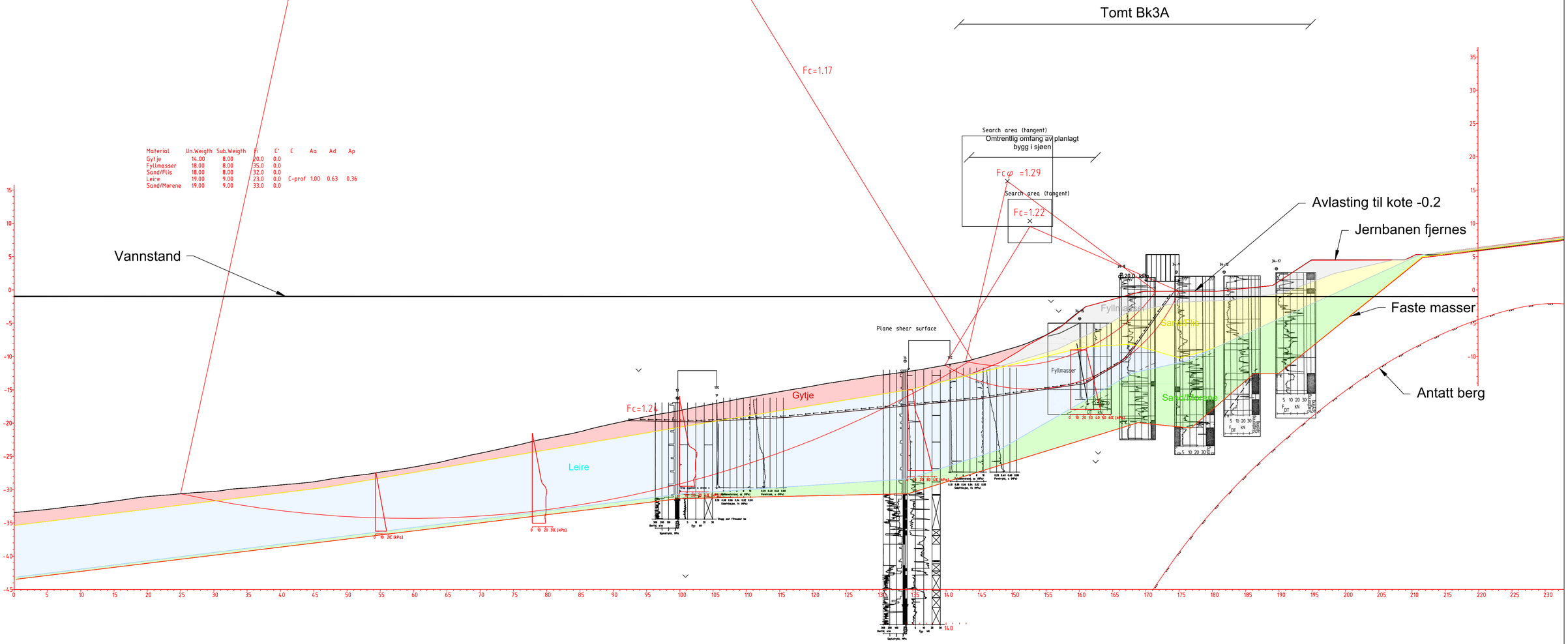
Oppdragsnr. 10237063

SWECO Norge AS
Nordbygata 14
POST: 0187 Oslo TLF: 67 12 80 00

Disiplin:	Løpenummer:	Status:	Rev:
G	003	Z	02

\\nolysfs001\oppdrag\31123\10237063_verket_moss_bt3_-_områdestabilitet\000\06 modell og tegning\01 modell\rig_stabilitetsberegninger.dwg
Plottedato: mandag 23. september 2024 13:03:58

SNITT A-A



Forklaring:
- Gytje
- Fyllmasser
- Sand
- Leire
- Sand/Morene

Z	02	Lagt inn antatt bergoverflate.	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	23.09.2024
Z	01	Oppdatert beregning, avlasting til kote -0.2	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	28.11.2023
Z	00	Første leveranse	NOLOST	NOTAMO	NOPEAA	17.08.2023
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato

Höegh Eiendom AS

Verket BT3 - områdestabilitetsvurdering

NOGARH	NOTAMO	NOOOMAB	17.08.2023

Målestokk 1:300

Format A1

Snitt AA
Avlasting av terreng på land
Udrenert og drenert beregning

Oppdragsleder: Gard Hofshagen

Oppdragsnr. 10237063

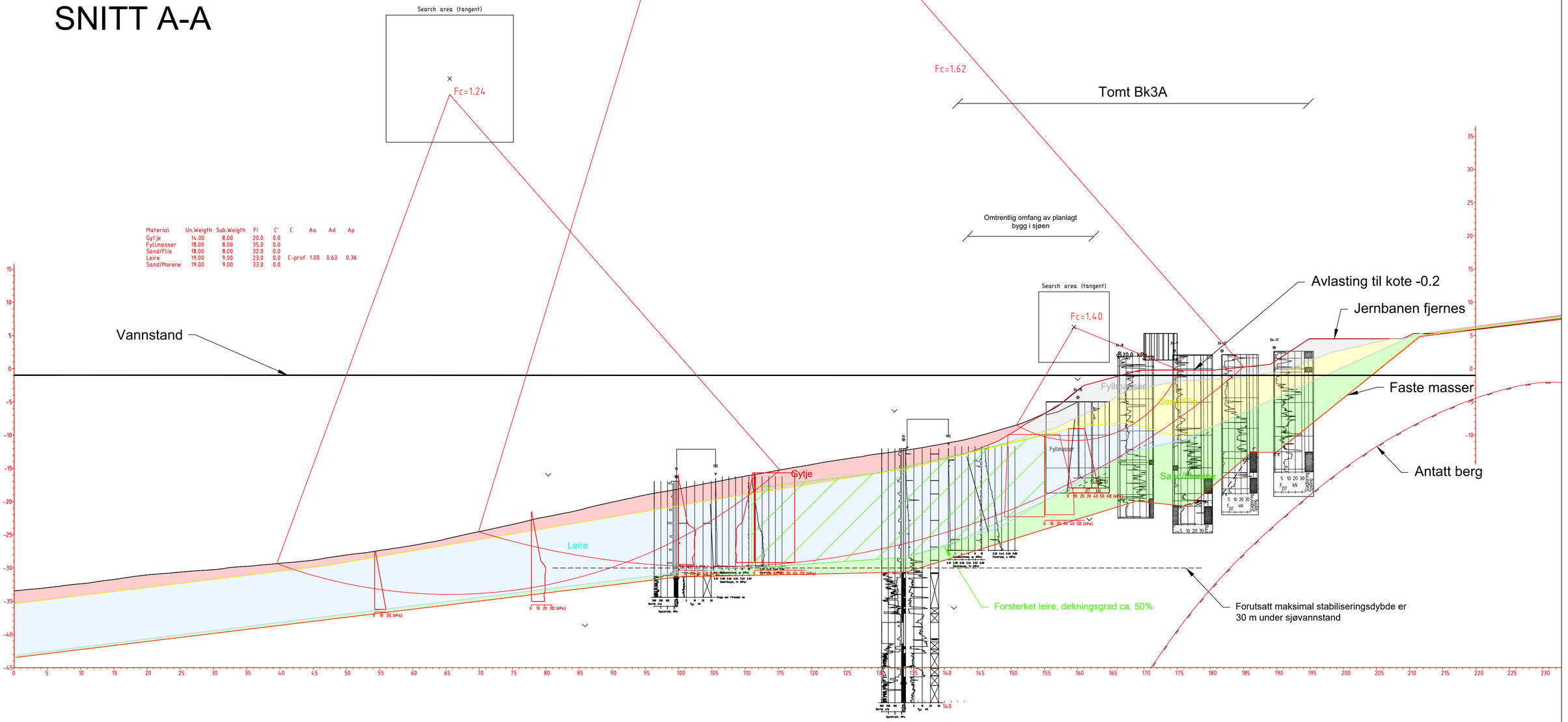
SWECO Norge AS
Nordbygata 14
POST: 0187 Oslo TLF: 67 12 80 00

Disiplin:	Løpenummer:	Status:	Rev:
G	004	Z	02

\\nolysfs001\oppdrag\31123\10237063_verket_moss_bt3_-_områdestabilitet\000\06 modell og tegning\01 modell\rig_stabilitetsberegninger.dwg
Plottedato: mandag 23. september 2024 13:04:14

SNITT A-A

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Gytje	14.00	8.00	20.0	0.0				
Fyllmasser	18.00	8.00	35.0	0.0				
Sand/Flis	18.00	8.00	32.0	0.0				
Leire	19.00	9.00	23.0	0.0	C-prof	1.00	0.63	0.36
Sand/Morene	19.00	9.00	33.0	0.0				



Forklaring:

- Gytje
- Fyllmasser
- Sand
- Leire
- Sand/Morene

Z	02	Lagt inn antatt bergoverflate. Revidert beregning.	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	23.09.2024
Z	01	Oppdatert beregning, avlasting til kote -0.2 og grunnforsterkning	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	28.11.2023
Z	00	Første leveranse	NOLOST	NOTAMO	NOPEAA	17.08.2023
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato

Höegh Eiendom AS

Verket BT3 - områdestabilitetsvurdering

Målestokk: 1:300

Format: A1

Snitt AA
Avlasting på land og grunnforsterkning i sjø
Udrenert beregning

Oppdragsleder: Gard Hofshagen

Oppdragsnr.: 10237063

SWECO Norge AS
Nordbygata 14
POST: 0187 Oslo TLF: 67 12 80 00

Disiplin: G

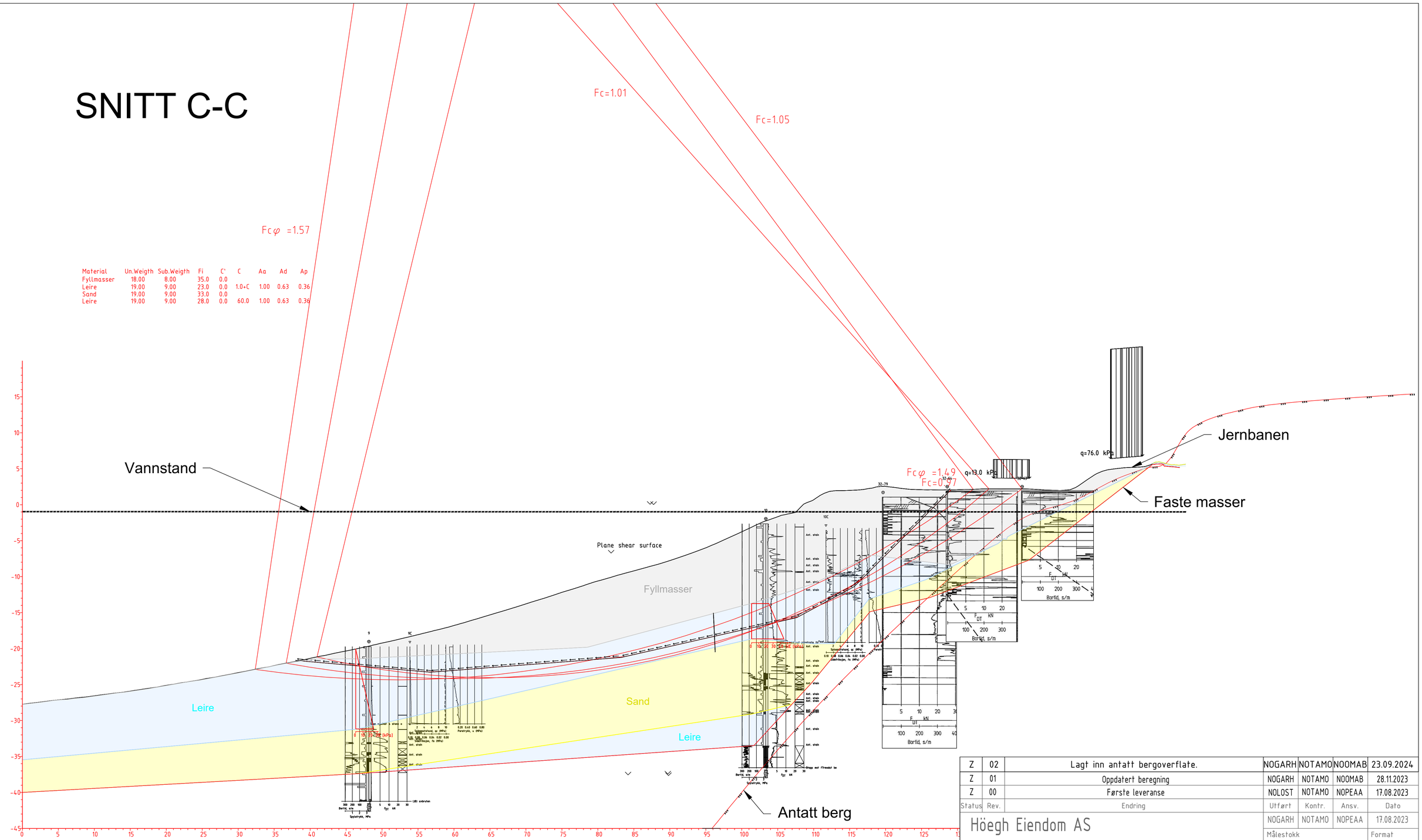
Løpenummer: 005

Status: A

Rev: 02

\\nolysfs001\oppdrag\31123\10237063_verket_moss_bt3_-_områdestabilitet\000\06 modell og tegning\01 modell\rig_stabilitetsberegninger.dwg
Plottedato: mandag 23. september 2024 13:04:30

SNITT C-C



Z	02	Lagt inn antatt bergoverflate.	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	23.09.2024
Z	01	Oppdatert beregning	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	28.11.2023
Z	00	Første leveranse	NOLOST	NOTAMO	NOPEAA	17.08.2023
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato

Høegh Eiendom AS

Verket BT3 - områdestabilitetsvurdering

NOGARH	NOTAMO	NOPEAA	17.08.2023

Målestokk 1:250

Format A1

Snitt CC
Dagens situasjon
Udrenert og drenert beregning

Oppdragsleder: Gard Hofshagen

Oppdragsnr. 10237063

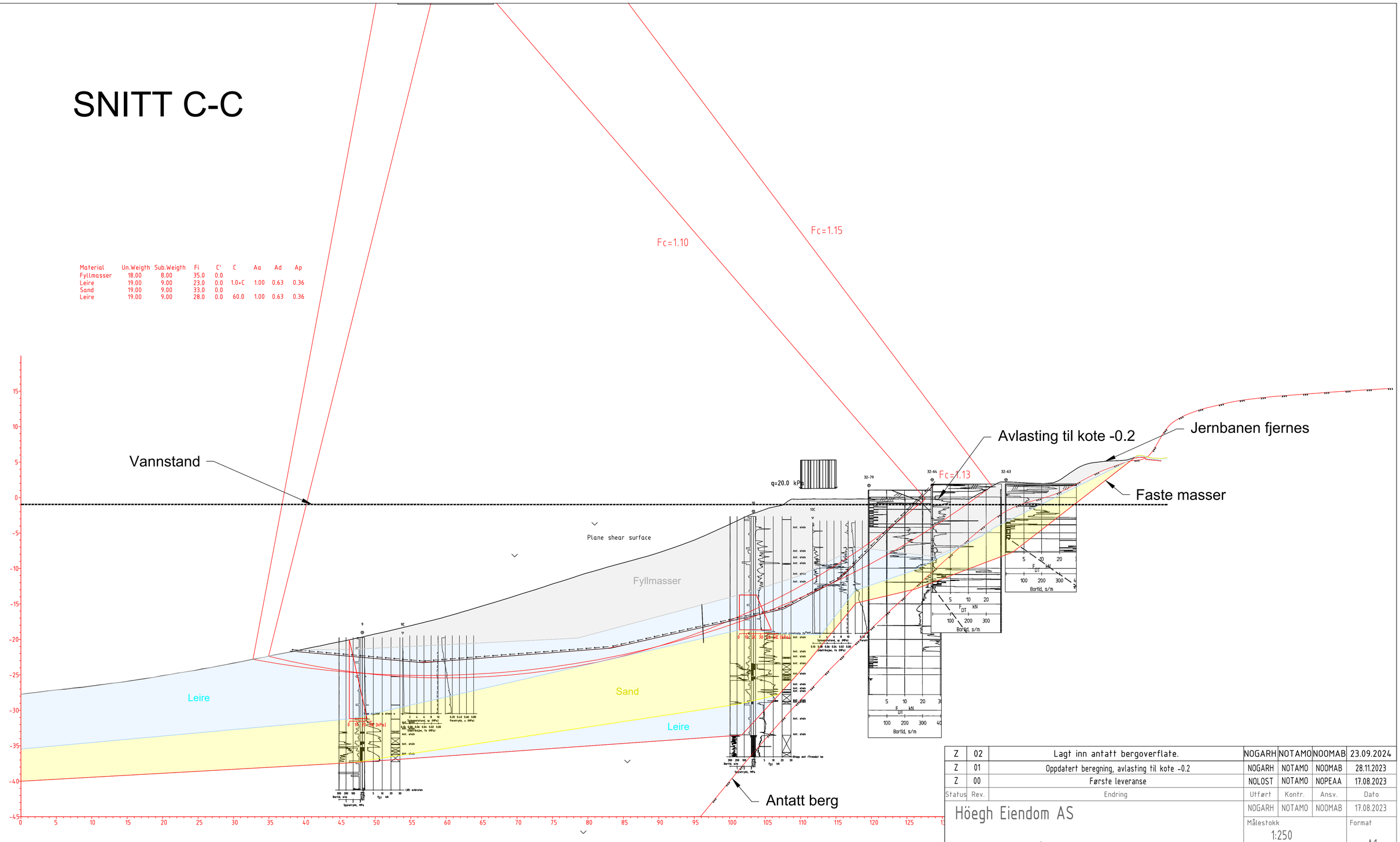
SWECO Norge AS
Nordbygata 14
POST: 0187 Oslo TLF: 67 12 80 00

Disiplin:	Løpenummer:	Status:	Rev:
G	006	Z	02

\\nolysfs001\oppdrag\31123\10237063_verket_moss_bt3_-_områdestabilitet\000\06 modell og tegning\01 modell\rig_stabilitetsberegninger.dwg
Plottedato: mandag 23. september 2024 13:39:04

SNITT C-C

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasser	18.00	8.00	35.0	0.0				
Leire	19.00	9.00	23.0	0.0	1.0+C	1.00	0.63	0.36
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				
Leire	19.00	9.00	28.0	0.0	60.0	1.00	0.63	0.36



Forklaring:

- Fyllmasser
- Leire
- Sand
- Leire

Z	02	Lagt inn antatt bergoverflate.	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	23.09.2024
Z	01	Oppdatert beregning, avlasting til kote -0.2	NOGARH	NOTAMO	NOOMAB	28.11.2023
Z	00	Første leveranse	NOLOST	NOTAMO	NOPEAA	17.08.2023
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato

Höegh Eiendom AS

Verket BT3 - områdestabilitetsvurdering

Målestokk 1:250

Format A1

Snitt CC
Avlasting av terreng på land
Udrenert beregning

Oppdragsleder: Gard Hofshagen

Oppdragsnr. 10237063

SWECO Norge AS
Nordbygata 14
POST: 0187 Oslo TLF: 67 12 80 00

Disiplin:	Løpenummer:	Status:	Rev:
G	007	Z	02

\\nolysfs001\oppdrag\31123\10237063_verket_moss_bt3_-_områdestabilitet\000\06 modell og tegning\01 modell\rig_stabilitetsberegninger.dwg
Plottedato: mandag 23. september 2024 14:39:54