

Geoteknisk notat - NOT01 Vurdering av områdestabilitet



Rekvirent: **Betonmast Eiendom AS**

Prosjekt: **Klosterøya vest, Skien**

DMR-saksnr.: **19-0191**

Dato: **25.01.2021**

Revisjon: **02**



DMR MILJØ OG GEOTEKNIKK AS

Maridalsveien 163, 0461 Oslo Tlf. 22 12 02 03

E-mail: oslo@dmr.as

www.dmr.as

Geoteknisk notat NOT01 – Vurdering av områdestabilitet

Innhold

Registreringsblad	3
1. Innledning	5
2. Topografi og grunnforhold	6
2.1 Topografi	6
2.2 Grunnforhold	6
3. Evaluering av fare for områdeskred	8
3.1 Innledning	8
3.2 Tiltakskategori	8
3.3 Prosedyre for utredning av aktsomhetsområder og faresoner	8
3.4 Tiltak for forbedring	14
4. Kriterier	15
4.1 Konklusjon	16
5. Referanser	17

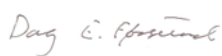
Vedlegg- og tilleggslister

Borplan med snitt for stabilitetsanalyse	A.1
Stabilitetsanalyser	B.1-B.8
CPTu-tolkning og parametere	C.1-C.8
Dybde til Hjellevannet - Skien kommune	D.1
Avlastning av skråning	E.1-E.2

Saksbehandler

Isiris Heidi Haugen
Geotekniker

Sidemannskontroll

Dag Erlend Førsumd
Geotekniker

Kvalitetssikring

Jonas Hjelme
Geotekniker

Registreringsblad

Rekvirent	Betonmast Eiendom AS
Kontaktperson	Lise Møllendal
Lokalitet	Klosterøya vest, Skien
DMR-saksnummer	19-0191

Dato	05.02.2020
Dato, rev. 02	25.01.2021
Saksbehandler	Isiris Heidi Haugen
Sidemannskontroll	Dag Erlend Førsund
Kvalitetskontroll	Jonas Hjelme

Rådgiver	DMR Miljø og Geoteknikk AS, Maridalsveien 163, 0469 Oslo
-----------------	--

DMR Miljø og Geoteknikk AS utfører med dette notatet en evaluering av områdestabilitet i forbindelse med byggetrinn 4 og 5 på Klosterøya vest. Oppdragsgiver er Betonmast Eiendom AS.

Prosedyre for utredning av aktsomhetsområder og faresoner er gjennomgått i henhold til NVE-veileder 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkelireskred», ref. /2/.

Geotekniske grunnundersøkelser utført i uke 48 viser at planområdet inneholder sprøbruddleire fra 2-3 meter under terreng, med en mektighet på opptil ti meter.

Planlagt oppføring av boligblokker gir tiltakskategori K4, slik at det stilles krav om en stabilitetsanalyse som dokumenterer en sikkerhetsfaktor $F \geq 1,4$ eller forbedring hvis $F < 1,4$. En stabilitetsvurdering over tre snitt gir en sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ for snitt B-B' og snitt C-C'. Dette tilfredsstiller kravet om $F \geq 1,4$ iht. NVE-veileder 7/2014.

For snitt A-A' er sikkerhetsfaktor på total- og effektivspenningsbasis på henholdsvis 1,21 og 1,10 før forbedring, og 1,33 og 1,20 etter avlastning. Dette oppfyller kravet om 7,5 % forbedring.

Ved utførelse av oppgitt forbedring langs snitt A-A' vurderes det til at planområdet er klarert med tanke på områdeskred. Videre anbefales det at erosjon ned mot Hjellevannet overvåkes for å iverksette tiltak dersom denne utvikler seg.

Lokalstabiliteten må fortsatt ivaretas i prosjekteringen.

Vurderingene i dette notatet er i henhold til NVE veileder 7/2014, kvalitetssikret av Løvlien Georåd.

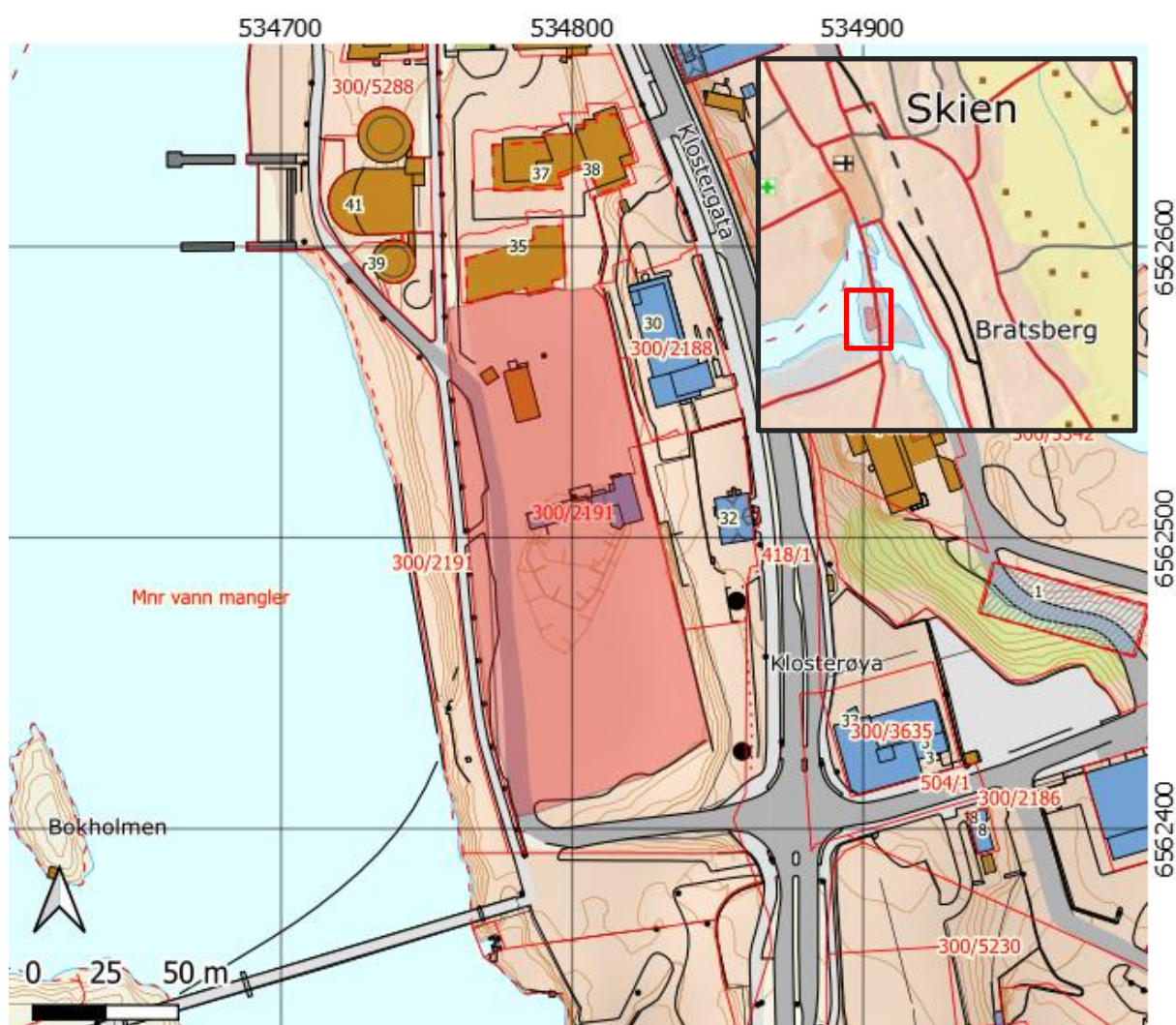
02	25.01.21	Tredjepartskontroll og detaljer rundt tiltak	IHA	BGJ	BGJ
01	04.12.20	Revisjon etter tredjepartskontroll	IHA	BGJ	BGJ
00	05.02.20	Førstegangs utsendelse	IHA	DEF	JH
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av

1. Innledning

DMR Miljø og Geoteknikk AS er engasjert av Betonmast Eiendom AS i forbindelse med rammesøknad for byggetrinn 4 og 5 på Klosterøya vest, gnr./bnr. 300/2191, i Skien. Planlagt bebyggelse omfatter flere leilighetskompleks med tilhørende underjordisk garasjeanlegg.

Geotekniske grunnundersøkelser ble utført i tidsrommet 25-28.11.2019. Totalsonderinger sammen med CPTu avdekket partier med mulig sprøbruddmateriale/kvikkleire. Uttak av 54mm sylindrerprøver med påfølgende laboratorieanalyser karakteriserer massene som bløt til middels fast leire som er lite til middels sensitiv. Med omrørt skjærfasthet $c_{u,r} < 2$ kPa og periodevis sensitivitet $S_t > 15$, klassifiseres materialet som sprøbruddleire. Resultatene fra de geotekniske grunnundersøkelsene er presentert i tilhørende datarapport, ref. /1/.

Med bakgrunn i ovennevnte område-regulering og funn av sprøbruddmateriale, foretas det med dette en utredning av fare for områdeskred i henhold til NVE veileder 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», ref. /2/.

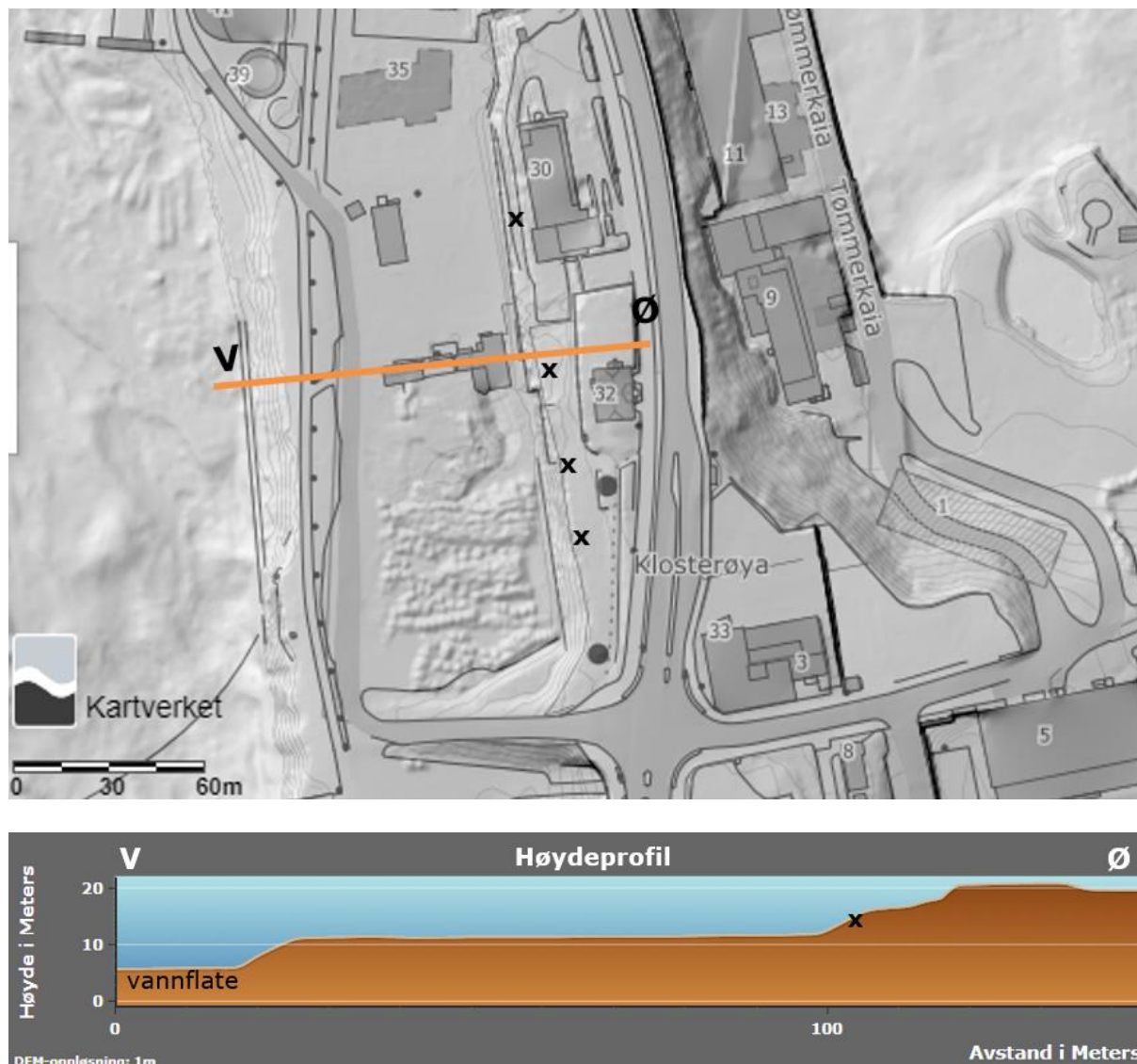


Figur 1.1: Oversiktsbilde av eiendommen, inneholdende byggetrinn 4 og 5, er markert i rødt.

2. Topografi og grunnforhold

2.1 Topografi

Tomten er flat med kotehøyde +11 på vestsiden av Klosterøya. Vest for tomten er det en helning ned mot vannet som varierer mellom forholdet 1:2 og 1:3. Videre er det en bratt stigning øst for tomten i forholdet 1:1. En befaring den 19.11.2019 avdekket fjell i dagen øst på tomten (markert med kryss i Figur 2.1).



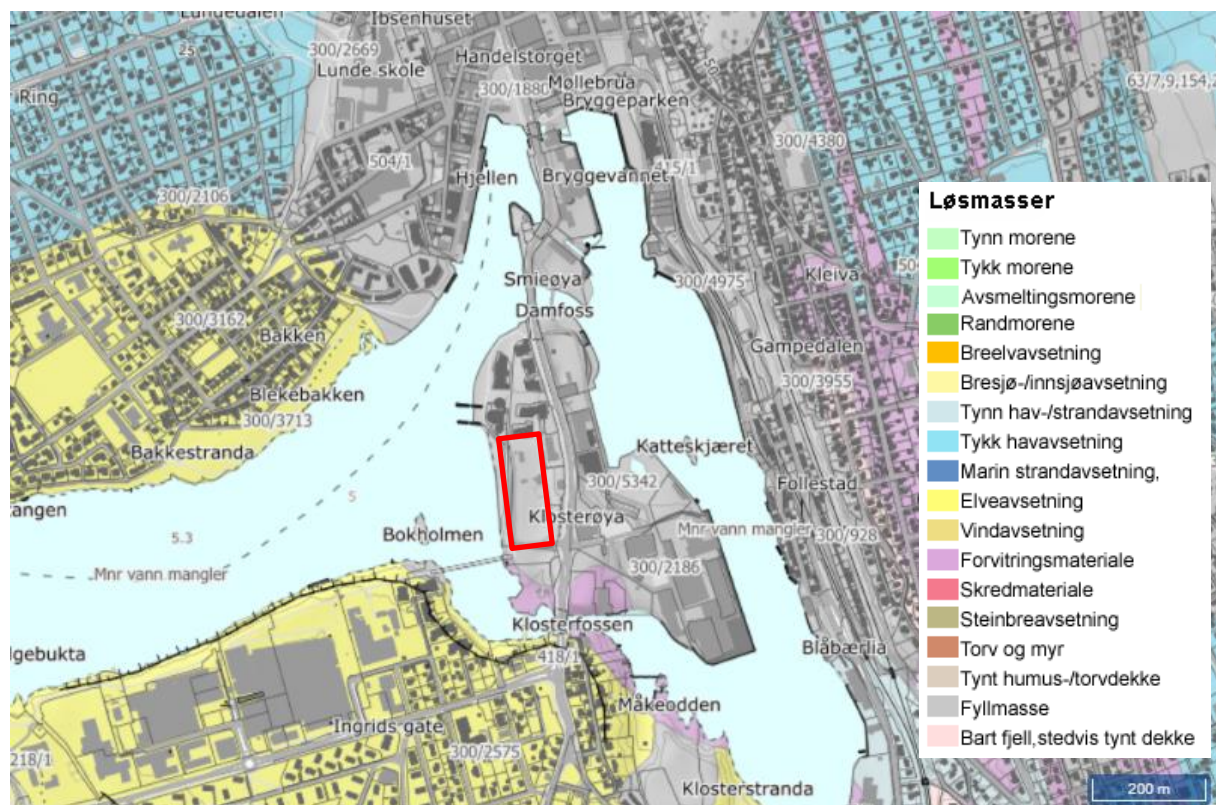
Figur 2.1: Høydeprofil over byggetrinn 4 og 5, ref./4/. Fjell i dagen er markert med sorte kryss.

2.2 Grunnforhold

Figur 2.2 viser kvartærgeologisk kart fra NGU sin løsmassedatabase, ref. /5/, og indikerer at grunnen består av fyllmasser. Kartet viser at det er forvittringsmateriale i sørlig del av øya. Forvittringsmateriale er typisk dannet på stedet ved fysisk eller kjemisk nedbryting av berggrunnen, og viser en gradvis overgang til fast fjell.

Begrunn på Klosterøya er ikke kartlagt i NGU sin nyeste berggrunnsdatabase, men i en eldre versjon er begrunnen beskrevet som vekselvis leirskifer, sandstein og kalkstein, ref. /6/. Under befaringen ble det observert skifer øst for planområdet.

Tiltaksområdet er under den marine grensen, som er på kote +150.



Figur 2.2: Kartutsnitt fra NGU sitt løsmassekart viser forholdene på Klosterøya. Planområdet er markert i rødt.

Grunnundersøkelser presentert i datarapport, ref. /1/, inneholder data fra ti totalsonderinger, tre stk. CPT, tre prøveserier.

Detaljert informasjon om grunnforholdene kan finnes i nevnte datarapport.

3. Evaluering av fare for områdeskred

3.1 Innledning

NVE sin nasjonale database over kvikkleireområde og fare for store kvikkleireskred, ref./3/, viser ingen kartlagt faresone på Klosterøya, men det er enkelte soner på andre siden av elven. Klosterøya ligger under marin grense og fare for områdeskred må derfor utredes for å tilfredsstille krav i NVE-veileder, ref. /2/, og byggteknisk forskrift (TEK 17).

3.2 Tiltakskategori

I henhold til Tabell 5.2 i NVE-veileder 7/2014 medfører tiltaket tilflytting av personer med mer enn to boenheter og faller dermed i tiltakskategori K4.

3.3 Prosedyre for utredning av aktsomhetsområder og faresoner

I NVE sin veileder, kap. 4.5, finner man prosedyre for utredning av aktsomhetsområder og faresoner. For tiltakskategori K4 kreves det en utredning av punktene 1-10, der punkt 1-5 omhandler identifisering og avgrensning av kvikkleireområde, punkt 6-9 avgrensning og faregradsevaluerer faresonen, mens punkt 10 inkluderer stabilitetsanalyse.

Tabell 3.1: Punktene 1-10 for utredning av aktsomhetsområder og faresoner, ref. /2/.

Pkt.	Oppgave
1.	Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være
2.	Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense
3.	Avgrens områder med marine avsetninger
4.	Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området
5.	Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred
6.	Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag
7.	Avgrens løsneområder mer nøyaktig
8.	Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser
9.	Avgrens og faregradsklassifiser faresoner
10.	Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet

Dersom man ved gjennomgang av punktene 1-5 kan avkrefte fare for områdeskred vil man kunne avslutte utredningen uten gjennomgang av punktene 6-10.

3.3.1 Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være

Utredningen er tilpasset rammesøknad. Det skal avklares hvorvidt området ligger i et sannsynlig utløpsområde for skred fra nærliggende områder og om det er reell fare for områdeskred i det aktuelle området.

3.3.2 Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense

Hele området ligger under marin grense. Marin grense ligger på ca. kote +150 i området.

3.3.3 Avgrens områder med marine avsetninger

Figur 2.2 viser fyllmasser i øverste lag. Kartet sier ikke noe om hva som befinner seg under, men kartet viser til hav- og fjordavsetning i nærheten.

3.3.4 Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området

Det finnes ingen kartlagte faresoner for kvikkleireskred på Klosterøya, men slike soner er kartlagt på andre siden av elven. Sonene som er kartlagt og markert i gult tilhører faregradsklasse *lav*, med en konsekvensklasse som varierer mellom *alvorlig* og *meget alvorlig*.



Figur 3.1: Kartutsnitt fra NVE Atlas, ref. /3/, som viser kartlagte faresoner for kvikkleireskred.

3.3.5 Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred

Terrengets innvirkning på mulig områdeskred er aktuelt der det er jevnt hellede terreng i forholdet 1:20 eller brattere, med en total skråningshøyde på over 5 meter. For platåterreng gjelder høydeforskjeller på 5 meter eller mer, inkludert dybde til elvbunn/fot marbakke. Den maksimale bakovergripende skredutbredelsen tilsvarer 15 ganger skråningshøyde, målt fra fot skråning/marbakke/bunn ravine.

Figur 2.1 viser relevant snitt med tilhørende høydeprofil som gir en indikasjon på om terrengkriteriene for områdeskred er oppfylt. Selve planområdet ligger på et platå med kotehøyde +11. Øst for tiltaksområdet stiger terrenget i forholdet 1:1, men her er det observert fjell i dagen. Vest for tiltaksområdet faller terrenget ned mot vannet, i forholdet 1:2,3.

En vurdering av terrengforholdene viser at et områdeskred ikke vil berøre fjellpartiet i øst, men at terrengkriteriene i vest ikke kan utelukke at en bruddsone vil spre seg fra vannet og til berget kommer opp i dagen på østsiden av tomten. Aktsomhetsområdet er derfor avgrenset til planområdet og skråningen ned mot Hjellevannet.

3.3.6 Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag

Befaring utført den 19.11.19 avdekket berg i dagen i skråningen øst for tiltaksområdet. Videre viste skråningene ned mot Hjellevannet lite tegn på aktiv erosjon. Geotekniske grunnundersøkelser utført i uke 48 inkluderer totalsonderinger, CPTu og opptak av prøver. Borpunkter er lokalisert på selve planområdet og ned mot vannet i øst.

De utførte grunnundersøkelsene regnes som å gi et tilstrekkelig grunnlag til å kunne vurdere områdestabilitet.

3.3.7 **Avgrens løsneområder mer nøyaktig**

Totalsonderingene viser varierende grunnforhold. Tykkelsen på topplaget varierer fra ca. to meter på selve eiendommen til større mektighet i skråningen i vest. Enkelte partier under topplaget inneholder liten og til dels redusert motstand med dybden, noe som indikerer sprøbruddsmateriale.

CPTu indikerer partier med sprøbruddsmateriale ved enkelte dybder mellom 2 og 11 meter. Laboratorieanalyse av prøveserier fra dybder på mellom 3 og 12 meter i vestre del av tiltaksområdet viser at grunnen inneholder partier med sprøbruddleire.

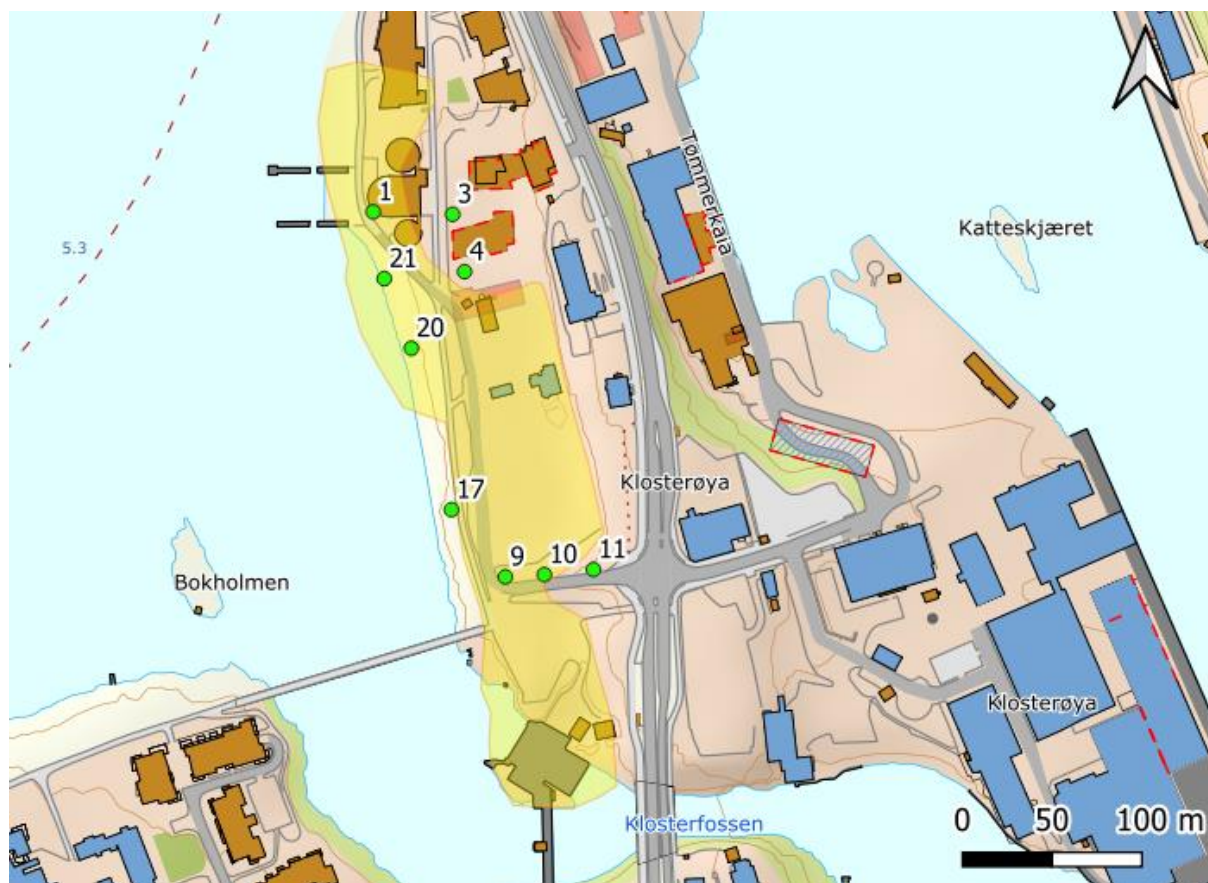
Sprøbruddleiren opptrer seksjonsvis fra en dybde på mellom 2-3 meter. Videre i dette notatet har vi foretatt en konservativ antakelse der det antas et sammenhengende lag bestående av sprøbruddleire, som har en mektighet på omtrent ti meter.

En vurdering av løsneområde i øst og vest baseres på undersøkelser gjengitt i datarapport, ref. /1/, og befaring gjengitt i avsnitt 2.1. Basert på den antatte plasseringen til sprøbruddleiren fra grunnundersøkelsene (vedlegg B.1-B.6 i datarapport, ref. /1/) så avgrenses løsneområdet i øst til berget øst på eiendommen (markert i Figur 2.1). I vest er det tatt tre boringer utenfor eiendommen. Én av disse (sondering 21 i nordvest) viser sannsynlig sprøbruddleire, mens sprøbruddleire ikke kan utelukkes i en annen (sondering 20 i vest). Løsneområdet strekker seg derfor ned til Hjellevannet i dette området. I boring 17 vest er det ingen tegn til sprøbruddleire.

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i nordvest tilhørende byggetrinn 3, ref. /9/. Det er ikke påvist sprøbrudd- eller kvikkleire i samtlige prøveserier rett nord for tiltaksområdet (prøve nr. 3 og 4), men én prøveserie i nordvest (prøve nr. 1) er det funnet kvikk- og sprøbruddleire fra en dybde på 13 meter (kote -6,1) og ned til avsluttet sondering ved en dybde på 20 meter (kote -13,1). Dette er under topografisk lavpunkt, slik at det vurderes til at et løsneområde ikke vil berøre dette området. Videre er terrenget slakere enn 1:20 mot nord langs østsiden av tiltaksområdet. Løsneområde i nordgående retning avgrenses slik det er vist i Figur 3.2.

Mottatt rapport fra oppdragsgiver, ref./8/, viser grunnforholdene i sør. Sondering nr. 11 viser til grove masser ned til fjell, mens sonderinger 9 og 10 viser mulig sprøbruddleire fra under topplaget og ned til fjell.

En illustrasjon er vist i figuren nedenfor, der løsneområde er vist i gult. For en mer nøyaktig avgrensning av løsneområde mot sør anbefales det supplerende grunnundersøkelser i regi av kommunen/NVE. Sikkerhetsfaktoren er vurdert langs tre kritiske snitt på tiltaksområdet. Det vurderes til at terreng nord og sør for tiltaksområdet er gunstigere enn på tiltaksområdet slik at sikkerhetsfaktor antas å oppfylle kriteriene.



Figur 3.2: Løsneområde vist i gult sammen med relevante sonderinger.

3.3.8 **Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser**

Da det er observert fjell i dagen øst for planområdet så konkluderes det med at utløpsområdet begrenser seg til Hjellevannet, som også danner et lavpunkt i terrenget.

3.3.9 **Avgrens og faregradsklassifiser faresoner**

Faregradsklassifisering av faresoner krever en gjennomgang av punktene i tabellen nedenfor, der en oppsummering og konklusjon er gjengitt Tabell 3.2.

Tabell 3.2: Evaluering av faregrad i henhold til NVE-veileder 7/2014

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde i meter	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk, kPA	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk, kPA	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Liten	Ingen
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Inngrep: Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Sum		51	34	17	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Tidligere skredaktivitet inkluderer flere hendelser på fastlandet. Disse omfatter i hovedsak grunne jordskred relatert til erosjon, men også ett leirskred i forbindelse med byggeaktivitet og sprengningsarbeid, ref. /3/.

Når det kommer til poretrykk så viste avlesing kort tid etter installasjon svakt undertrykk, men på grunn av kort tid mellom installasjon og avlesning så settes forholdene til hydrostatisk. Avlesing ett år senere viser liten endring, slik at opprinnelig valgt parameter bevares.

Inngrep antas å inkludere etablering av byggegrep sammen med fundamentering i form av peler til fjell. Avlastning i topp av skråning vil bidra til forbedret stabilitet.

Tabell 3.3: Tabell i henhold til NVE-veileder 7/2014 som viser ulike risikofaktorer. De ulike faktorene er vektet fra 1-3 og en gjennomgang gir en faregrad, score, som gir et mål på risiko for områdeskred.

Faktorer	Sum
Tidligere skredaktivitet	1
Skråningshøyde, meter	2
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	6
Poretrykk hydrostatisk	0
Kvikkleiremektighet	6
Sensitivitet	1
Erosjon	3
Inngrep: Forverring	0
Sum	13
% av maksimal poengsum	25 %

Faresonen får en poengscore på 13, noe som tilsvarer *lav* faregrad.

3.3.10 **Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet**

Det er utført stabilitetsanalyse langs tre snitt (presentert i vedlegg A.1) med programvaren Geosuite Stability. Det er tatt utgangspunkt i utførte sonderinger for å gi en relevant representasjon av gjeldende grunnforhold.

Grunnprofilen er delt inn i tre materialer; topplag, leire og sprøbruddleire. Laboratorieundersøkelser og CPTu-sonderinger (anvendelsesklasse 2) viser flere partier med sprøbruddleire i borpunktene. Vedlegg C.1 og C.4 viser lagdelingene etter NIFS 2015 for ett av borpunktene. Vi har antatt et sammenhengende lag av sprøbruddleire for å være på den konservative siden. Omforent anbefaling av anisotropifaktorer (ADP) følger rapport 2014/14, ref./7 /, og er benyttet i stabilitetsanalysene. Følgende lagdeling og parametere er brukt i stabilitetsberegningene:

Tabell 3.4: Lagdeling og parametere [skjærfasthet i kPa] brukt i stabilitetsberegningene

Borpunkt Lag [m]	12	13	15	17	18	19	20	21
Topplag	0-2	0-2	0-2	0-6	0-2	0-2	0-4	0-2
Leire	2-3	2-3	2-3	6-9	2-4	2-4	4-8	2-10
Sprøbruddleire	3-13	3-5	3-12	-	4-10	4-7	-	10-16

Med unntak av laget over grunnvann, så regnes øvrige som drenert i kombinertanalyse og effektivspenningsanalyse, og udrenert i totalspenningsanalyse. Dette er gjort for å finne den mest konservative oppførselen til laget.

Topplag/fyllmasser

Dette laget ligger fra 0,0 til 2,0 i CPTu-sonderingene (forboring). Verdier for topplaget er basert på konservative erfaringsverdier sammen med utførte felt- og laboratorieundersøkelser.

- Tyngdetetthet, $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- Effektivspenningsparametere:
 - Friksjonsvinkel, $\phi = 35^\circ$
 - Attraksjon, $a = 0 \text{ kPa}$

Leire

Verdier for leire er tolket fra rutineanalyser, samt CPTu-sonderinger. Følgende verdier ble benyttet for dette laget:

- Tyngdetetthet, $\gamma = 19,7 \text{ kN/m}^3$
- Effektivspenningsparametere:
 - Friksjonsvinkel, $\phi = 24^\circ$ (sondering 15 og 21)
 - Friksjonsvinkel, $\phi = 32^\circ$ (sondering 18)
 - Attraksjon, $a = 5 \text{ kPa}$
- Totalspenningsparametere
 - Udrenert skjærstyrke, S_{uA} :
 - I borpunkt 15:
 - 2,0 m – 12,0 m: $22 \text{ kPa} + 4 \text{ kPa/m}$
 - I borpunkt 18:
 - 2,0 m - 4,0 m: 80 kPa
 - 4,0 m - 10,0 m: $30 \text{ kPa} + 4 \text{ kPa/m}$
 - I borpunkt 21:
 - 2,0 m - 5,0 m: 80 kPa
 - 5,0 m - 15,0 m: $40 \text{ kPa} + 4 \text{ kPa/m}$
 - ADP-forhold:
 - $S_{uA} / S_{uA} = 1,0$
 - $S_{uD} / S_{uA} = 0,63$
 - $S_{uP} / S_{uA} = 0,35$

I tillegg til oppgitte totalspenningaparametere er udrenert skjærstyrke i leirlaget under vannkanten i profil A beregnet med SHANSEP modellen. Følgende parametere er benyttet i vurderingen:

- Grunnvannstand før erosjon: 4 m under terreng
- Erosjonsmektighet: 10,5 meter
- Vanninnhold: 25 %
- $\alpha: 0,27+0,1w$
- $m: 00,58+0,33w$
- OCR: 2

Derfor ble det benyttet følgende S_u profil i profil A:

Kote (moh)	S_u (kPa)
+ 0,5	40
-1,5	52
-3,5	60
-5,5	65
-15	105

Sprøbruddleire

Verdier for sprøbruddleire er tolket basert på rutineanalyser og CPTu-sonderinger. Følgende verdier ble benyttet for dette laget:

- Tyngdetetthet, $\gamma = 19,7 \text{ kN/m}^3$
- Effektivspenningsparametere:
 - Friksjonsvinkel, $\phi = 24^\circ$
 - Attraksjon, $a = 5 \text{ kPa}$
- Totalspenningsparametere:
 - Benyttet Su-profil oppgitt i avsnittet over.
 - ADP-forhold:
 - $Su_A / Su_A = 0,85$
 - $Su_D / Su_A = 0,63$
 - $Su_P / Su_A = 0,35$

I sprøbruddslaget skal den aktive skjærstyrken reduseres med 15%.

Resultatet av stabilitetsberegningene er presentert i vedlegg B.1-B.8. For stabilitetsanalysene Utførte beregninger over tre snitt gir en sikkerhetsfaktor $F = 1,21, 1,58 \text{ og } 1,78$ for totalspenningsanalyse og tilsvarende $F = 1,10, 1,73 \text{ og } 1,44$ for effektivspenningsanalyse.

3.4 Tiltak for forbedring

Basert på oppnådd sikkerhetsfaktor i beregningene vises det til at denne ikke er tilfredsstillende langs snitt A-A (vedlegg A.1). Veileder 7/2014, ref. /2/, stiller krav for forbedring hvis sikkerhetsfaktoren er lavere enn 1,4 for lav og middels faregrad i tiltakskategori K4. Dette er tilfellet for profil A-A hvor oppnådd sikkerhetsfaktor er på henholdsvis $F = 1,21$ i totalspenningsbasis og 1,10 i effektivspenningsbasis.

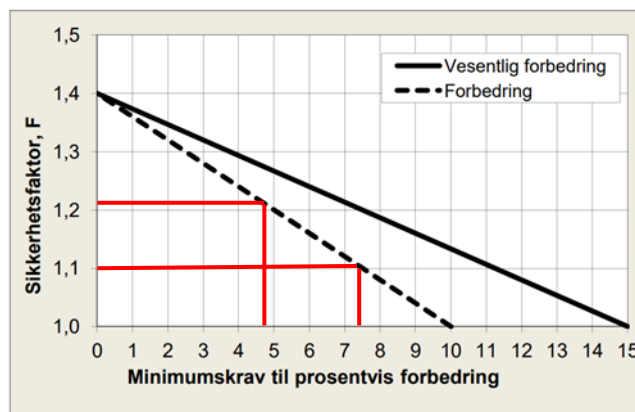
Figur 3.3 viser minimumskrav til prosentvis forbedring etter endringer i terrenget.

Sikkerhetsfaktor for snitt A-A' er $F = 1,21$ og ifølge Figur 3.3 innebærer det en forbedring på 5,0 %. Dette betyr at ny sikkerhetsfaktor må være:

$$SF_{Su, \text{ ny}} = SF_{Su, \text{ gammel}} + F (\text{prosentvis forbedring}) \times SF_{Su, \text{ gammel}} = 1,21 \times 1,05 = 1,27$$

I effektivspenningsbasis er sikkerhetsfaktor for snitt A-A' lik 1,10 og ifølge Figur 3.3 ligger minimumskravet for forbedring på 7,5 %. Dette betyr at ny sikkerhetsfaktor må være:

$$SF_{Su, \text{ ny}} = SF_{Su, \text{ gammel}} + F (\text{prosentvis forbedring}) \times SF_{Su, \text{ gammel}} = 1,10 \times 1,075 = 1,19$$



Figur 3.3: Krav til prosentvis forbedring.

3.4.1 Stabilitetsberegninger etter forbedring

Eksisterende GS-vei i topp av skråning tilsier at avlastning bør utføres ved masseutskifting, eventuelt en kombinasjon av masseutskifting og avgraving. Nye stabilitetsberegninger er utført med følgende parametere (lettklinker):

- Tyngdetetthet, $\gamma = 4,0 \text{ kN/m}^3$
- Effektivspenningsparametere:
 - Friksjonsvinkel, $\phi = 35^\circ$
 - Attraksjon, $a = 0 \text{ kPa}$

Beregningene etter avlastning er presentert i vedlegg E.1 og E.2. Disse gir en ny sikkerhetsfaktor på 1,33 i totalspenningsbasis og 1,20 i effektivspenningsbasis. Effektivspenningsbasis er styrende og våre beregninger viser at dette tilsvarer masseutskifting med en høyde på 2,0 meter og med en bredde på 7,9 meter. Berørt areal i topp av skråning er 806 m². Dette innebærer at ca. 1 600 m³ må masseutskiftes. Tiltaket er presentert i vedlegg E.1 og E.2.

3.4.2 Gjennomførelse

Skråningen graves ovenfra og ned, situasjonen skal ikke forverres i noen trinn av tiltaket. Skråning måles inn og data sendes til ansvarlig geotekniker. Masser skal ikke mellomlagres ved topp av skråning. Mellomlagring tilhørende dette tiltaket må skje minimum 20 meter fra skråningstopp. Lokalstabilitet må ivaretas under gjennomføring.

4. Kriterier

Ved å utføre planlagt tiltak for avlastning er sikkerhetsfaktor tilstrekkelig i henhold til veileder 7/2014. En forutsetning er at videre arbeider ikke reduserer sikkerhetsfaktor til under gjeldende krav. Dette forutsetter at:

- Planlagte boliger fundamenteres på peler til fast berg. Unntak må prosjekteres av ansvarlig geotekniker.
- Det skal ikke utføres betydelig inngrep eller terrengendringer i byggeperioden utover tiltak som er beskrevet i denne rapporten og i senere prosjekteringsnotater fra DMR.
- Fremtidige terrengendringer må avklares med geotekniker.

Videre bemerkes det at erosjon ned mot Hjellevannet må dokumenteres og overvåkes for å iverksette tiltak dersom denne utvikler seg.

4.1 Konklusjon

En oppsummering av faregradsevaluering er presentert i tabellen nedenfor.

Tabell 4.1: Oppsummering av faregradsevaluering

Pkt.	Oppgave	Kommentarer
1.	Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være.	Avklare hvorvidt faren for områdeskred er til stede.
2.	Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense.	Hele området ligger under marin grense.
3.	Avgrens områder med marine avsetninger.	NGU løsmassedatabase viser til fyllmasser i øverste lag. Det er hav- og fjordavsetning i nærheten.
4.	Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området.	Det er ingen kartlagte faresoner for kvikkleireskred på Klosterøya, men enkelte soner finnes på fastlandet.
5.	Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred.	Aktsomhetsområdet er avgrenset til planområdet og skråningen ned mot elven i vest.
6.	Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag	Grunnundersøkelsene som er utført vurderes som tilstrekkelig for å kunne vurdere faren for områdestabilitet.
7.	Avgrens løsneområder mer nøyaktig	Et konservativt anslag tilsier at sprøbruddeleire befinner seg 2-3 meter under terreng, der det har en mektighet på omtrent ti meter i vestre del av planområdet. Fjell i dagen er observert øst på planområdet. Løsneområdet er vist i figur 3.2. For mer nøyaktig avgrensning i sør anbefales supplerende grunnundersøkelser i regi av kommunen/NVE.
8.	Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser.	Utløpsområde for skredmasser begrenses til Hjellevannet.
9.	Avgrens og faregradsklassifiser faresoner	Faregradsklassifisering tilsier lav faregrad.
10.	Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet	Stabiliteten er vurdert langs tre snitt, der sikkerhetsfaktoren på totalspenningsbasis er $F = 1,21, 1,58$ og $1,78$ og tilsvarende på effektivspenningsbasis $F = 1,10, 1,73$ og $1,44$.
	Konklusjon	<p>Det er påvist sprøbruddeleire innenfor planområdet. En stabilitetsvurdering over tre snitt gir en sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ for snitt B-B' og snitt C-C'. Dette tilfredsstillende kravet om $F \geq 1,4$ iht. NVE-veileder 7/2014.</p> <p>For snitt A-A' er sikkerhetsfaktor på total- og effektivspenningsbasis på henholdsvis 1,21 og 1,10 før forbedring, og 1,33 og 1,20 etter forbedring ved masseutskifting. Dette oppfylder kravet om 7,5 % forbedring.</p> <p>Ved utførelse av oppgitt forbedring vurderes det til at planområdet er klarert med tanke på områdeskred.</p>

Dette notatet vurderer områdestabiliteten for planområdet i henhold til NVE veilder 7/2014 for tiltakskategori K4. Stabilitetsanalyser viser at det må utføres forbedring tilsvarende 7,5 %. Dette tilsvarer avlastning i form av masseutskifting, som presentert i denne rapporten. Lokalstabiliteten må ivaretas i alle faser av terrengendring. Masser skal ikke mellomlagres i topp av skråning eller i nærheten av denne.

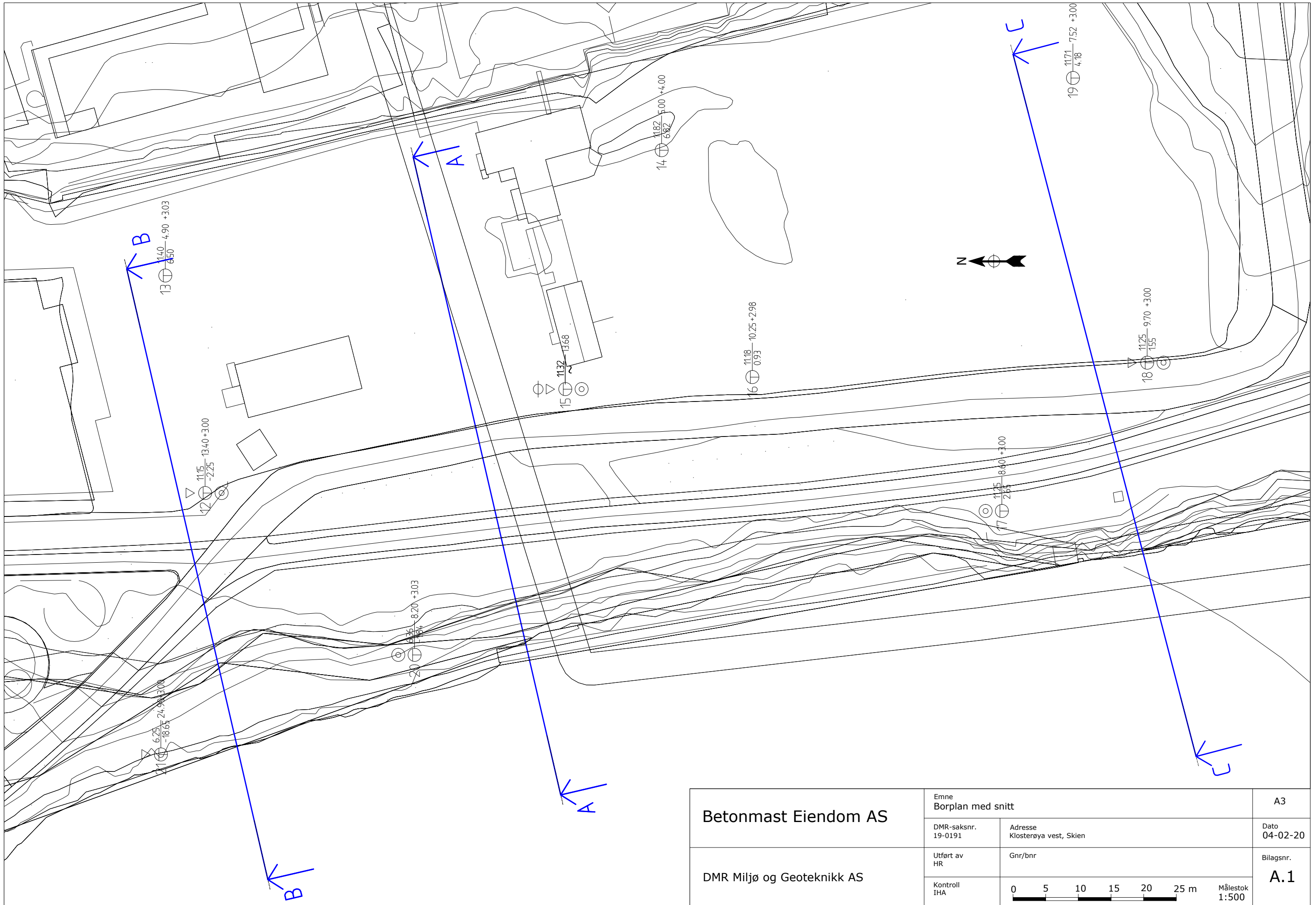
Oppnådd sikkerhetsfaktor ved terrengendring sikrer forbedring tilsvarende 7,5 %. Fremtidig arbeid og terrengendringer skal avklares med geotekniker.

Videre bør erosjon ned mot Hjellevannet dokumenteres og overvåkes for å iverksette tiltak dersom denne utvikler seg.

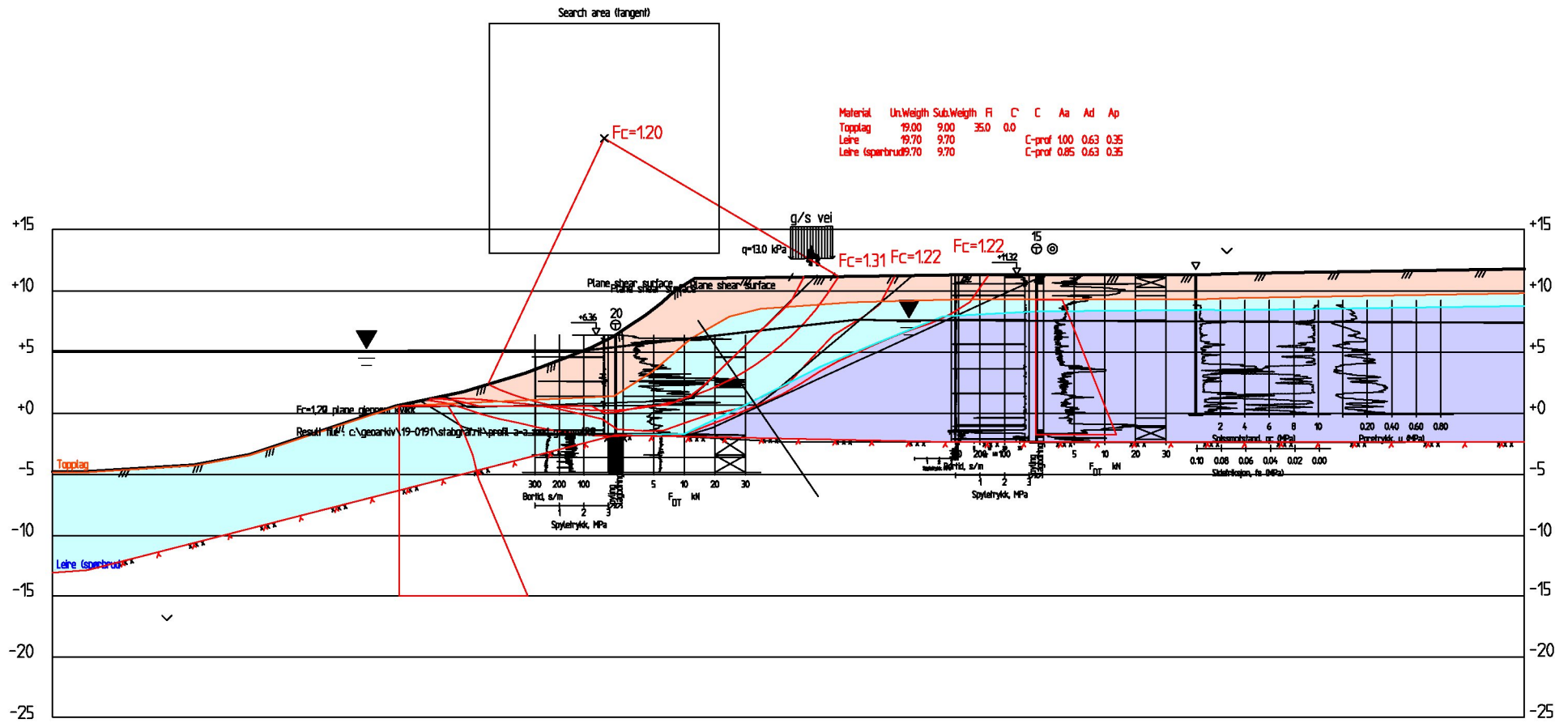
Vurderinger i dette notatet er i henhold til NVE veileder 7/2014, kvalitetssikret av et uavhengig firma. Kvalitetssikring er utført av Løvlien Georåd.

5. Referanser

- /1/ Geoteknisk datarapport for byggetrinn 4 og 5. DMR, 20.01.20.
- /2/ Veileder 7/2014, Sikkerhet mot kvikkleireskred, NVE.
- /3/ NVE Atlas - <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>
- /4/ Høydedata - www.hoydedata.no
- /5/ NGU løsmassekart - <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- /6/ NGU berggrunnskart - <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>
- /7/ Naturfareprosjektet Dp. 6 kvikkleire. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer. Rapport 14/2014.
- /8/ Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Vestfronten, Klosterøya. Multiconsult, 26.06.18.
- /9/ Geoteknisk datarapport. Klosterøya vest, btr. 3. Grunnteknikk, 28.03.17.

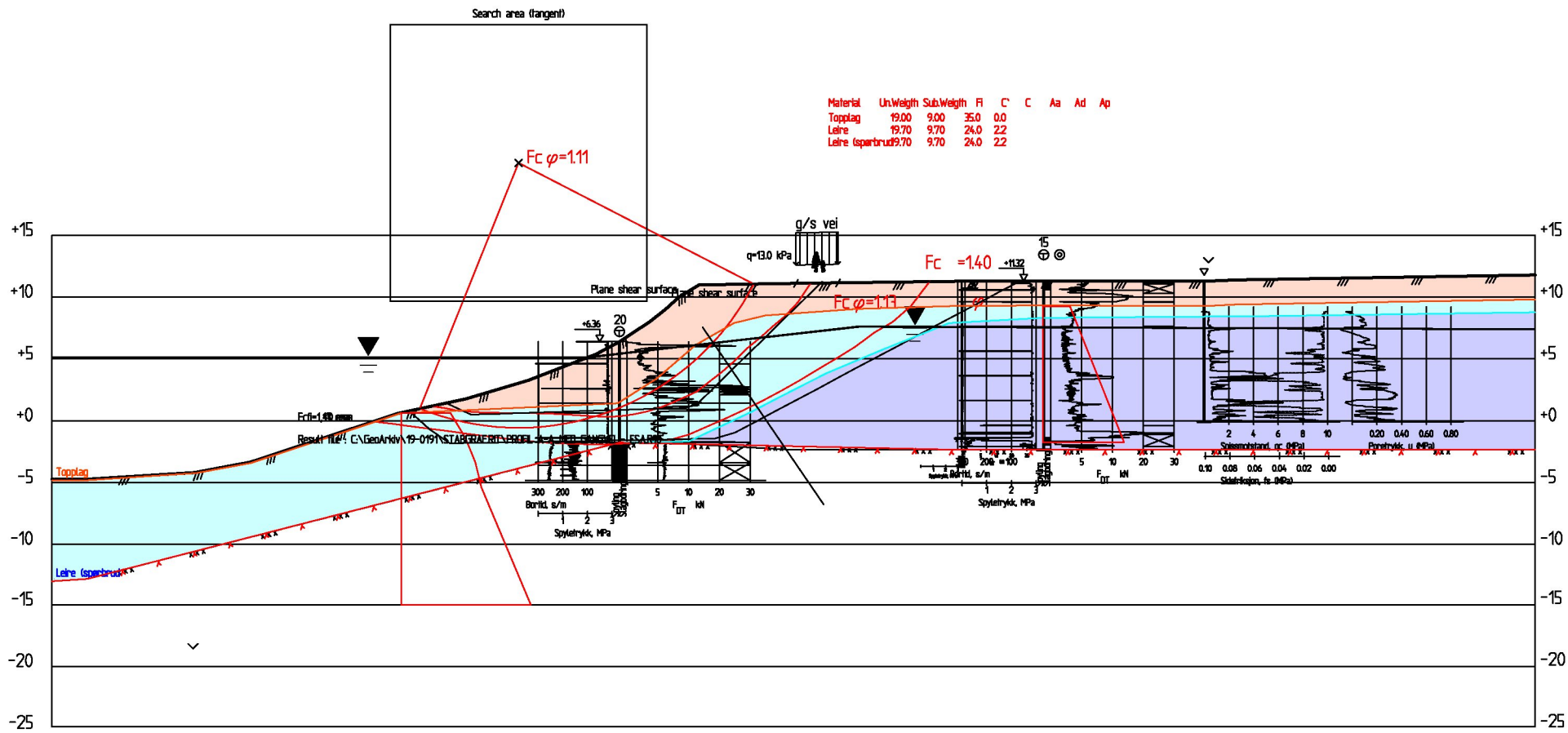


Betonmast Eiendom AS	Emne Borplan med snitt		A3
	DMR-saksnr. 19-0191	Adresse Klosterøya vest, Skien	Dato 04-02-20
DMR Miljø og Geoteknikk AS	Utført av HR		Bilagsnr. A.1
	Kontroll IHA	Gnr/bnr	Målestokk 1:500



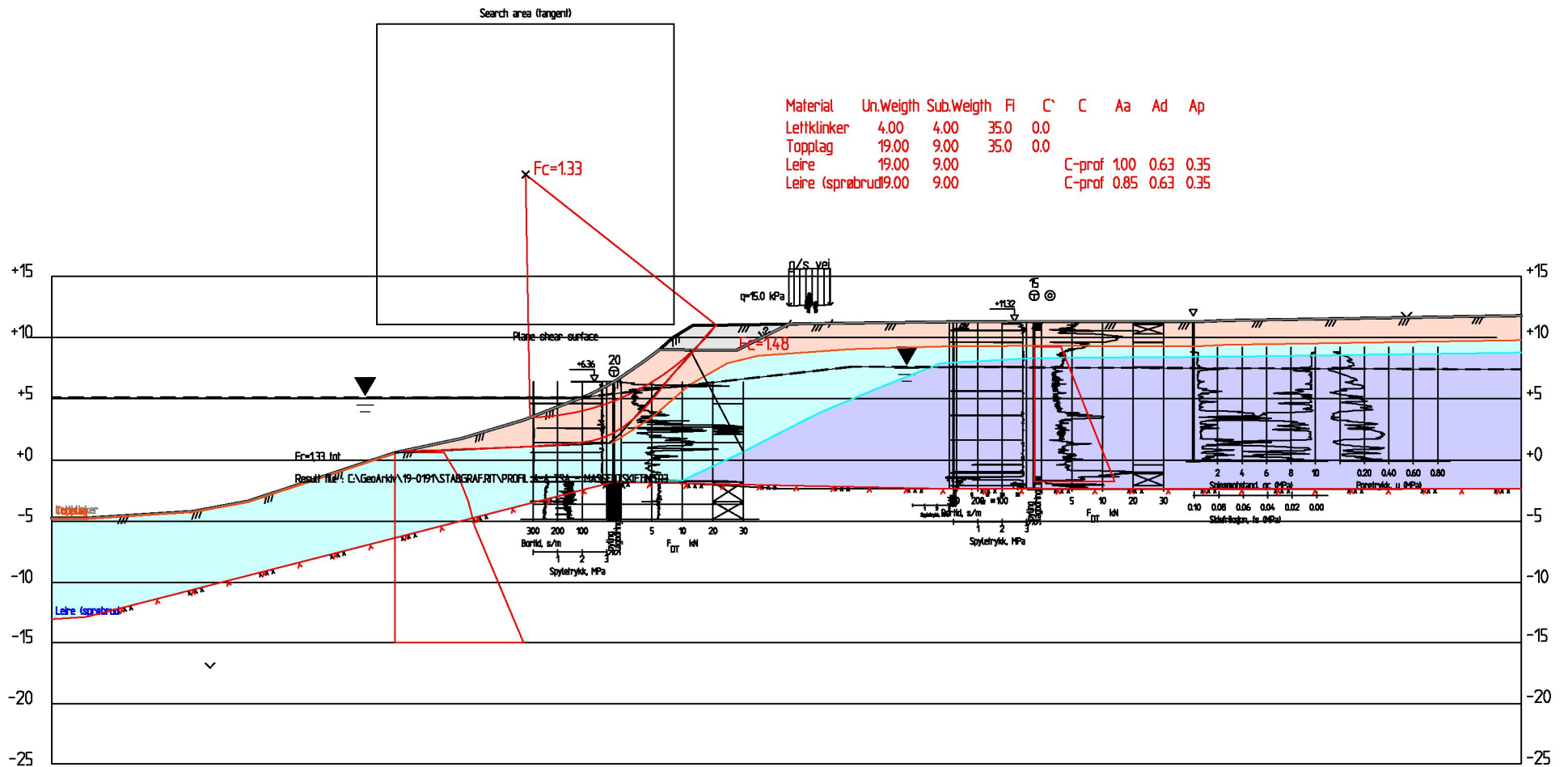
Profil A-A

Betonmast Eiendom AS	Emne Snitt A-A - Totalspenningsanalyse		A4
	Kundesaksnr.	Adresse Klosterøya vest, Skien	Dato 22-01-21
DMR Miljø og Geoteknikk AS	DMR-saksnr. 19-0191	Gnr/bnr 300/2191	Bilagsnr. B.1
	Utført av IHA	 Målestokk 1:500	



Profil A-A

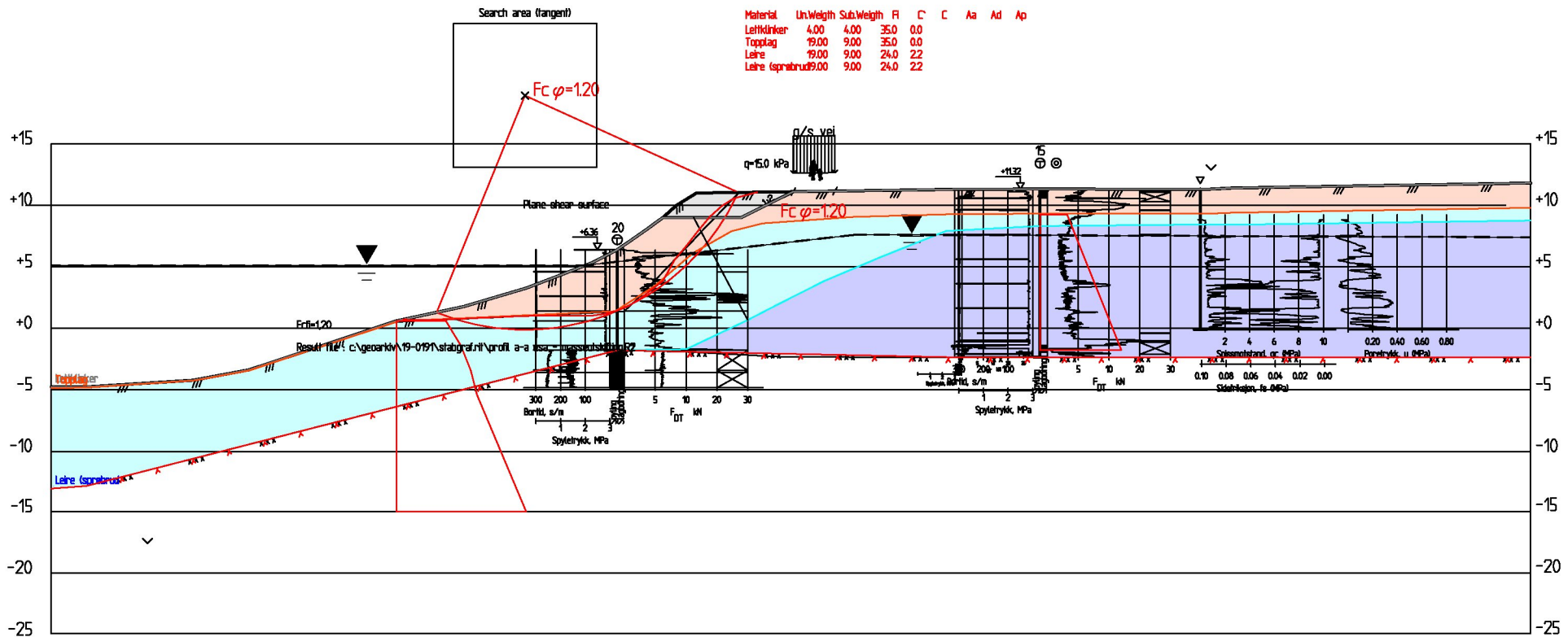
Betonmast Eiendom AS	Emne Snitt A-A - Effektivspenningsanalyse		A4
	Kundesaksnr.	Adresse Klosterøya vest, Skien	Dato 22-01-21
DMR Miljø og Geoteknikk AS	DMR-saksnr. 19-0191	Gnr/bnr 300/2191	Bilagsnr. B.2
	Utført av IHA	0 5 10 15 20 25 m	Målestokk 1:500



Profil A-A

Betonmast Eiendom AS	Emne Snitt A-A totalspenningsanalyse etter forbedring		A4
	Kundesaksnr.	Adresse Klosterøya vest, Skien	Dato 22-01-21
DMR Miljø og Geoteknikk AS	DMR-saksnr. 19-0191	Gnr/bnr 300/2191	Bilagsnr.
	Utført av IHA	0 5 10 15 20 25 m	Målestok 1:500

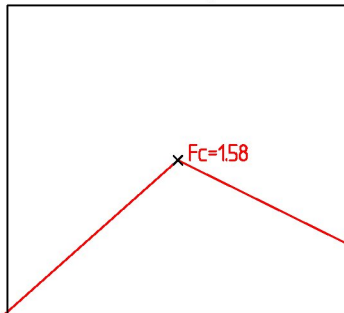
B.3



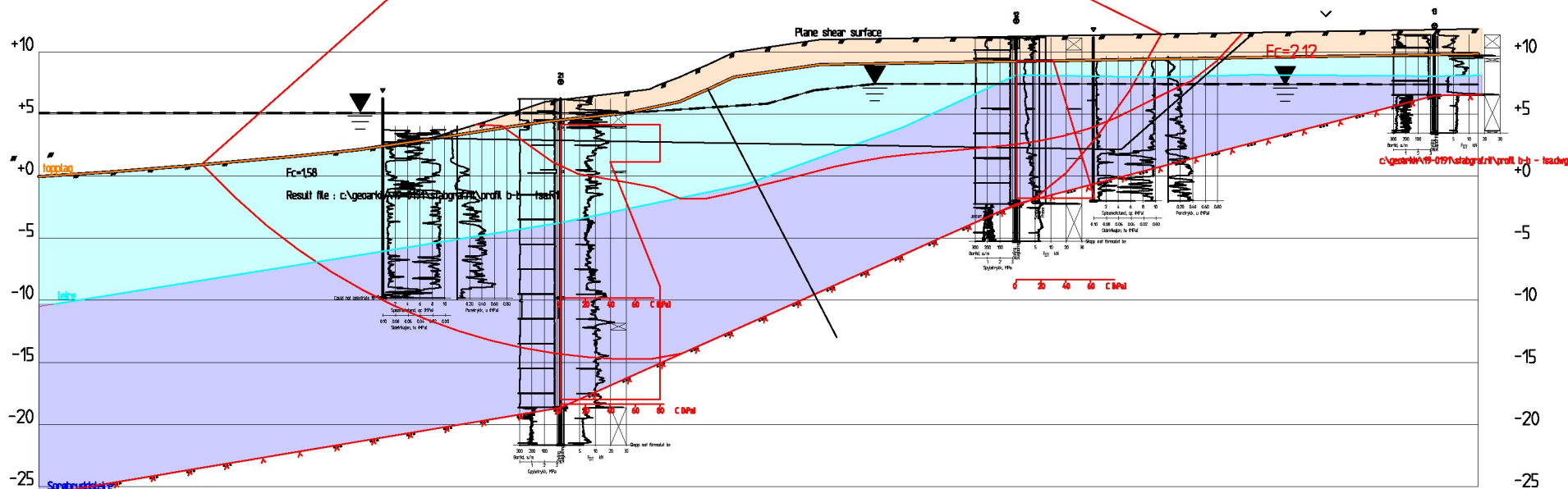
Profil A-A

Betongmast Eiendom AS	Emne Snitt A-A effektivspenningsanalyse etter forbedring		A4
	Kundesaksnr.	Adresse Klosterøya vest, Skien	Dato 22-01-21
DMR Miljø og Geoteknikk AS	DMR-saksnr. 19-0191	Gnr/bnr 300/2191	Bilagsnr.
	Utført av IHA	0 5 10 15 20 25 m Målestokk 1:500	B.4

Search area (tangent)



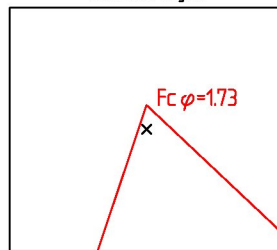
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
topplag	19.00	9.00	35.0	0.0				
leire	19.70	9.70			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddsleird	9.70	9.70			C-prof	0.85	0.63	0.35



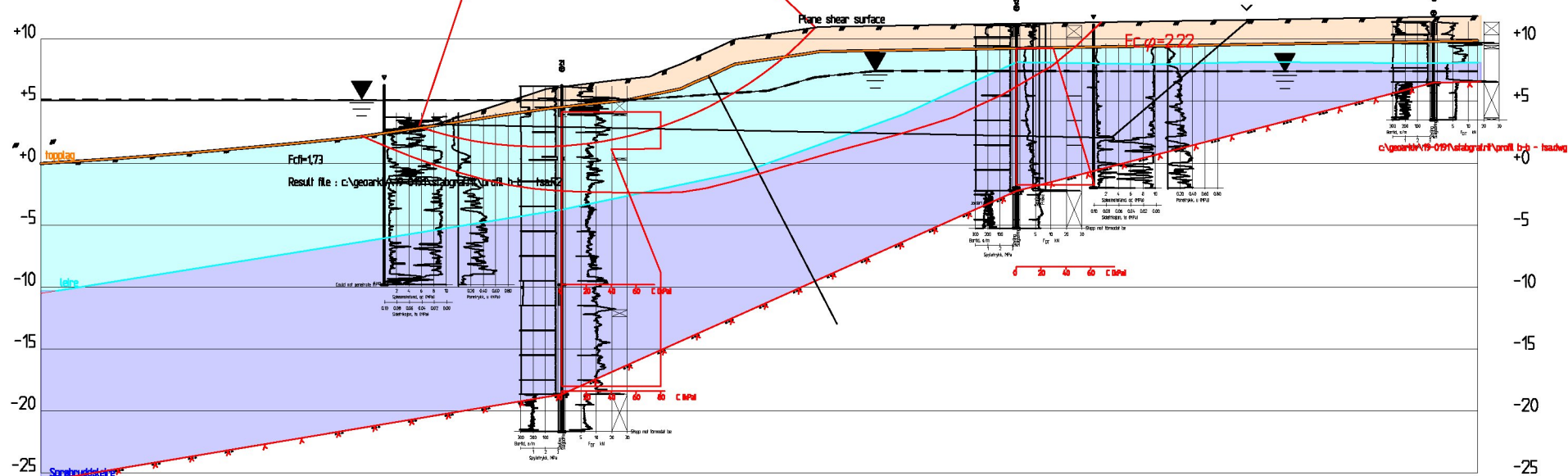
Profil B-B

Betonmast Eiendom AS	Emne Snitt B-B Totalspenningsanalyse		A4
	Kundesaksnr.	Adresse Klosterøya vest, Skien	Dato 18-11-20
DMR Miljø og Geoteknikk AS	DMR-saksnr.	Gnr/bnr 300/2191	Bilagsnr. B.5
	Utført av IHA	0 5 10 15 20 25 m Målestokk 1:500	

Search area (tangent)

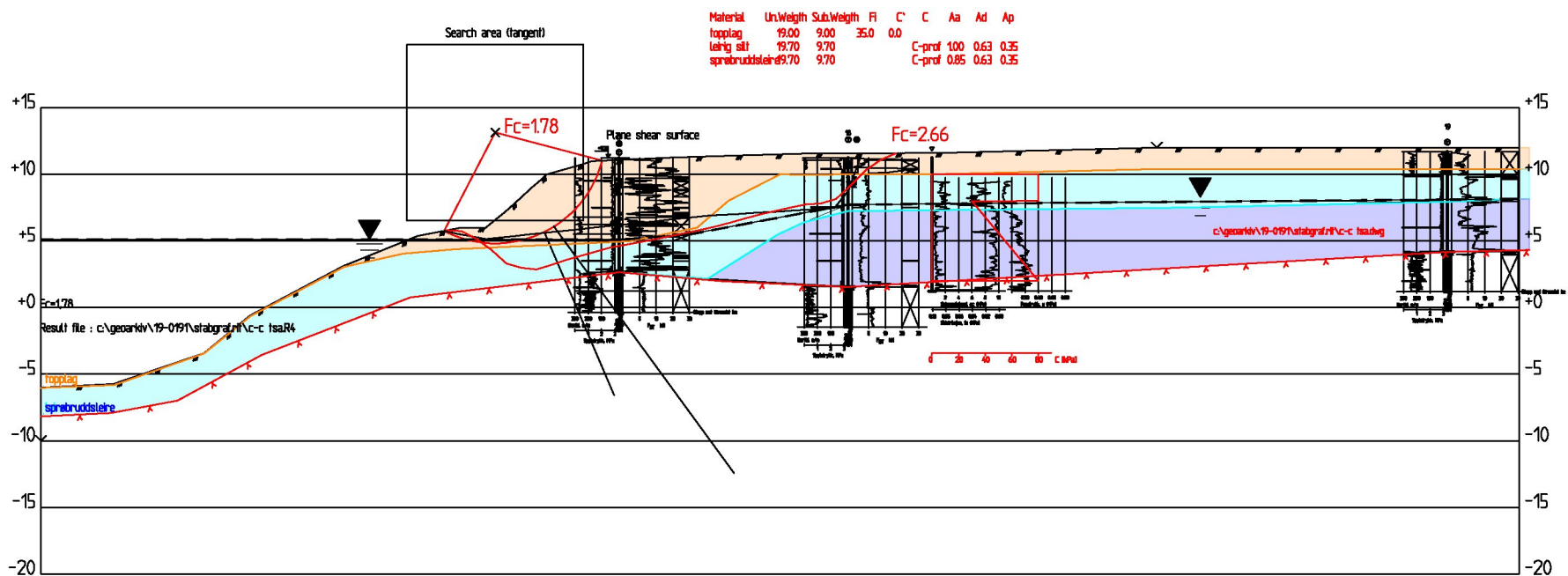


Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
topplag	19.00	9.00	35.0	0.0				
leire	19.70	9.70	24.0	2.2				
Sprøbruddsleir	9.70	9.70	24.0	2.2				



Profil B-B

Betongmast Eiendom AS		Emne		A4
		Snitt B-B Effektivspenningsanalyse		
DMR Miljø og Geoteknikk AS		Kundesaksnr.	Adresse	Dato
		DMR-saksnr.		300/2191
		Utført av	0 5 10 15 20 25 m	Målestokk 1:500
		IHA		

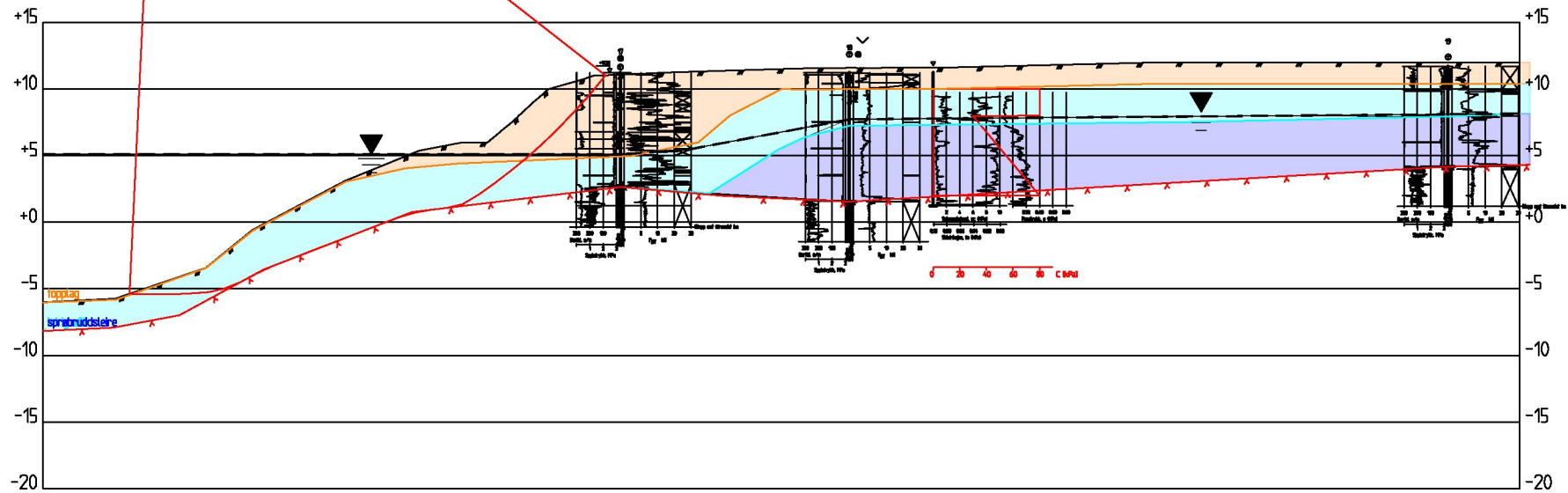


Profil C-C

<p>Betonmast Eiendom AS</p>	Emne Snitt C-C', totalspenningsanalyse		A4
	DMR-saksnr. 19-0191	Adresse Klosterøya vest, Skien	Dato 26-11-20
<p>DMR Miljø og Geoteknikk AS</p>	Utført av HR	Gnr/bnr	<p>B.7</p>
	Kontroll IHA	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> </div> <div style="margin-left: 10px;"> <p>Målestokk 1:500</p> </div> </div>	



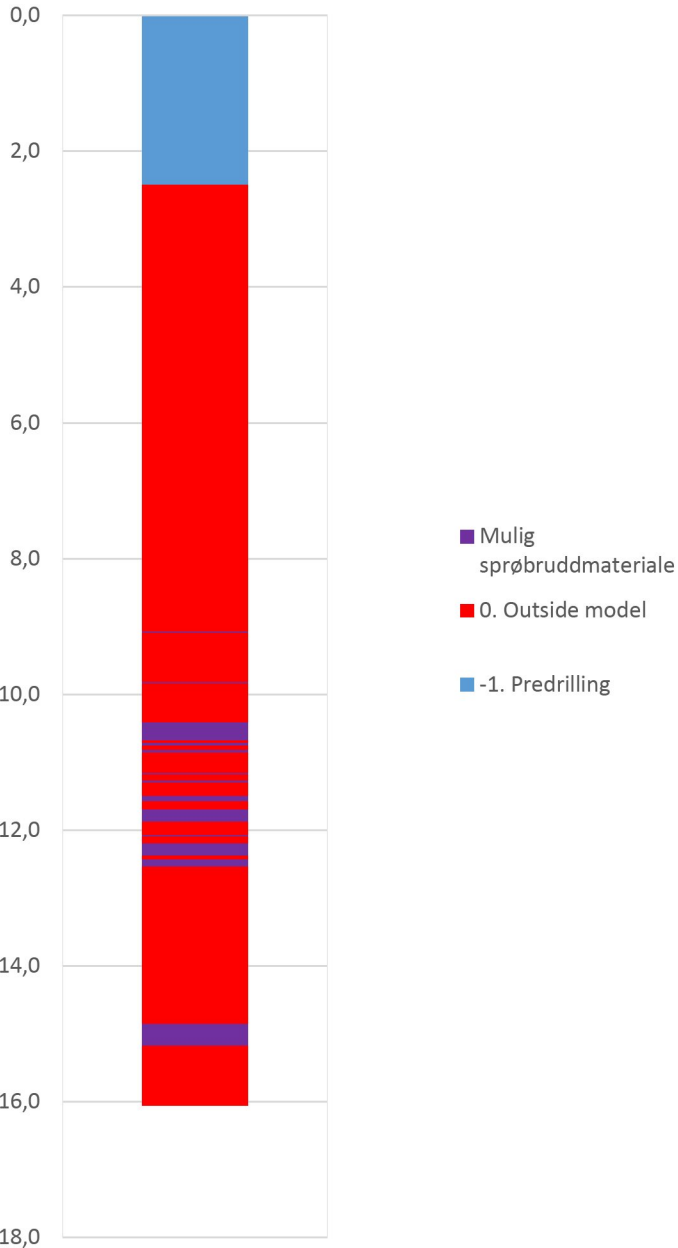
Material	Un.Weight	Sub.Weight	R	C	C	Aa	Ad	Ap
topplag	19.00	9.00	35.0	0.0				
leirig silt	19.70	9.70	32.0	31				
spribruddleire	19.70	9.70	24.0	22				



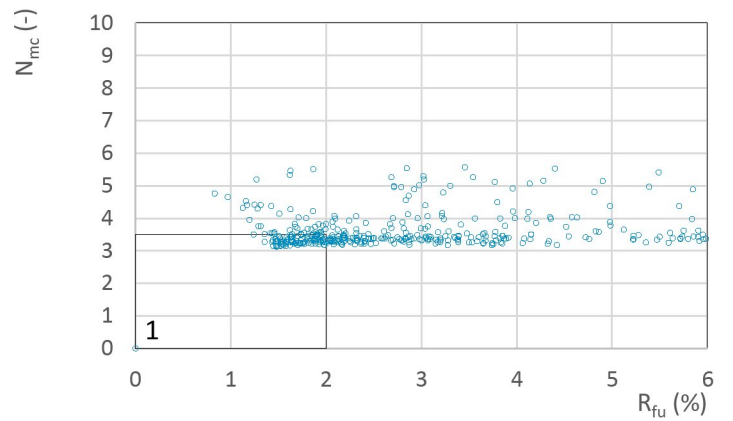
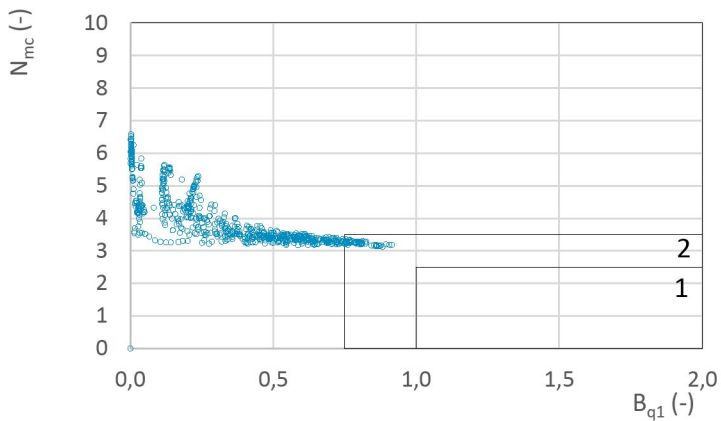
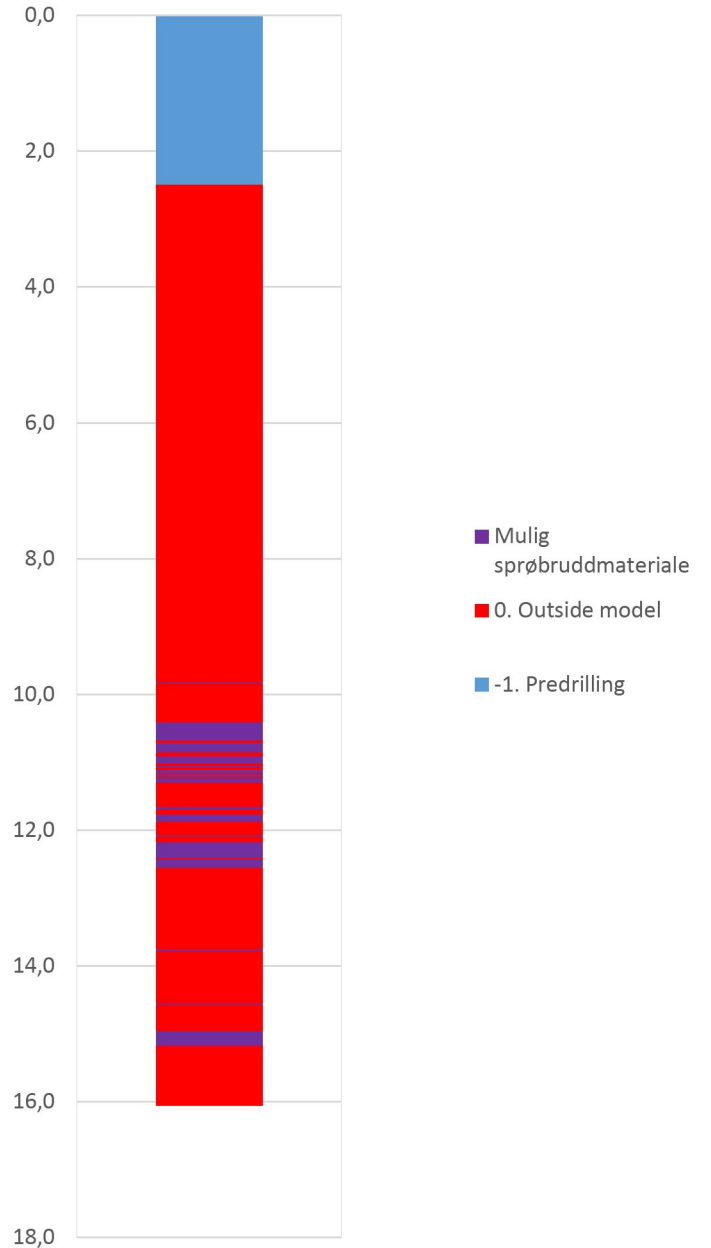
Profil C-C

Betongmast Eiendom AS	Emne Snitt C-C', effektivspenningsanalyse		A4
	DMR-saksnr. 19-0191	Adresse Klosterøya vest, Skien	Dato 26-11-20
DMR Miljø og Geoteknikk AS	Utført av HR	Gnr/bnr	Bilagsnr.
	Kontroll IHA	Målestok 1:500	B.8

NIFS 2015 (Bq1-Nmc)

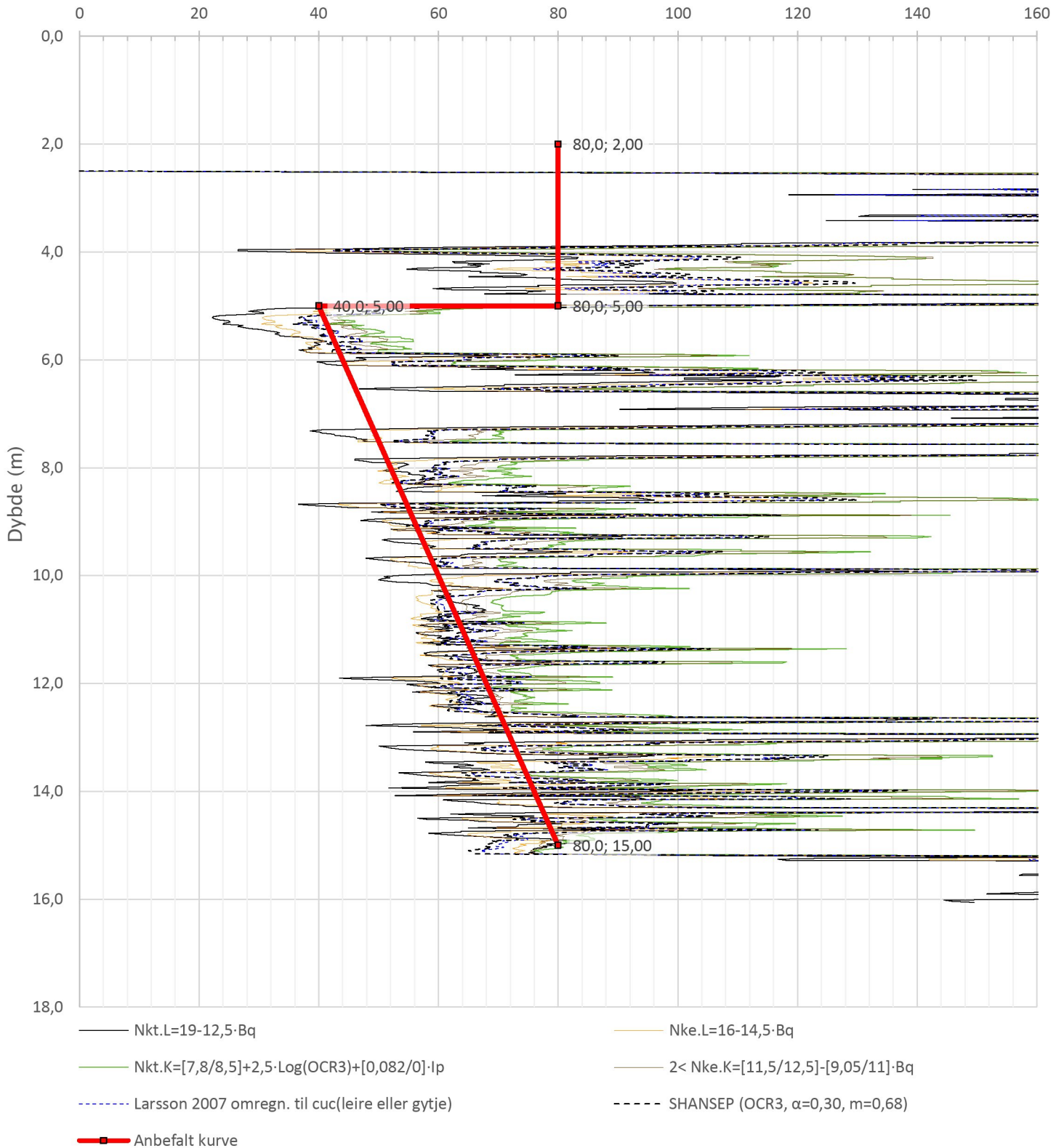


NIFS 2015 (Rfu-Nmc)



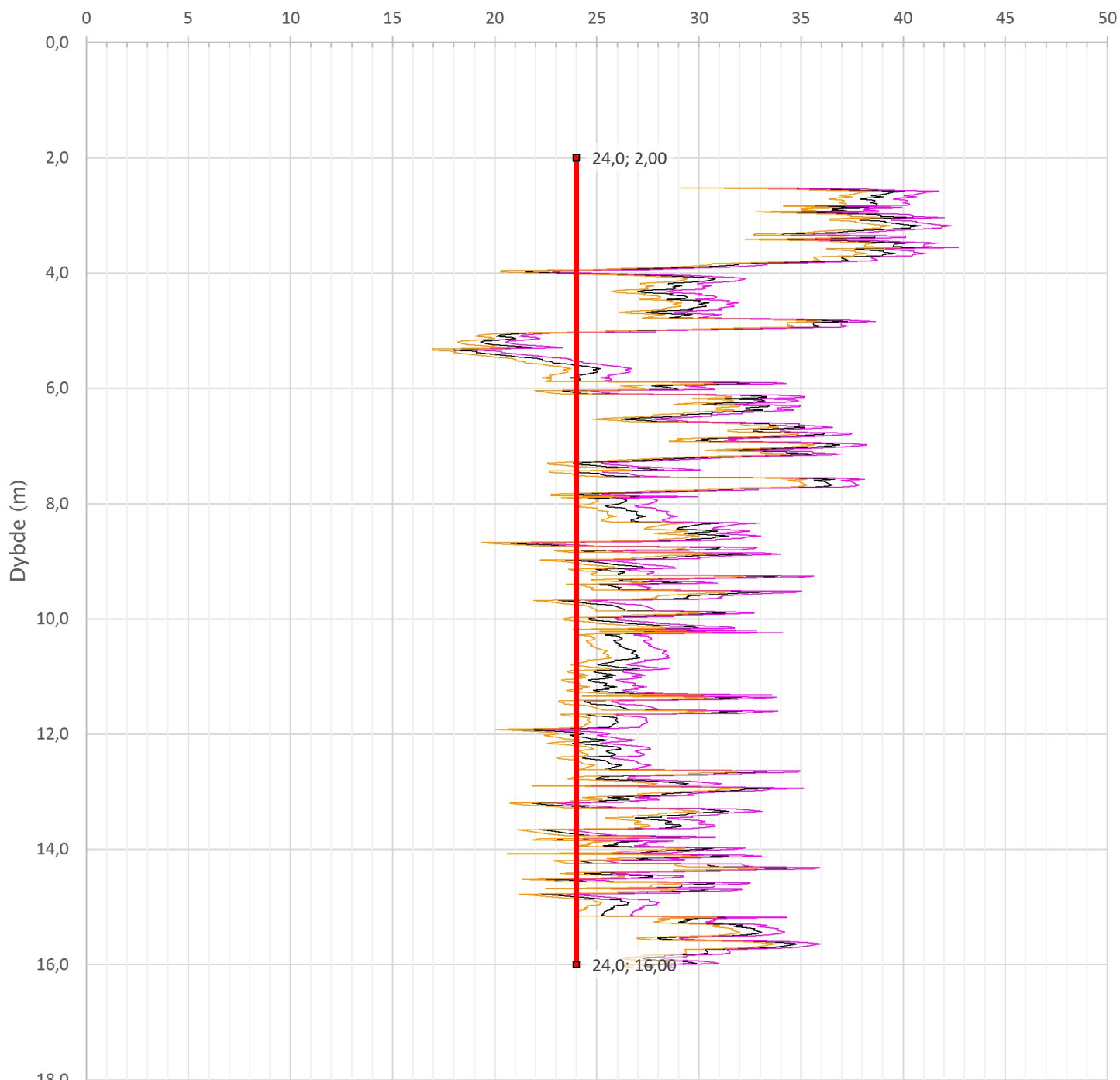
Prosjekt			Prosjektnummer: 19-0191		Borhull
Klosterøya vest					21
Innhold					Sondennummer
Jordartsklassifisering etter NIFS 2015 – detektering av sensitive materialer					5222
	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse
	HR				
Region	Dato sondering	Revisjon		Vedlegg	
Ekstern konsulent	27.11.2019	Rev. dato 30.12.2019		C.1	

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 19-0191		Borhull
Klosterøya vest				21 NY
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				5222
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	HR			
Region	Dato sondering	Revisjon	Rev. dato	Vedlegg
Ekstern konsulent	27.11.2019		14.12.2019	C.2


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



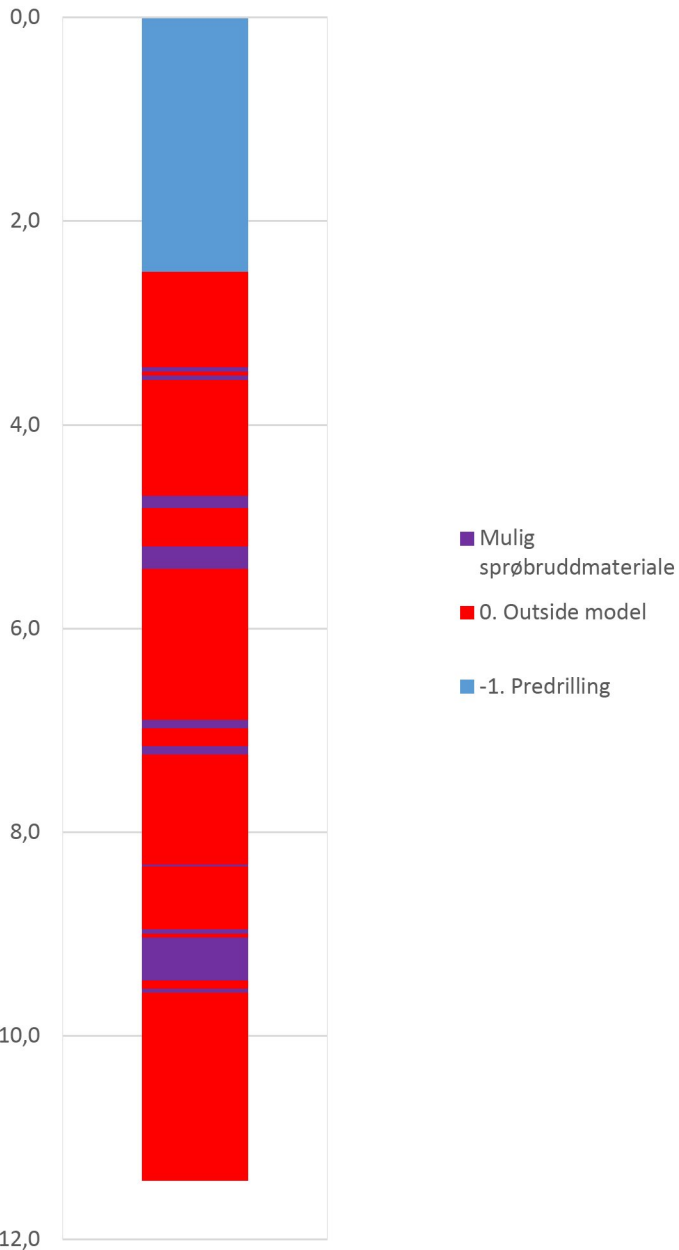
— NTNU 1 (a=[5 - 20]kPa, β =[-20 - 0]°) — NTNU 2 (a=[0 - 15]kPa, β =[-15 - 5]°) — NTNU 3 (a=[10 - 25]kPa, β =[-25 - -5]°)

— ■ — Anbefalt kurve - ϕ

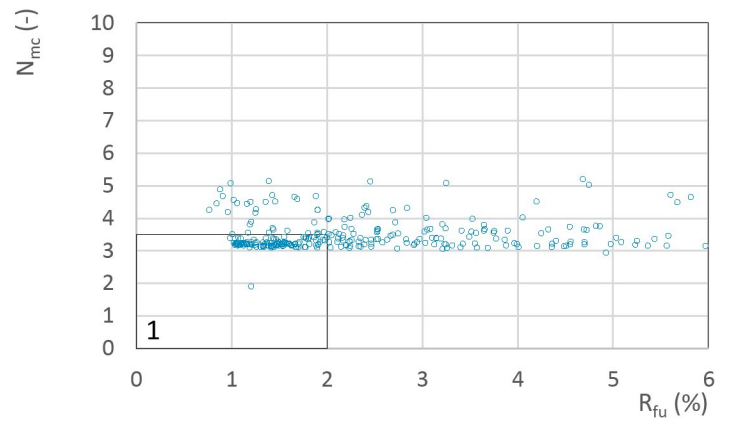
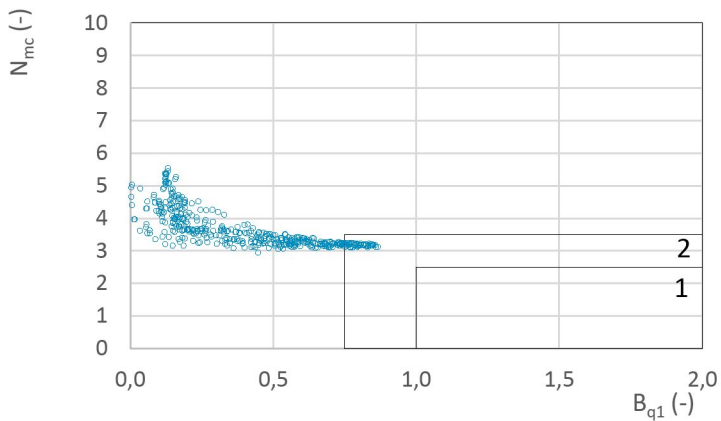
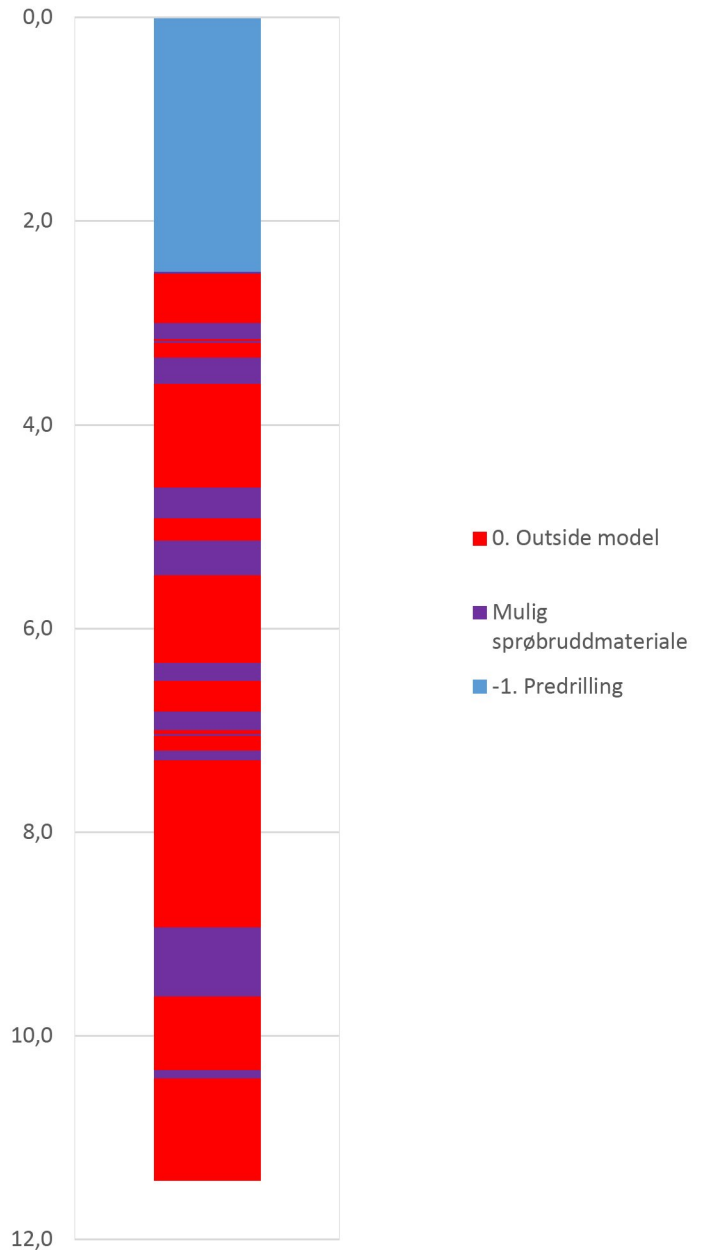
— ○ — Anbefalt kurve - a

Prosjekt Klosterøya vest		Prosjektnummer: 19-0191		Borhull 21 NY
Innhold Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				Sondennummer 5222
	Utført HR	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Region Ekstern konsulent	Dato sondering 27.11.2019	Revisjon Rev. dato 15.12.2019	Vedlegg C.3

NIFS 2015 (Bq1-Nmc)



NIFS 2015 (Rfu-Nmc)



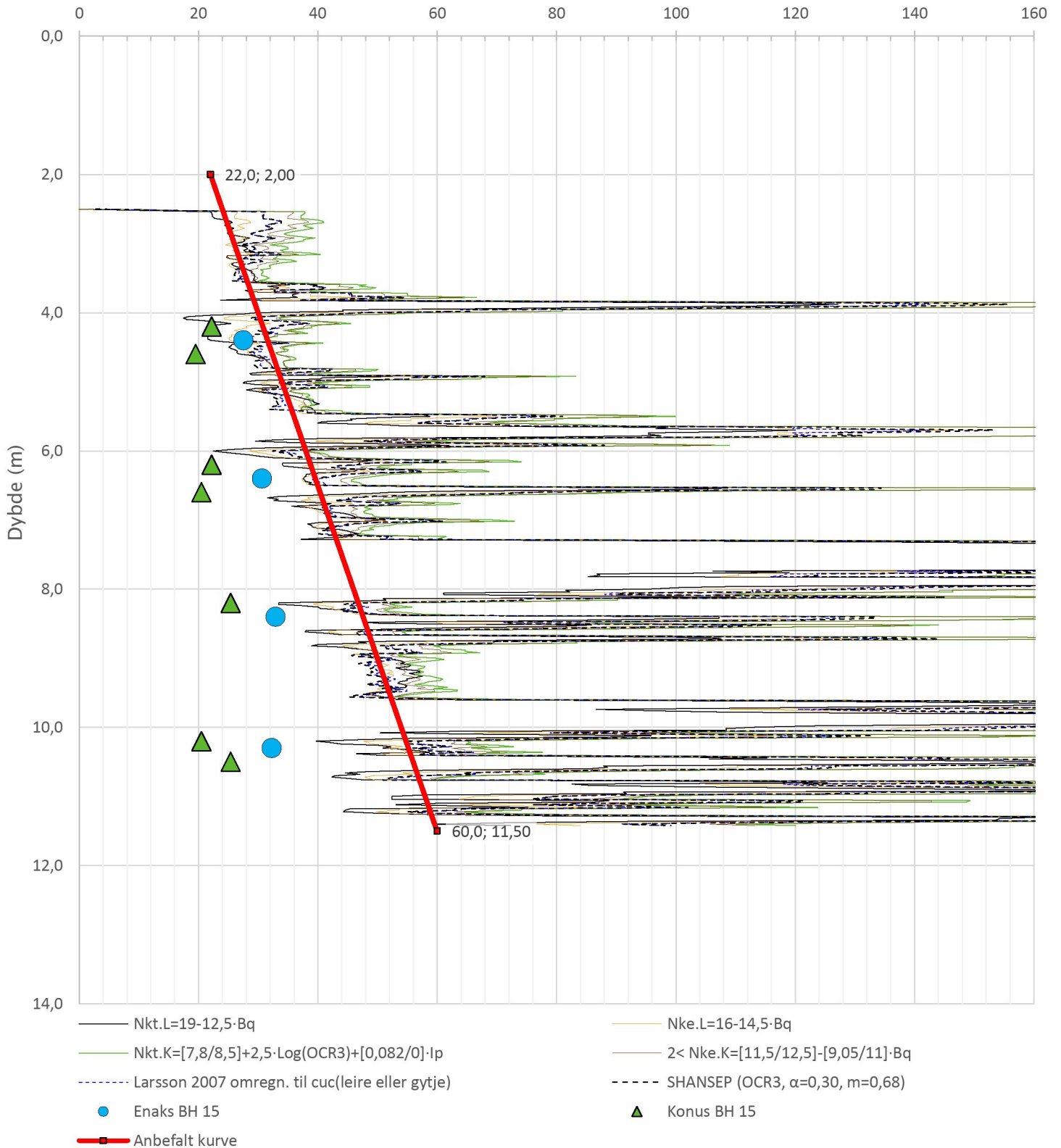
Prosjekt Klosterøya vest			Prosjektnummer: 19-0191	Borhull 15
Innhold Jordartsklassifisering etter NIFS 2015 – detektering av sensitive materialer				Sondennummer 5222
	Utført HR	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Region Ekstern konsulent	Dato sondering 27.11.2019	Revisjon Rev. dato 30.12.2019	Vedlegg C.4


Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH 15: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$

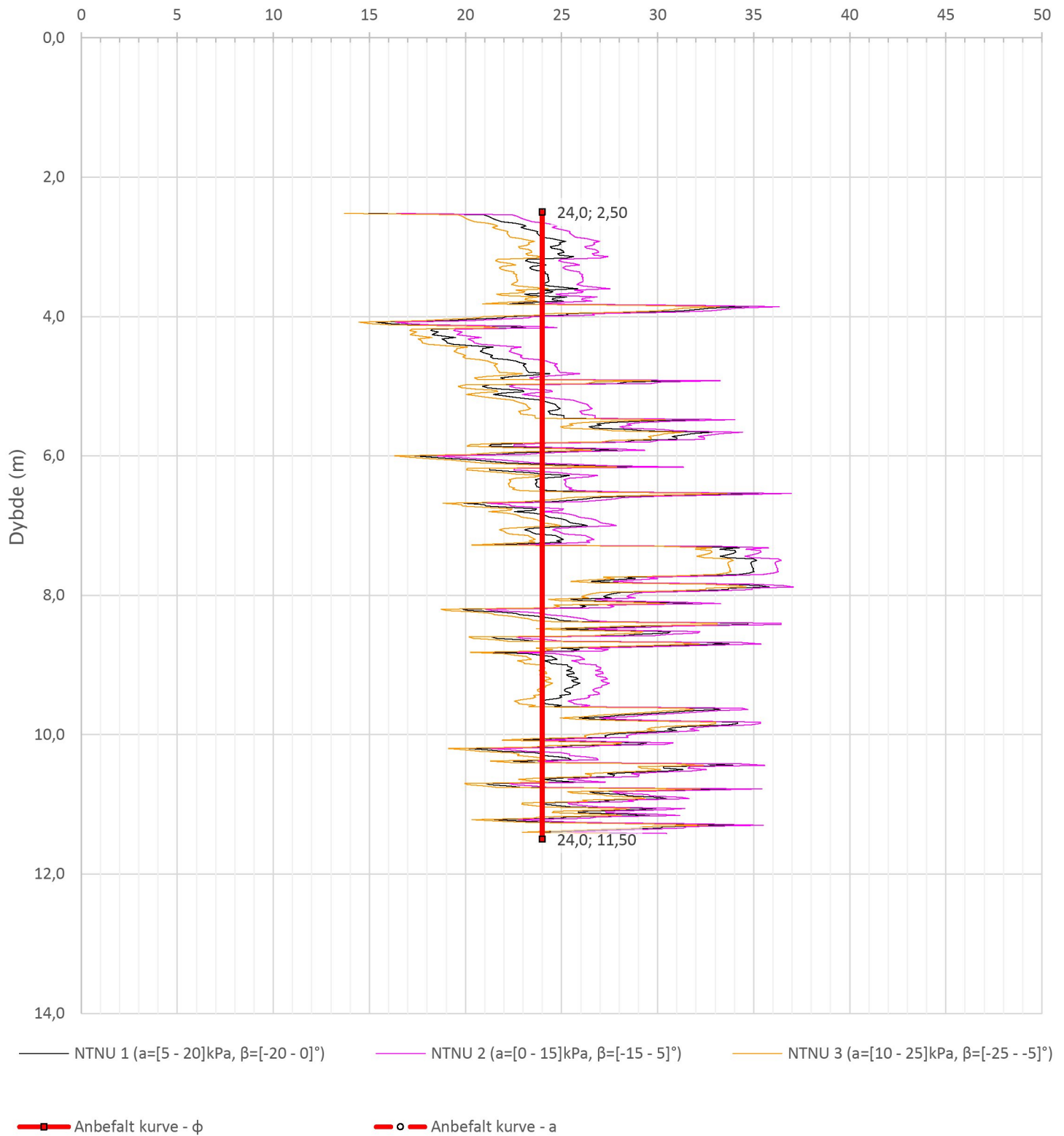
Konus BH 15: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$


Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



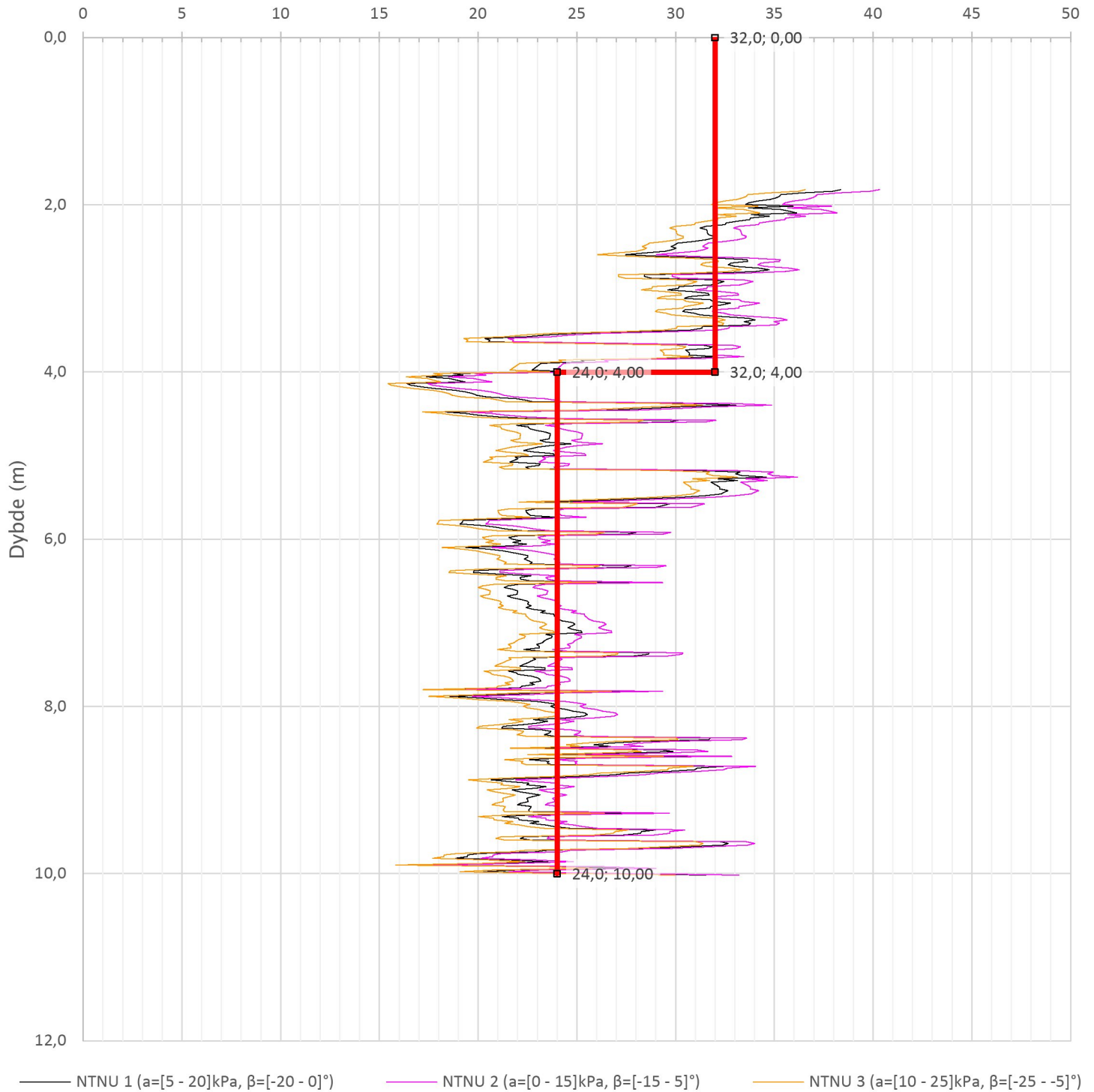
Prosjekt Klosterøya vest		Prosjektnummer: 19-0191		Borhull 15
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondennummer 5222
	Utført HR	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Region Ekstern konsulent	Dato sondering 27.11.2019	Revisjon Rev. dato 14.12.2019	Vedlegg C.5

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



Prosjekt Klosterøya vest		Prosjektnummer: 19-0191		Borhull 15
Innhold Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				Sondennummer 5222
	Utført HR	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Region Ekstern konsulent	Dato sondering 27.11.2019	Revisjon Rev. dato 15.12.2019	Vedlegg C.6

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



— NTNU 1 (a=[5 - 20]kPa, β =[-20 - 0]°) — NTNU 2 (a=[0 - 15]kPa, β =[-15 - 5]°) — NTNU 3 (a=[10 - 25]kPa, β =[-25 - -5]°)

— Anbefalt kurve - ϕ

— Anbefalt kurve - a

Prosjekt
Klosterøya vest

Innhold
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon



Utført
IHA
Region
Vegdirektoratet

Kontrollert
Dato sondering
27.11.2019

Godkjent
Revisjon
Rev. dato **27.11.20**

Borhull
18
Sondenummer
5222

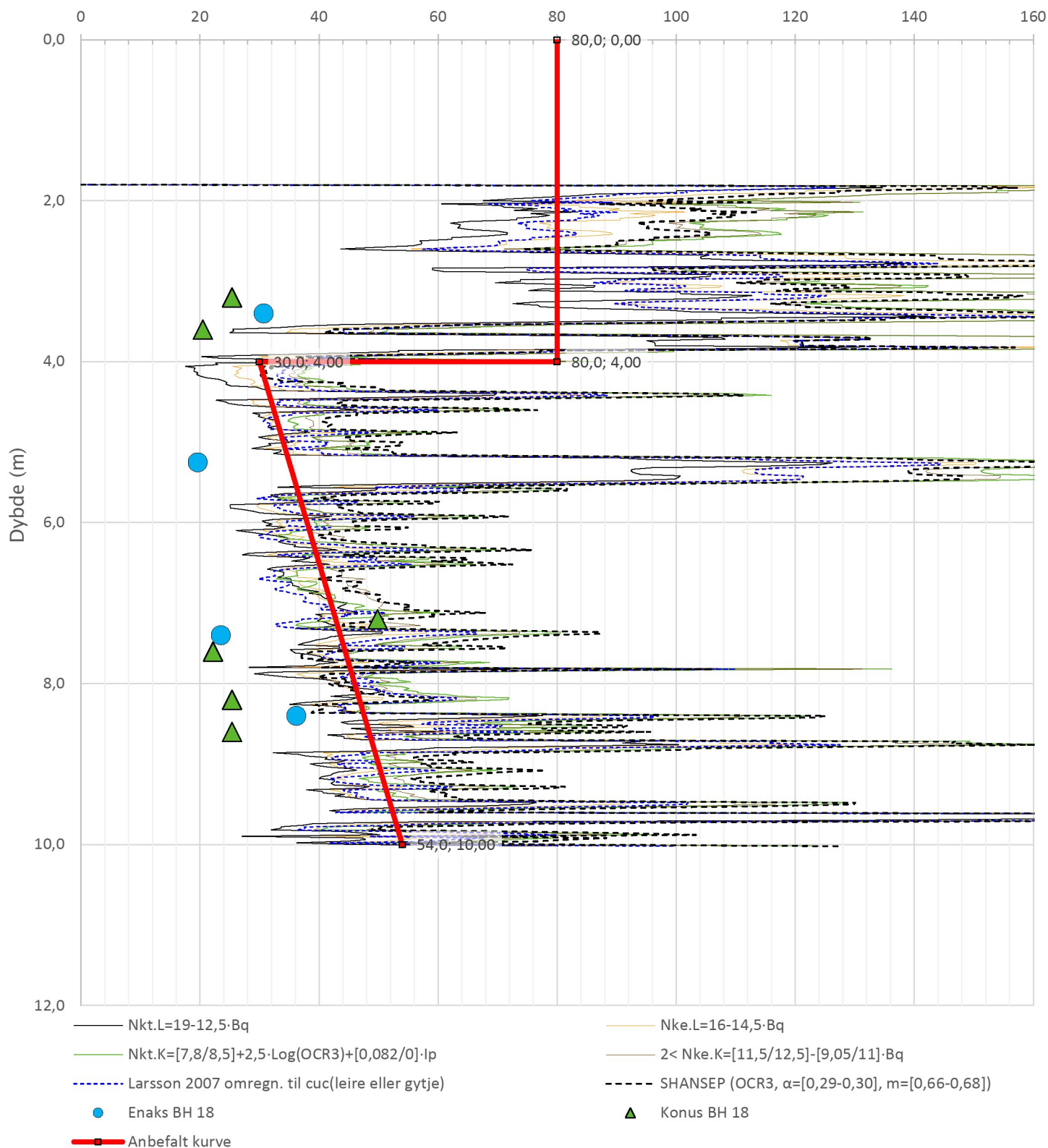
Anvend.klasse
Figur
C.7

Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH 18: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$

Konus BH 18: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt

Testprosjekt

Innhold

Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet



Utført

Region

Vegdirektoratet

Kontrollert

Dato sondering

27.11.2019

Godkjent

Revisjon

Rev. dato

Borhull

18

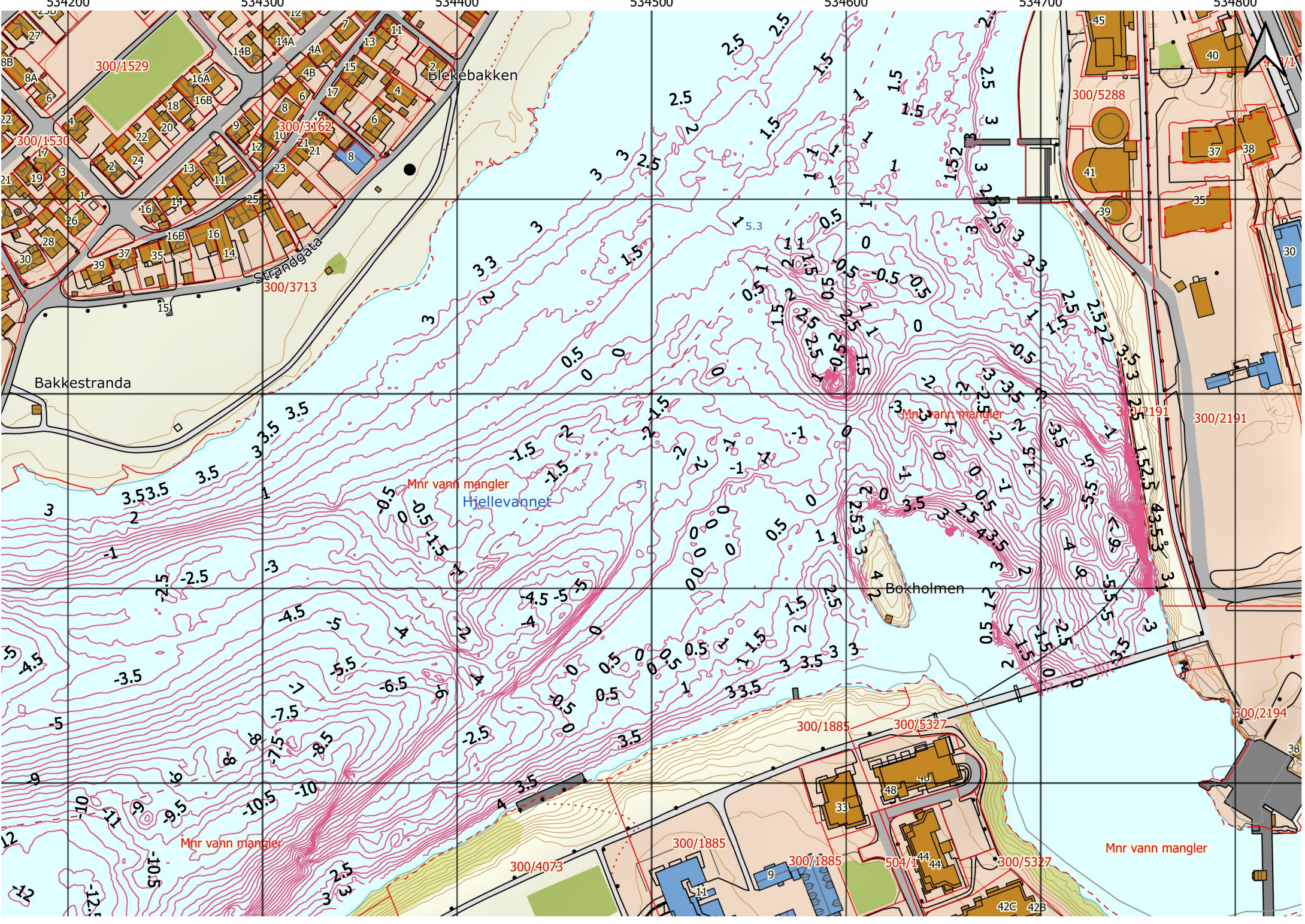
Sondennummer

5222

Anvend.klasse

Figur

C.8



300/1529

300/3162

300/3713

300/5288

300/2191

300/1885

300/5327

300/4073

300/1885

300/1885

504/1144

300/5327

300/2194

Mnr vann mangler

Bakkestranda

Blekebakken

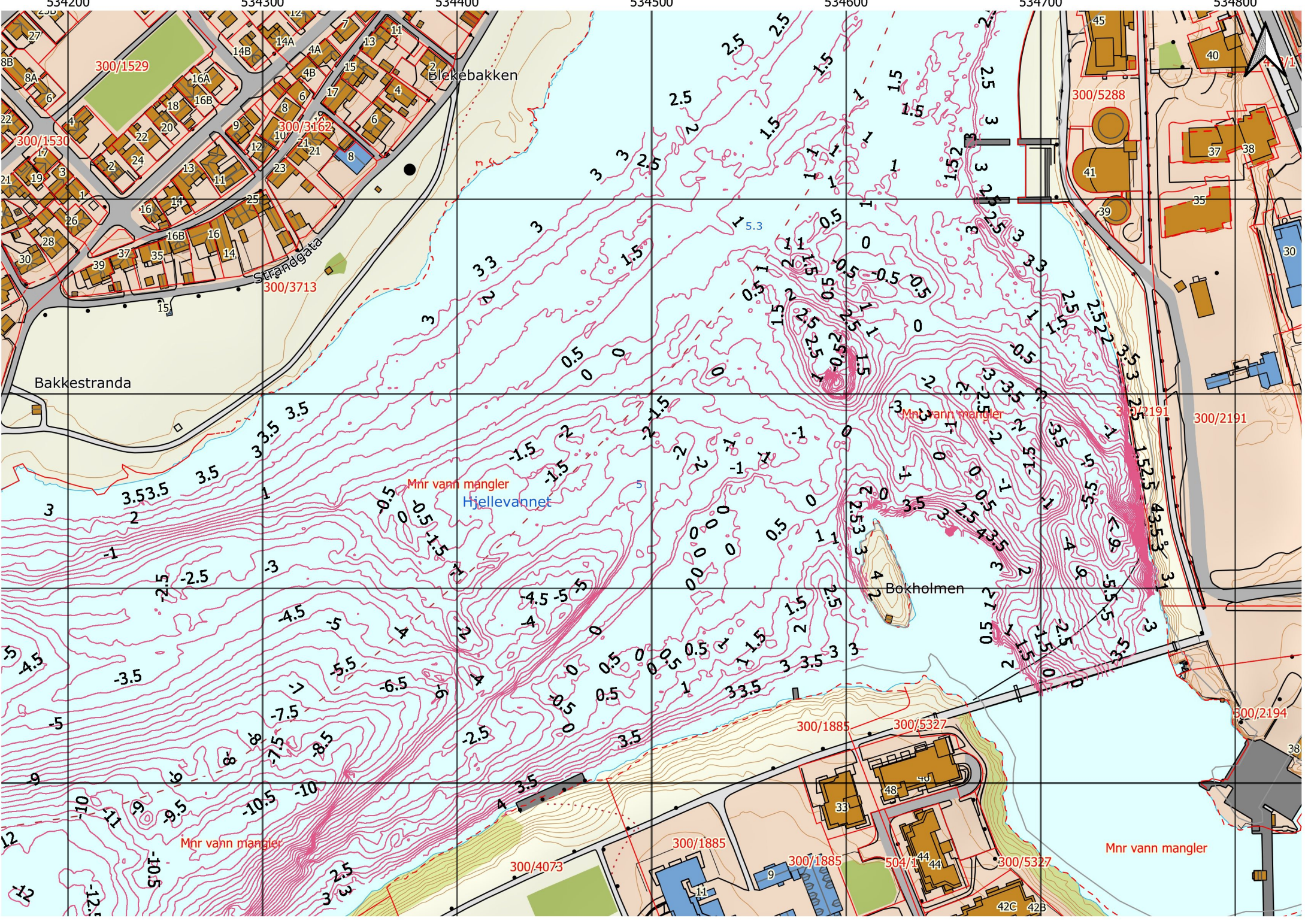
Bokholmen

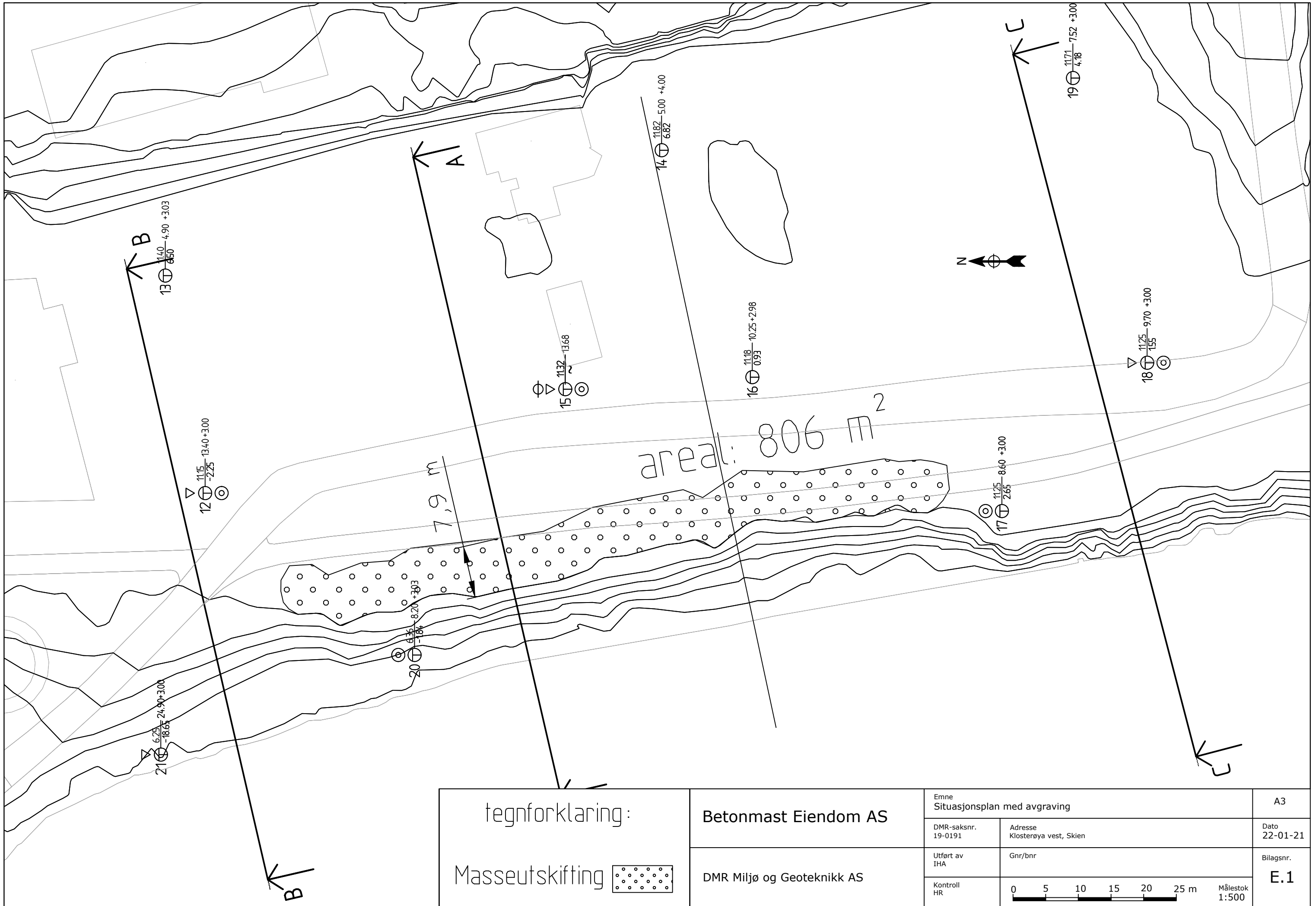
Mnr vann mangler

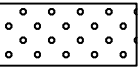
Hjellevannet

Mnr vann mangler

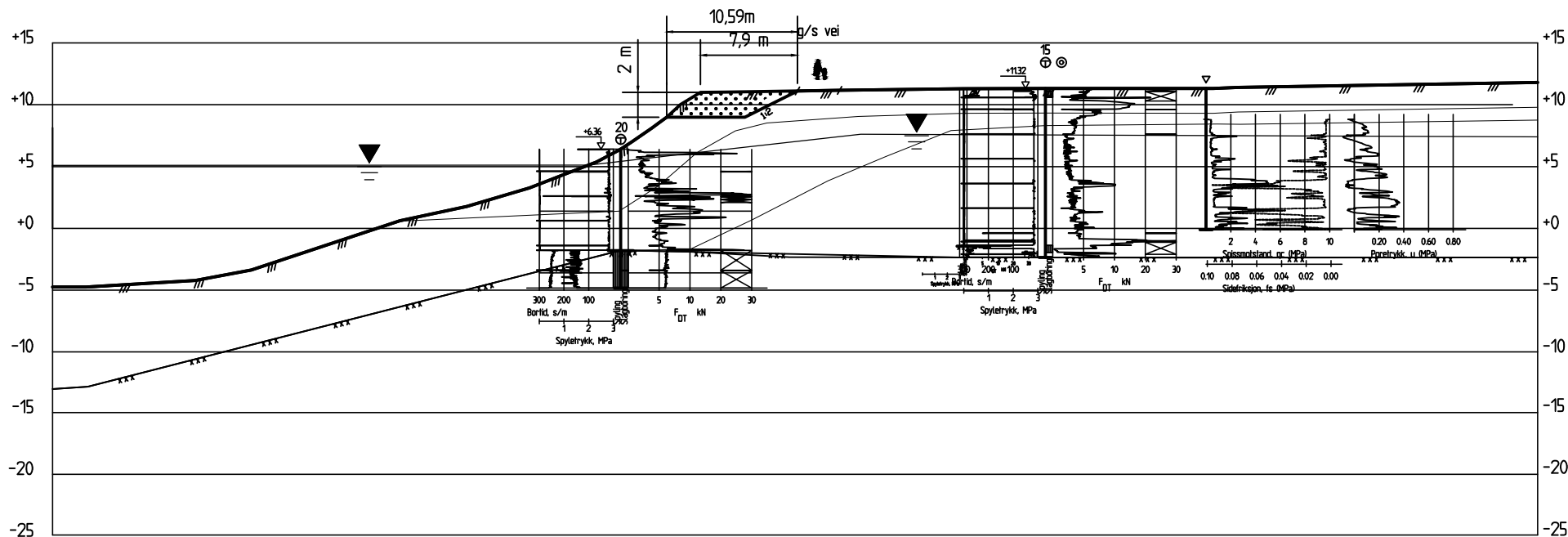
Mnr vann mangler





tegnforklaring:	Emne Situasjonsplan med avgraving		A3
	DMR-saksnr. 19-0191	Adresse Klosterøya vest, Skien	Dato 22-01-21
Masseutskifting 	Utført av IHA		Bilagsnr. E.1
	DMR Miljø og Geoteknikk AS	Gnr/bnr	
	Kontroll HR	0 5 10 15 20 25 m	Målestok 1:500

Lettklinker 



Profil A-A

Betonmast Eiendom AS	Emne Snitt A-A - avgraving, dimensjoner		A4
	Kundesaksnr.	Adresse Klosterøya vest, Skien	Dato 22-01-21
DMR Miljø og Geoteknikk AS	DMR-saksnr. 19-0191	Gnr/bnr 300/2191	Bilagsnr. E.2
	Utført av IHA	0 5 10 15 20 25 m Målestokk 1:500	