

VENNESLA KOMMUNE

OMRÅDESTABILITETS- VURDERING FOR MOSEIDMOEN

OMRÅDESTABILITETSVURDERING

ADRESSE COWI AS
Karvesvingen 2
Postboks 6412 Etterstad
0605 Oslo
TLF +47 02694
WWW cowi.no

INNHold

1	Sammendrag	3
2	Innledning	4
3	Regelverk og sikkerhetskrav for planlagt tiltak	5
3.1	Sikkerhetskrav	5
4	Terreng- og grunnforhold	6
5	Befaring	9
6	Grunnundersøkelser	11
7	Skredmekanismer og soneavgrensning	12
7.1	Løsne- og utløpsområde	13
8	Soneklassifisering	17
9	Kritisk snitt og materialeparameter	17
9.1	Valg av kritisk snitt	17
9.2	Materialeparametere	18
10	Stabilitetsvurderinger	21
10.1	Last	21
10.2	Grunnvannsstand	22
10.3	Udrenert analyse (Korttidstilstand)	22
10.4	Drenert analyse (Langtidstilstand)	23

OPPDRAGSNR.

A202441

DOKUMENTNR.

A202441-RAP-RIG-001

VERSJON

1.0

UTGIVELSESDATO

08.02.2021

BESKRIVELSE

Områdestabilitetsvurdering

UTARBEIDET

TOBS/BOSN

KONTROLLERT

KRTS

GODKJENT

LAAN

11	Konklusjon	24
12	Oversikt over vedlegg	24
13	Referanser	25

VEDLEGG

Vedlegg 1 Borplan

Vedlegg 2 Tolkning av lab forsøk

Vedlegg 3 Faresonekart

Vedlegg 4 Stabilitetsvurderinger

Vedlegg 5 Faregrads og risikovurdering

1 Sammendrag

I forbindelse med områderegulering for planlagt fortetting av boligområdet Moseidmoen i Vennesla kommune er det på oppdrag av kommunen utført en områdestabilitetsvurdering jevnfør NVE Veileder 1/2019 [1].

Det er utført grunnundersøkelser av to ganger. Først ble det utført fire totalsonderinger i april 2020, hvor tre av sonderingene indikerte sprøbruddmateriale. I august 2020 ble det utført supplerende undersøkelser i form av prøveserie, CPTu, treaks- og ødometerforsøk i et av borhullene, og det ble bekreftet at det var kvikkleire. I januar 2021 ble det utført en befaring for å kartlegge erosjonsforhold og berg i dagen.

Det er gjort vurderinger av grunnforhold, kritisk snitt, skredmekanisme, løsne- og utløpsområde, faregradsklasse samt stabiliteten av dagens skrånninger.

Det er funnet at dagens situasjon overholder kravet for tilstrekkelig sikkerhet jevnfør veilederen. Dette forholdet er dog kun gjellende, hvis det ikke skjer noen form for lastendringer i forhold til dagens situasjon. Lastendringer er blant annet terrengendringer (f.eks. utgraving ved skråningsfot eller oppfylling på skråningstopp), endringer i grunnvannsstand og endring av bebyggelse (f.eks. fortetting). Lastendringer vil forårsake en korttidstilstand, og denne tilstanden er ikke funnet å overholde sikkerhetskravet jevnfør veilederen.

For den sørlige skrånningen er det ikke gjort en vurdering av stabiliteten, da det ikke finnes tilstrekkelig grunnlag tett på skrånningen til å kunne gjøre denne vurdering. Undersøkelser nærmere skrånningen vil kunne av- eller bekrefte om det også finnes kvikkleire her eller om løsne- og utløpsområdet kan avgrenses ytterligere.

Det er kun gjort vurderinger av dagens situasjon. Det vil si tiltak i forhold til fortettingen er ikke undersøkt.

Tiltaket er i tiltakskategori K4. Det vil si, at det stilles krav til kvalitetssikring av uavhengig foretak.

Det må i forbindelse med detaljregulering av området utføres supplerende grunnundersøkelser og utføres stabilitetsberegninger for å kunne bestemme nødvendig stabiliserende tiltak.

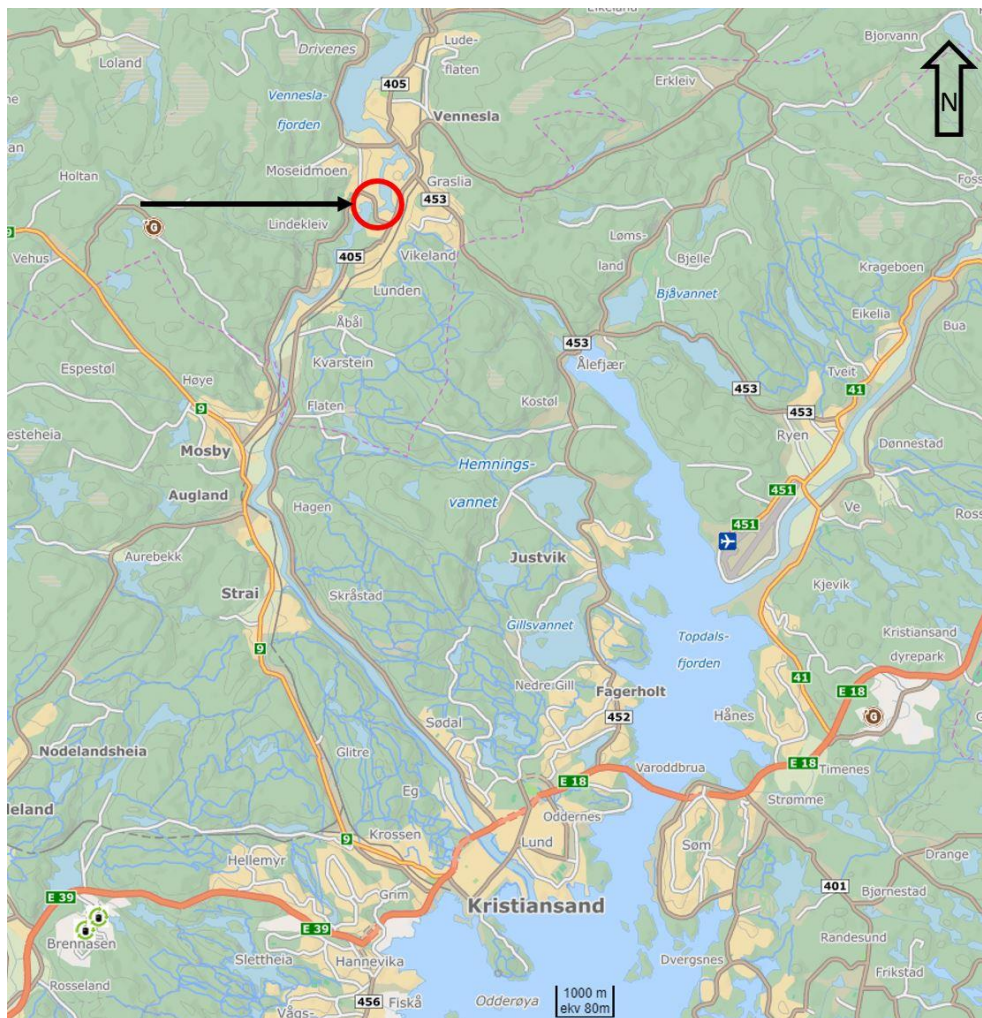
2

COWI AS er engasjert av Vennesla kommune som geoteknisk rådgiver (RIG) for vurdering av områdestabilitet i forbindelse med kommunens utarbeidelse av områdeplan for boligområdet på Moseidmoen. Prosjektområdet vises på Figur 1 og planområdet vises på Figur 2.

Det aktuelle notatet er versjon 2 og inneholder en oppdatert utredning på bakgrunn av supplerende grunnundersøkelser utført i sommeren 2020.

Det gjøres kun vurderinger av dagens situasjon. Eventuelle tiltak eller sikringstiltak vil derfor ikke bli vurdert eller behandlet i denne utredningen.

Denne rapporten har til formål å utarbeide faresonekart med tilhørende faregradsklassifisering for planområdet. I den forbindelse utføres stabilitetsvurderinger av de kritiske skråningene for å vurdere sikkerheten av dagens situasjon for planområdet.



Figur 1 Oversikt over området ved Moseidmoen. Prosjektområdet er markert med rødt.



Figur 2 Planområdet.

3 Regelverk og sikkerhetskrav for planlagt tiltak

Følgende regelverk ligger til grunn for utredningen:

- > Plan- og byggingsloven, PBL
- > Byggeteknisk forskrift, TEK17
- > NVEs retningslinjer 2/2011: Flaum og skredfare i arealplanar.
- > NVE Veileder nr. 1/2019: Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.

3.1 Sikkerhetskrav

Krav til tiltakskategoriene K0 til K4 er angitt i Figur 3, se ref. [1]. Kravene må følges i forbindelse med utredning av faresone og utbygging.

Da det er snakk om fortetting av boliger med tilflytting av personer i området vil tiltakskategori K4 gjelde her, se Figur 3.

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 3 Tiltakskategori med eksempler på type tiltak og markering av aktuell tiltakskategori.

Krav til sikkerhet for tiltakskategori K4, hvis tiltaket forverrer stabiliteten, er:

- > For korttidsanalyser (totalspenningsanalyse) kreves en sikkerhetsfaktor på $F_{cu} \geq 1,40 \times f_s$, hvor f_s er sprøhetsforholdet på 1,15 som korrigerer for sprøbruddeffekt, dvs. $F_{cu} \geq 1,61$.
- > For langtidsanalyser (effektiv spenningsanalyse) kreves en sikkerhetsfaktor på $F_{c\varphi} \geq 1,25$.

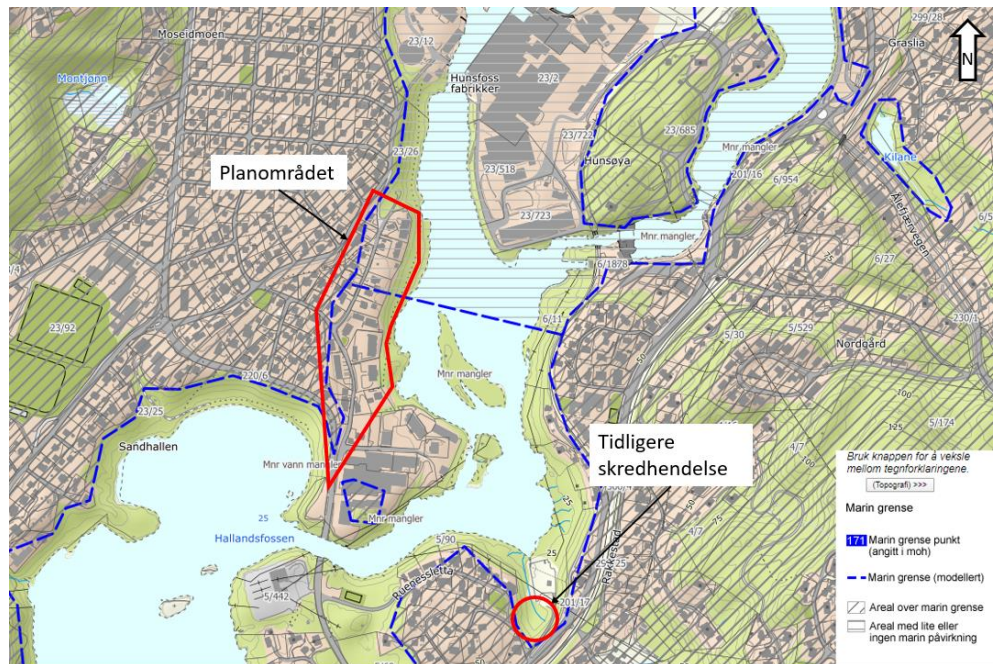
Ytterligere stilles krav til kvalitetssikring av uavhengig foretak.

4 Terreng- og grunnforhold

Prosjektområdet ligger delvis under marin grense som vist på Figur 4. Det kan derfor være mulig å påtreffe marin leire i grunnen.

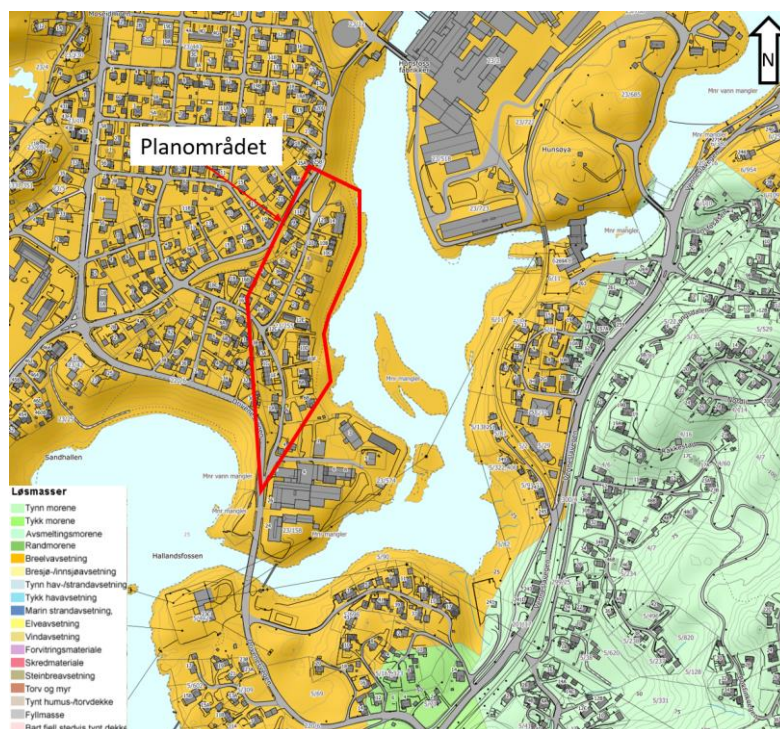
Det er ikke registrert kartlagte kvikkleiresoner eller faresoner i området.

Det er ikke registrert tidligere skredhendelser i planområdet som er innrapportert til NVE. Det er dog registrert skredhendelse ca. 300 meter i luftlinje sør-øst for planområdet på motsatte side av elven Otra.



Figur 4 Kart med oversikt over marin grense, hentet fra NGUs karttjeneste.

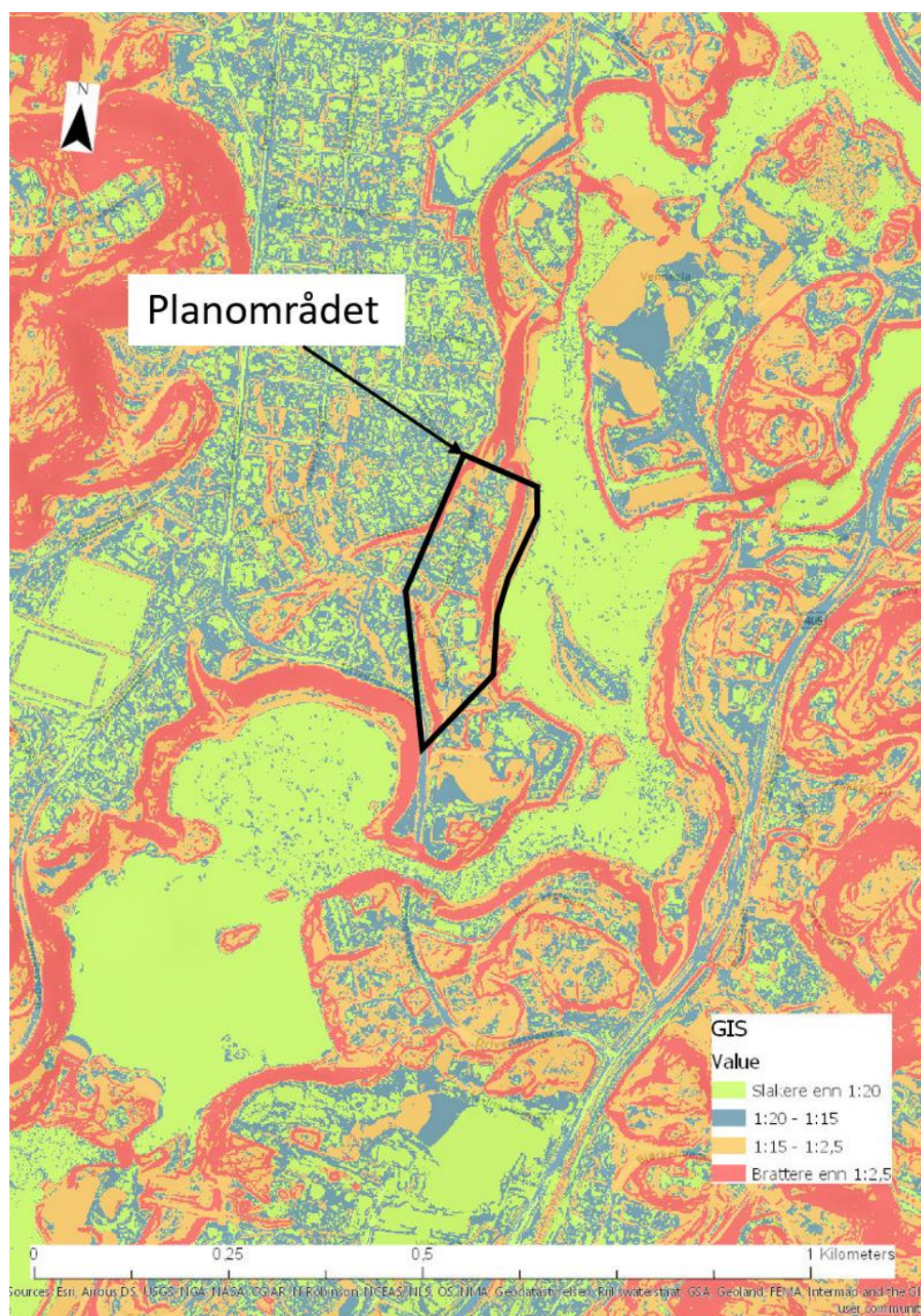
Kvartærgeologisk kart fra NGU indikerer at løsmassene i området består av breelvavsetning, se Figur 5. Breelvavsetninger er materiale transportert og avsatt av breelver som består av sorterte, ofte skråstilte lag av forskjellig kornstørrelse fra fin sand til stein og blokk. Breelvavsetninger har ofte klare overflateformer som terrasser, rygger og vifter, se Figur 7, hvor spesielt terrassene kan ses. Mektigheten er ofte flere ti-talls meter. Det kan forekomme bløt leire under slike avsetninger, men risiko for det er betydelig mindre over marin grense.



Figur 5 Kvartærgeologisk kart fra NGU.

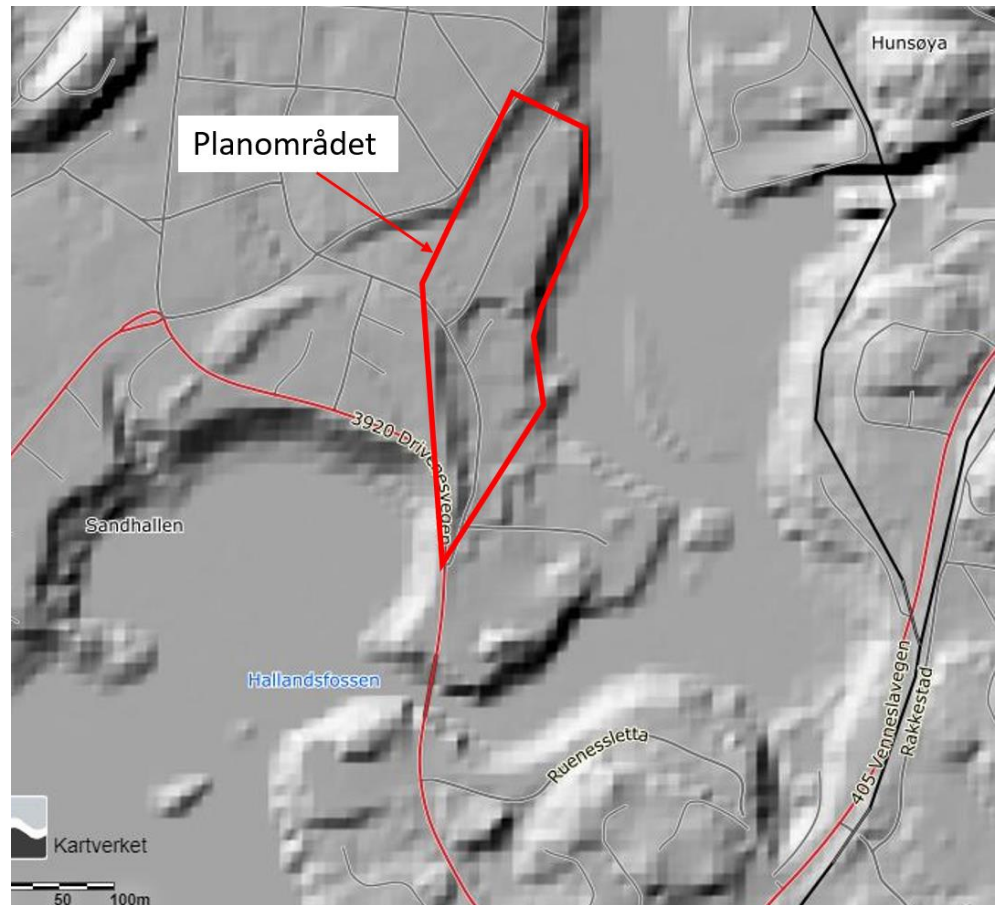
Det er utført en terrengeanalyse (GIS) med helningsintervaller vist på Figur 6. Det er flere relativt flate partier i planområdet, men det forekommer også bratte partier. Dette ses spesielt i skråningene ut mot elven samt i overgangen mellom de flate partiene. Skråningshelningene varierer mellom 1:1,1 til 1:1,7.

I april 2019 ble det utført kartlegging av elvebunnen langs Moseidmoen. Ut fra dette er det funnet skråningshøyder på mellom 16 – 18 m for de østvendte skråninger og 33 m for den sørlige skråning. Alle skråningshøyder er målt fra elvebunn til skråningstopp. Helningen på elvebunnen er slakkere enn skråningene og varierer mellom 1:5 til 1:13.



Figur 6 GIS-analyse av området.

Relieffkart over området indikerer, at planområdet består av platåterreng.



Figur 7 Relieffkart over området.

COWI har i forbindelse med dette prosjektet utført grunnundersøkelser i form av 4 totalsonderinger i april 2020. Det er i august 2020 utført supplerende undersøkelser i form av prøveserie, treaks- og ødometerforsøk og CPTu i et enkelt borhull.

Resultater fra undersøkelsene er oppsummert i datarapport "A202346-RAP-RIG-001", se ref. [2]. Borplan vises i Vedlegg 1.

5 Befaring

Det er utført befaring i januar 2021. Her er det registrert berg i dagen og erosjon langs elvekanten.

Det er registrert store konsentrasjoner av berg i dagen på spesielt tre forskjellige lokasjoner i forhold til planområdet. Mot nord ved Hunefoss fabrikker, mot vest/sør-vest ved krysset Ravnåsvegen/Drivnesvegen/Hunfosvegen og mot syd ved brua over Hallandsfossen. Se Figur 8 for spesifikke lokasjoner.



Figur 8 Registrering av berg i dagen og erosjonsforhold i Moseidmoen.

Det er registrert liten til ingen erosjon langs elvekant. Løsmassene hvor det er pågått erosjon, er registrert som friksjonsmasser, se Figur 9 og Figur 10. Jevnfør NVE rapport 9/2020 Metodebeskrivelse, se ref. [3], er det sjeldent tilfellet at liten erosjon i friksjonsmasser gir anledning til økt risiko for kvikkleireskred.



Figur 9 Friksjonsmasser i skråningsfot funnet ved befarings på sørlig skråning.



Figur 10 Friksjonsmasser i skråningsfot funnet ved befarings på østlig skråning.

6 Grunnundersøkelser

For plassering av utførte grunnundersøkelser se borplan i Vedlegg 1.

Totalsonderingene viser relativt homogene grunnforhold, jevnfør den geotekniske datarapporten, se ref. [2]. Dybde til berg øker i nordlig retning og boring 3 og 4 er avsluttet på 30 meter uten bergpåvisning. Sonderingene indikerer friksjonsmateriale i hovedsak bestående av breelvavsetninger til ca. 23 m dybde. I totalsondering 3 og 4 viser massene under 23 m dybde avtagende sonderingsmotstand, noe som kan være indikasjon på leire/siltig leire med sprøbruddsegenskaper. Denne oppførselen er også registrert i totalsondering 2 i 18-20 m dybde. I totalsondering 1 er det truffet friksjonsmasser til 4 m dybde og herunder fjell.

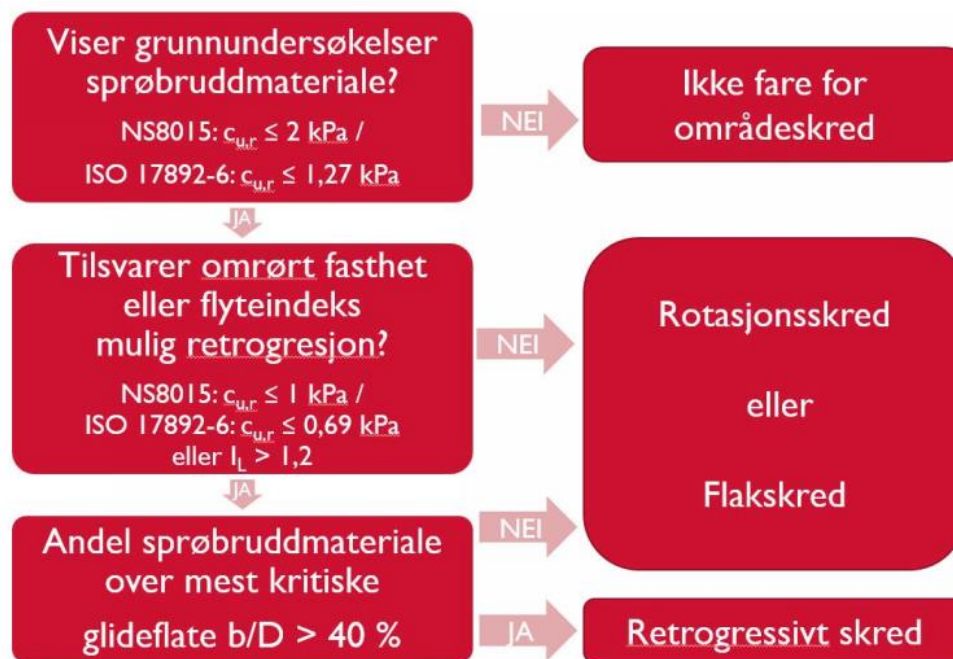
Prøveserie utført i boring 4 i forbindelse med de supplerende undersøkelser viser kvikkleire fra 24 m til 30 m dybde. CPTu er utført fra 24-30 m dybde og viser et

poretrykksforhold, Bq , på omkring $\approx 1,0$, hvilket er en indikator på forekomst av kvikkleire, jevnfør NIFS rapport, detektering av kvikkleire, se ref. [4].

Det er ikke nedsatt piezometer i området, så grunnvandsnivå i skråningen kjennes ikke.

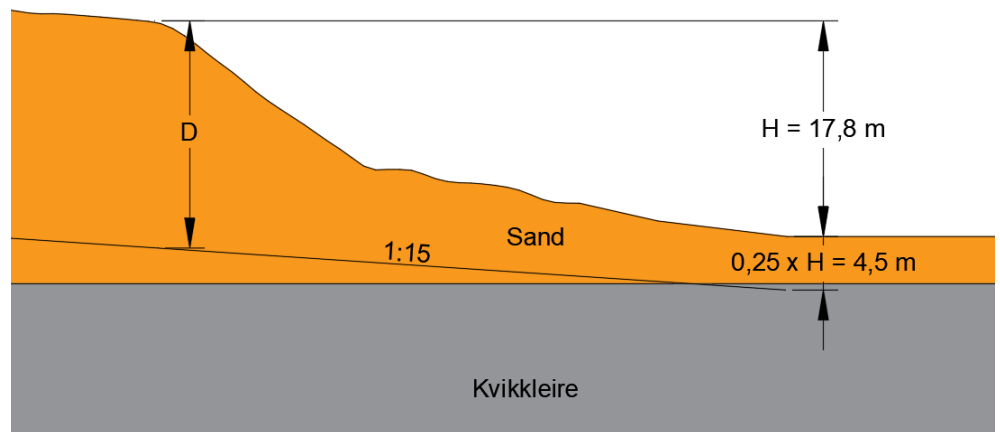
7 Skredmekanismer og soneavgrensning

Skredmekanisme bestemmes ved hjelp av flytskjema i Figur 11.



Figur 11 Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme jf. NVE Veileder 1/2019, se ref. [1].

Laboratorieforsøkene viser omrørt skjærfasthet på under 1 kPa jf. datarapport ref. [2]. Jevnfør skjema gjøres en vurdering av andel kvikkleire over kritisk glideflate. I tilfeller av dyp glideflate anvendes 1:15 linje fra maksimalt $0,25 \times H$ under skråningsfoten. Jevnfør Figur 12 (viser kritisk snitt, se Avsnitt 9.1) er det ingen kvikkleire over 1:15 linjen under toppen av skråningen, hvorfor $b/D < 40 \%$. Det er derfor vurderingen, at et mulig skred vil være enten et rotasjonsskred eller et flakskred. Det er i vurderingen antatt, at laggrensen for kvikkleiren er horisontal. Det stemmer godt overens med de utførte boringene. Ytterligere antas det, at kvikkleiren går til berg – dette er dog kun tilfellet i en enkelt boring. Ytterligere er marine avsetninger typisk horisontalt avleiret, se kapittel 5 for bilder av skråningsfot som viser friksjonsmasser.



Figur 12 Andel av sprøbruddmateriale over 1:15 linje.

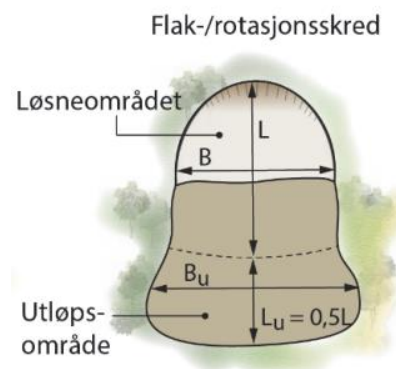
Det vurderes på bakgrunn av ovenstående, at aktuell skredmekanisme vil være et rotasjonsskred. Flaskskred oppstår gjerne i jevnt hellende terreng, hvor det er svake lag i grunnen, parallelt med terreng.

7.1 Løsne- og utløpsområde

I dette avsnitt avgrenses løsne- og utløpsområdene i forhold til den aktuelle skredmekanisme.

Jevnfør NVE veileder 1/2019, ref. [1], vil et rotasjonsskred maksimalt ha et lengde/høyde, L/H , forhold på 5, hvor L er løsneområdets lengde og H er skråningshøyden. Det vil si, at løsneområdet maksimalt vil utbrede seg 5 x skråningshøyden bakover i forhold til skråningstoppen.

Ytterligere vil utløpsområdet for et rotasjonsskred ha utbredelse på $0,5 \times L$, da en del av skredmaterialet vil bli liggende i skredgropa, se Figur 13. Bredden av utløpsområdet er omtrent lik bredden på løsneområdet.



Figur 13 Prinsipp for løsne- og utløpsområdets utbredelse i forhold til et rotasjonsskred.

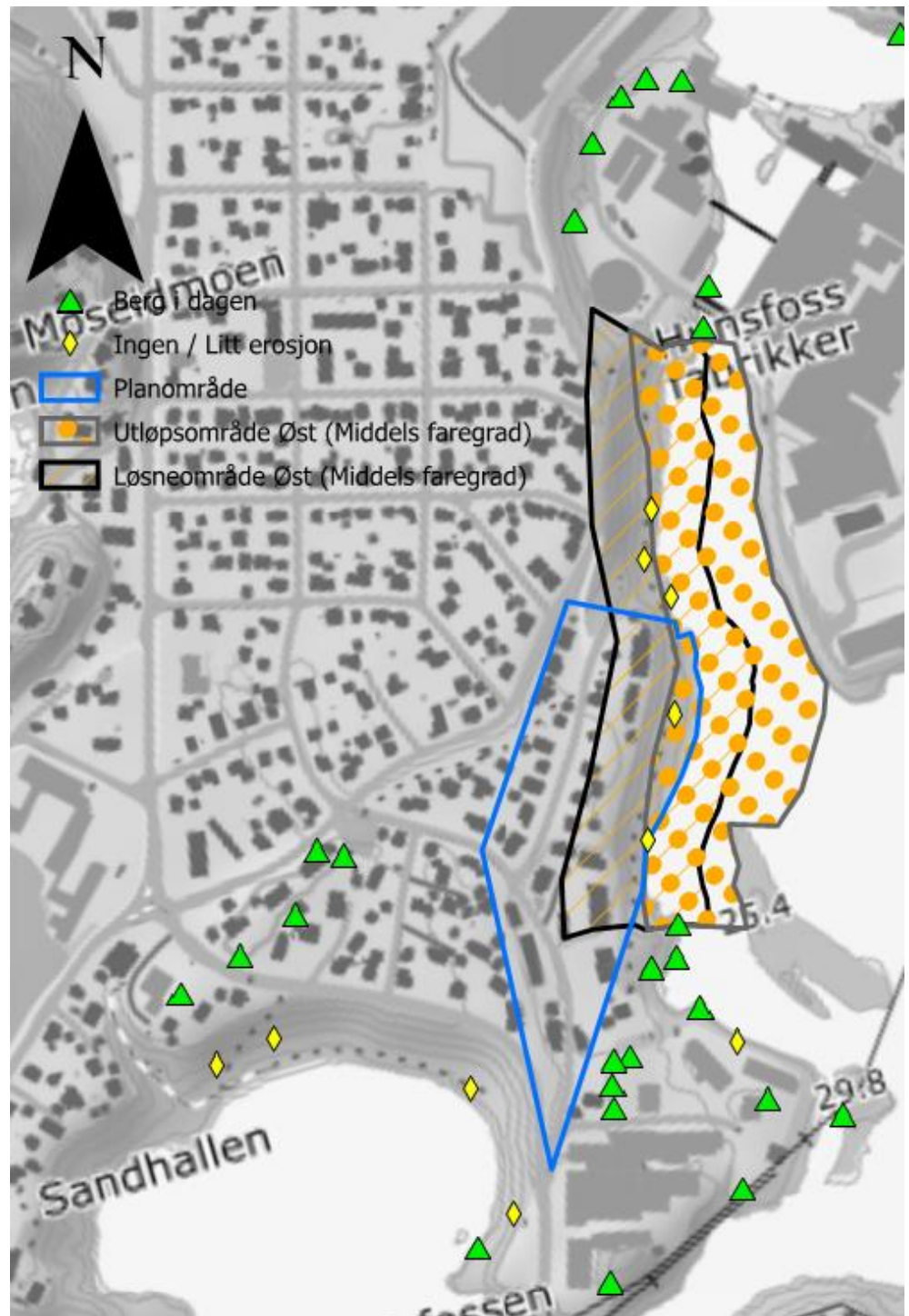
På bakgrunn av dette samt registreringer av berg i dagen og erosjonsforhold fra befaringen er det mulig å avgrense løsne- og utløpsområde. Kart er vedlagt i Vedlegg 3.

Det er funnet nødvendig å definere to separate løснеområdene med hver sitt tilhørende utløpsområde; et for den sørlige skråningen og et for den østlige skråningen. På Figur 14 og Figur 15 ses hhv. løсне- og utløpsområdet for sørlige og østlige skråning.

For den sørlige skråningen er avgrensingen utført på bakgrunn av laggrensene i boring 2, 3 og 4, hvilket tilsier et rotasjonsskred. Det er dog ikke grunnundersøkelser tett nok på skråningen til å kunne gjøre en vurdering av stabiliteten. Undersøkelser nærmere skråningen vil kunne av- eller bekrefte om det også finnes kvikkleire her eller om løсне- og utløpsområdet kan avgrenses ytterligere.



Figur 14 Løсне- og utløpsområde for sørlig skråning.



Figur 15 Løsne- og utløpsområde for østlig skråning.

Det oppstår et område, hvor begge løsneområder treffer hverandre, jevnfør Figur 16. Herfra vil et ras derfor kunne oppstå både i den østlige skråningen og den sørlige skråningen.



Figur 16 Trefning av det østlige og sørlige løsneområdet.

8 Soneklassifisering

Evaluering av faregrad for området er gjort iht. NVE veileder 1/2019 og NVE rapport 9/2020, ref. [1] og [3]. Det er gjort en evaluering for begge faresoner. Se Vedlegg 5 for faregradsevaluering. Her følger enkelte utdypende kommentarer til faregradsevalueringen.

Jevnfør Avsnitt 9.2 er det ut fra ødometerforsøk funnet, at området er litt overkonsolidert.

Jevnfør Avsnitt 6 er det ikke utført noen grunnvannsmålinger i området. Ytterligere er det ikke noe tilgjengelig informasjon rundt grunnvannsstanden i området. Grunnforholdene tilsier dog ikke, at det skal forekomme hverken poreover- eller undertrykk. Se Avsnitt 9.2 for utdypning av plassering av grunnvannsspeil. For elva anvendes normalvannstanden i kote +24.

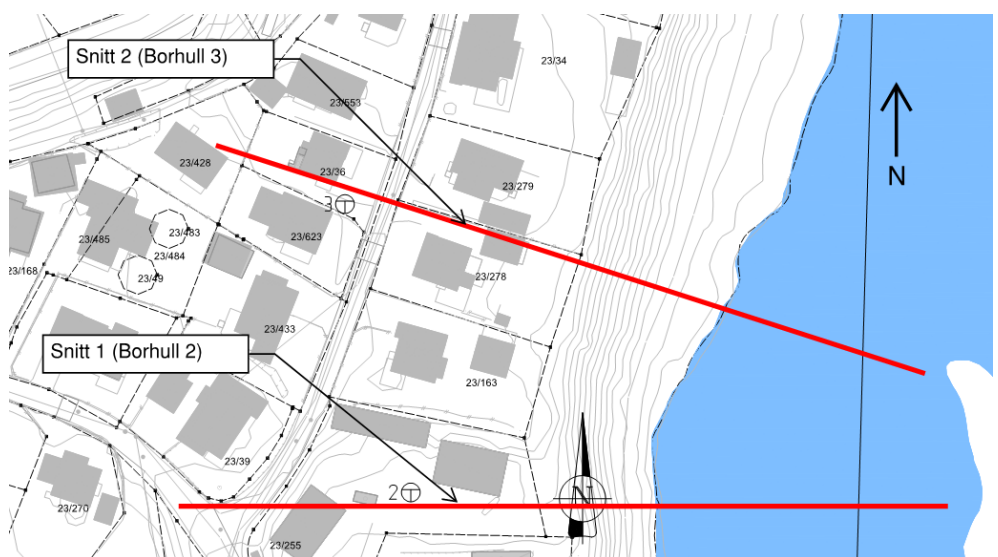
Det er funnet, at den østlige skråningen har middels faregradsklasse og alvorlig skadekonsekvensklasse. Dette gir en risikoklasse på 4.

Det er funnet, at den sørlige skråning har høy faregradsklasse og alvorlig skadekonsekvensklasse. Dette gir likeledes en risikoklasse på 4.

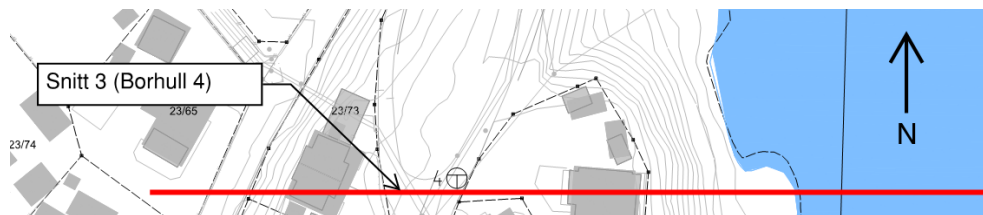
9 Kritisk snitt og materialeparameter

9.1 Valg av kritisk snitt

Utfra data fra høydedata.no koblet med data for elvebunnen er det vurdert på kritisk snitt. Det er vurdert på 3 snitt, en for hver boring, der det er indikert eller påvist kvikkleire, det vil si borhull 2, 3 og 4. Plassering av snittene ses på Figur 17 og Figur 18.

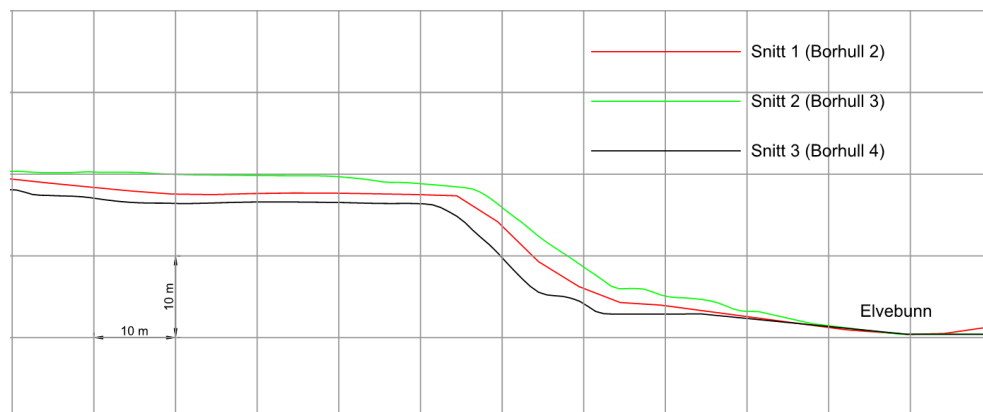


Figur 17 Plassering av snitt 1 og 2 for hhv. borhull 2 og 3.



Figur 18 Plassering av snitt 3 for borhull 4.

Sammenligning av snittene ses på Figur 19.



Figur 19 Sammenligning av snitt.

Snitt 2 er vurdert kritisk, da den har den største skråningshøyde.

9.2 Materialeparametere

Jevnfør Avsnitt 6 er det truffet friksjonsmasser over mulig kvikkleire i totalsondering 2, 3 og 4. Det er truffet friksjonsmasser i totalsondering 1 og det er dessuten grunt til fjell i denne.

Det er utført supplerende grunnundersøkelser i form av prøveserie, treaks- og ødemeterforsøk samt CPTu i leiren i boring 4 fra 24 meter u.t. til 30 m u.t. For tolkning av disse, se Vedlegg 3.

I prøveserien er det truffet kvikkleire med sensitivitet, St , på mellom 250 og 390 (et enkelt forsøk viser $St = 130$). Den omrørte skjærfasthet er for alle forsøk $c_u < 1$ kPa. Ytterligere er det funnet en plastisitetsindeks, I_p , på 4-5 %.

9.2.1 Udrenerte parametere

Jevnfør anbefalinger fra NIFS-rapport "En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktor i prosjektering i norske leirer", se ref. [5], kan ADP-faktorene bestemmes ved hjelp av I_p utfra følgende:

$$\frac{c_{up}}{c_{ua}} = 0,35 \text{ for } 0 < I_p < 10\%$$

$$\frac{c_{ud}}{c_{ua}} = 0,63 \text{ for } 0 < I_p < 10\%$$

For tolkning av skjærfasthet anvendes treack- og ødometerforsøket samt data fra CPTu'en.

Det er i treacksforsøket tolket en aktiv skjærfasthet på $c_{ua} = 95$ kPa. Jevnfør NVE veileder 1/2019 skal det tas hensyn til prøve kvaliteten. Prøve kvaliteten er vurdert på bakgrunn av endring av poretrykk og utpresset porevann. Det er her funnet, at prøve kvaliteten er dårlig, og at forsøket kan klassifiseres som et dårlig forsøk.

Vurdering av OCR er basert på tolkning av forkonsolideringsspenningen, σ'_{pc} , fra ødometerforsøk som kan ses i Vedlegg 2. Tolkningen av OCR er sterkt avhengig av plassering av grunnvannsspeilet, da det gir anledning til endring i de effektive spenninger og dermed endring i OCR. Da det ikke er nedsatt poretrykksmål i området, er det gjort en konservativ vurdering av plassering av grunnvannsspeilet. Antas grunnvannet å være 0 m.u.t. finnes et OCR på 1,9 og antas grunnvannet å være i nivå med elva 14 m.u.t. finnes et OCR på 1,3. Det antas derfor at grunnvannet finnes 7 m.u.t., hvilket er mellom de to ytterpunktene. Dette svarer til en OCR på 1,5.

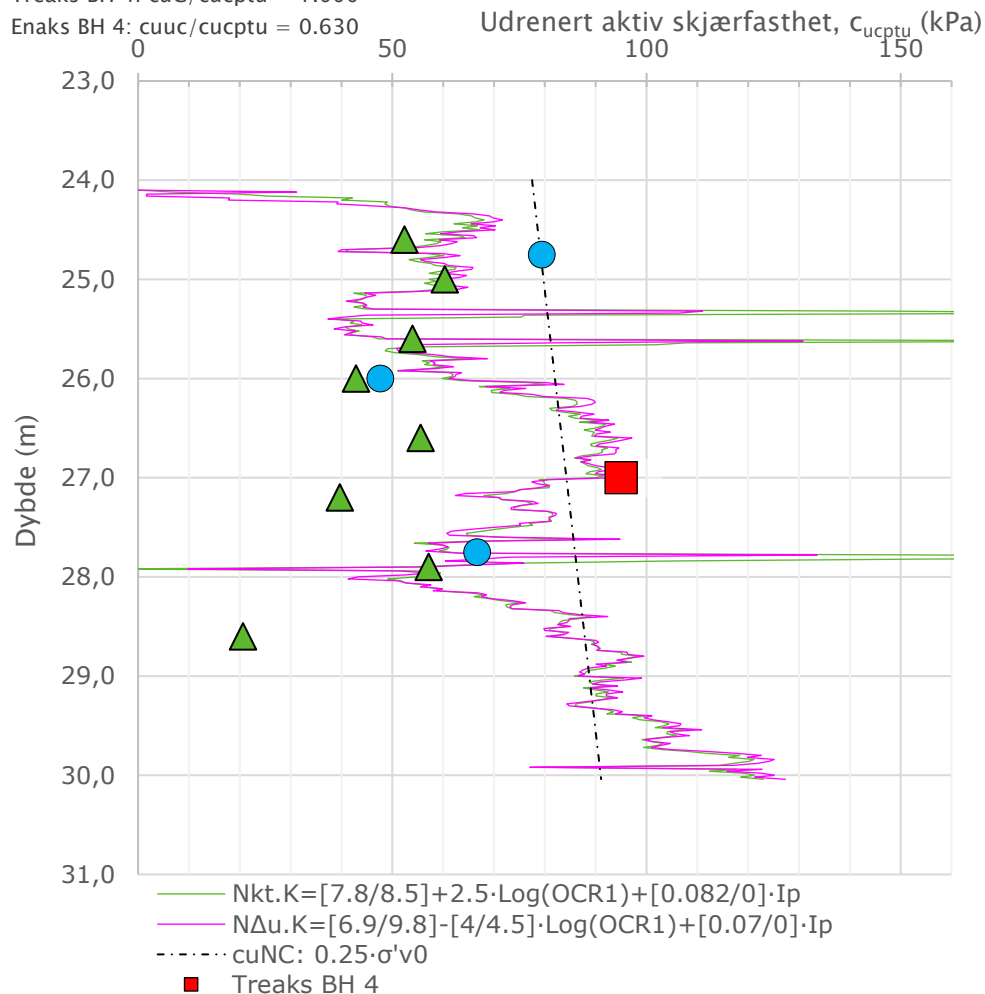
CPTu'en indikerer, at skjærfastheten følger den normalkonsoliderte SHANSEP-linje gitt ved: $0,25 \times \sigma'_{v0}$. CPTu og treack-forsøket er sammenstillet i Figur 20 i forhold til SHANSEP-linja. Ytterligere er enaks- og konusforsøk likeledes satt inn på figuren, men disse vurderes ikke å være representative for skjærfastheten i dybden.

Utfra ovenstående vurderes det at bestemme skjærfastheten utfra den normalkonsoliderte linje, dvs. $c_{ua} = 0,25 \times \sigma'_{v0}$, hvilket er konservativt.

Anisotropiforhold i figur:

Treaks BH 4: $c_uC/c_{ucptu} = 1.000$

Enaks BH 4: $c_{uuc}/c_{ucptu} = 0.630$

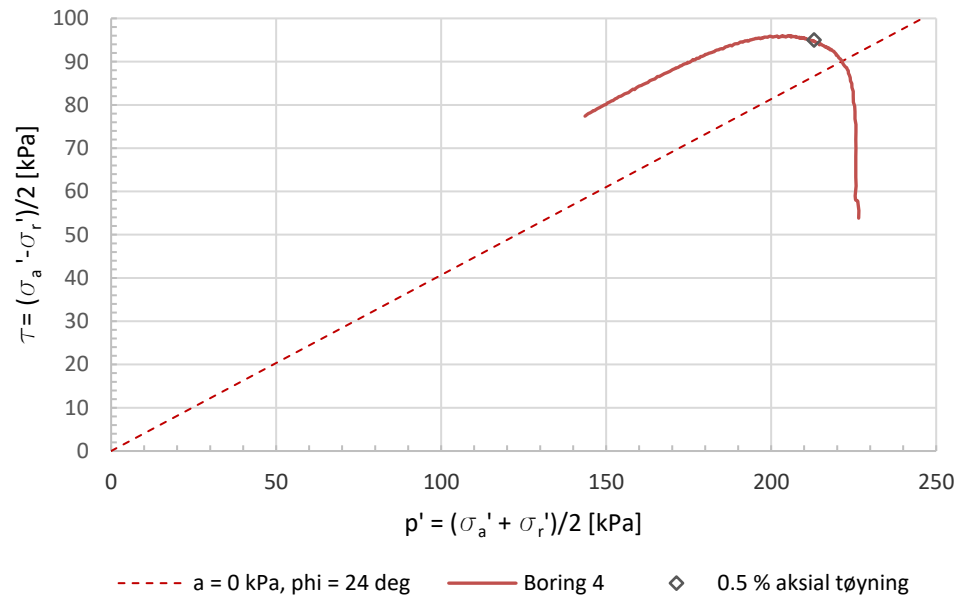


Figur 20 Sammenstilling av laboratorieforsøk i forhold til NC-linja.

9.2.2 Drenerte parametere

Materialeparameter for friksjonsmassene vurderes på bakgrunn av erfaringstall. Det antas, at friksjonsmassene er faste.

Friksjonsvinkel og attraksjon for kvikkleiren bestemmes på bakgrunn av treaksforsøket, hvor det tas høyde for den dårlige prøve kvalitet. En friksjonsvinkel $\varphi = 24^\circ$ og $a = 0$ kPa vurderes å være konservativt. På Figur 12 ses resultatet av treaksforsøket og linje for $\varphi = 24^\circ$ og $a = 0$ kPa.



Figur 21 Tolkning av friksjonsvinkel utfra treksforsøk.

I Tabell 1 ses de valgte materialeparameterne til stabilitetsanalysen.

Tabell 1 Materialeparametere.

Jordart	Tyngdetetthett, γ/γ' , kN/m ³	Friksjonsvinkel	Attraksjon	Skjærfasthet, cu	A : D : P
Sand	20/10	35	0	-	-
Kvikkleire	19/9	24	0	$0,25 \times \sigma'_{v0}$	1 : 0,63 : 0,35

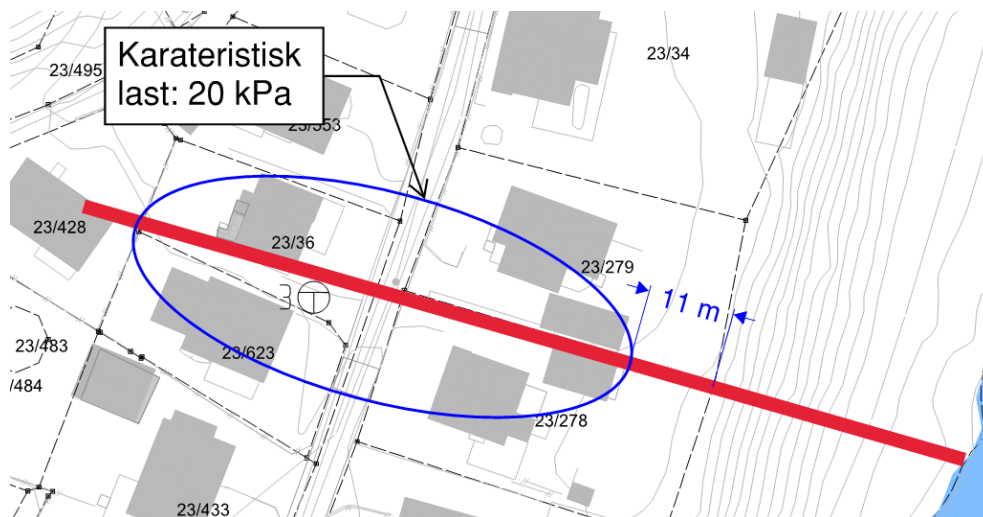
10 Stabilitetsvurderinger

Stabilitetsvurderingene kan ses i Vedlegg 4. Her følger oppsummering av resultatene av beregningen.

10.1 Last

Jevnfør plan av snitt 2 er det bebyggelse 11 m fra skråningstopp, se Figur 22. Det antas en overflatelast på 20 kPa (karakteristisk last) på hele platået.

Partialfaktor for last er $\gamma = 1,3$.



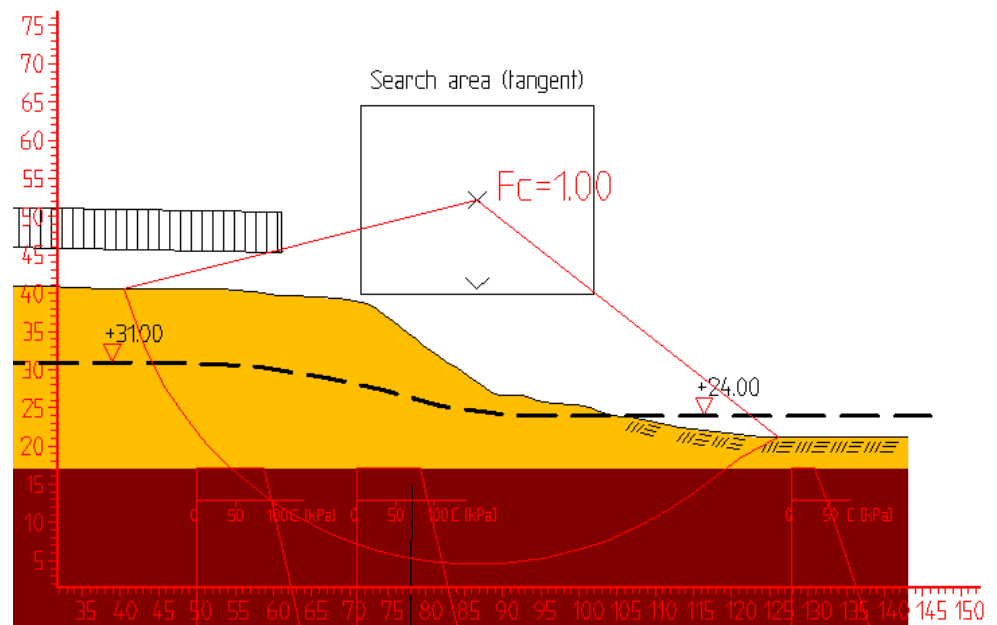
Figur 22 Plassering av bebyggelse i forhold til skråningstopp.

10.2 Grunnvannsstand

Jevnfør Avsnitt 9 er grunnvannsstanden antatt til å være 7 m.u.t. for boring 4 for prøvene er tatt. Terrengekote for boring 3 er 3 m høyere, så grunnvannet plasseres derfor 10 m.u.t, i kote 31. Laveste vannstand i elva kjennes ikke så derfor anvendes normalvannstanden i kote +24.

10.3 Udrenert analyse (Korttidstilstand)

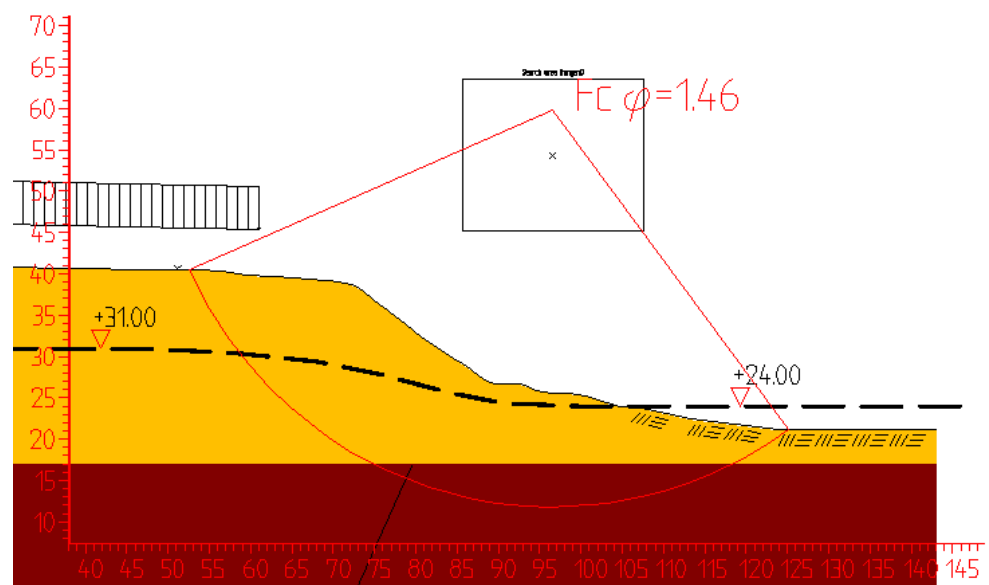
For den udrenerte analyse er det funnet et stabilitetsforhold på $F_{cu} = 1,01$. Se Figur 23 for brudfigur. Stabilitetsforholdet overholder ikke kravet på $F_{cu} \geq 1,61$ jevnfør Avsnitt 3.1. Det bemerkes, at den udrenerte analysen eller korttidstilstanden er en vurdering av hva skråningen kan tåle av raske lastendringer for eksempel ved utgravning eller oppfylling før den går til brudd. Den gir derfor ikke nødvendigvis en rettviseende indikasjon av dagens stabilitetsforhold.



Figur 23 Stabilitetsforhold og brudfigur for udrenert analyse.

10.4 Drenert analyse (Langtidstilstand)

For den drenerte analyse er det funnet et stabilitetsforhold på $F_{\phi c} = 1,48$. Se Figur 24 for brudfigur. Stabilitetsforholdet overholder dermed kravet på $F_{\phi c} \geq 1,25$ jevnfør Avsnitt 3.1. Den drenerte analysen eller langtidssituasjonen er en vurdering av en stasjonær situasjon der det ikke forventes noen lastendringer. Denne vurdering gir derfor en indikasjon av hva sikkerheten av skråningen er i dagens situasjon.



Figur 24 Stabilitetsforhold og brudfigur for drenert analyse.

11 Konklusjon

I forbindelse med områderegulering for planlagt fortetting av boligområdet Moseidmoen i Vennesla kommune, er det på oppdrag av kommunen utført en områdestabilitetsvurdering med tilhørende faresoneutredning.

Utførte totalsonderinger i planområdet har truffet materialer som viser tegn på sprøbruddsegenskaper og utførte laboratorieforsøk bekrefter dette. Rapporten har på bakgrunn av tilgjengelig informasjon definert faresoner med tilhørende høy faregrad. Tiltakskategori for planområdet er vurdert til K4.

Avgrensing av faresoner er gjort med bakgrunn i grunnundersøkelse og befaring. Det er funnet, at faresonen klassifiseres med høy faregrad og risikoklasse 4.

Det er funnet i aktuelle undersøkelse, at korttidssituasjonen ikke overholder kravet for tilstrekkelig sikkerhet. Korttidssituasjonen sier noe om, hva skråningen vil kunne tåle i forhold til raske lastendringer før den går til brudd.

Langtidssituasjonen er funnet å overholde kravet for tilstrekkelig sikkerhet. Langtidssituasjonen er en vurdering av en stasjonær situasjon, hvor det ikke forventes noen lastendringer.

Konklusjonen er, at stabiliteten av dagens situasjon er regningsmessig stabil. Disse forholdene er dog kun gjellende, hvis det ikke skjer noen lastendringer i forhold til dagens situasjon. Forhold som kan forårsake lastendringer, er blant annet terrengendringer (f.eks. utgraving ved skråningsfot eller oppfylling på skråningstopp), endringer i grunnvannsstand og endring av bebyggelse (f.eks. fortetting). Lastendringer vil forårsake en korttidstilstand og denne situasjonen er som nevnt ikke funnet å være regningsmessig stabil.

NVE Veilederen åpner for, at hvis et tiltak utføres i en avstand svarende til 2 x skråningshøyden bak fra skråningstopp (se Figur 3.4 i NVE Veilederen, ref. [1]), vurderes det at tiltaket ikke vil påvirke skråningsstabiliteten. Dette forholdet nevnes kun fordi skråningen i langtidssituasjonen er regningsmessig stabil, hvilket er en forutsetning for å anvende denne betraktningen.

Det må i forbindelse med detaljregulering av området utføres supplerende grunnundersøkelser og utføres stabilitetsberegninger for å kunne bestemme nødvendige stabiliserende tiltak.

12 Oversikt over vedlegg

Vedlegg 1	Borplan
Vedlegg 2	Tolkning av lab. forsøk
Vedlegg 3	Faresonekart

Vedlegg 4	Stabilitetsvurderinger
Vedlegg 5	Faregrads- og risikoevaluering

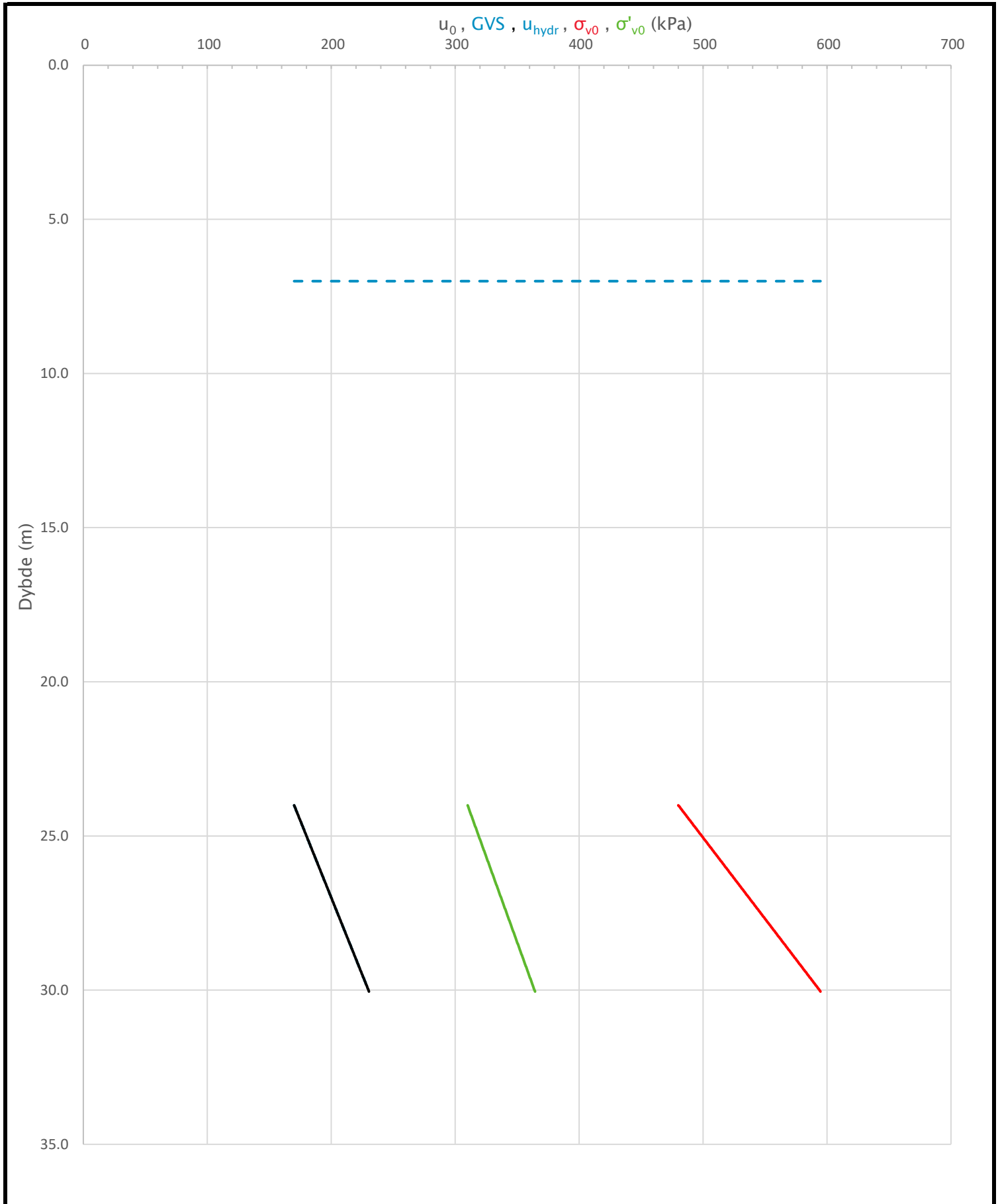
13 Referanser

- [1] NVE, «Veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred,» 2019.
- [2] COWI AS, «Moseidmoen GU. Geoteknisk datarapport,» COWI AS, Oslo, 2020.
- [3] NVE, «Ekstern Rapport nr. 9/2020: Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred - Metodebeskrivelse.».
- [4] NIFS, «Rapport nr. 126/2015: Detektering av Kvikkleire - Sluttrapport.,» 2015.
- [5] NIFS, «Rapport nr. 14/2014: En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktor i prosjektering i norske leirer,» 2014.

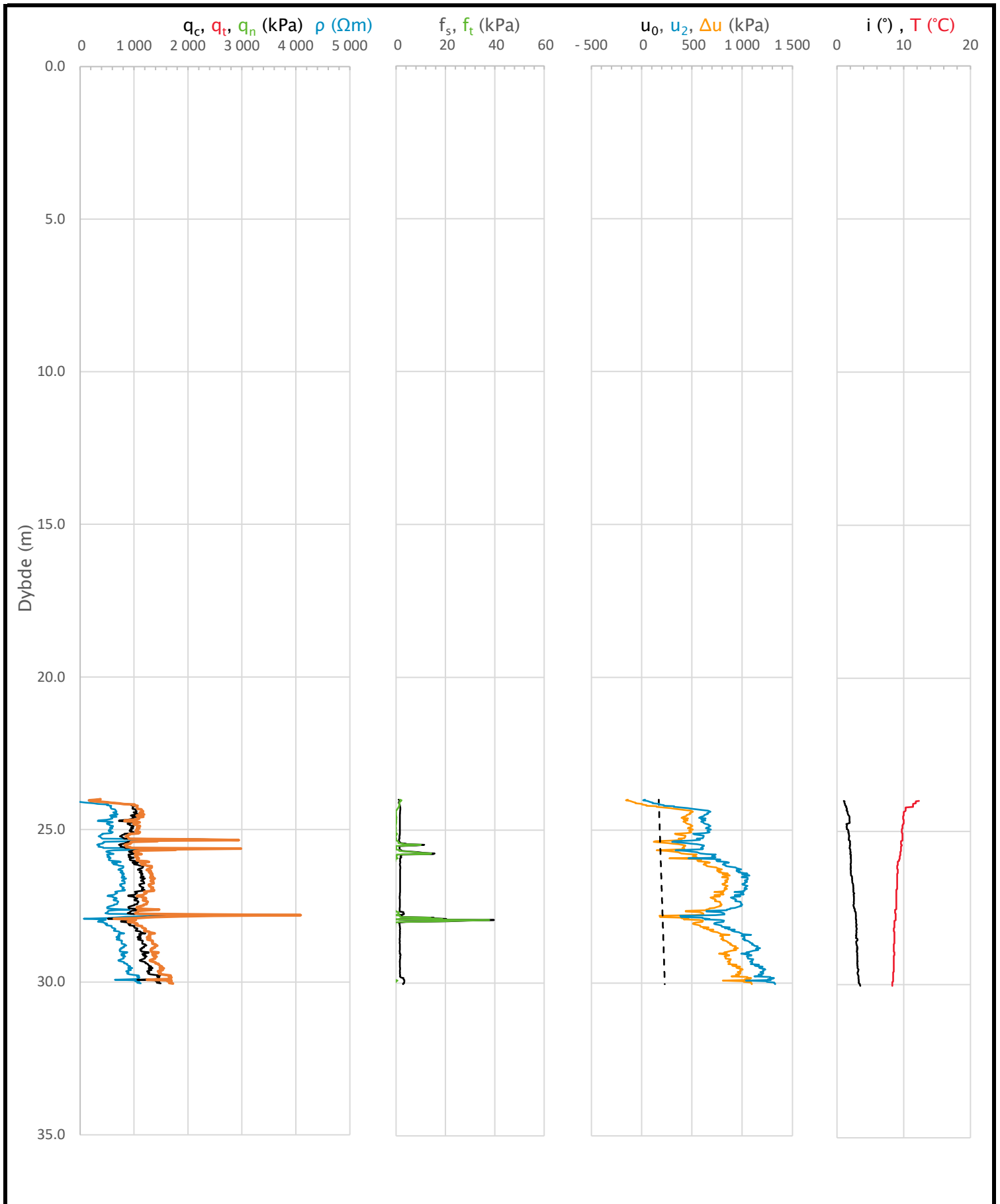
Vedlegg 1 - Borplan

Vedlegg 2 – Tolkning av laboratorieforsøk

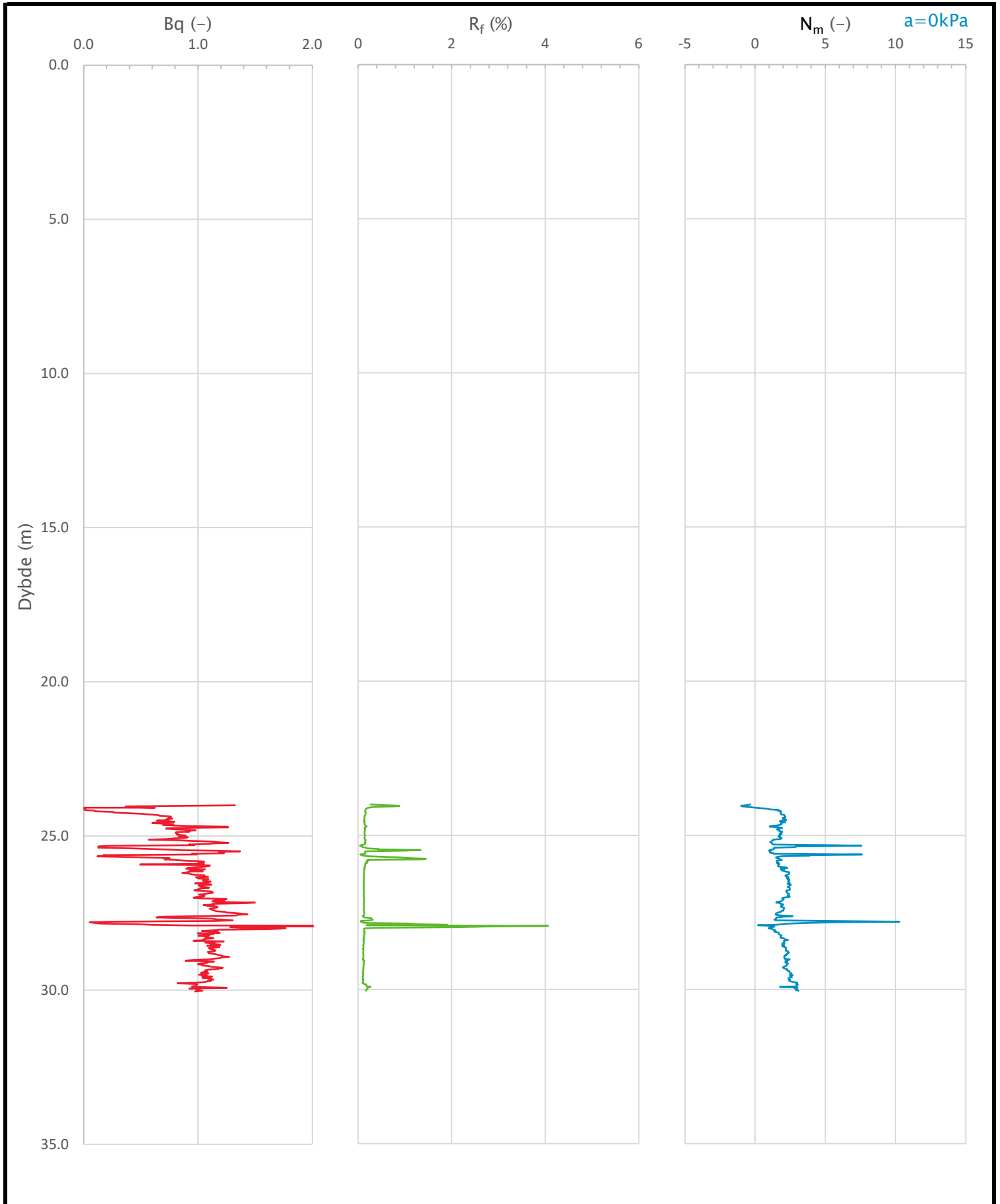
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4554		Boreleder		STEL	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		4	
Kalibreringsdato	11-10-2019		Maks helning (°)		3.5	
Dato sondering	12-08-2020		Maks avstand målinger (m)		0.02	
Filtertype						
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0.5		2	
Måleområde (MPa)	50		0.5		2	
Skaleringsfaktor	1582		3651		2395	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0.4823		0.0104		0.0319	
Arealforhold	0.8150		0.0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	62.176		0.887		2.929	
Temperaturområde (°C)	35					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	5949.8		128.7		385.8	
Registrert etter sondering (kPa)	-80.9		1.0		0.3	
Avvik under sondering(kPa)	80.9		1.0		0.3	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	7.1		0.1		0.3	
Maksverdi under sondering (kPa)	4025.3		39.7		1327.1	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	88.5	2.2	1.1	2.8	0.7	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	2	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon		Poretrykk		Helning	
OK	OK		OK		OK	
Kommentarer:						
Prosjekt					Borhull	
Moseidmoen					4	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					4554	
COWI	Utført		Kontrollert		Godkjent	
	BOSN		KRTS		LAAN	
	Divisjon		Dato sondering		Revisjon	
	Utbygging		12-08-2020		1	
			Rev. dato		01-02-2020	
					Figur	
					1	



Prosjekt Moseidmoen				Borhull 4
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				Sondennummer 4554
COWI	Utført BOSN	Kontrollert KRTS	Godkjent LAAN	Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 12-08-2020	Revisjon 1	Figur 2
			Rev. dato 01-02-2020	



Prosjekt Moseidmoen				Borhull 4
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondennummer 4554
COWI	Utført BOSN	Kontrollert KRTS	Godkjent LAAN	Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 12-08-2020	Revisjon 1 Rev. dato 01-02-2020	Figur 3



Prosjekt				Borhull
Moseidmoen				4
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4554
COWI	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	BOSN	KRTS	LAAN	1
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Utbygging	12-08-2020	1 Rev. dato 01-02-2020	4

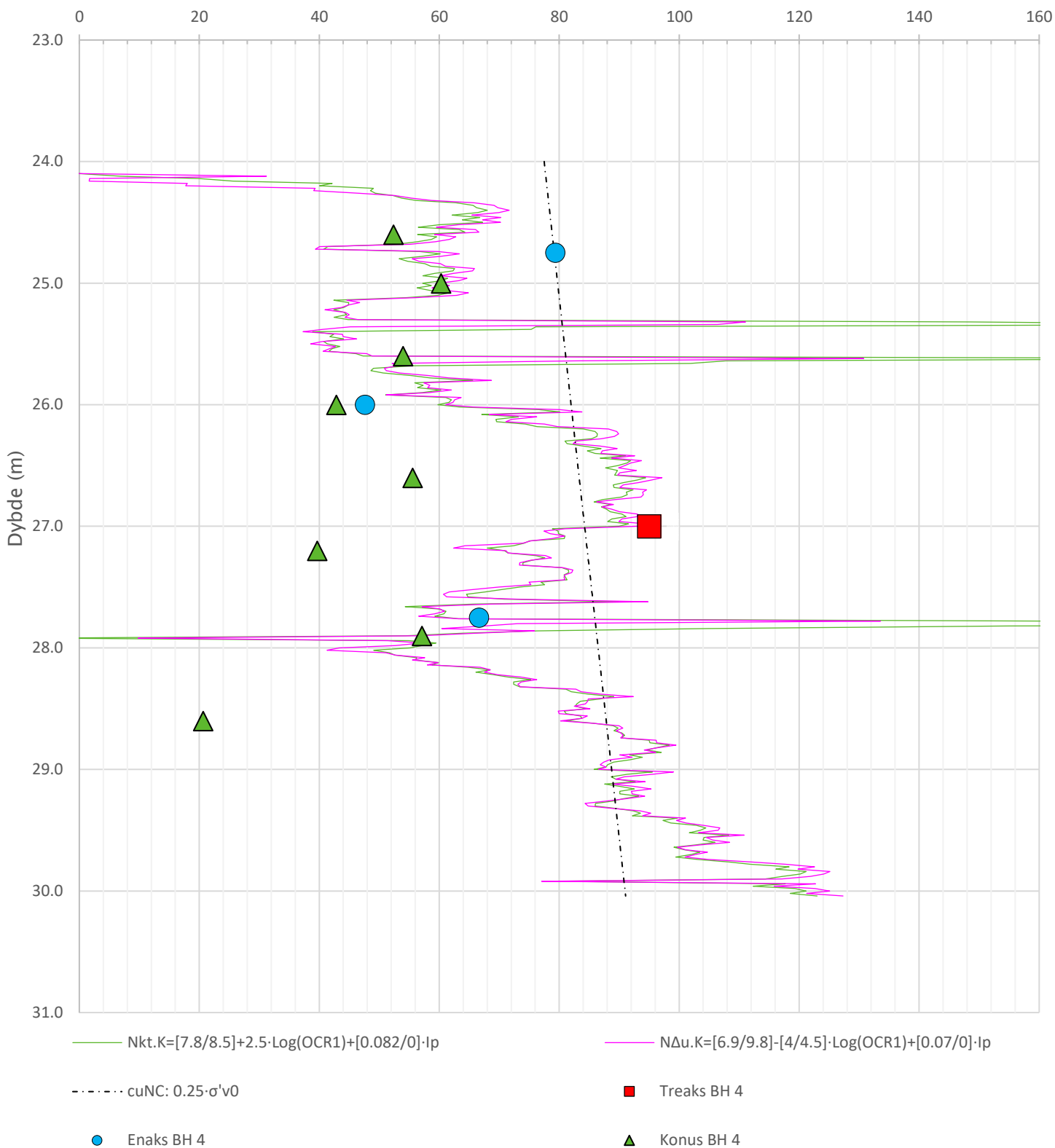
Anisotropiforhold i figur:

Treaks BH 4: $c_uC/c_{ucptu} = 1.000$

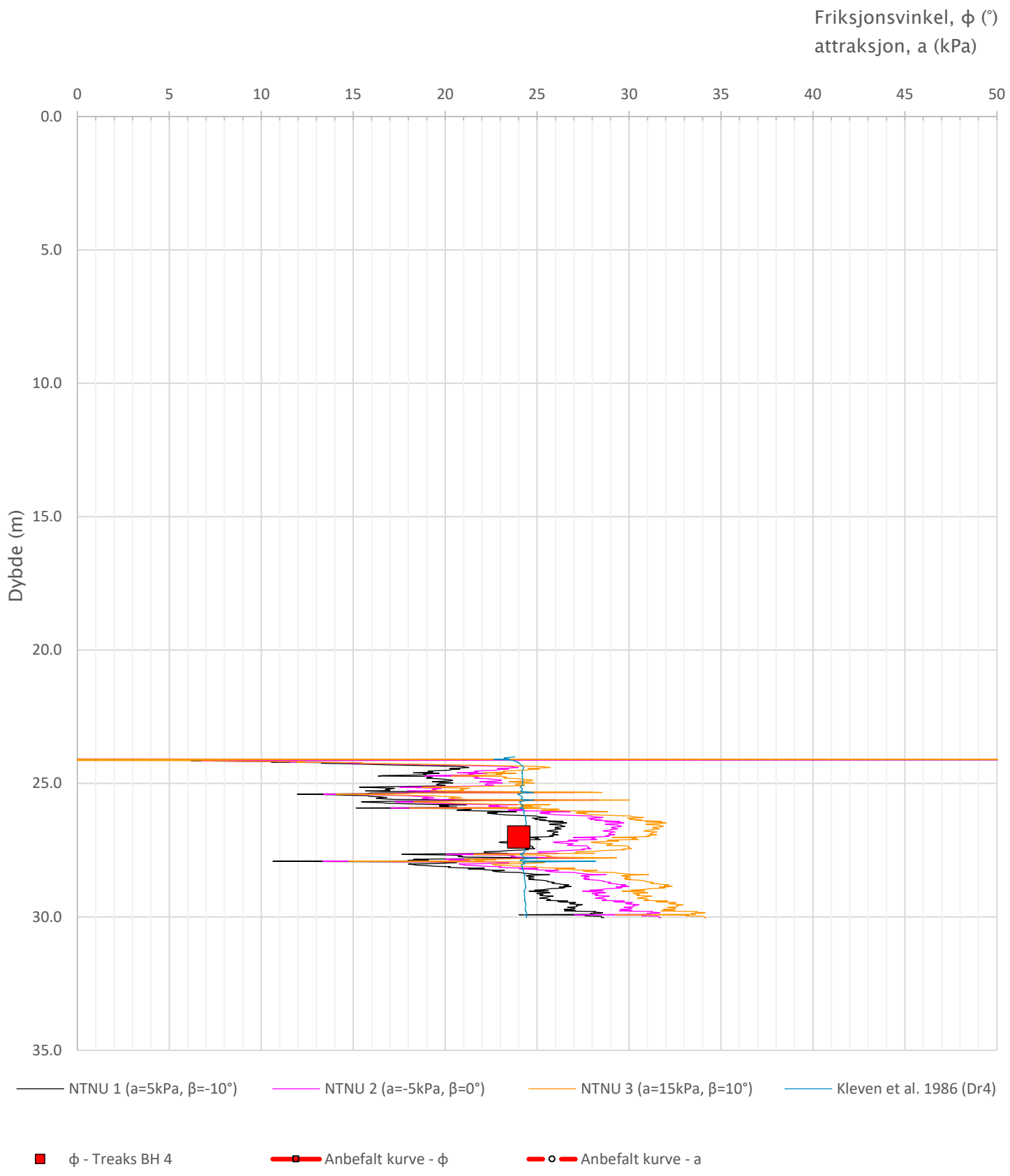
Enaks BH 4: $c_{uuc}/c_{ucptu} = 0.630$

Konus BH 4: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0.630$

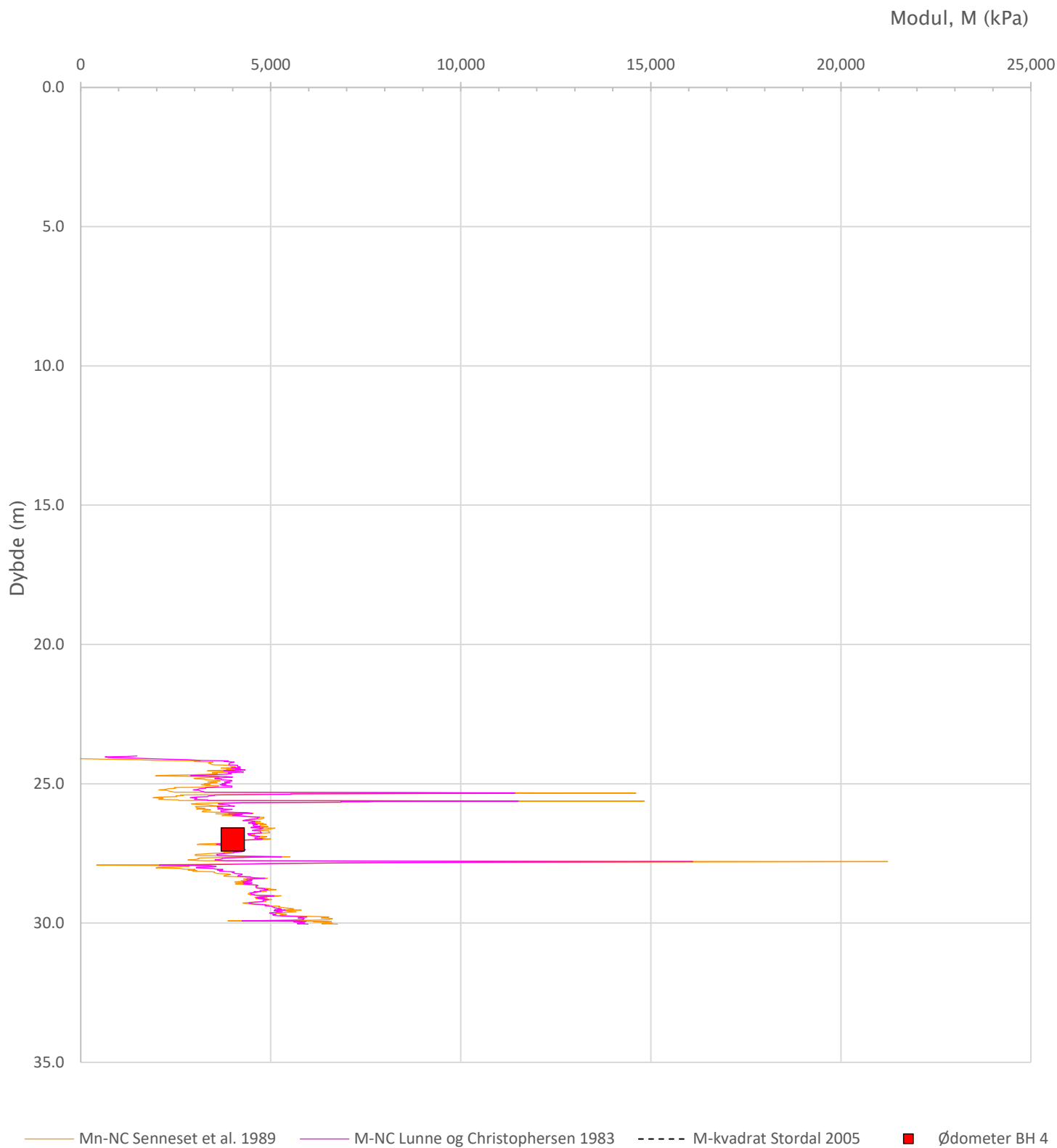
Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



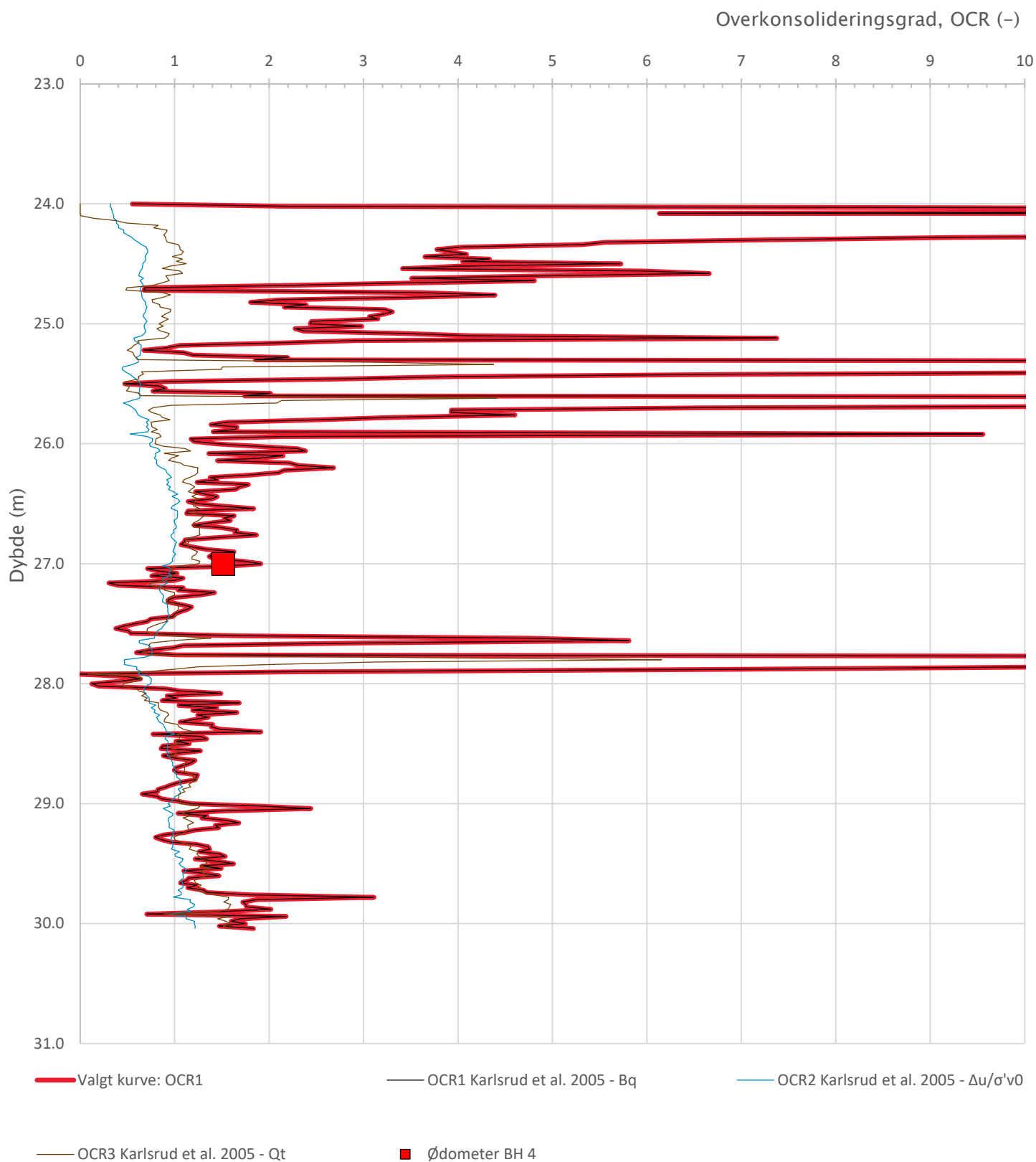
Prosjekt Moseidmoen				Borhull 4
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondennummer 4554
COWI	Utført BOSN	Kontrollert KRTS	Godkjent LAAN	Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 12-08-2020	Revisjon 1	Figur 5
			Rev. dato 01-02-2020	



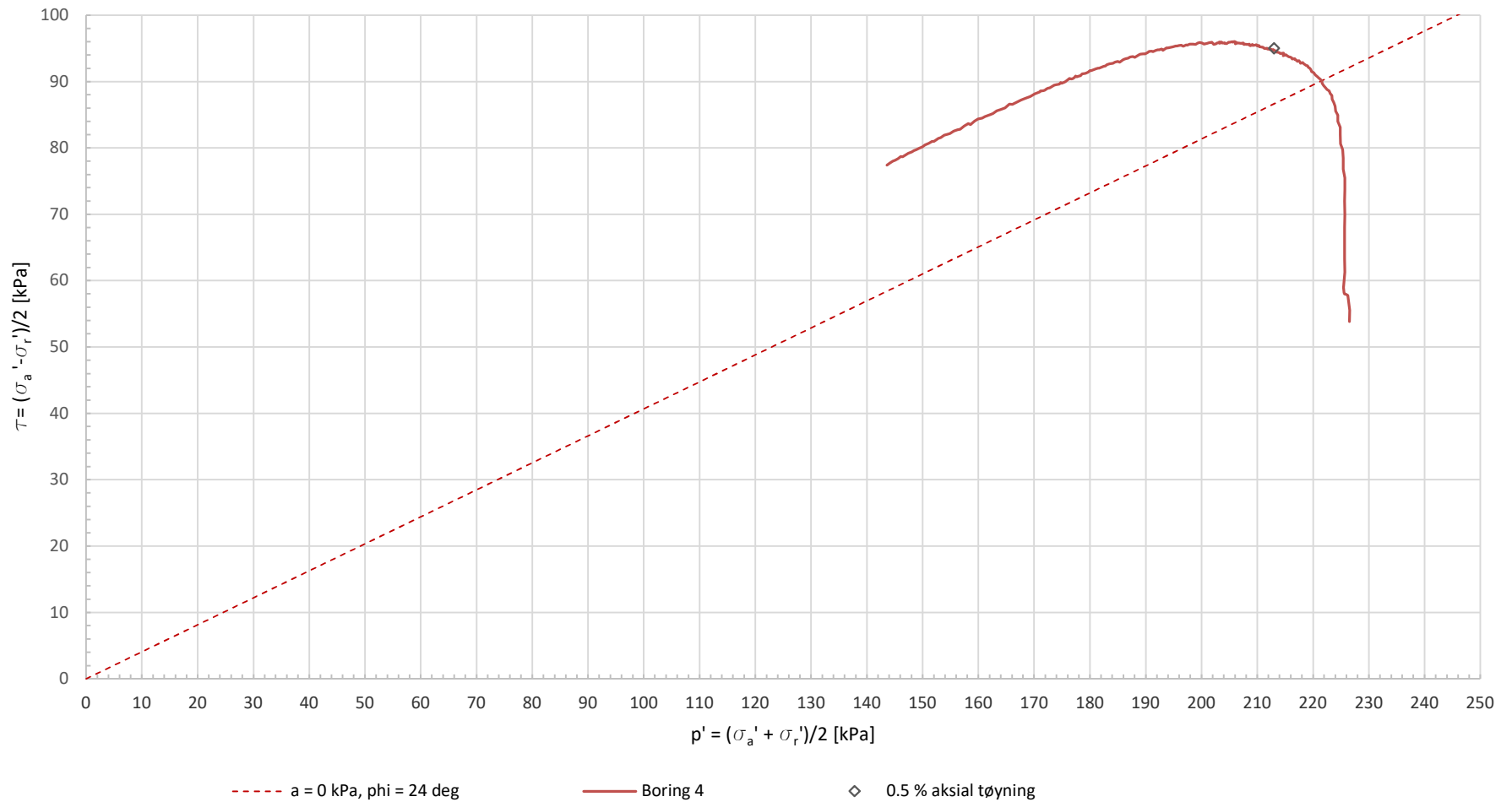
Prosjekt Moseidmoen				Borhull 4
Innhold Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				Sondennummer 4554
COWI	Utført BOSN	Kontrollert KRTS	Godkjent LAAN	Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 12-08-2020	Revisjon 1	Figur 6
			Rev. dato 01-02-2020	



Prosjekt Moseidmoen				Borhull 4
Innhold Tolkning av modul				Sondennummer 4554
COWI	Utført BOSN	Kontrollert KRTS	Godkjent LAAN	Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 12-08-2020	Revisjon 1 Rev. dato 01-02-2020	Figur 7



Prosjekt Moseidmoen				Borhull 4
Innhold Overkonsolideringsgrad, OCR				Sondennummer 4554
COWI	Utført BOSN	Kontrollert KRTS	Godkjent LAAN	Anvend.klasse 1
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 12-08-2020	Revisjon 1 Rev. dato 01-02-2020	Figur 8



Moseidmoen RIG

Effektive styrkeparameter basert på triaksialforsøk (CAUa)

COWI AS	Dato: 02-02-2021	Utarbeider: BOSN	Kontroll: KRTS	Godkjent: LAAN	C:\Users\BOSN.COWI\COWI\A202441 - Moseidmoen RIG - 10-Documents\RIG\CPTu og treaks tolk\Tolkning av treaks.xlsx	COWI
	Oppdrag nr.: A202441	Vedlegg nr.: 2	Versjon: 1.0			

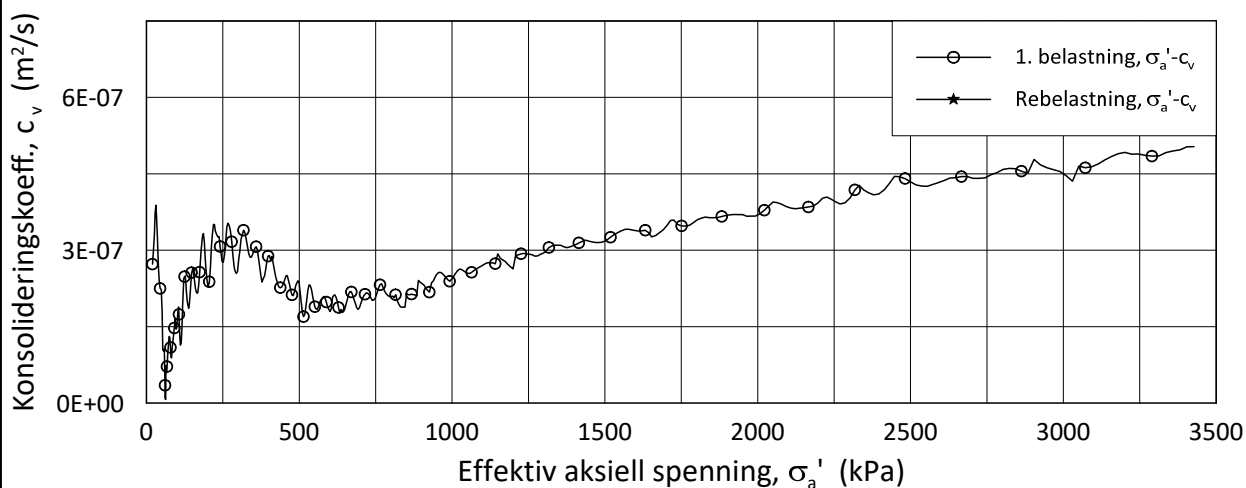
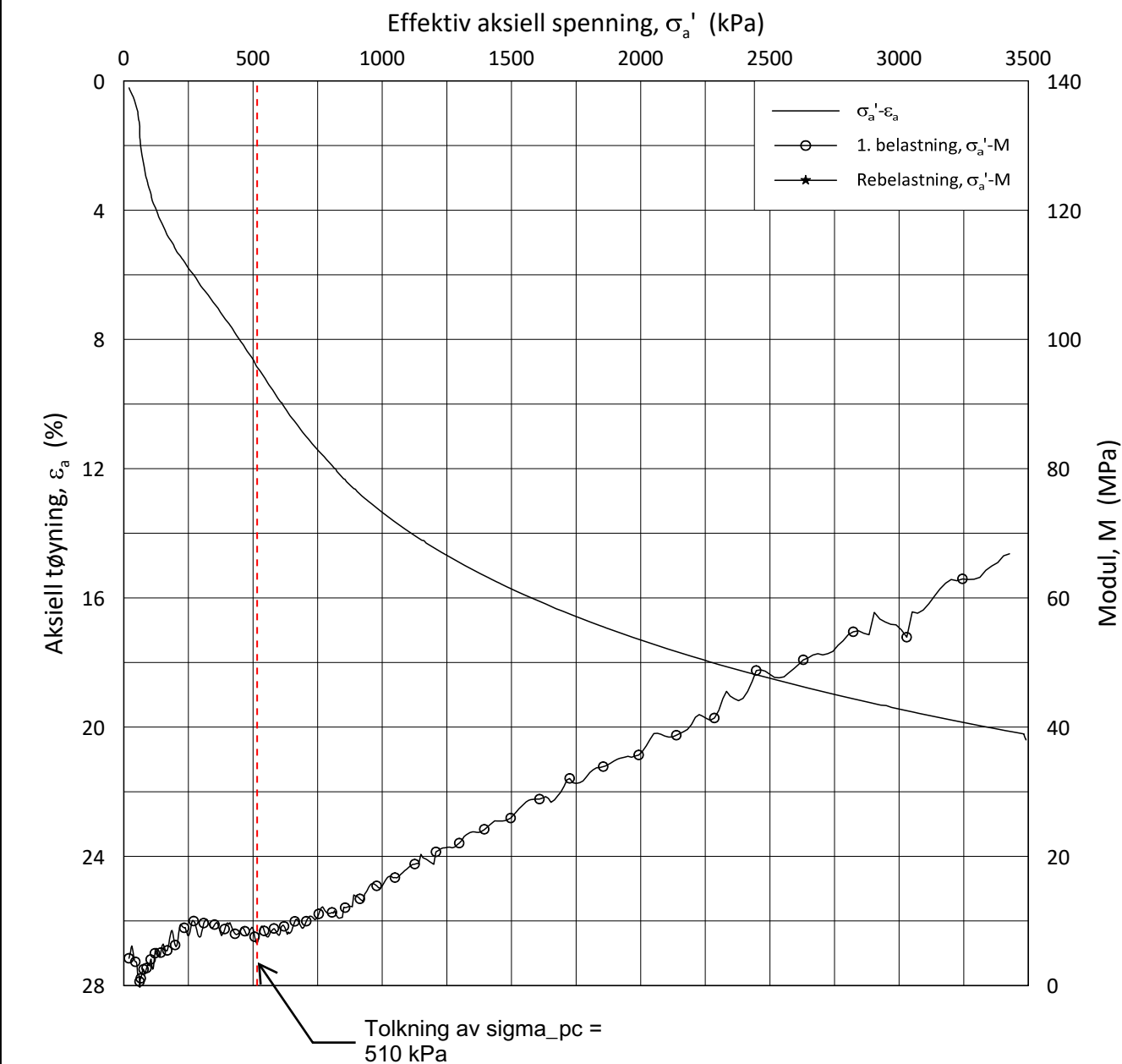
Test	Basert på poretal							Basert på utpresset porevann						Indikasjon på prøveforstyrrelse
	e_i	e_c	Δe	$\Delta e/e_i$	OCR	Klassifisering	Prøvekvalitet	V_i	V_s	V_{vi}	V_{vc}	ΔV_v	Klassifisering	
	-	-	-	-	-	-	-	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	-	
Boring 4	1.010	0.926	0.084	0.083	1.3	3	Dårlig	247.7	123.23	124.47	114.11	10.35	Dårligt forsøk	Ja

Moseidmoen RIG

*Indikasjon på prøvekvalltet av treaksialforsøk iht. SVV V220 **Indikasjon på prøveforstyrrelse iht. NIFS 77/2014

COWI AS	Dato: 02-02-2021	Utarbeider: BOSN	Kontroll: KRTS	Godkjent: LAAN	C:\Users\BOSN.COWI\COWIA202441 - Moseidmoen RIG - 10-Documents\RIG\CPTu og treaks tolk\Tolkning av treaks.xlsx	
	Oppdrag nr.: A202441	Vedlegg nr.: 2	Versjon: 1.0			

H:\LABDATA\2020\20200023 (COWI)\16 - Moseidmoen\AdvancedTest\01_Oed\01_CRS\01_InProgress\20200023-16_4_3-A-2_LIN.grf



Date/Rev.: 2019-03-07/02

NS 8018:1993

Moseidmoen, Vennesla

Dokument nr.
20200023-16

Oedometer test: **CRS**

Borhull: **4**

Figur nr.
X.XX

Sylinder: **3**

Dybde = **27.00** m

Dato
2020-09-08

Tegnet av
EvS

Del: **A**

p_0' = **290.0** kPa

Test: **2**

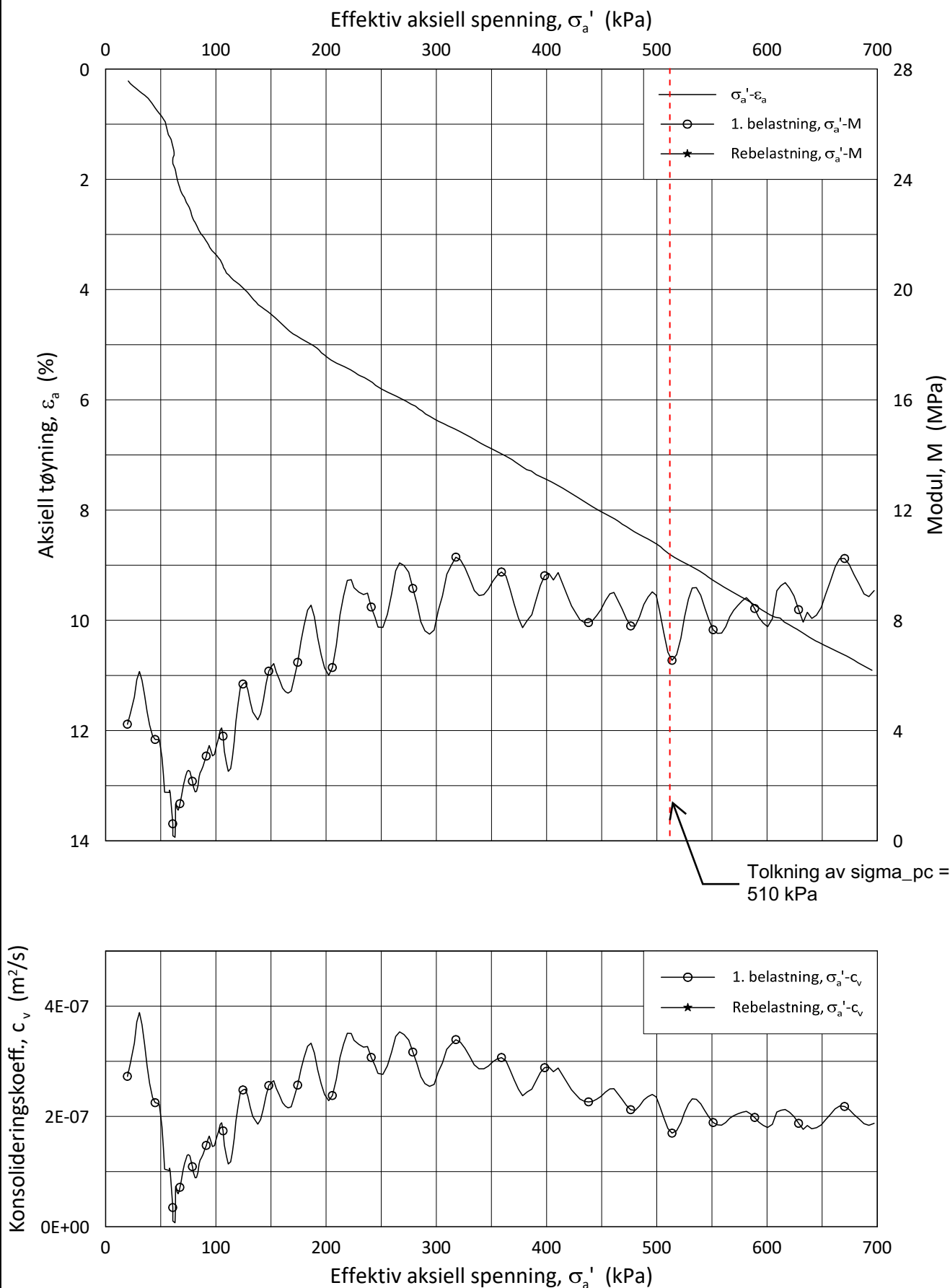
w_i = **30.3** %

Lab.: **NGI Oslo**

γ_i = **19.4** kN/m³



H:\LABDATA\2020\20200023 (COWI)\16 - Moseidmoen\AdvancedTest\01_Oed\01_CRS\01_InProgress\20200023-16_4_3-A-2_LIN2.grf



Date/Rev.: 2019-03-07/02

NS 8018:1993

Moseidmoen, Vennesla

Dokument nr.
20200023-16

Oedometer test: **CRS**

Borhull: **4**

Figur nr.
X.XX

Sylinder: **3**

Dybde = **27.00** m

Dato
2020-09-08

Tegnet av
EvS

Del: **A**

p_0' = **290.0** kPa

Test: **2**

w_i = **30.3** %

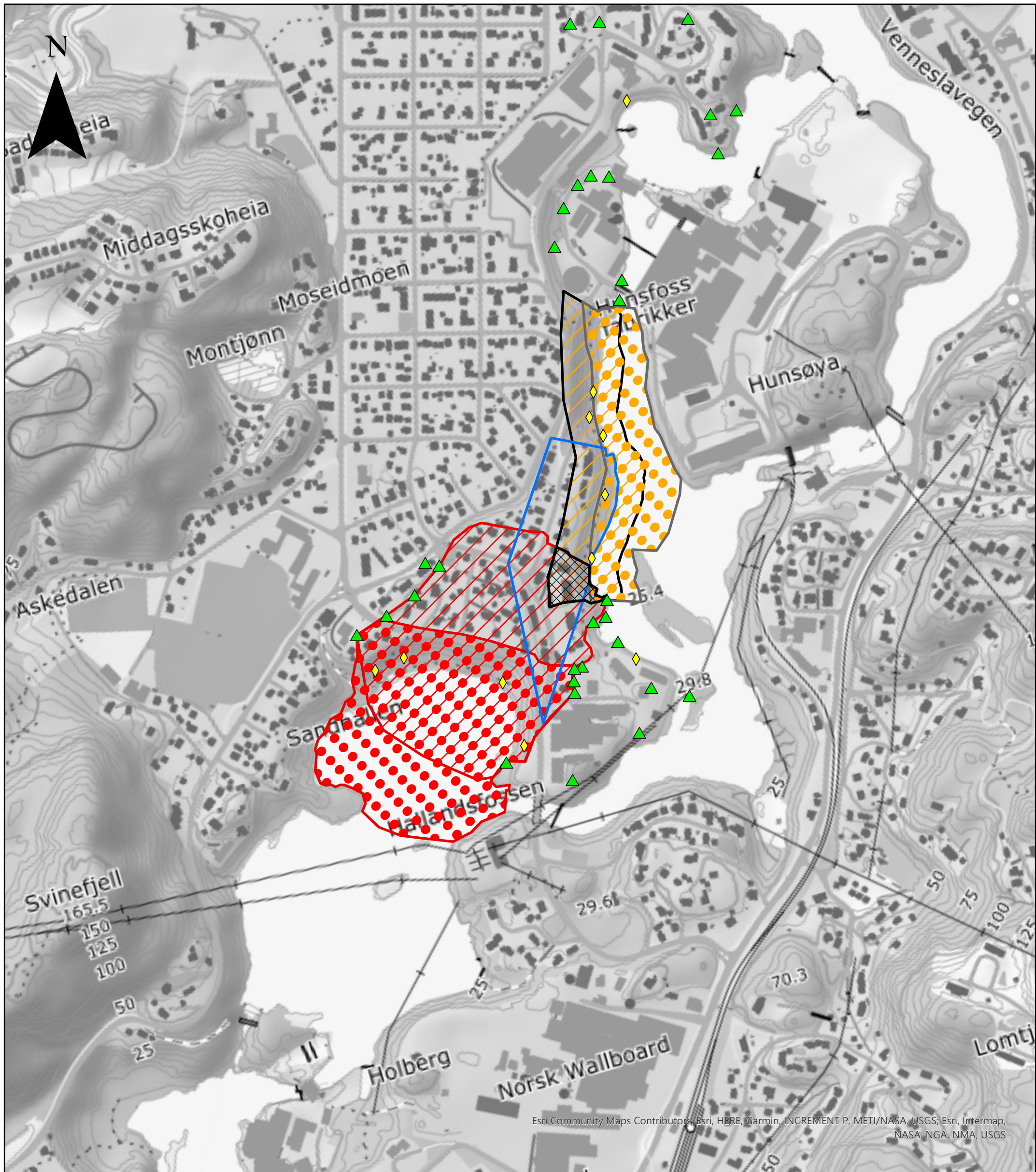
Lab.: **NGI Oslo**

γ_i = **19.4** kN/m³



Vedlegg 3 – Faresonekart

Faresonekart



Signaturforklaring:

- Berg i dagen
- Ingen / Litt erosjon
- Trefning av østlig og sørlig løsneområde
- Planområde
- Utløpsområde Sør (Høy faregrad)
- Utløpsområde Øst (Middels faregrad)
- Løsneområde Øst (Middels faregrad)
- Løsneområde Sør (Høy faregrad)

Utført: BOSN

Prosjektnr.: A202441

Kontrollert: KRTS

Rapportnr. A202441-RAP-RIG-001

Godkjent: LAAN

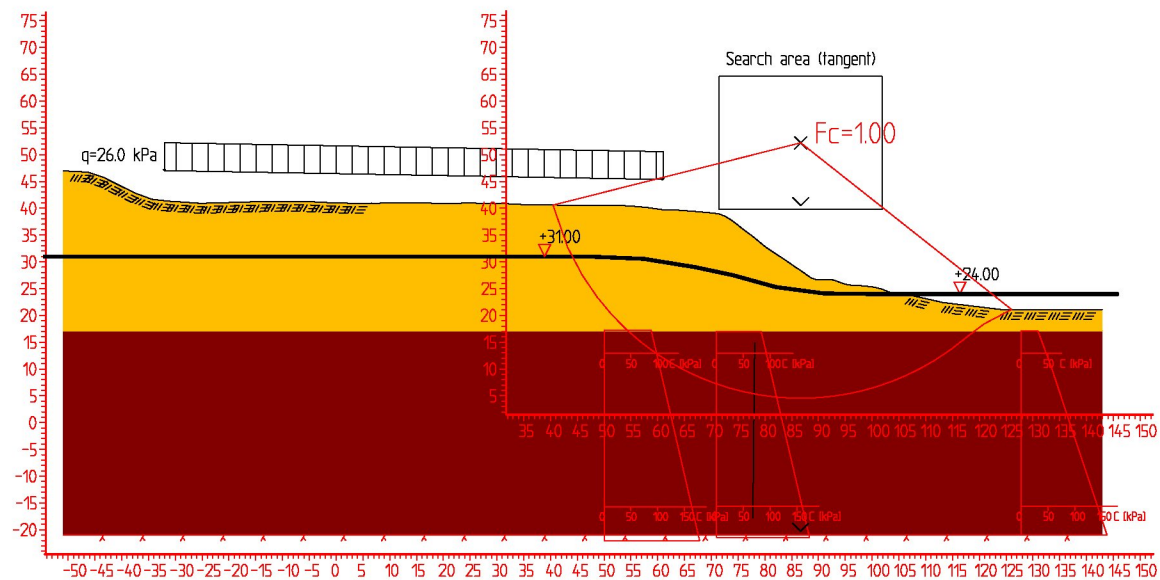
Vedlegg nr.: 3

Skala: 1:5000

Dato: 04-02-2021

COWI

Vedlegg 4 – Stabilitetsvurderinger

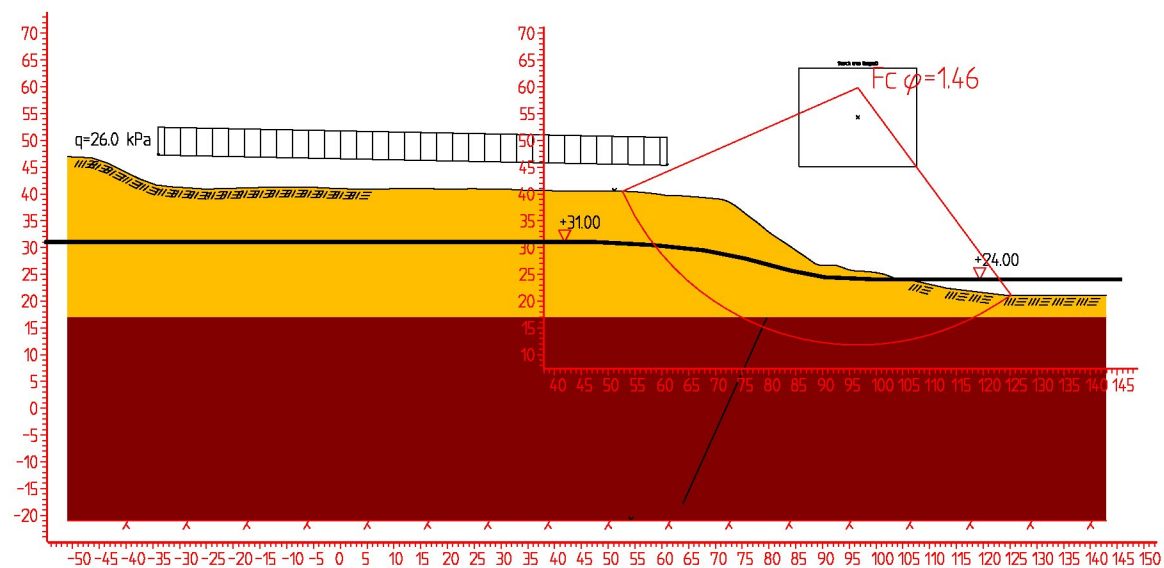


Vennesla
A202441 Moseidmoen RIG

Moseidmoen Udreneret
Urført: BOSN

Kontrollert: KRTS Godkjent: LAAN

01-02-2021



Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire, kvikk	19.00	9.00	24.0	0.0				

Vennesla Kommune
A202441 Moseidmoen RIG

Moseidmoen Drenert
Uført: BOSN

Kontrollert: KRTS Godkjent: LAAN

01-02-2021

Vedlegg 5 – Faregrads- og risikoevaluering

Faregradsklasse

Vurdering

Faktor	Vekttall	Vurdering	Kommentar			
Tidligere skredaktivitet	1	2	Det er ikke registrert skredaktivitet i selve planområdet, men sør-øst for planområder og på annen side av elva. Se Kapittel 4.			
Skråningshøyde, meter	2	3	Skråningshøyde ca. 33 meter fra terreng til elvebunn. Se Kapittel 4.			
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	Området er liten grad overkonsolidert. Se Avsnitt 9.2.			
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	0	Ingen tilgjengelig informasjon. Grunnforhold gir ikke umiddelbart anledning til overtrykk.			
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	0	Ingen tilgjengelig informasjon. Grunnforhold gir ikke umiddelbart anledning til undertrykk.			
Kvikkleiremektighet	3	2	For boring 2 og 3 er kvikkleiremektigheteten forholdsvis tynd (<H/4). Det er i boring 4 ikke truffet fastere lag under kvikkleire.			
Sensitivitet	1	3	Leiren er mye sensitiv. Flere steder er det registrert Sf > 250.			
Erosjon	3	0	I forbindelse med befaring er det observert liten til ingen erosjon langs elvekant. Den observerte erosjon er pågått i friksjonsmasser. Se Kapittel 5.			
Inngrep, forverring	3	2	Det bygges på topp av skråning. Antas tilpassede tiltak og noe forverring.			
Inngrep, forbedring	-3	0	Se over.			
Poeng (score x vekttall):		27				
Beregnet faregradsklasse		Høy				
Faregrad		0.53				
Skadekonsekvens						
Vurdering						
Faktor	Vekttall	Vurdering	Kommentar			
Boligheter, antall	4	3	Det er tett bebyggelse (fra Google Maps)			
Næringsbygg, personer	3	0	Det er ingen industri på planområdet (fra Google Maps)			
Annen bebyggelse, verdi	1	1	Det er begrenset annen bebyggelse (fra Google Maps)			
Vei, ÅDT	2	1	Det er mindre veier inne blant bolighetene.			
Toglinje, baneprioritet	3	0	Ingen tog			
Kraftnett	1	2	Regionalnett (jefnfr NVE Atlas)			
Oppdemning/flom	2	2	Det er vurdert middels fare, da det er demning både nord og sør for planområdet.			
Poeng (score x vekttall):		21				
Beregnet skadekonsekvensklasse		Alvorlig				
Skadekonsekvens		0.47				
Risiko (skadekonsekvens x faregrad)		2471				
Risikoklasse:		4				
COWI AS	Dato: 04-02-2021	Utarbeider: BOSN	Kontroll: KRTS	Godkjent: LAAN	Faregradsevaluering av sørlig skråning	
	Oppdrag nr.: A202441	Vedlegg nr.: 5	Versjon: 1.0			

Evaluering av faregrad

Faktor	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, 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)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Sum		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	31 %	0 %

Evaluering av skadekonsekvens

Faktor	Vekttall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Faregradsklasser

1	Lav	0-17
2	Middels	18-25
3	Høy	26-51

Skadekonsekvensklasser

1	Mindre alvorlig	0-6
2	Alvorlig	7-22
3	Meget alvorlig	23-45

Risikoklasse

1	0-170
2	171-630
3	631-1900
4	1901-3200
5	3201-10000

Faregradsklasse

Vurdering

Faktor	Vekttall	Vurdering	Kommentar			
Tidligere skredaktivitet	1	2	Det er ikke registrert skredaktivitet i selve planområdet, men sør-øst for planområder og på annen side av elva. Se Kapittel 4.			
Skråningshøyde, meter	2	1	Skråningshøyde ca. 18 meter fra terreng til elvebunn. Se Kapittel 4.			
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	Området er liten grad overkonsolidert. Se Avsnitt 9.2.			
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	0	Ingen tilgjengelig informasjon. Grunnforhold gir ikke umiddelbart anledning til overtrykk.			
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	0	Ingen tilgjengelig informasjon. Grunnforhold gir ikke umiddelbart anledning til undertrykk.			
Kvikkleiremektighet	3	2	For boring 2 og 3 er kvikkleiremektigheteten forholdsvis tynd (<H/4). Det er i boring 4 ikke truffet fastere lag under kvikkleire.			
Sensitivitet	1	3	Leiren er mye sensitiv. Flere steder er det registrert Sf > 250.			
Erosjon	3	0	I forbindelse med befaring er det observert liten til ingen erosjon langs elvekant. Den observerte erosjon er pågått i friksjonsmasser. Se Kapittel 5.			
Inngrep, forverring	3	2	Det bygges på topp av skråning. Antas tilpassede tiltak og noe forverring.			
Inngrep, forbedring	-3	0	Se over.			
Poeng (score x vekttall):		23				
Beregnet faregradsklasse		Middels				
Faregrad		0.45				
Skadekonsekvens						
Vurdering						
Faktor	Vekttall	Vurdering	Kommentar			
Boligheter, antall	4	3	Det er tett bebyggelse (fra Google Maps)			
Næringsbygg, personer	3	0	Det er ingen industri på planområdet (fra Google Maps)			
Annen bebyggelse, verdi	1	1	Det er begrenset annen bebyggelse (fra Google Maps)			
Vei, ÅDT	2	1	Det er mindre veier inne blant bolighetene.			
Toglinje, baneprioritet	3	0	Ingen tog			
Kraftnett	1	2	Regionalnett (jefnfr NVE Atlas)			
Oppdemning/flom	2	2	Det er vurdert middels fare, da det er demning både nord og sør for planområdet.			
Poeng (score x vekttall):		21				
Beregnet skadekonsekvensklasse		Alvorlig				
Skadekonsekvens		0.47				
Risiko (skadekonsekvens x faregrad)		2105				
Risikoklasse:		4				
COWI AS	Dato:	Utarbeider:	Kontroll:	Godkjent:	Faregradsevaluering av østlig skråning	
	04-02-2021	BOSN	KRTS	LAAN		
	Oppdrag nr.:	Vedlegg nr.:	Versjon:			
	A202441	5	1.0			

Evaluering av faregrad

Faktor	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, 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)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Sum		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	31 %	0 %

Evaluering av skadekonsekvens

Faktor	Vekttall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

		Poengverdi
Faregradsklasser	1	Lav
	2	Middels
	3	Høy
Skadekonsekvensklasser	1	Mindre alvorlig
	2	Alvorlig
	3	Meget alvorlig
Risikoklasse	1	0-170
	2	171-630
	3	631-1900
	4	1901-3200
	5	3201-10000