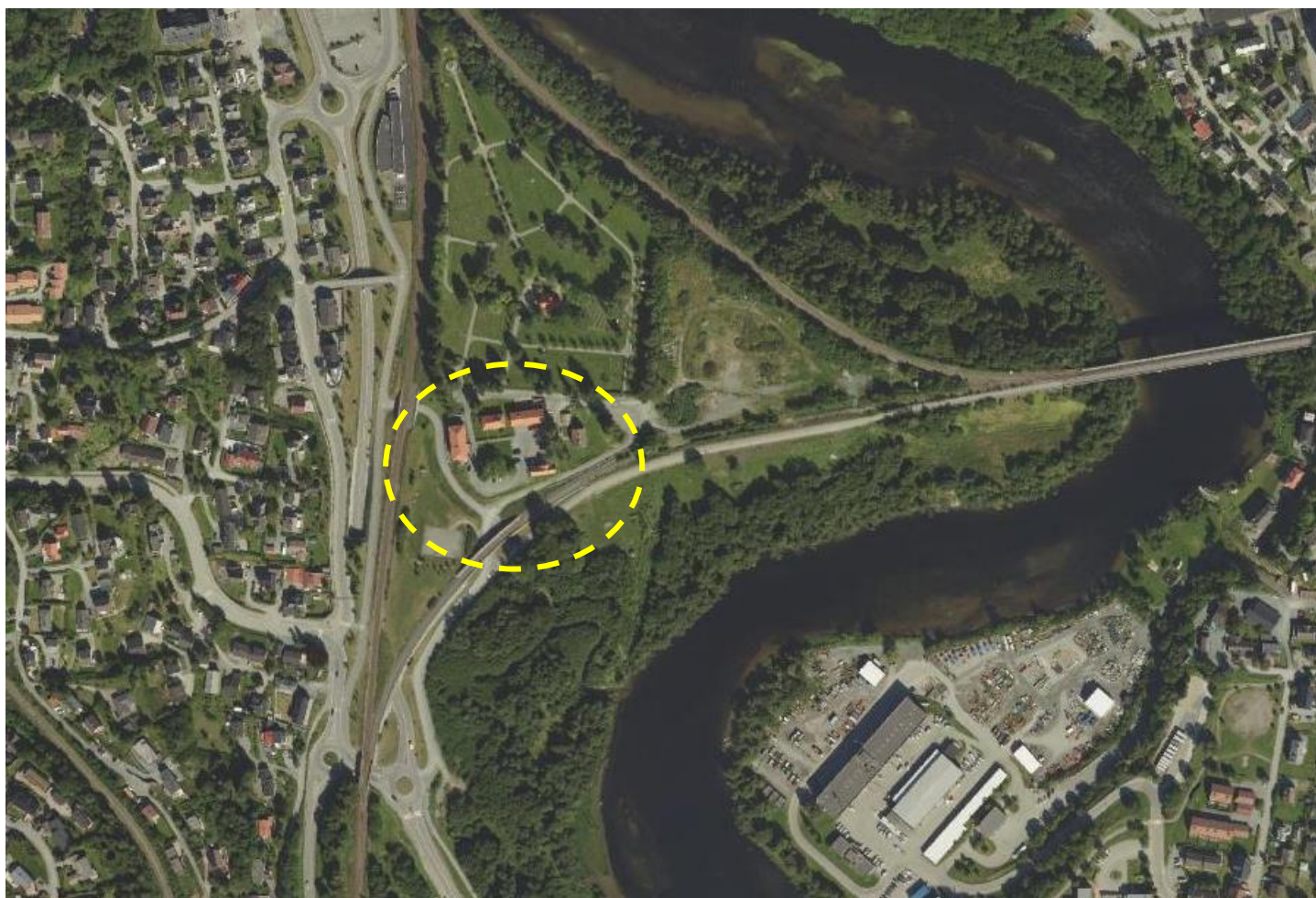


Trondheim kommune

► Stavne aktivitetssenter - geoteknisk områdestabilitetsvurdering

Oppdragsnr.: 52107812 Dokumentnr.: 52107812-RIG-01 Versjon: 2 Dato: 2022-03-18



Oppdragsgiver:	Trondheim kommune
Oppdragsgivers kontaktperson:	Trondheim kommune v/ Geir Leseth
Rådgiver:	Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim
Oppdragsleder:	Daan Boonstra
Fagansvarlig:	Henning Tiarks
Saksbehandler:	Egil A. Behrens

► Sammen drag

Det planlegges nytt aktivitetssenter ved Stavne i Trondheim. Det er tidligere påtruffet dyptliggende kvikkleire nær utbyggingsområdet. Norconsult er engasjert for områdestabilitetsvurdering i forbindelse med prosjektet. Denne rapporten tar for seg områdestabilitetsutredningen i forbindelse med dette arbeidet.

Grunnundersøkelser utført i forbindelse med aktivitetssenteret har vist at det er et cirka 5 m tykt lag av kvikkleire i dybde omtrent 20-25 m under terreng ved aktivitetssenteret. Laget kiler ut mot Nidelva.

Områdestabiliteten i forbindelse med planlagt utbygging av aktivitetssenteret er vurdert ut fra 1 tidligere og 1 nytt beregningssnitt. Stabiliteten i øvrige snitt er også vurdert og funnet å være klart mindre kritiske eller relevante enn i beregnede snitt.

Områdestabiliteten ift. planlagt utbygging er rimelig god, og tilfredsstillende akkurat minstekravet for ikke-forverrende tiltak (1,40). Dersom man ønsker å øke sikkerheten noe over minimumsnivå, kan det utføres en liten terrengavlastning nær skråningstoppen. Den marginale sikkerheten i forhold til minstekrav, medfører at utbyggingen må gjøres på en måte som ikke forverrer stabiliteten i noen faser av arbeidene eller i ferdigtilstand.

Versjon 2 av rapporten inneholder utdypninger, presiseringer og forklaringer som anbefalt fra uavhengig kvalitetssikrer, Rambøll Norge AS. Konklusjonen i vurderingen er uendret. Endringer ifbm versjon 2 er skrevet i kursiv.

2	2022-03-18	Endret i tråd med anbefaling fra uavhengig kvalitetssikrer.	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Egil A. Behrens
1	2021-06-15	Ferdig områdestabilitetsvurdering til uavhengig kvalitetssikring.	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS.

► Innhold

1	Bakgrunn	5
2	Tiltaket og tilhørende klassifisering og sikkerhetskrav	6
3	Topografi og overordnede grunnforhold	8
3.1	Topografi og grunnforhold	8
3.2	Seismisitet – jordskjelvdimensjonering – utelatelseskriterium	10
4	Lagdeling, representative beregningssnitt og poretrykk	12
4.1	Lagdeling	12
4.2	Representative stabilitetsnitt	13
4.3	Poretrykk	15
5	Avgrensning av løsne- og utløpsområde for kvikkleireskred	16
6	Faregradsevaluering	18
7	Stabilitetsberegninger	21
7.1	Beregningsprogram og datagrunnlag	21
7.2	Materialparametere	21
7.3	Belastninger – eksisterende bygg, jernbane og planlagt bygg	23
7.4	Beregningstilfeller og resultater	24
7.5	<i>Diskusjon rundt beregningsgrunnlag og resultater</i>	25
7.6	Opsjon terrengavlastning	26
8	Sikkerhet mot andre skredtyper / naturpåkjenninger	28
9	Konklusjon	29
10	Referanser	30

Tegninger	Format	Målestokk	Tegningsnr
Situasjonsplan grunnundersøkelser, beregningssnitt og eventuelle stabiliseringstiltak	A3	1:1000	V101
Stabilitetsberegning snitt A – eksisterende og planlagt situasjon	A3	1:750	V201
Stabilitetsberegning snitt A – forbedret situasjon	A3	1:750	V202

Vedlegg	Vedleggsnr
Trykksonderinger – måledata, poretrykk, avledede verdier, tolket udrenert skjærfasthet, OCR. Posisjon 3, 4 og 6	A
NORSAR rapport seismisk punktanalyse	B
Tolkning av treaksialforsøk	C

1 Bakgrunn

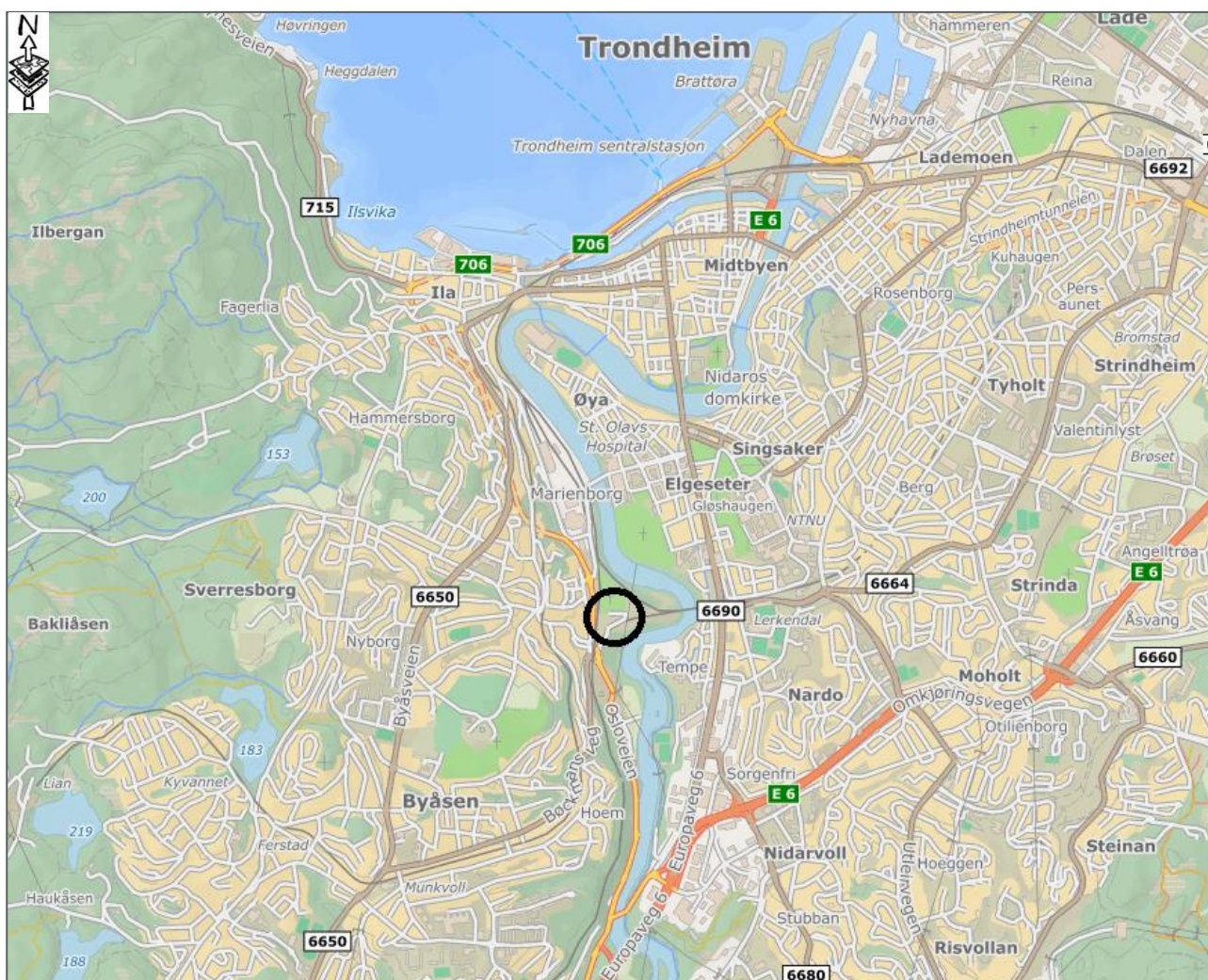
Trondheim kommune har engasjert Norconsult som geoteknisk rådgiver i forprosjektfasen for nytt aktivitetssenter ved Stavne i Trondheim kommune. Trondheim kommune har utført grunnundersøkelser for prosjektet i samråd med Norconsult. Resultater fra grunnundersøkelsene er gitt i datarapporten R.1815 utarbeidet av Trondheim kommune (Ref. 9).

Et oversiktskart over områdets beliggenhet er gitt i Figur 1.

Tiltaksområdet er innenfor aktsomhetsområde for kvikkleireskred på grunn av liten avstand til Nidelva i forhold til høydeforskjellen til elvebunn, som er laveste punkt i området.

Det er tidligere funnet kvikkleireforekomster i utkanten av tomten (mot syd og vest), og grunnundersøkelser utført for prosjektet viser at disse fortsetter under tomten. På bakgrunn av at tomten kan tenkes å bli rammet av kvikkleireskred, er denne problemstillingen undersøkt nærmere i denne områdestabilitetsvurderingen.

Alle kotehøyder er gitt i referansesystem NN2000 (middelvannstand) med mindre annet er opplyst spesifikt.



Figur 1: Oversiktskart over områdets beliggenhet. Kart hentet fra kart.finn.no.

anser datagrunnlaget som tilstrekkelig for utredningen. Denne områdestabilitetsrapporten forutsettes, sammen med datarapport fra grunnundersøkelsene (Ref. 9), oversendt til uavhengig kvalitetssikrer. *Uavhengig kvalitetssikring er utført og anbefalinger fra uavhengig kvalitetssikrer er innarbeidet i versjon 2.*

Tiltakskategori K4, lav faregrad (se senere kapittel) og tiltak som ikke forverrer stabiliteten, medfører at det er krav om å oppnå en sikkerhetsfaktor mot områdestabilitetsbrudd minst lik 1,40 for både korttidssituasjon (udrenert) og 1,25 for langtidssituasjon (drenert). Dersom sikkerhetsfaktoren for eksisterende situasjon er mindre enn 1,40, tillates en relativ forbedring av sikkerheten på 0-10 % avhengig av hva sikkerheten er i utgangspunktet, selv dersom sikkerhetsfaktoren etter forbedring skulle være mindre enn 1,40. Forbedring oppnås eksempelvis med avlastning på toppen av skråning.

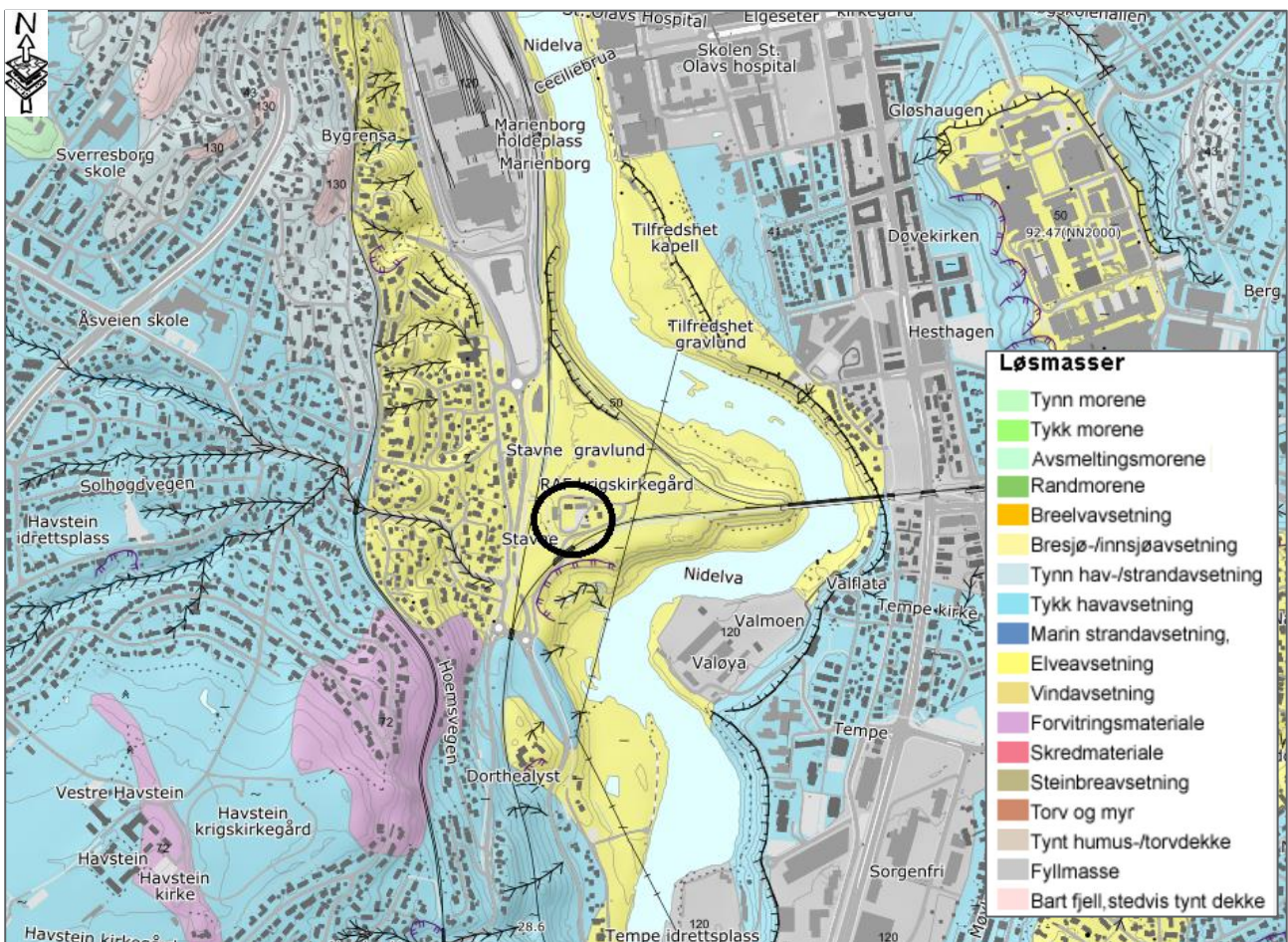
For tiltak som forverrer stabiliteten, kreves imidlertid en sikkerhetsfaktor minst 1,61 i udrenert situasjon. Dersom eksisterende stabilitet er mindre enn 1,61, må forverring unngås (f eks ved vektkompensert fundamentering).

3 Topografi og overordnede grunnforhold

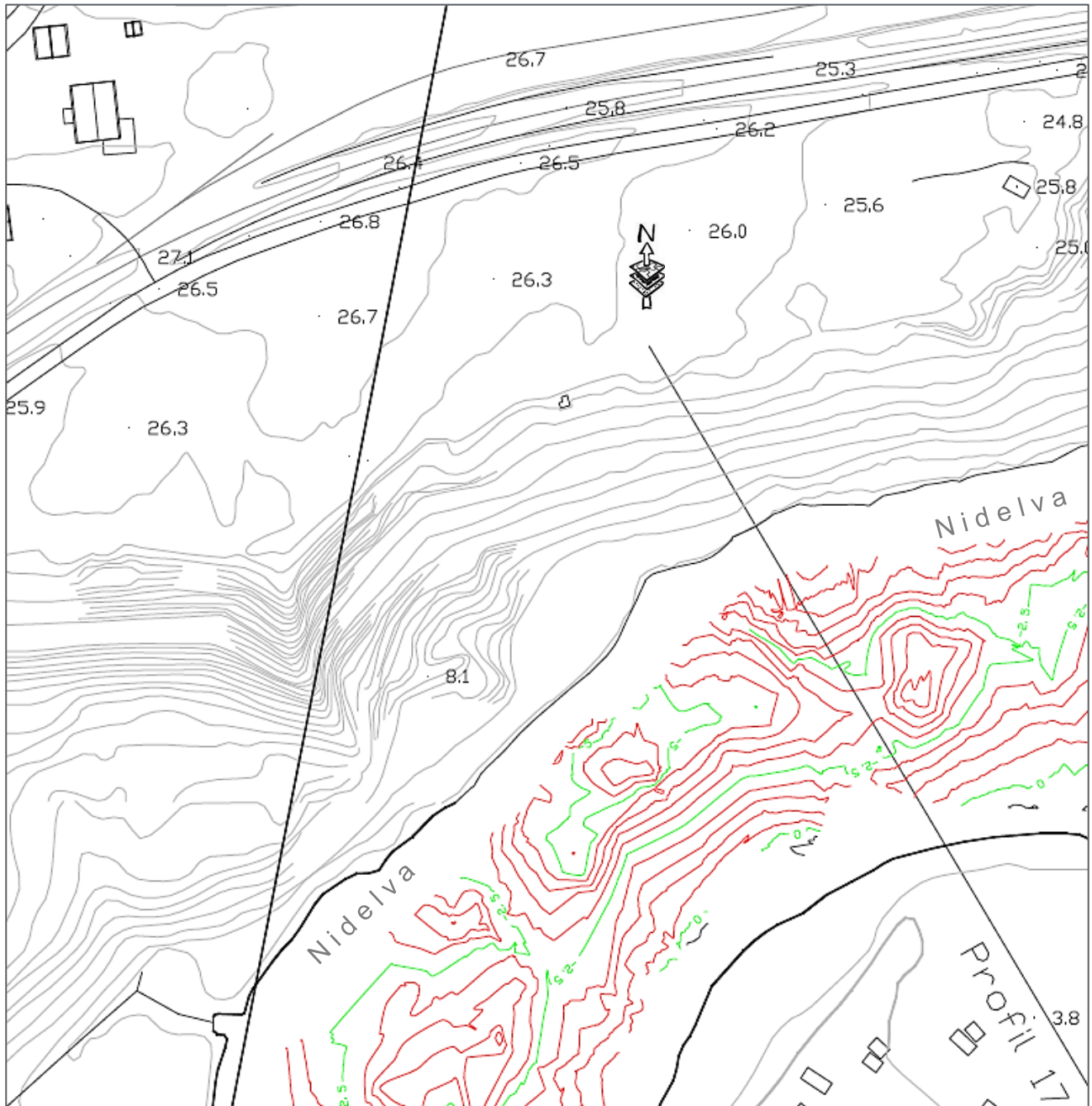
3.1 Topografi og grunnforhold

Planlagt utbyggingsområde ligger på en elveavsetning som strekker seg et stykke ut på hver side av Nidelva. Kotehøyden er omtrent +25 og følgelig under marin grense. Elveavsetninger består normalt av silt, sand og grus. Løsmassekart fra NGU (Figur 3) indikerer at det er havavsetninger bestående av leire og silt under elveavsetningene. Tidligere og nylig utførte grunnundersøkelser bekrefter dette.

Området er ellers flatt, med unntak av cirka 25-30 m høye skråninger ned til Nidelva som renner tilnærmet på havnivå (kote +0) i dette området. Det er tidligere utført dybdescanning i elva (Ref. 7), som viser at elvebunn er omtrent på kote -4 (noe dypere i lokale groper). Et utsnitt av dybdekartet er vist i Figur 4. Skråningen ned mot Nidelva har noe varierende helning, men er stedvis bratt, helning cirka 1:1,5 på det bratteste. Mellom tiltaksområdet og den noe slakere skråningen opp mot Byåsen i vest, ligger Dovrebanen og Rv 706 Osloveien.



Figur 3: Løsmassekart over området, hentet fra geo.ngu.no/kart/losmasse. Utbyggingsområdet merket med sort sirkel.



Figur 4: Utsnitt fra dybdekart Nidelva, hentet fra Ref. 7. Kotenivå NN1954.

Det er tidligere påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale ved Tilfartsbrua rett syd for utbyggingsområdet (der adkomstveien krysser jernbanen mot Stavnebrua), samt lenger syd og vest blant annet i forbindelse med veitbygging (Rv 706 Osloveien). Forekomstene er omtrentlig markert inn i NVEs kart, se utsnitt i Figur 5.

Nærmeste registrerte kvikkleirefarezoner er sone 187 Cecilienborg (ca 400 m mot nord) og nr 191 Tempe (ca 400 m mot sydøst, på andre siden av Nidelva). Det kan imidlertid være skredfarlig kvikkleire på tomten selv om dette ikke er registrert tidligere. Trondheim kommune har i samråd med Norconsult utført grunnundersøkelser blant annet for å kartlegge dette nærmere (Ref.9).



Figur 5: Kart over nærliggende, registrerte kvikkleirefasoner (atlas.nve.no). Kvikkleireområder (ikke nødvendigvis fasoner) registrert av Statens vegvesen i fiolett.

Terrenget ble befart dato 2021-03-03. Til stede var geotekniker Egil A. Behrens. Erosjonsforhold i Nidelva og sidebekk ble vurdert, samt tilkomstmuligheter for borerigg, terrengforhold, generell overflatestabilitet i bratte skråninger, sprekker i terrengoverflaten og eventuelle vannveier. Skråningene så tilsynelatende stabile ut, foregående erosjonsprosesser i Nidelva vurderes som lite.

3.2 Seismisitet – jordskjelvdimensjonering – utelatelseskriterium

Bygninger og konstruksjoner klassifiseres i seismiske klasser etter prosjekteringsstandarden NS-EN 1998-1 (Ref. 5). Planlagte aktivitetssenter-bygg plasseres etter standarden normalt i seismisk klasse 2.

Bygninger i seismisk klasse 2 skal dimensjoneres for å motstå seismiske krefter (jordskjelv), med mindre kriterium for utelatelse av dette er oppfylt. Seismisk faktor for seismisk klasse 2 er 1,0. Dersom bygget må dimensjoneres for seismiske krefter, må også skråninger som byggets integritet er avhengig av, dimensjoneres for seismiske krefter. Det vil i praksis si en beregning med påført seismisk akselerasjon i massene og udrenert materialoppførsel i både leire og sandmasser. For prosjektet er det hentet inn spesifikk verdi for seismisk grunnakselerasjon.

Ifølge NORSARs seismiske sonekart over Norge er den seismiske grunnakselerasjonen ved Stavne aktivitetssenter lik $a_{gR} = 0,0631 \text{ m/s}^2$ (vedlegg B), forutsatt fjell med svingehastighet 1200 m/s. For å sammenligne med øvrige verdier og faktorer i NS-EN 1998-1 (som baserer seg på fjell med svingehastighet 800 m/s), multipliseres a_{gR} med en faktor 1,10. Løsmassene på tomten består av et cirka 20 m tykt lag bestående av leire, silt og sand (hovedsakelig drenerende masser) over et 5 m lag kvikkleire over fast leire (kohesjonsmasser). Utførte grunnundersøkelser viser at det er minst 40 m til fjell. På grunn av kvikkleirelaget er grunnen ved tiltaksområdet av seismiske grunntype S2 i henhold til tabell 3.1 i Ref. 5. Forsterkningsfaktoren S må for grunntype S2 i utgangspunktet bestemmes ved en grunnresponsanalyse, men vil være i størrelsesorden den samme som for grunntype D.

Seismisk dimensjonering kan utelates dersom $a_{gR} * \text{seismisk faktor} * S < 0,49 \text{ m/s}^2$. For seismisk klasse 2 er seismisk faktor lik 1,0. Dette gir da at S må være under 7,1 for å oppfylle utelatelseskriteriet. For grunntype D er $S = 1,55$ og for grunntype S2 er S typisk mellom 1,5 og 2,0, det vil si langt under grenseverdien på 7,1. Utelatelseskriterium for seismisk dimensjonering, basert på grunntype og grunnakselerasjon, er dermed oppfylt. Følgelig er det ikke nødvendig å gjøre stabilitetsberegning av skråning / områdestabilitet i seismisk situasjon med udrenerte sandmasser og seismisk akselerasjon.

4 Lagdeling, representative beregningsnitt og poretrykk

4.1 Lagdeling

Nylig utførte grunnundersøkelser i området, sammenholdt med tidligere utførte grunnundersøkelser i og rundt området, gir grunnlag for bestemmelse av løsmassenes lagdeling i aktuelle beregningsnitt.

Grovt sett består massene i hele området av et tykt lag leire (stedvis siltig leire) under sand- og siltmasser. Det øvre laget kan deles inn i vekslende lag med større eller mindre innslag av silt og sand, med stedvis noe leir eller grus. Øvre del av leirlaget klassifiseres som kvikkleire/sprøbruddmateriale. Tykkelsen av kvikkleira er cirka 5 m og utgjør dermed en relativt liten del av skråningshøyden. Lagdelingen er tilnærmet horisontal.

Resultater fra laboratorieforsøk på prøver tatt opp i felt, påviser kvikkleire/sprøbruddmateriale i dybde 23-24 m ved borpunkt 3, samt i dybde 21-22 m og 23-24 m ved borpunkt 4 (skråningstopp). Posisjon 4 ble plassert ut på toppen av skråningen for om mulig å avgrense kvikkleirens utstrekning. Laboratorieundersøkelsene i posisjonene 4 og 6 viser imidlertid at kvikkleire/sprøbruddmateriale strekker seg forbi posisjon 4 og 6, men ser ut til å kile ut mot Nidelva. I posisjon 6 klassifiseres materialet så vidt som sprøbruddmateriale (men ikke kvikkleire) og tykkelsen er liten (ca 2 m).

Ut fra grunnundersøkelsene avgrenses sprøbruddmaterialet å ligge mellom cirka kote +0 og +5 ved borpunktene 3 og 4, og underkant av sprøbruddmaterialet stiger noe i retning Nidelva. Lenger øst (posisjon 5) er antatt sprøbruddmateriale noe mer dyptliggende. Det er ingen kvikkleire/sprøbruddmateriale over kote +6.

Ved planlagt bygg er dybden ned til det tykke leirlaget opp mot 20 m, mens tilsvarende dybde ved skråningsbunnen (ved Nidelva) sannsynligvis er mindre enn 5 m.

Det er påvist fjell i sondering 7 på tomten (46,5 m under terreng, dvs cirka kote -21). For øvrig er det ikke påtruffet fjell. Dybden til fjell ventes å øke mot øst.

I beregningsnitt er lagdelingen vurdert som følger:

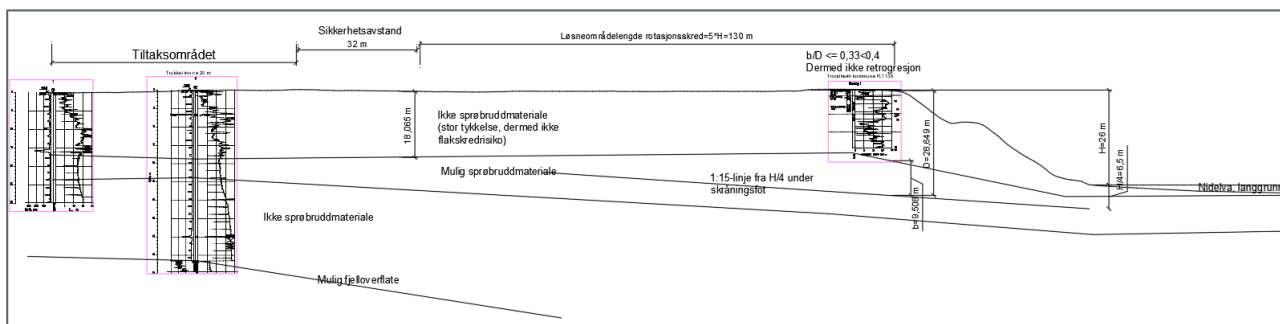
- Topplag: Dominert av leir og silt, med noe sand. Cirka kote +25 til +20.
- Fastlag: Dominert av silt og sand, med noe grus. Høy sonderingsmotstand. Cirka kote +20 til +15, noe dypere ved skråningstopp.
- Silt: Flagrende motstand og poretrykk ved CPTU-sondering, muligens med tynne sandlag. Cirka kote +15 til +6.
- Kvikkleire: Dominert av leir og silt. Cirka kote +6 til -1 (tykkelse dog kun 5 m – noe varierende kotehøyde).
- Leire: Dokumentert ikke-sprøbruddmateriale i øvre del. Kan tenkes å være sprøbruddmateriale under bunn sonderinger (under cirka kote -20), men vil ikke ha betydning for beregningene. Cirka kote +0 til fjell.
- Fjell (påvist i borpunkt 7, til venstre i beregningsnittet, kote -21).

Vi har tatt relativt få prøver av topplagene. Dette fordi disse lagene i all hovedsak vil oppføre seg drenert, og uansett vil ikke stabilitetsbrudd i disse lagene alene kunne ramme tiltaksområdet. Det er de udrenerte brudd som eventuelt kan ramme tiltaksområdet, og kritiske bruddflater har storparten av sin utstrekning i de dyptliggende leirmassene. Det er tatt prøver i friksjonsmateriale for å evaluere CPTU-sonderingen i posisjon 4. Utført CPTU gir dermed grunnlag for vurdering av lagdeling også i de øvre massene. For styrkeverdier av de drenerende massene har vi lagt til grunn forsiktige erfaringsverdier.

4.2 Representative stabilitetsnitt

Lagdelingen vurdert sammen med topografien gjør at 2 beregningsnitt anses å være representativt for å vurdere stabiliteten av skråningen mot sydøst i tilknytning til planlagt tiltak.

Stabilitet i retning nordøst er også vurdert og funnet uproblematisk ut fra forholdet mellom høydeforskjell og horisontalavstand. Total høydeforskjell er den samme som mot sydøst, men avstanden er betydelig større, og tidligere utførte grunnundersøkelser viser en tilsvarende lagdeling med betydelig mektighet av ikke-kvikke masser øverst (Ref. 10). Nidelva er grunn i vestre del av elveløpet ved dette snittet. Stabilitet i denne retningen er derfor vesentlig bedre enn stabiliteten mot sydøst. *Et profil i denne retningen er vist i Figur 6.*



Figur 6: Terrengsnitt mot nordøst, men lagdeling og vurdering av mulige bruddmekanismer og maksimal skredutbredelse.

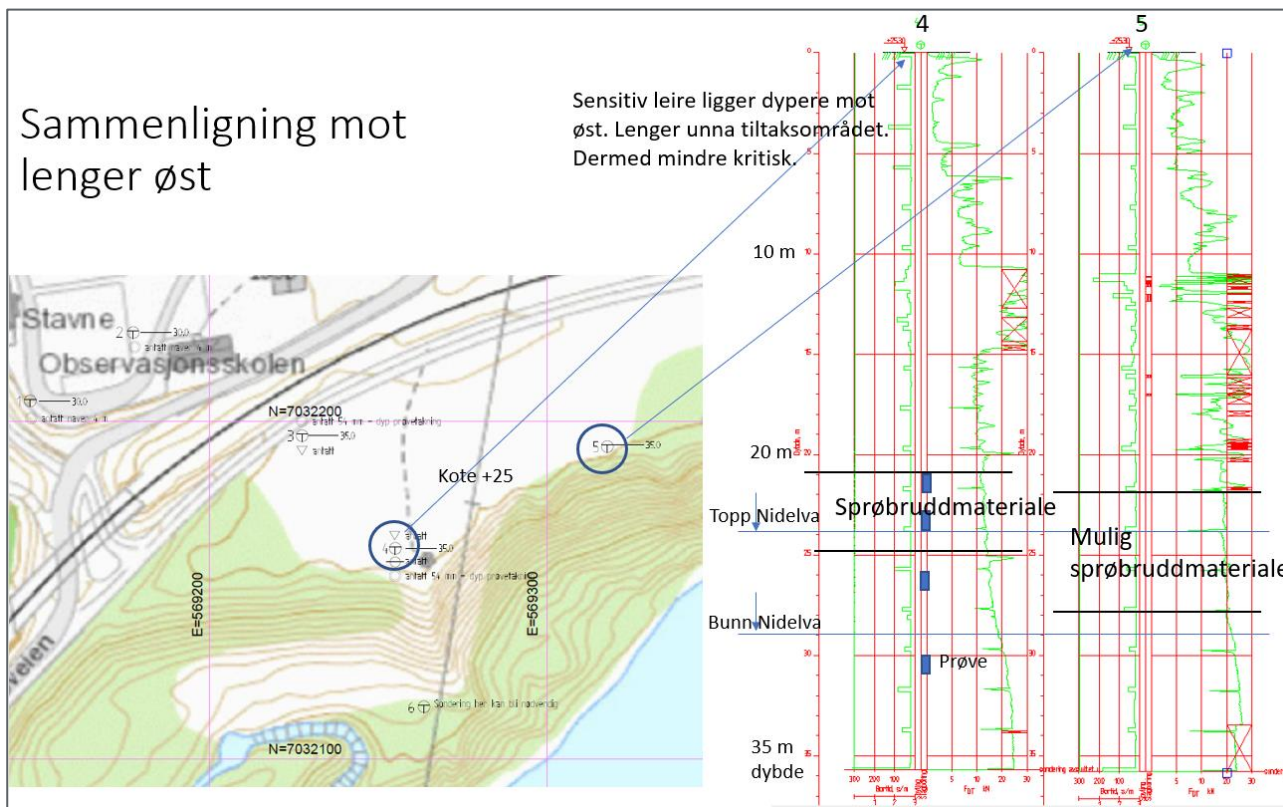
Kun rotasjonsskred er aktuelt fra nordøst ($b/D < 0,33 < 0,40$), og dette gir en minste sikkerhetsavstand 32 m fra $L = 5 \cdot H$. Skråningen ligger utenfor tiltakets influensområde ($L > 2H$), og påvirkes dermed ikke av tiltaket.

Et oversiktskart over vurderte snitt er gitt i Figur 7.



Figur 7: Oversiktskart over vurderte snitt ifbm. stabilitetsvurdering. Kartgrunnlag fra kart.finn.no.

Snitt mot sydøst, dog nærmere Stavnebrua enn beregnede snitt, er også vurdert. Her vil avstanden fra tiltaksområdet til skråning være større enn i beregnet snitt. Grunnundersøkelsene viser tilsvarende lagdeling, dog ligger sprøbruddmaterialet litt dypere og kan ha noe større mektighet (Figur 8). Samlet sett vurderer vi at stabiliteten i dette området vil være uproblematisk med tanke på aktuelt tiltak. Dette særlig på grunn av den større horisontalavstanden og den uomrørte styrken i sprøbruddmaterialet som ut fra trykksonderingsresultatene ikke er vesentlig dårligere enn i leirmassene for øvrig.



Figur 8: Sammenligning av boreprofiler i posisjonene 4 og 5, for vurdering av kritiske beregningssnitt.

Snittene er vist som snitt A-A, NGI snitt 1 og ikke-navngitt snitt i situasjonsplanen, tegning V101. Beregningssnittet med stabilitetsberegning (snitt A-A) er for eksisterende og planlagt situasjon gitt i tegning V201 og for eventuell stabilitetsforbedret situasjon i tegning V202.

4.3 Poretrykk

Grunnvannstanden er undersøkt gjennom installerte elektriske poretrykksmålere (piezometere) ved borpunkt 4 på toppen av skråningen mot Nidelva i sydøst (terreng kote +25,2). Poretrykksmålere er installert på kote henholdsvis +9,2 og -0,8. Trykkmålingene fra poretrykksmålere er vist i bilag 4 til datarapport R.1815 fra Trondheim kommune, kommunalteknikk.

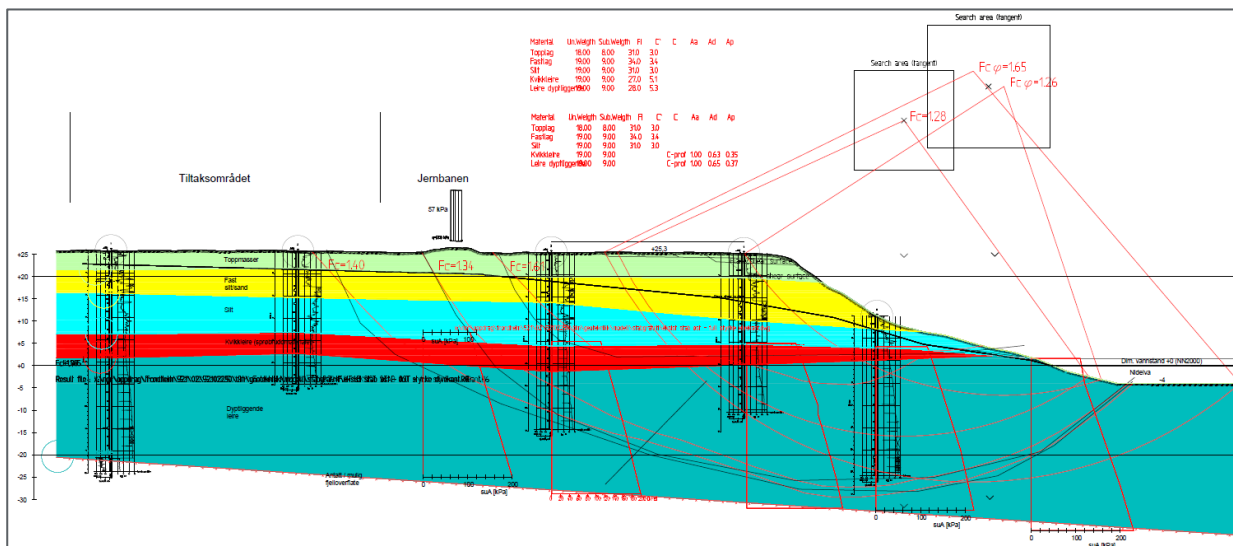
Avlesning av målerne den 2021-04-27 viser stighøyde omtrent til kote +13,5 for grunneste måler og til kote +7,5 for dypeste måler. Loggede data viser at trykkmålingene stabiliserte seg i god tid før avlesningen.

Måleverdiene indikerer en tydelig underhydrostatisk poretrykksfordeling i de dyptliggende leirmassene. I de overliggende sand-/siltmassene er det lave poretrykk og lag som drenerer.

5 Avgrensning av løсне- og utløpsområde for kvikkleireskred

Tegningene V201 (og V202) viser profil, plassering av borehull, tolket lagdeling og kritiske skjærflater.

Sprøbruddmateriale er farget rødt i tegning V201 og V202, se utsnitt i Figur 9.



Figur 9: Utsnitt fra stabilitetsberegningssnitt, tegning V201.

Elvebunn i Nidelva er på omtrent kote -4 (med unntak av noen lokale forsenkninger). Skråningshøyden er dermed snaut 30 m og bare en sjettedel (17 %) av denne høyden er sprøbruddmateriale. Jfr NVEs veileder kan retrogressivt kvikkleireskred utelukkes, siden andelen sprøbruddmateriale over kritisk skjærflate er under 40 %.

Flaskred er heller ikke relevant bruddmekanisme, da sprøbruddmaterialet ligger langt fra terrengoverflaten ved tiltaksområdet og heller ikke har lagdeling som følger overflaten i skråningen. Det er allikevel gjort en beregning av sikkerheten mot flaskred (tegning V201) og denne er funnet å være meget høy (>1,40).

Rotasjonsskred er dermed den aktuelle bruddmekanismen for sprøbruddmaterialet.

Bredden av løсне- og utløpsområdene vil for rotasjonsskred være tilnærmet like i det aktuelle området, ettersom topografien gir en nokså nær 2-dimensjonal stabilitetsituasjon. Bredden er vanskelig å fastslå nøyaktig. I veiledningen til Byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3 (2) står det følgende om hvilket område som må utredes: «Utredning av områdestabilitet (soneutredning) innebærer å vurdere alle skråninger hvor et skred kan utløses og forplante seg inn i tiltaksområdet, samt områder hvor skredmasser ovenfra kan ramme tiltaksområdet.» Det vil si at det i forbindelse med denne utredningen for planlagt bygg / tiltaksområde skal avgrenses det løсне- og utløpsområdet som vil kunne påvirke tiltaksområdet.

Løснеområdet for et rotasjonsskred strekker seg oftest i en lengde lik 5 ganger skråningshøyden, målt fra skråningståen. Stabilitetsberegningene viser at sikkerheten mot brudd i bruddflater lenger bak skråningen enn dette, har betydelig bedre stabilitet enn grunnere bruddflater. For å avgrense løснеområdet slik at bruddflater utenfor området har sikkerhet over minstekravet på 1,4, må imidlertid løснеområdet strekkes til like over 5 * skråningshøyden, dvs såvidt inn på tiltaksområdet. Løснеområdets lengde settes lik 5,5 * skråningshøyden, dvs 160 m fra skråningståen.

I denne utredningen for planlagt utbygging vil aktuelt løсне- og utløpsområde være omtrent som vist i Figur 10. Løсне- og utløpsområdet er tegnet omtrent 60 m til sidene fra tiltaksområdet, da vi vurderer at et

eventuelt skred mindre enn 60 m unna vil kunne gi en ustabil raskant som deretter kan rase/slakes ut mot tiltaksområdet. 60 m er vurdert på bakgrunn av at skråningshøyden er omtrent 30 m og at en skråning med helning 1:2 (= 30:60) vil være stabil med tilstrekkelig sikkerhet i de stedlige massene.

Avgrensningen mot sidene (sydvest og nordøst) betyr ikke at områdene mot sydvest og nordøst uten videre er klarert med tanke på kvikkleireskredfare, men eventuelle skred i disse områdene vil ikke ha påvirkning på planlagt utbygging.

Utløpsdistansen i Nidelva er også beheftet med usikkerhet, men denne usikkerheten vil ikke ha vesentlig betydning for liv og helse ved et eventuelt stabilitetsbrudd. Utløpsdistansen settes lik halvparten av løsnedistansen, dvs 80 m, iht anbefaling for rotasjonsskred.



Figur 10: Utstrekning av løsne- og utløpsområde i forbindelse med Stavne aktivitetssenter. Stiplede linjer i sideavgrensningene da dette er en administrativ grense ift. aktuell utbygging. Kartgrunnlag fra kart.finn.no.

6 Faregradsevaluering

Bestemmelse av faregrad for kvikkleireskred i det aktuelle området bestemmes ut fra vektallsskjema som vist i NVEs/NGIs rapport 9/2020 (Ref. 2).

Det har tidligere (i et historisk perspektiv) vært noe skredaktivitet i området. Skråningen er markert som en raskant i NGUs løsmassekart (Figur 3). Skråningshøyden er cirka 29 meter (til bunn i Nidelva på kote cirka - 4). Overkonsolideringsgraden (OCR) er i ødometerforsøk funnet å være omtrent 1,1-1,3 i leirmassene under skråningstoppen (posisjon 4). Løsmassenes avsetningshistorikk og styrke tolket fra trykksonderinger tilsier at OCR er betydelig høyere ved skråningsbunnen (ved Nidelva). I dybde for aktuelle skjærflater ventes OCR i området 1,5-2,0 gjennomsnittlig sett.

Poretrykket er målt å være lavt og tydelig underhydrostatisk.

Sonderingene og laboratorieforsøkene viser at kvikkleiremektighet ved aktuell glideflate er mindre enn en fjerdedel av skråningshøyden. Sensitiviteten er opp mot cirka 300 i sprøbruddmaterialet, men stort sett lavere enn 20 i leirmassene som helhet.

Det er ingen tydelig erosjon i skråningsfoten, men det er ikke utført erosjonssikring av Nidelva ved aktuelt område. Bekken som munner ut i Nidelva er erosjonssikret med terskler og stein. Planlagt tiltak vil ikke påvirke områdestabiliteten negativt, da utbyggingen planlegges vektkompensert. Totalt sett medfører dette at faregraden er lav.

Konsekvensklassen vurderes ut fra hva som rammes av et eventuelt kvikkleireskred. Aktivitetssenteret ved tiltaksområdet kan kun rammes dersom bruddflater med beregningsmessig sikkerhet over 1,40 inntreffer. Jernbanen over Stavnebrua kan rammes av skred, men er riktignok lite trafikkert. Med dette har man konsekvensklasse alvorlig.

Kombinasjonen av lav faregrad og konsekvensklasse alvorlig gir risikoklasse 2 (Figur 13 og Figur 14).

Klassifiseringen er vist skjematisk i Figur 14 ut fra vektallsskjemaer i Figur 11 og Figur 12.

Tabell for evaluering av faregrad, fra ref. /2/. 0-17 poeng gir lav faregrad, 18-25 poeng gir middels og 26-51 poeng høy faregrad.					
Faktorer	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
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	Lite	Ingen
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum		51	34	17	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Figur 11: Vektingsskjema for faregrad. Fra NVEs Veileder 7/2014, videreført i NVEs veileder 1/2019 via NVEs rapport 09/2020 (Ref. 2).

Faktorer	Vekt-tall	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, bruk	2	Person- trafikk	Gods- trafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning og flodbølge	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %
Faresonene fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum:					
Mindre alvorlig = 0-6 poeng					
Alvorlig = 7-22 poeng					
Meget alvorlig = 23-45 poeng					

Figur 12: Vektingsskjema for konsekvensklasse, hentet fra NVEs rapport 09/2020.

• Risikoklasse 1 omfatter alle soner med tallverdi fra 0 til 170
• Risikoklasse 2 omfatter alle soner med tallverdi fra 171 til 630
• Risikoklasse 3 omfatter alle soner med tallverdi fra 631 til 1 900
• Risikoklasse 4 omfatter alle soner med tallverdi fra 1 901 til 3 200
• Risikoklasse 5 omfatter alle soner med tallverdi fra 3 201 til 10 000

Figur 13: Inndeling i risikoklasser, iht. Ref. 2.

FAREGRAD ETTER NVE VEILEDER 1/2019					
PROSJEKT:	52102250 Stavne aktivitetssenter				
OPPDRAG:	52102250				
Utført av:	Egil A. Behrens				
FAREGRAD					
				Faregrad, score 0-3 (lav-høy)	
				KONTROLLFELT	
FAKTORER	VEKTALL	Score	Poeng	Maxscore	Maxpoeng
Tidligere skredaktivitet	1	2	2	3	3
Skråningshøyde i meter	2	2	4	3	6
OCR	2	1	2	3	6
Poretrykk - overtrykk	3	0	0	3	9
Poretrykk - undertrykk	-3	2	-6		0
Kvikkleiremektighet	2	1	2	3	6
Sensitivitet	1	3	3	3	3
Erosjon	3	1	3	3	9
Inngrep forverring	3	0	0	3	9
Inngrep forbedring	-3	0	0		0
Sum			10		51
%av maksimal poengsum			19,6 %		100,0 %
Faregrad LAV					
KONSEKVENSKLASSE					
				Konsekvens, score 0-3 (lav-høy)	
				KONTROLLFELT	
FAKTORER	VEKTALL	Score	Poeng	Maxscore	Maxpoeng
Boligeneheter	4	0	0	3	12
Næringsbygg, personer	3	2	6	3	9
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	3	3
Vei, ÅDT	2	0	0	3	6
Toglinje, baneprioritet	2	1	2	3	6
Kraftnett	1	1	1	3	3
Oppdemning/flom	2	2	4	3	6
Sum			13		45
%av maksimal poengsum			28,9 %		100,0 %
Konsekvensklasse alvorlig					
Risiko = konsekvens * faregrad			566,4		
Dvs risikoklasse			2		

Figur 14: Vektallsskjema for faregradsvurdering.

7 Stabilitetsberegninger

7.1 Beregningsprogram og datagrunnlag

Stabilitetsberegninger i kritisk beregningsnitt er utført ved hjelp av beregningsprogrammet GeoSuite Stability, versjon 16.1.1.0 (2018). Det er lagt inn geometri, lagdeling og styrke iht. grunnundersøkellesdataene. Styrken er tolket ut fra trykksonderingsresultater sammenholdt med laboratorieresultater og erfaringsverdier.

En kontrollberegning av kritisk snitt med noe forenklet topografi og lagdeling er utført med elementmetodeprogrammet Plaxis 2D.

For beregningsnitt som NGI tidligere har beregnet, har vi ikke gjennomført nye beregninger, men gått gjennom de tidligere utførte beregningene (Ref. 8) i detalj. Se senere delkapitler for kommentarer.

7.2 Materialparametere

Stabiliteten er beregnet både med drenert og udrenert styrke i leire-/siltmassene, det vil si for henholdsvis langtids og korttids belastningssituasjon. For øvrig er det benyttet anisotropifaktorer iht. NIFS-rapport (Ref. 3), justert for hvert løsmasselag ut fra målte verdier av plastisiteten (I_P). Laboratorieforskene har vist at sprøbruddeleiren er lavplastisk, med plastisitetsindeks omtrent 10 %, mens indeksen er omtrent 20 % i den underliggende, lite sensitive leiren. Vi har anvendt anisotropifaktorer for opp mot maksimalt $I_P=15$ % (A-D-P 1,0-0,65-0,37) for å være litt på den forsiktige siden ettersom plastisitetsindeksen er målt i relativt få dybder i den dyptliggende leiren.

Tolkningen av udrenert skjærstyrke ut fra trykksonderinger er kalibrert mot utførte styrkeforsøk i laboratorium, samt ved hjelp av erfaringsbaserte sammenhenger mellom vanninnhold og prekonsolidering (tidligere belastning). Det er lagt mest vekt på SHANSEP-tolkning og utførte treaksialforsøk. Tolkningen er vist i vedlegg A. Styrken målt i sondering i skråningen (pos 6) viser tilsvarende styrke med omtrentlig samme verdi som i tilsvarende kotenivå ved skråningstopp (pos 4), dvs styrken er omtrentlig konstant i kotenivå, også ut mot Nidelva. Dette stemmer med tidligere avsetningshistorikk (at Nidelva har erodert seg ned fra et opprinnelig flatt nivå), dog har avlesningen ikke gitt noen vesentlig styrkereduksjon over tid. Dette er ut fra ovenstående resonnement ekstrapolert ut fra pos 6 til Nidelva.

Ødometerforsøk (stivhetsforsøk) på prøver fra posisjon 4 tilsier en forsiktig prekonsolidering.

Prekonsolidering fra stivhetsforsøkene stemmer bra med den prekonsolidering som man kan estimere ut fra en antagelse at området i tidligere tider har vært på et noe høyere nivå enn platået ved aktivitetssenteret er i dag, og at Nidelva senere har erodert seg ned.

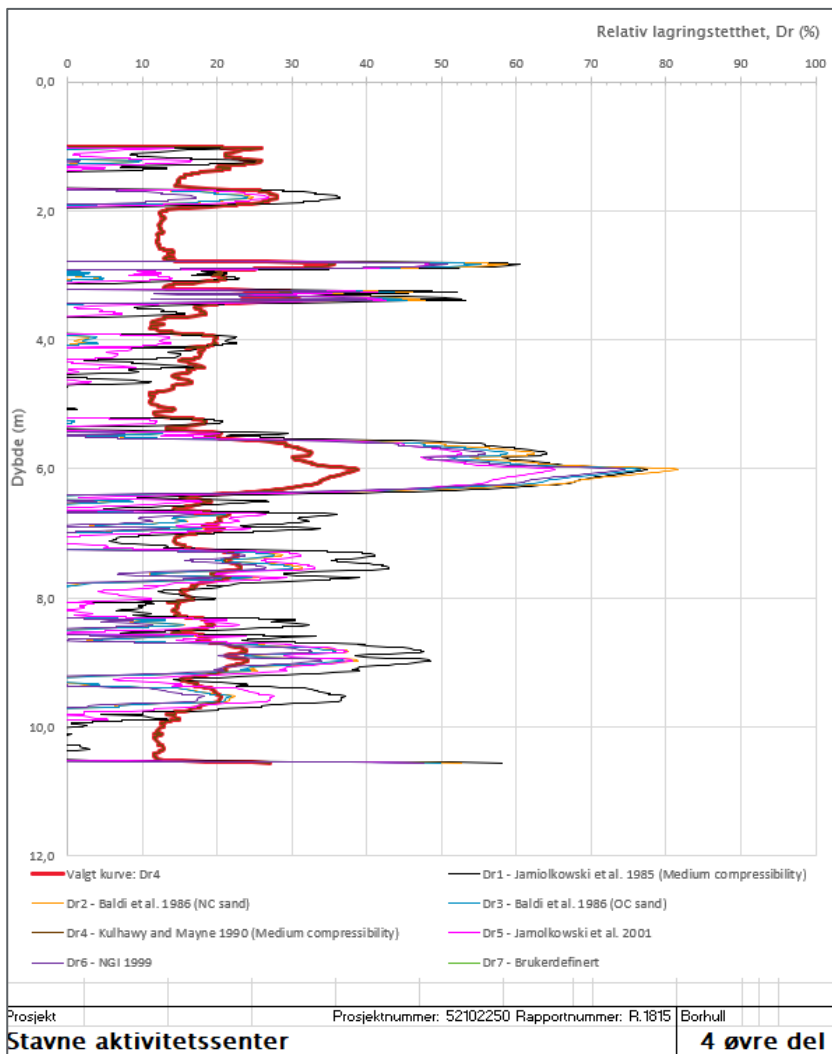
For de drenerende massene (sand, silt og grus) over de dyptliggende leire-/siltmassene, er det benyttet erfaringsbaserte styrkeverdier iht. Statens vegvesens håndbok V220, kap. 2.9.5 (Ref. 4). Styrken av for de dyptliggende leire-/siltmassene i langtidssituasjonen er basert på utførte treaksialforsøk konsolidert til cirka 95 % av estimerte in situ – spenninger (ut fra tyngdetetthet, OCR og poretrykk). Tolkning av treaksforsøk er vist i vedlegg C. Benyttede verdier er som følger (Tabell 1):

Tabell 1: Drenerte styrkeverdier.

Løsmasselag	Tyngdetetthet	Friksjonsvinkel	Attraksjon (kohesjon)
Topplag (leire/silt/sand)	18 kN/m ³	31 grader	5 (3,0) kPa
Fast silt/sand	19 kN/m ³	34 grader	5 (3,4) kPa
Silt dyptliggende	19 kN/m ³	31 grader	5 (3,0) kPa
Kvikkleire	19 kN/m ³	27 grader	10 (5,1) kPa

Leire dyptliggende	19 kN/m ³	28 grader	10 (5,3) kPa
--------------------	----------------------	-----------	--------------

Valg av tyngdetetthet for topplaget er satt lik 18 kN/m³, som er erfaringsverdi for silt iht SVV V220 fig 2.39. Figuren indikerer tyngdetettheter varierende mellom 17 og 19 kN/m³ for sand og silt. Tolking av relativ lagringstetthet for de øverstliggende massene i punkt 4 indikerer relativ lagringstetthet 10-40%, dvs nokså løst lagret (se Figur 15). Dette indikerer at en relativt lav tyngdetetthet er riktig. Vi finner derfor 18 kN/m³ å være en riktig verdi. 20 kN/m³ som NGI har brukt, anses å være for høyt, men dette gir konservative resultater og er dermed ok for vårt formål. Neddykket tyngdetetthet har minimal betydning, da topplaget i all hovedsak ligger over grunnvannstanden.



Figur 15: Tolket relativ lagringstetthet i massene fra 1 til 10 m dybde i posisjon 4.

Poretrykkene er i beregningene antatt nokså konservativt (høyt) der de ikke er kjente, ut fra lagdeling og topografi. Ved punkt 6 hydrostatisk til cirka 2-2,5 m under terreng, som vi mener er noe konservativt. Vi bemerker at for vårt tiltak er det de udrenerte bruddflatene som er vesentlige/dimensjonerende, og disse påvirkes ikke av poretrykkene ved skråningsoverflaten.

I nivå dypere enn utførte trykksonderinger (CPTU), er udrenert skjærstyrke vurdert ut fra erfaringsmessig styrkeøkning med dybden. Det er benyttet en styrkeøkning med dybden på 2,5 – 3,0 kPa/m for aktiv udrenert skjærfasthet, beregnet ut fra at massene har en effektiv tyngdetetthet cirka 9 kN/m³ og at minste erfaringsmessige aktive styrke er 0,25-0,30 ganger vertikalt overlagingstrykk, korrigert iht. SHANSEP-teori.

I NGIs tidligere beregninger (snitt mot sydøst ved Tilfartsbrua), er følgende tyngde- og styrkeverdier benyttet:

Material	no	Un.Weight	Fi	C'
Silt, sandig, l	1	20,00	32,0	0,0
Leire	2	18,50	30,0	0,0
Kvikkleire	3	18,50	30,0	0,0
Leire	4	18,50	30,0	0,0

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Silt, sandig, l	1	20,00	32,0	0,0				
Leire	2	18,50	---	---	C-profil	100	0,70	0,40
Kvikkleire	3	18,50	---	---	C-profil	0,85	0,59	0,34
Leire	4	18,50	---	---	C-profil	100	0,70	0,40

NGI har satt kohesjonen lik null for alle løsmasser som regnes drenert. Vi anser dette å være noe forsiktig. NGI har for noen av lagene vurdert friksjonsvinklene litt høyere enn vi har gjort. Profil for udrenert styrke stemmer med grunnundersøkelseresultatene og anisotropifaktorene samsvarer noenlunde med dagens anbefalinger og nyere forskning (Ref. 3). Forskjellene er små og samlet sett kommer styrkevurderingen rimelig likt ut. Grunnundersøkelsene tyder på at lagene har svært like egenskaper i de 2 beregningsnittene, og vi mener derfor at NGIs beregninger er utført med fornuftige inputverdier.

7.3 Belastninger – eksisterende bygg, jernbane og planlagt bygg

Eksisterende bygninger ved Stavne aktivitetssenter (Stavne gård) har stort sett 2 etasjer og stedvis sokkeletasje/kjeller.

For å unngå en lastøkning kan det være aktuelt å utvide slik at alle nye bygg får kjeller, alternativt masseutskifte med lette masser under byggene for å oppnå vektkompensering (utgravde masser minst like tunge som vekt av bygg og tilførte masser, inkludert lastfaktor).

Jernbanen som er aktuell for stabilitetsberegningene, er jernbanen som går øst-vest over Stavnebrua og dreier sydover syd for utbyggingsområdet. Denne er enkeltsporet og har tillatt aksellast 22,5 tonn (som Dovrebanen). Dette regnes å gi en karakteristisk linjelast på 110 kN/m (langs jernbanen) iht BaneNORs tekniske regelverk. Med svillebredde 2,5 m gir dette ekvivalent, jevnt fordelt last på 57 kN/m² dimensjonerende verdi (lastfaktor 1,3).

Tilførselsveien til aktivitetssenteret vil være en kommunal vei og følgelig underlagt Vegdirektoratets veinormaler (blant andre håndbok N200). Dimensjonerende trafikklast på denne settes derfor lik 19,5 kPa. Det vurderes å være svært usannsynlig at veien har maksimal belastning samtidig som den lite trafikkerte jernbanen har det. Følgelig settes kun last på jernbanen i stabilitetsberegningene. Dimensjonerende trafikklast vil ikke endres som følge av utbyggingen.

Planlagte bygg ventes å bli direktefundamenterte. Anleggsarbeidene vil medføre små utgravninger og tilføring av masser. Det vil være mulig å gjøre dette i en rekkefølge som sikrer at stabiliteten ikke forverres i noen faser av arbeidene. Utgraving/avlastning må skje før tilføring av tilsvarende vekt.

7.4 Beregningstilfeller og resultater

Beregnet sikkerhetsfaktor mot stabilitetsbrudd for mest kritiske bruddflater er som vist i Tabell 2. Tegningene V201 og V202 viser de beregnede bruddflatene.

Tabell 2: Oversikt over beregnede sikkerhetsfaktorer for skråningsstabiliteten.

	Udrenert beregning (korttid)	Drenert beregning (langtid)	Minstekrav (udrenert/ drenert)
Eksisterende og planlagt lastkompensert situasjon - kritisk bruddflate (utenfor aktivitetssenteret, «naturlig skråning») Tegning V201	1,28 Geosuite 1,32 Plaxis	1,26 (Geosuite)	1,20 / 1,25
Eksisterende og planlagt lastkompensert situasjon – bruddflate som rammer aktivitetssenteret (lastkompensert) Tegning V201	1,40 Geosuite 1,42 Plaxis	Meget høy (over 1,65 jfr V201)	1,40 / 1,25
Stabilitetsforbedret situasjon – kritisk bruddflate (utenom aktivitetssenteret, «naturlig skråning») Tegning V202	1,32 (Geosuite)	1,31 (Geosuite)	1,20 / 1,25
Stabilitetsforbedret situasjon – bruddflate som rammer aktivitetssenteret Tegning V202	1,42 (Geosuite)	Meget høy (over 1,75 jfr V202)	1,40 / 1,25

Av de utførte beregninger ser vi at stabiliteten i dyp bruddflate i eksisterende situasjon er akkurat lik minstekravet for ikke-forverring for tiltakskategori K4 (sikkerhetsfaktorkrav 1,4). Ved forverring kreves en minste sikkerhetsfaktor 1,61 etter forverring, og følgelig kan det ikke tillates tilleggslast i anleggsfasen eller i permanent situasjon innenfor kravene gitt i NVEs kvikkleireveileder.

Ettersom stabiliteten er akkurat tilstrekkelig for ikke-forverring i tiltakskategori K4, kan man om ønskelig gjøre et forbedringstiltak for å oppnå større margin. Vi har utført beregning av en slik eventuell forbedring i form av en avlastning i gjennomsnitt 17 m bred og 2,0 m dyp ved skråningstoppen, vist i tegning V101 og V202. Dette medfører en økning fra 1,40 til 1,42 for dyp bruddflate som kan ramme utbyggingsområdet, og tilsvarende forbedring for grunnere og mer kritiske bruddflater.

Sikkerheten mot brudd i «naturlig skråning» (grunnere bruddflate i skråningen) er over minstekravet på 1,20 i eksisterende situasjon. En slik bruddflate vil uansett ikke ramme aktivitetssenteret.

Kontrollberegningene med Plaxis 2D viser svært like bruddflater og sikkerhetsfaktorer i greit samsvar med resultat av beregningene i Geosuite Stability.

NGIs beregninger i snittet lengst sydvest (NGI snitt 1, se tegning V101) viser sikkerhetsfaktor mot udrenert brudd lik 1,47 for mest kritiske skjærflate (Figur 16). Sikkerhetsfaktor for dyp skjærflate som kan ramme aktivitetssenteret vil være over 2,18 (Figur 16). Dette etter avlastningen som ble utført ifbm etableringen av Tilfartsbrua. Drenert sikkerhet er uproblematisk for bruddflater som kan nå aktivitetssenteret. Topografien i

dypere bruddflatene får noe bedret stabilitet. De dype bruddflatene er slik sett ikke realistiske med mindre det gjøres en voldsom lastøkning ved tiltaksområdet. En slik lastøkning tillates ikke, og vil ikke være fysisk mulig å gjennomføre på kort tid.

Med dette mener vi at utførte boredybder er tilstrekkelige ift realistiske bruddforløp.

Vedrørende prøve kvalitet:

Prøvene er vurdert å være av gjennomgående høy kvalitet og iht anbefalingene gitt i NVE 1/2019 kapittel 7.3. Utførte treksialforsøk er sammen med CPTU-sonderinger brukt til å tolke styrke i leirmassene. Treksialforsøkene viser et tydelig bruddtak ved en erfaringsmessig rimelig tøyning for aktive forsøk (<2%). Mengden utpresset porevann under konsolidering tilsier en akseptabel forsøkskvalitet (<10 cm³). Styrken fra treksialforsøk stemmer bra med generelle tolkninger av CPTU basert på blokkprøvedatabasen.

Utførte ødometerforsøk viser tydelig prekonsolideringsspenning (knekk i diagram), som er brukt i støtte til styrkevurderingene, blant annet til bestemmelse av realistisk konsolideringsnivå i treksialforsøk, som er avgjørende for å tolke riktig udrenert skjærfasthet.

Samlet mener vi at dette gir grunn til å tillegge resultatene fra treksial- og ødometerforsøk vekt, sammen med og til støtte for CPTU-tolkningen.

Enaksielle trykkforsøk er i liten grad benyttet for styrkevurderinger, men viser generelt maksimal skjærfasthet ved nokså realistiske tøyninger (<5-10%).

Vedrørende variasjoner i poretrykk:

Eventuelle årstidsvariasjoner er i noen grad hensyntatt ved at vi har lagt til grunn en hydrostatisk poretrykksfordeling selv om målingene viser noe underhydrostatisk trykk, dvs noe på forsiktig side. De øvre massene vil kunne ha varierende poretrykk over året og/eller ut fra nedbørsforholdene. Disse er imidlertid så mye mer permeable enn underliggende leirmasser at leirmassenes poretrykk vil variere minimalt. Eventuelt stabilitetsbrudd i de drenerende massene vil ikke kunne forplante seg inn til tiltaksområdet, og det er derfor ikke av kritisk betydning å vite poretrykkene over året nøyaktig.

7.6 Opsjon terrengavlastning

Dersom man eventuelt ønsker forbedring av områdestabiliteten, anbefaler vi avlastning ved skråningstopp tilpasset eksisterende kulturminner og planlagt skatepark. Foreslått utstrekning er vist i tegning V101 og et utsnitt er tatt inn i Figur 17. Våre beregninger viser at en slik avlastning så vidt ikke er nødvendig. Vi har allikevel vurdert muligheten for å kunne utføre et slikt tiltak.

Det er antatt at det vil være komplisert å senke den vestre delen av planlagt skatepark med tanke på tilpasning til nivå av gang- og sykkelveien. Følgelig vil vi eventuelt foreslå en større senkning, dvs. 2,0 m, i et mindre areal nærmest skråningstoppen, utenfor planlagt skatepark. Lenger øst, i hensynsområdet for kraftledningen, anbefaler vi eventuelt en mindre senkning over et større område (1,0 m senkning).

Overganger mellom nivåer kan etableres med helning 1:2 – 1:3.

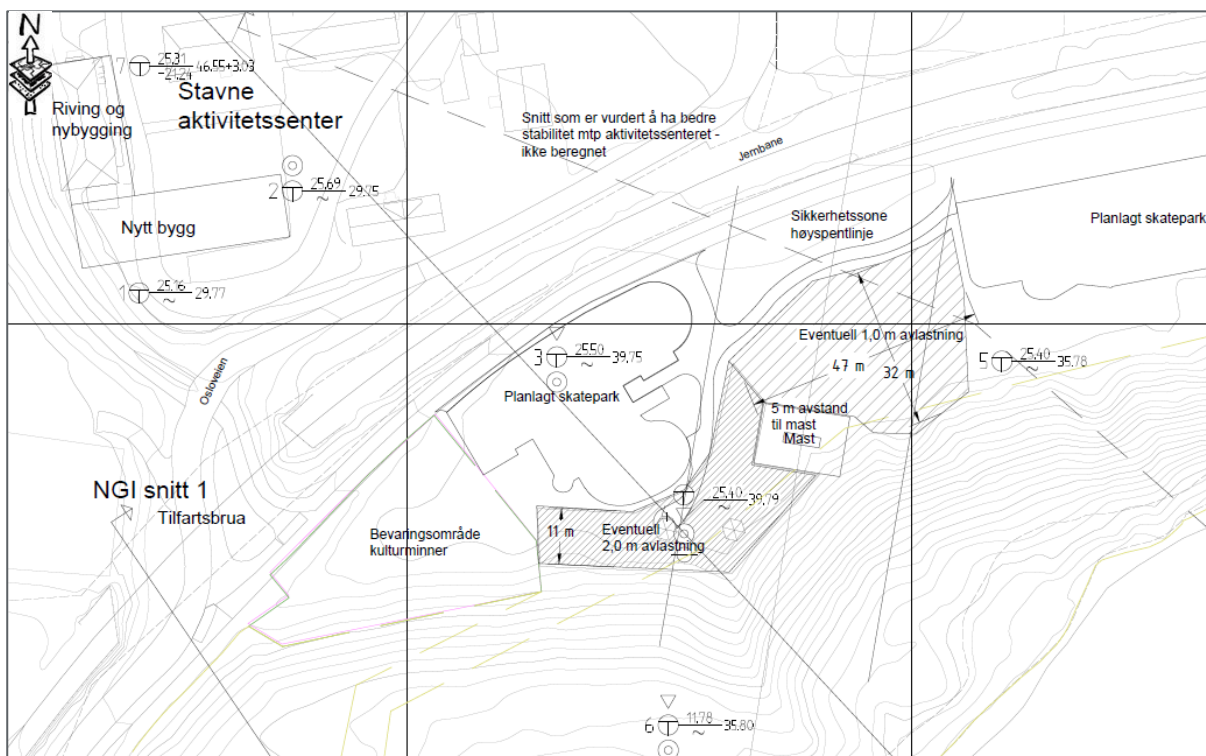
Skissert avlastning er et areal omtrent 900 kvm med 2,0 m avlastning, samt et areal omtrent 1200 kvm med 1,0 m avlastning. Samlet gir dette en avlastning på cirka 3000 m³ masser. Tyngdetettheten er omtrent 18 kN/m³ og avlastningen blir dermed 54 000 kN eller 5 400 tonn.

Skissert avlastning strekker seg over en lengde cirka 90 m langs skråningstopp. Dette tilsvarer en avlastning på 3000 m³ / 90 m = 33 m² per meter. Dette samsvarer bra med avlastningen i beregningsnittet, som er et

areal på cirka $17 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 34 \text{ m}^2$ (per meter). Avlastningen vil dermed gi stabilitetsforbedringen som vist i tegning V202 sammenlignet med V201.

NVEs veileder beskriver at det over tid kan oppstå en reduksjon av udrenert skjærstyrke i leirmassene ved store avlastninger. Foreslått avlastning har et så lite omfang i tykkelse og areal at denne effekten vurderes å være neglisjerbar.

Avlastningen bør eventuelt avsluttes cirka 5 meter fra kraftledningsmast slik at stabiliteten av denne ikke forringes.



Figur 17: Utsnitt fra tegning V101 som viser areal for eventuell avlastning på cirka 3000 m^3 .

Eventuell avlastning vil kunne utføres i en annen geometrisk utstrekning enn det som er skissert, så lenge avlastningen er omtrentlig jevn i lengderetning på tvers av beregningsnittet og samlet volum er likt. Ved å trekke avlastningen lenger vekk fra skråningen vil den virke mer effektivt som stabiliserende tiltak for bruddflate som er relevant for aktivitetssenteret. Med tanke på kompleksitet ift. andre konstruksjoner og infrastruktur, mener vi at foreslått avlastning vil være minst komplisert.

Justeringer i skateparkens utforming siden versjon 1 av rapporten tilsier at den skisserte mulige terrengavlastningen er vanskeligere å få gjennomført enn tidligere, og uavhengig kvalitetssikrer er enig i at stabiliteten er tilstrekkelig uten å gjøre denne avlastningen. Vi ser ikke behov for å gjøre denne avlastningen.

8 Sikkerhet mot andre skredtyper / naturpåkjenninger

I henhold til Byggteknisk forskrift. (TEK17) §7 om Sikkerhet mot naturpåkjenninger, skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger som flom, stormflo og ras.

Kotehøyden på tomten er cirka +25 - +26 og tomten/bygget vil derfor ikke være utsatt for stormflo.

Topografien i området, med det flate platået ved tiltaksområdet og god avstand til høyereliggende terreng vest for området (mot Byåsen, på andre siden av Rv 706 og Dovrebanen), og der de høyestliggende løsmassene har god dreneringsevne og lave målte poretrykk, tilsier at tomten ikke vil være utsatt for flom eller skred fra høyereliggende områder. Risikoen for bygningskadelig flom forårsaket av nedbør er neglisjerbar.

Steinsprang og snøskred kan også utelukkes ved tiltaksområdet, ut fra topografiske forhold.

Ut fra dette, samt områdestabilitetsvurderingene beskrevet i foregående kapitler, mener vi at sikkerheten mot naturpåkjenninger er tilfredsstillende for planlagt utbygging, gitt at anvisningene i denne rapporten følges. Det vil si gitt at nye bygg ved aktivitetssenteret fundamenteres kompensert for bruddgrenselast.

9 Konklusjon

- Områdestabiliteten er funnet å være akkurat lik minstekravet fra NVEs kvikkleireveileder og er tilfredsstillende for planlagt utbygging av Stavne aktivitetssenter. Dermed er krav til sikkerhet som skal legges til grunn ved ev. regulering og bygging jf. TEK17 oppfylt.
- Det kan om ønskelig gjøres en terrengavlastning for å øke sikkerheten (ut over minimumsnivået). Det er skissert et areal for eventuell avlastning ved skråningstopp i tegning V101. *Vi ser imidlertid ikke behov for slik avlastning.*
- Vi mener at minimumssikkerheten er akseptabel. Utbyggingen må skje ved vektkompensert fundamentering for å tilfredsstillende veilederens anvisninger. Stabilitetsberegningene er basert på utførte grunnundersøkelser i felt og i laboratorium. Ytterligere, mer omfattende og komplisert prøvetakning kan gi noe bedre forsøksresultat som i sin tur eventuelt kan dokumentere at stabilitetssituasjonen er bedre enn beregnet.
- Tiltaksområdet vurderes å være byggbart geoteknisk sett. Stabiliteten må ivaretas ved detaljprosjektering av bygg på tomten. Grunnarbeider må underlegges krav jf. NVE-veileder som beskrevet.
- Ettersom det er påtruffet kvikkleire / sprøbruddmateriale, og planlagt tiltak er i tiltakskategori K4 iht. Ref. 1, skal det avgrenses en kvikkleirefaresone for å avgrense området for kvikkleire / sprøbruddmateriale som kan ramme planlagt bygg. Avgrensning er vurdert og vist i Figur 10. Faresonen har faregrad lav, konsekvensklasse alvorlig og sonen havner i risikoklasse 2. Klassifiseringen som faresone betyr imidlertid ikke at det er stor risiko for skred, da stabilitetsberegningene viser forholdsvis god stabilitet og minstekravet for naturlige skråninger er oppfylt iht. NVEs kvikkleireveileder. Vi mener at det ikke er behov for å erosjonssikre Nidelva nedenfor aktuell skråning, da det ikke pågår kraftig erosjon, og sikkerheten for skråningen er over robusthetskravet med noe margin.
- Innholdet/vurderingene i denne rapporten er *kvalitetssikret* av uavhengig foretak (Rambøll Norge AS) iht NVEs veileder (Ref. 1). *Anbefalinger fra uavhengig kvalitetssikrer er innarbeidet i versjon 2.*

10 Referanser

Ref. 1: NVE veileder nr 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred, utgitt desember 2020, tilgjengelig fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019_01.pdf (revisjon av tidligere veileder 7/2014)

Ref. 2: NVE eksternrapport nr. 9/2020: Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred: metodebeskrivelse, utgitt desember 2020 (NGI for NVE).

Ref. 3: Naturfareprosjektet (NIFS) Dp. 6 Kvikkleire: En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer, rapport 14/2014, tilgjengelig fra http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_14.pdf

Ref. 4: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220)», 2018

Ref. 5: NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014: Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger.

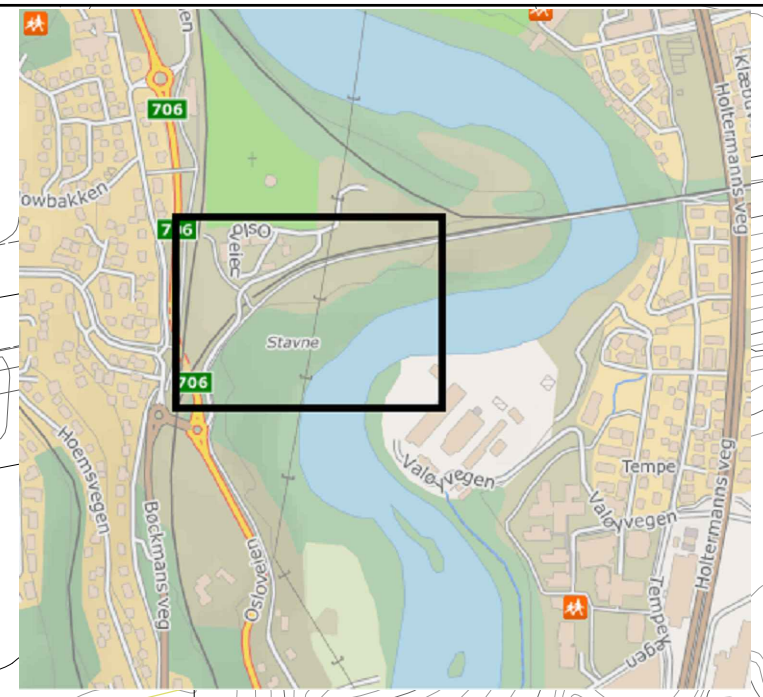
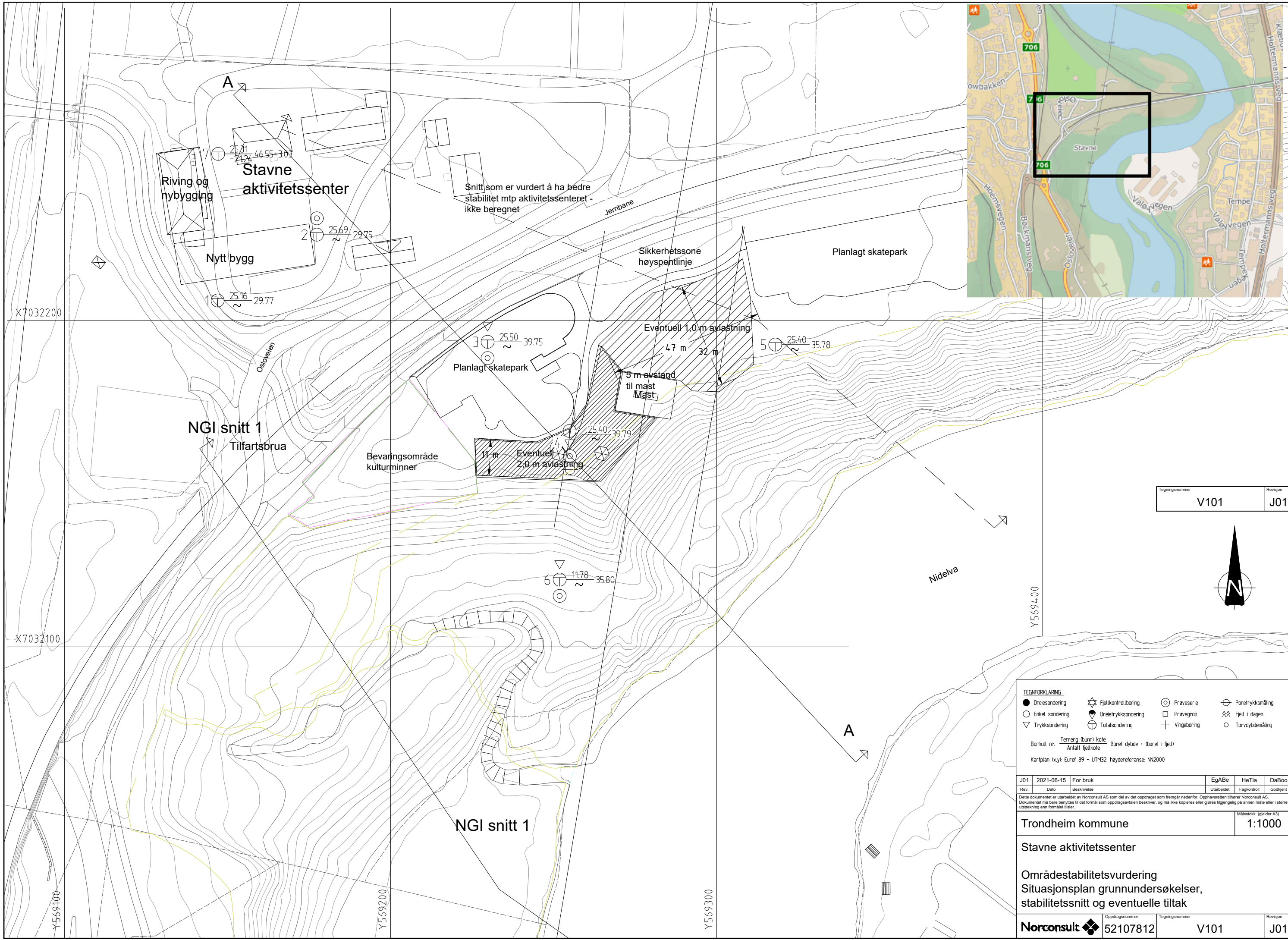
Ref. 6: Naturfareprosjektet (NIFS): Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred. Rapport 14/2016.

Ref. 7: Topografisk elvebunnskartlegging av områder i Nidelva, utført av Novatek for NVE i 2009.

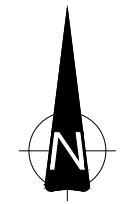
Ref. 8: Reguleringsplan Oslovegen - Stavne. Grunn- og stabilitetsforhold, teknisk notat 20110427-00-4-TN, utarbeidet av NGI for Statens vegvesen, datert 6. oktober 2011

Ref. 9: Stavne aktivitetssenter, datarapport grunnundersøkelser, dokumentnr R.1815, utarbeidet av Trondheim kommune, datert 10.06.2021

Ref. 10: Stavne kirkegård - grunnundersøkelser - datarapport, dokumentnr R.1138, utarbeidet av Trondheim kommune, datert 06.06.2001



Tegningsnummer	Revisjon
V101	J01



TEGNEFORKLARING:

● Dreiesondring	⊗ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊖ Poretrykksmåling
○ Enkel sondring	⬇ Dreietrykksondring	□ Prøvegrop	⚡ Fjell i dagen
▽ Trykksondring	⊕ Totalsondring	⊕ Vingeboring	○ Torvdybde måling

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)
 Kartplan (x,y): Euref 89 - UTM32, høyderreferanse: NN2000

Rev.	Dato	Beskrivelse	For bruk	EgAbe	HeTia	DaBoo
J01	2021-06-15					

Trondheim kommune Målestokk (gjelder A3)
1:1000

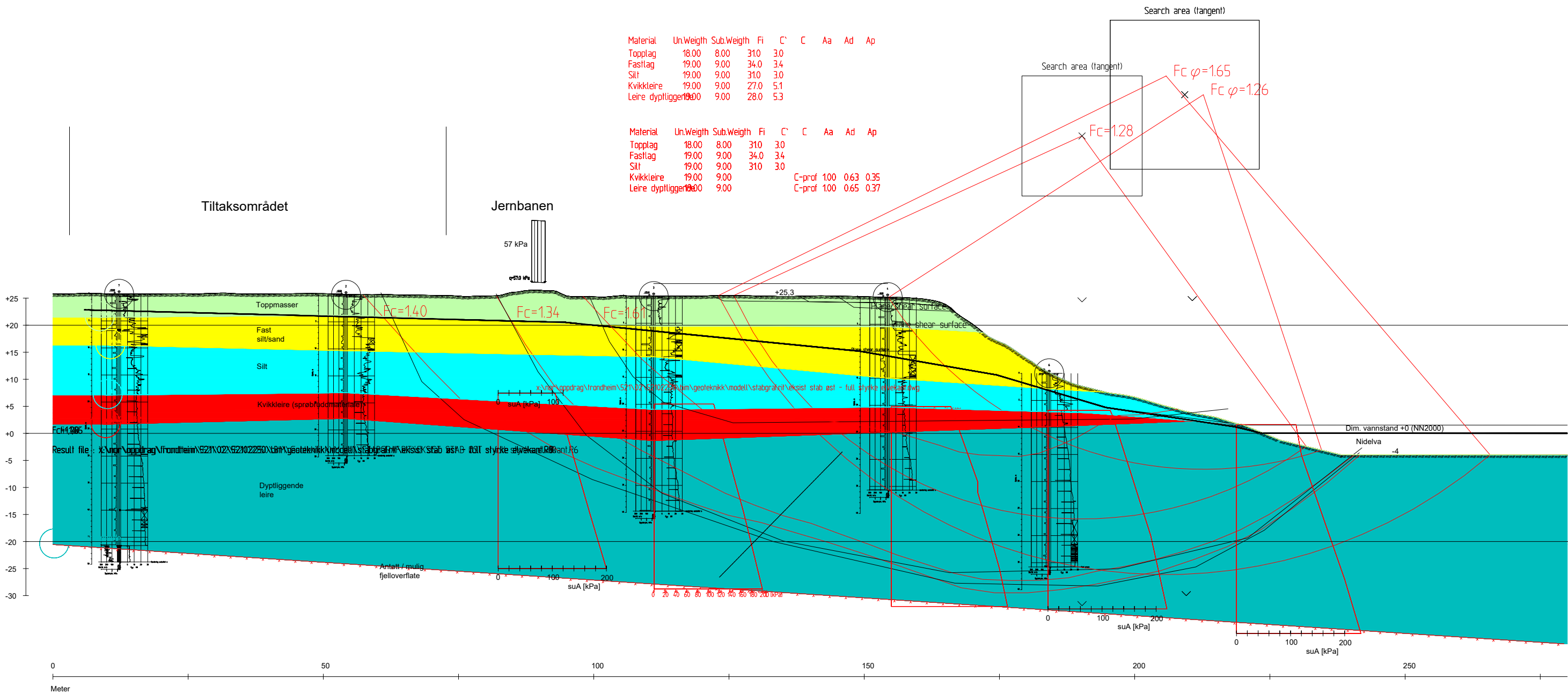
Stavne aktivitetssenter

Områdestabilitetsvurdering
Situasjonsplan grunnundersøkelser,
stabilitetsnitt og eventuelle tiltak

Norconsult	Oppdragsnummer 52107812	Tegningsnummer V101	Revisjon J01
------------	----------------------------	------------------------	-----------------

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	18.00	8.00	31.0	3.0				
Fast silt/sand	19.00	9.00	34.0	3.4				
Silt	19.00	9.00	31.0	3.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	5.1				
Leire dyptliggende	19.00	9.00	28.0	5.3				

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	18.00	8.00	31.0	3.0				
Fast silt/sand	19.00	9.00	34.0	3.4				
Silt	19.00	9.00	31.0	3.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	5.1	C-prof 100	0.63	0.35	
Leire dyptliggende	19.00	9.00	28.0	5.3	C-prof 100	0.65	0.37	



Rev.	Dato	Beskrivelse	EgABe	HeTia	DaBoo
J01	2021-06-15	For bruk			

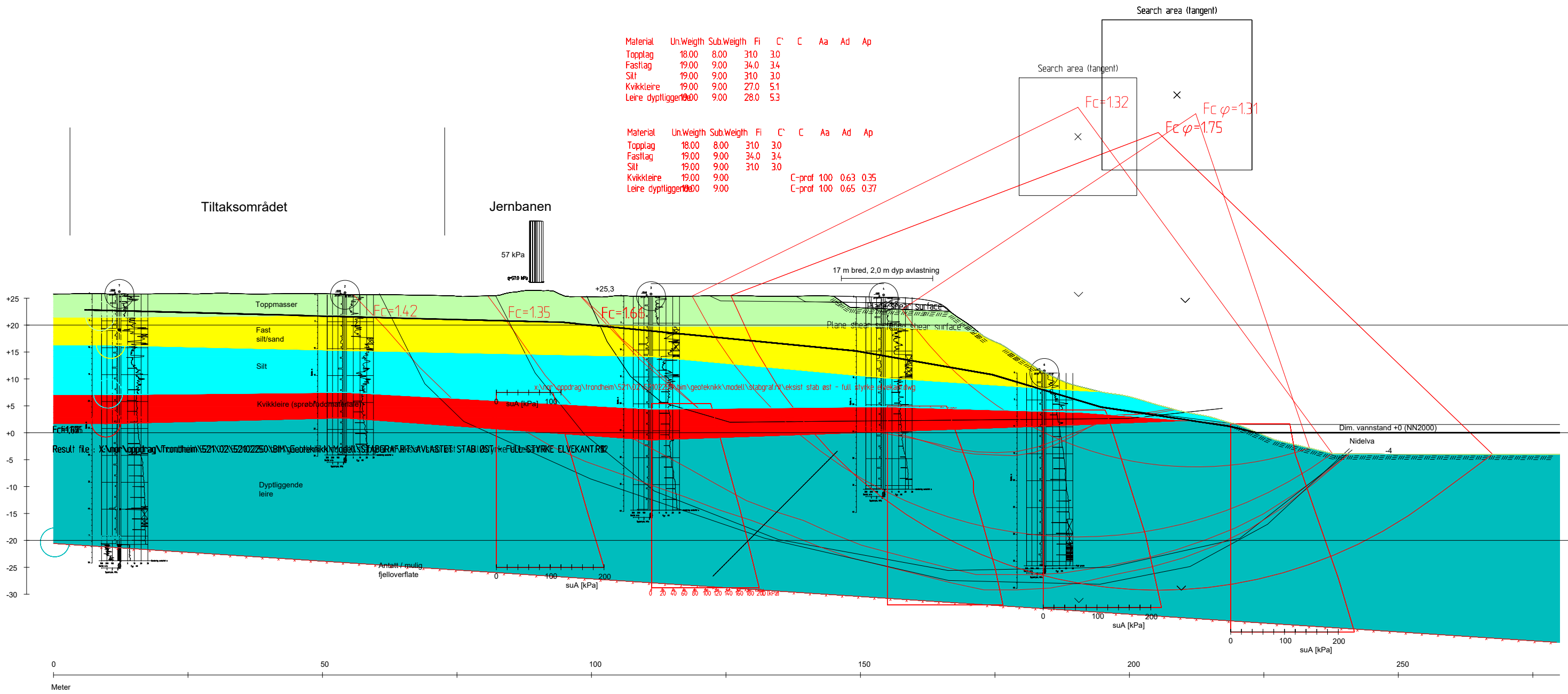
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tilsier.

Trondheim kommune	Målestokk (gjelder A3) 1:750
Stavne aktivitetssenter	
Områdestabilitetsvurdering Stabilitetsberegninger snitt A-A Eksisterende og planlagt situasjon	
Norconsult	Oppdragsnummer 52107812
	Tegningsnummer V201
	Revisjon J01

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	18.00	8.00	310	3.0				
Fastlag	19.00	9.00	34.0	3.4				
Silt	19.00	9.00	310	3.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	5.1				
Leire dyptliggende	19.00	9.00	28.0	5.3				

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	18.00	8.00	310	3.0				
Fastlag	19.00	9.00	34.0	3.4				
Silt	19.00	9.00	310	3.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	5.1				
Leire dyptliggende	19.00	9.00	28.0	5.3				

C-prof 100 0.63 0.35
C-prof 100 0.65 0.37



J01	2021-06-15	For bruk	EgABe	HeTia	DaBoo
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<p>Detta dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tilsier.</p>					
<p>Trondheim kommune</p>					<p>Målestokk (gjelder A3) 1:750</p>
<p>Stavne aktivitetssenter</p>					
<p>Områdestabilitetsvurdering Stabilitetsberegninger snitt A-A Forbedret situasjon (avlastet 17*2,0 m)</p>					
<p>Norconsult</p>		<p>Oppdragsnummer 52107812</p>	<p>Tegningsnummer V202</p>	<p>Revisjon J01</p>	

Vedlegg A

Sonde og utførelse

Sondennummer	4352	Boreleder	Hugo
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	8,1
Kalibreringsdato	2021-02-05	Maks helning (°)	29,7
Dato sondering	2021-04-19	Maks avstand målinger (m)	0,01
Filtertype	Porøst filter		

Kalibreringsdata

	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Maksimal last (MPa)	50	0,5	2
Måleområde (MPa)	50	0,5	2
Skaleringsfaktor	1191	3646	3961
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,6406	0,0105	0,0193
Arealforhold	0,8570	0,0000	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	30,09	1,181	4,177
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktskontroll

	NA	NB	NC
Registrert før sondering (kPa)	8129,5	127,7	234,0
Registrert etter sondering (kPa)	-64,0	0,2	-0,6
Avvik under sondering (kPa)	64,0	0,2	0,6
Maksimal temperatureffekt (kPa)	6,1	0,2	0,8
Maksverdi under sondering (kPa)	7827,3	139,5	1646,0

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	70,7	0,9	0,4	0,3	1,5	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	2	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					

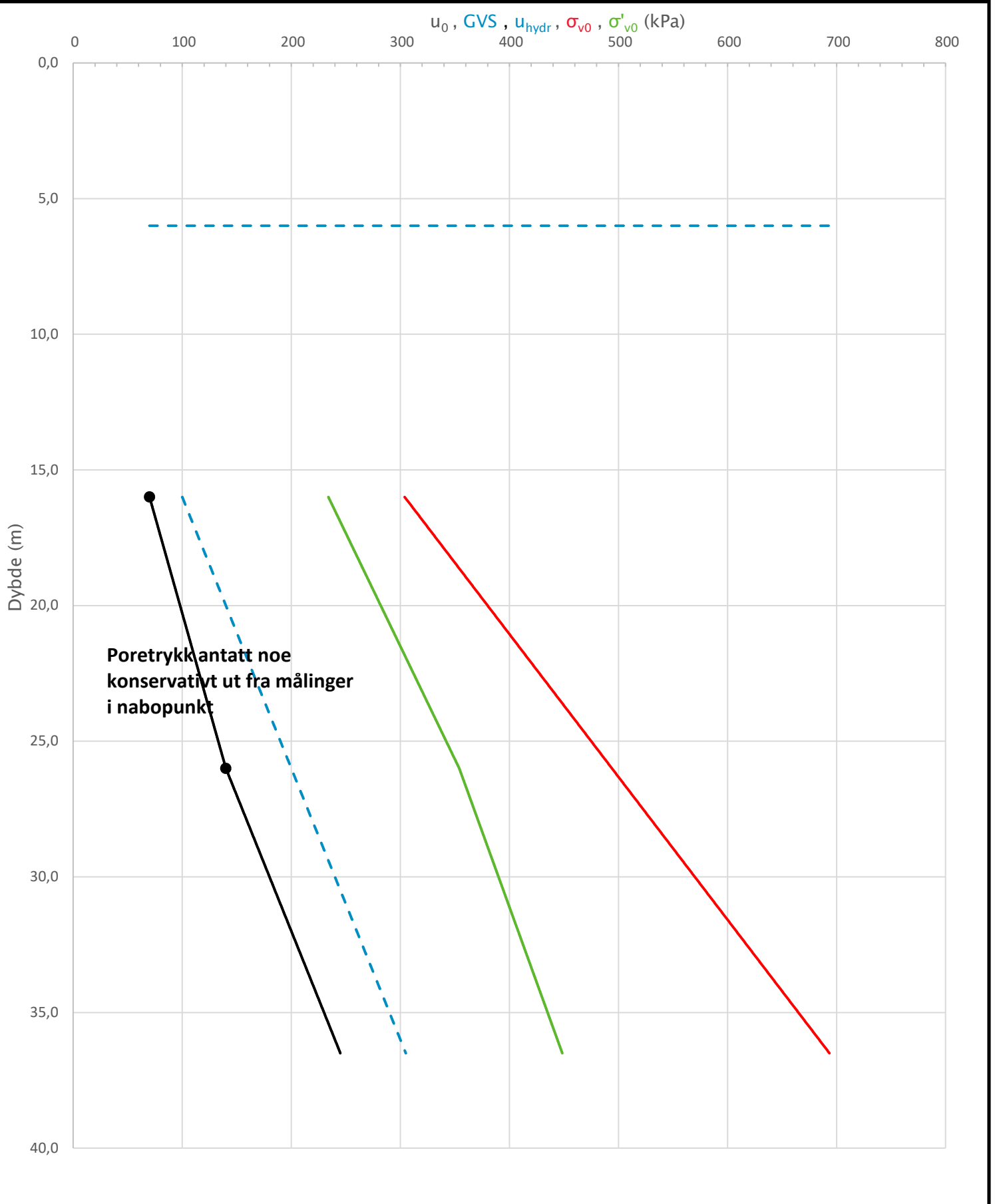
Måleverdier under kapasitet/krav

Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur
OK	OK	OK	Ikke OK	OK

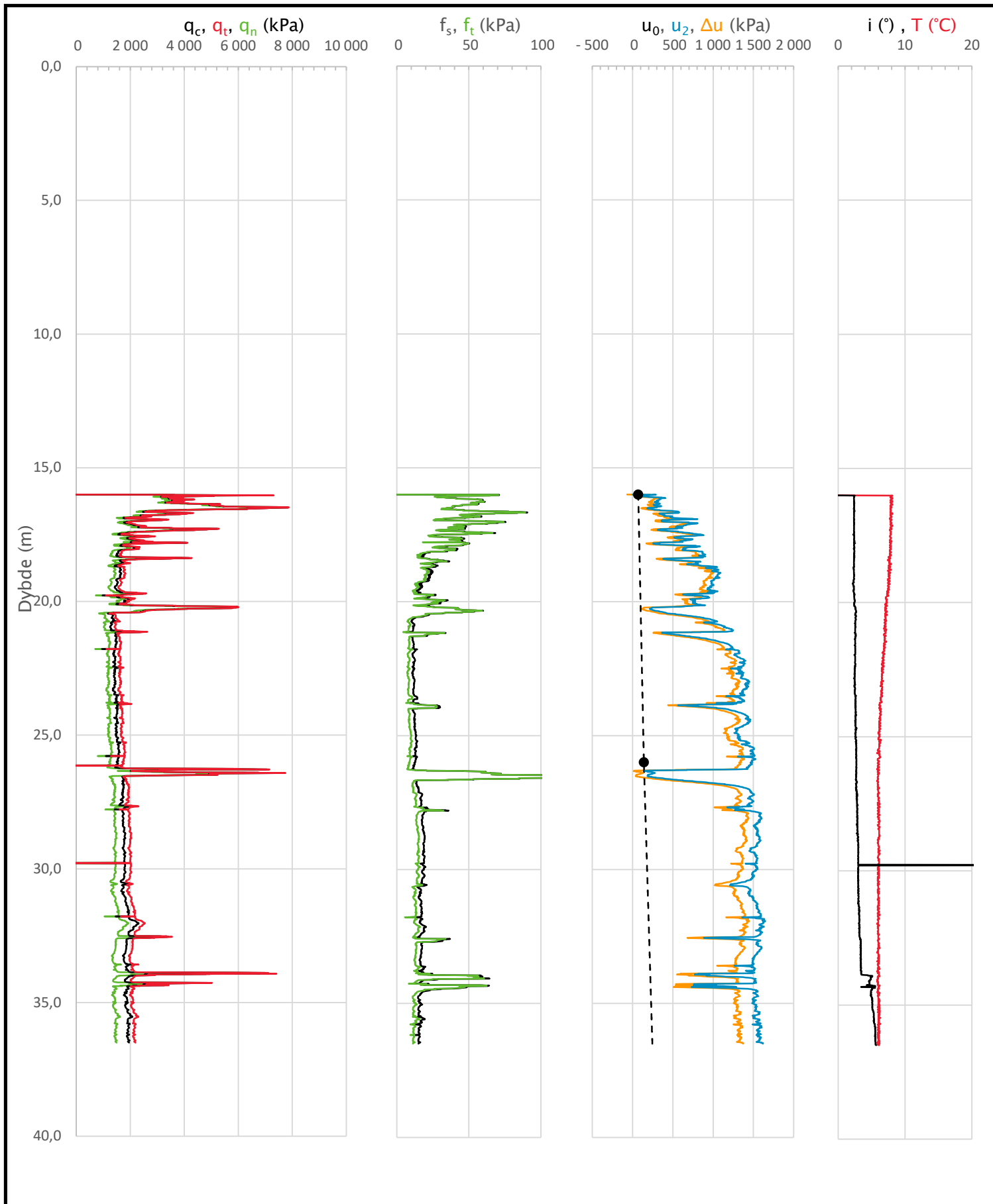
Kommentarer:


Helning vurderes å være ok, da feilmelding kommer av åpenbar feilverdi ved dybde 29,7 m.

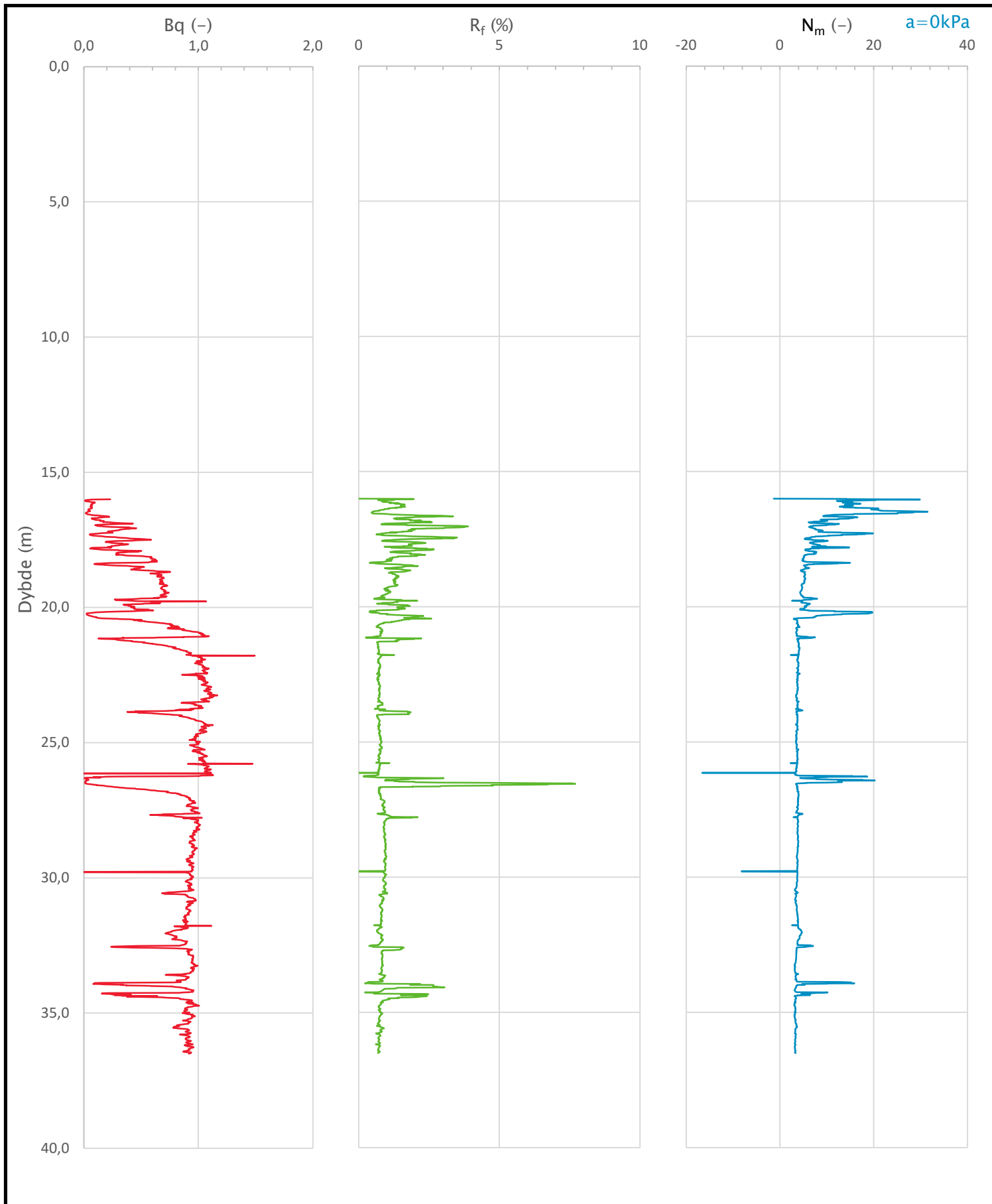
Prosjekt	Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815			Borhull
Stavne aktivitetssenter				3
Innhold	Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet			Sondennummer
				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	1



Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				3
Innhold				Sondennummer
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				4352
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	2	



Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				3
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				4352
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	3



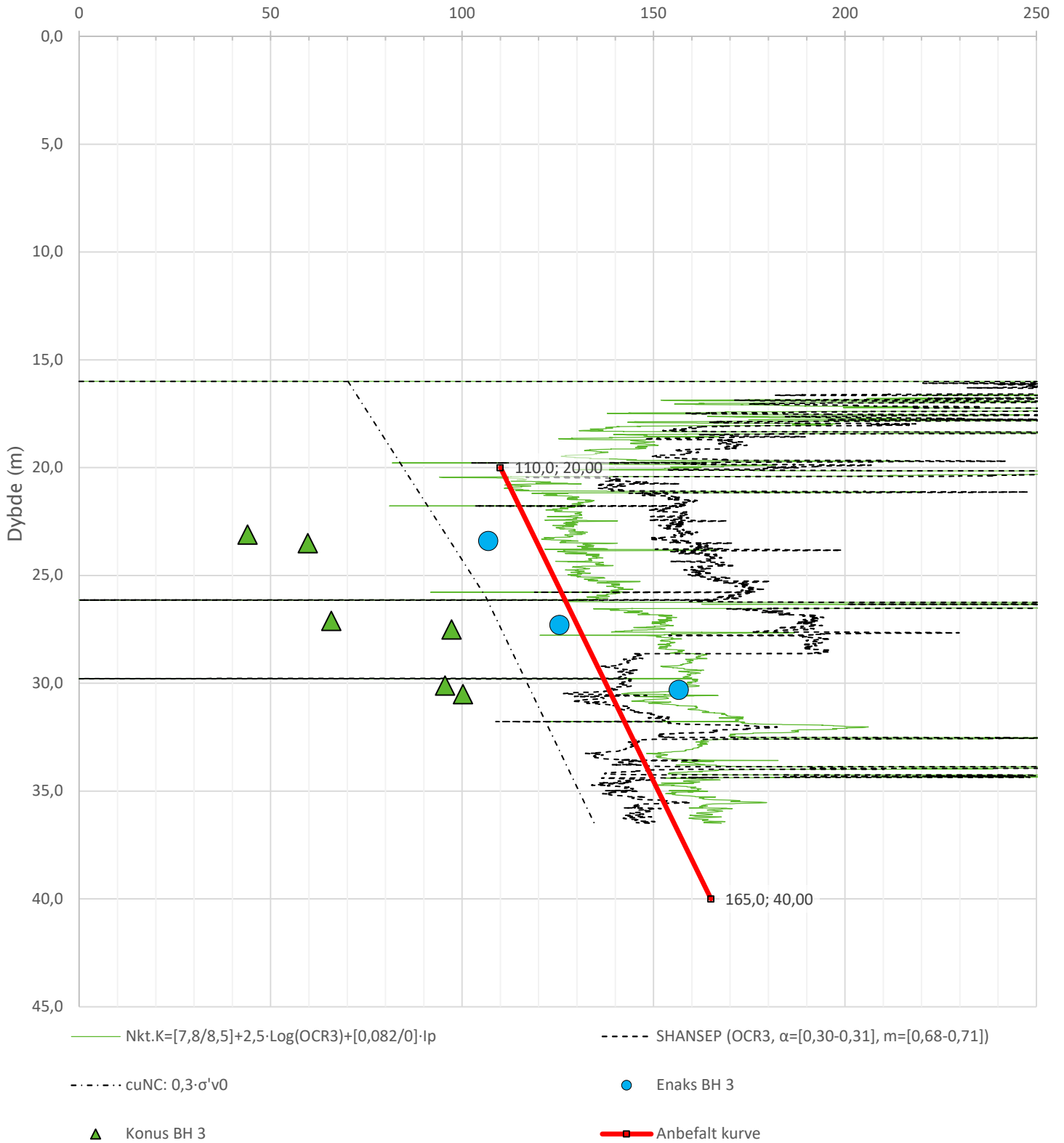
Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				3
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	4

Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH 3: $c_{uc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,636 max:0,638)}$

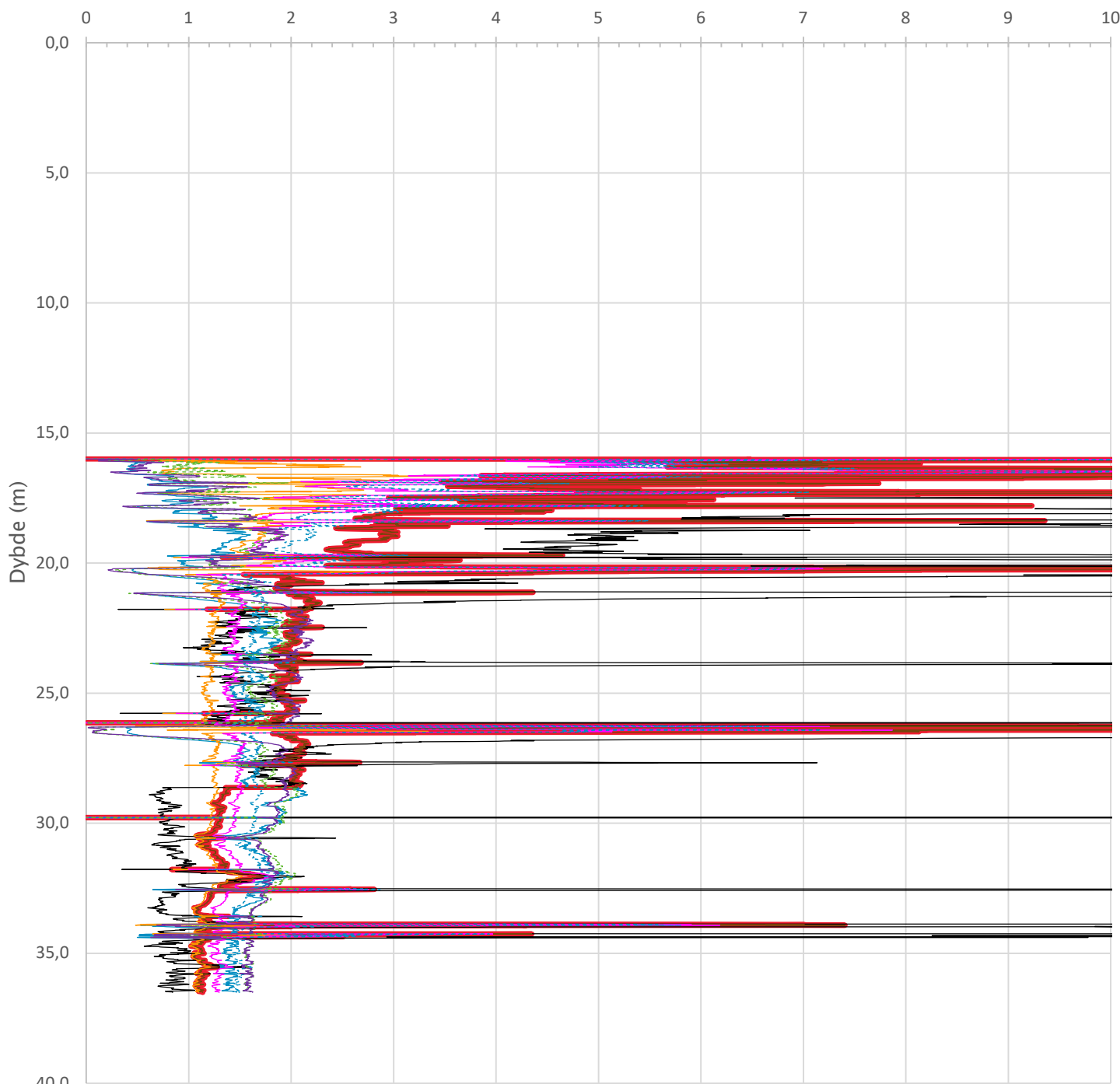
Konus BH 3: $c_{ufc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,636 max:0,638)}$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				3
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4352
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	5

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



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

Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				3
Innhold				Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	

Vedlegg A

Sonde og utførelse

Sondennummer	4352	Boreleder	Kjell
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	9,1
Kalibreringsdato	2021-02-05	Maks helning (°)	3,2
Dato sondering	2021-04-16	Maks avstand målinger (m)	0,01
Filtertype	Porøst filter		

Kalibreringsdata

	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Maksimal last (MPa)	50	0,5	2
Måleområde (MPa)	50	0,5	2
Skaleringsfaktor	1191	3646	3961
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,6406	0,0105	0,0193
Arealforhold	0,8570	0,0000	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	30,09	1,181	4,177
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktskontroll

	NA	NB	NC
Registrert før sondering (kPa)	8074,4	128,6	235,5
Registrert etter sondering (kPa)	-5,1	-0,1	0,5
Avvik under sondering (kPa)	5,1	0,1	0,5
Maksimal temperatureffekt (kPa)	6,8	0,3	1,0
Maksverdi under sondering (kPa)	15211,6	253,5	65,5

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

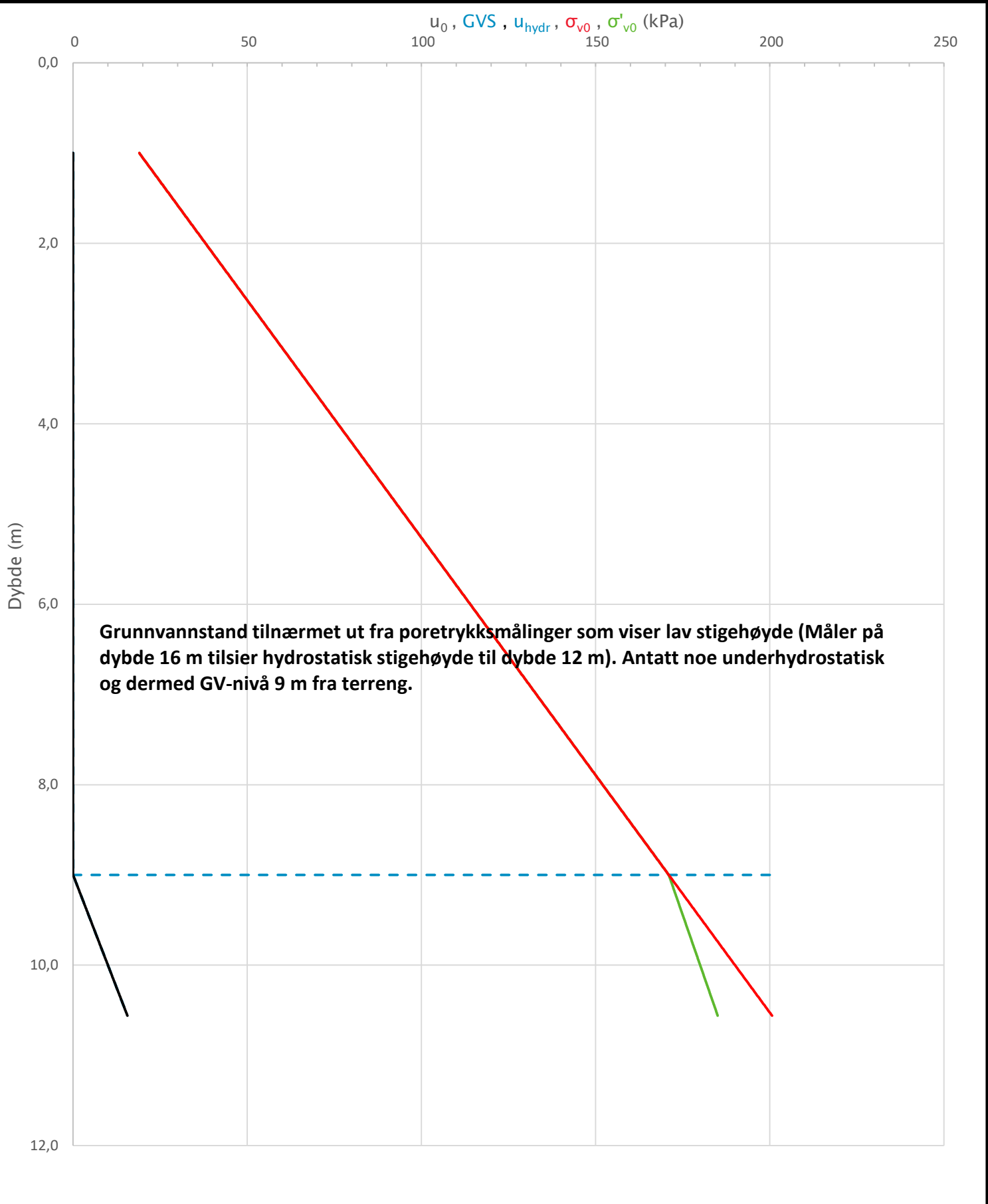
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	12,6	0,1	0,4	0,1	1,5	2,2
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	2
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					

Måleverdier under kapasitet/krav

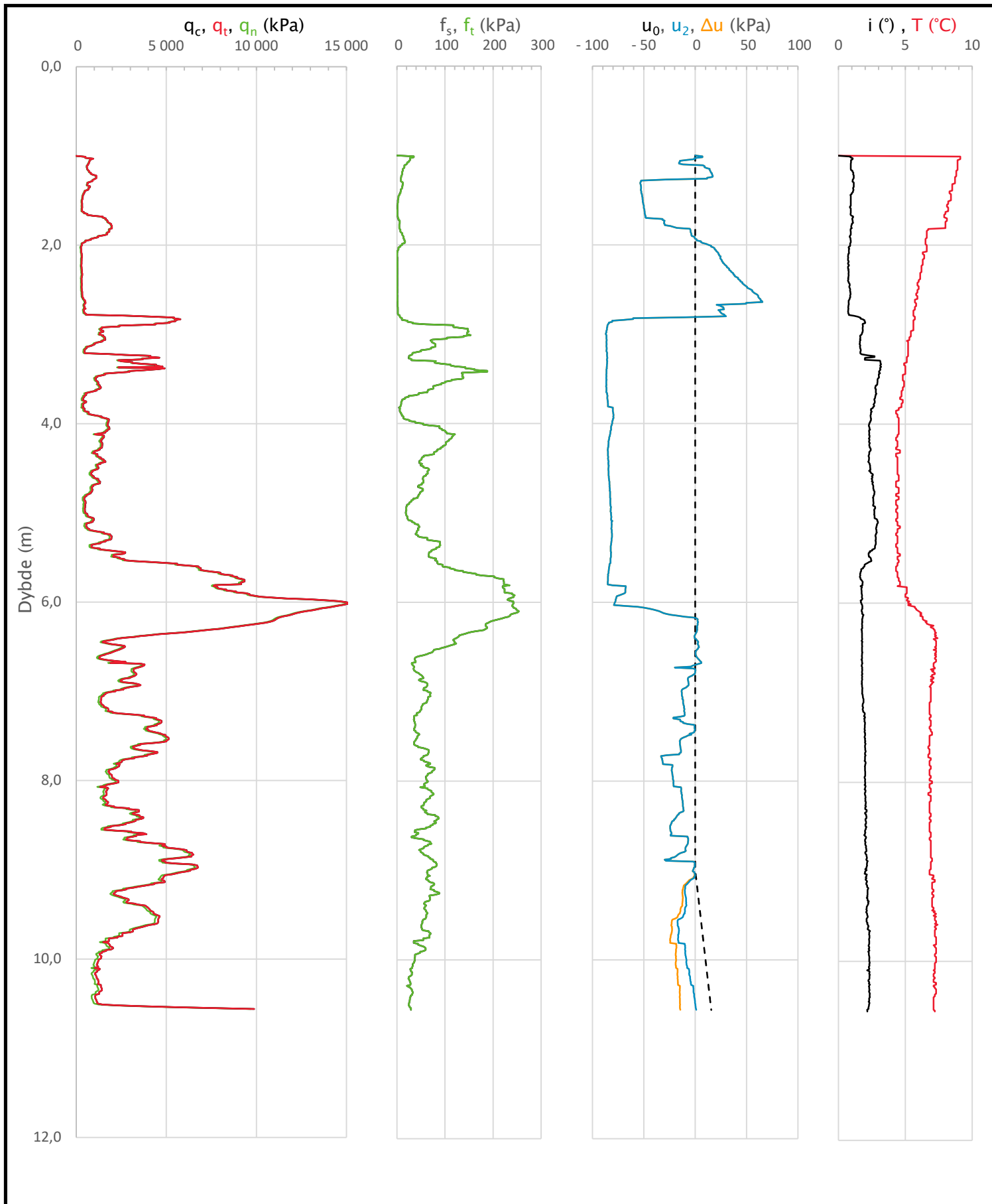
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur
OK	OK	OK	OK	OK

Kommentarer:

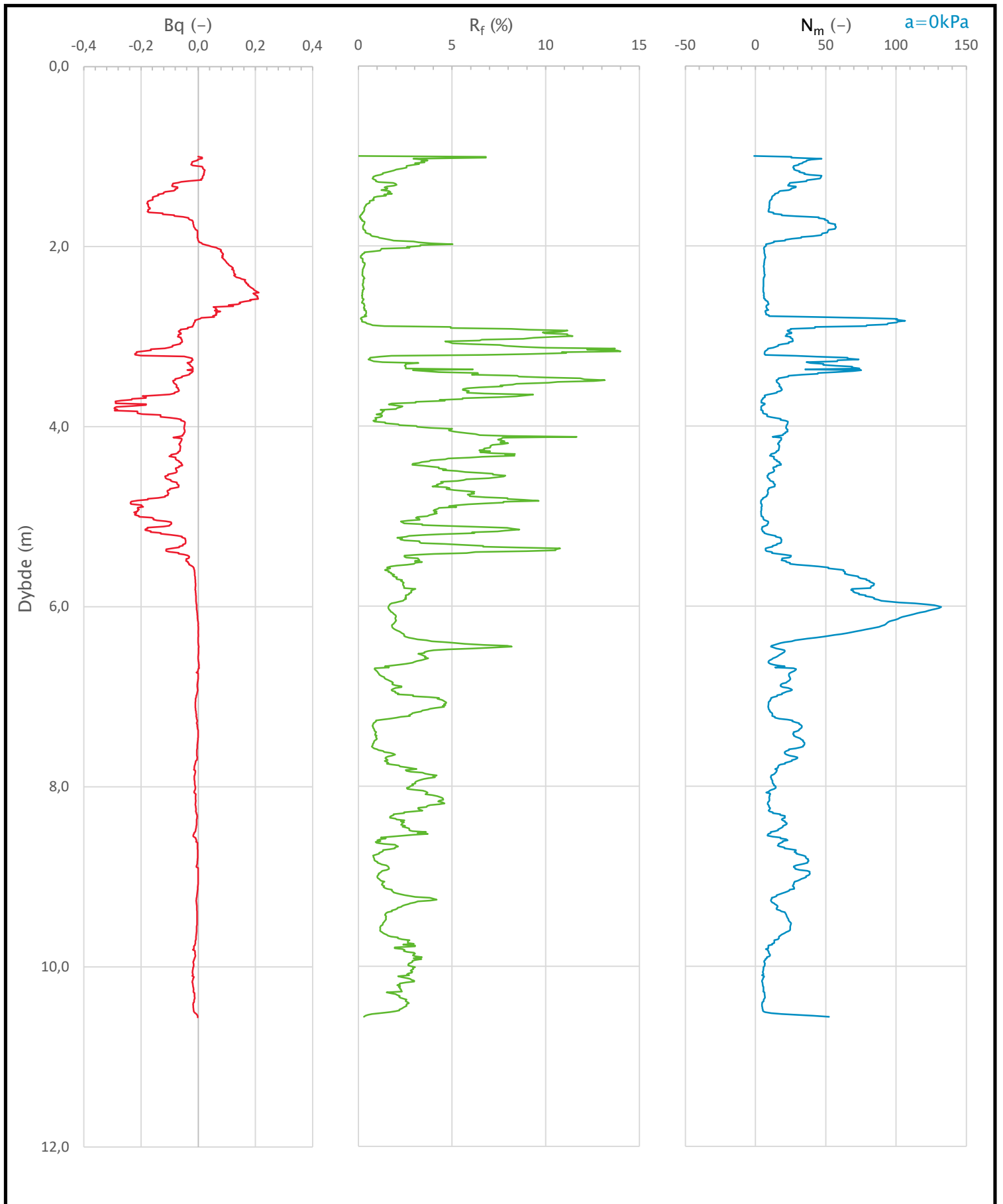
Prosjekt	Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815			Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 øvre del
Innhold	Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet			Sondennummer 4352
	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Henning Tiarks	Godkjent Daan Boonstra	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Trondheim kommune	Dato sondering 2021-04-16	Revisjon Rev. dato	Figur 1



Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 øvre del
Innhold				Sondennummer
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
Trondheim kommune	2021-04-16	Rev. dato	2	

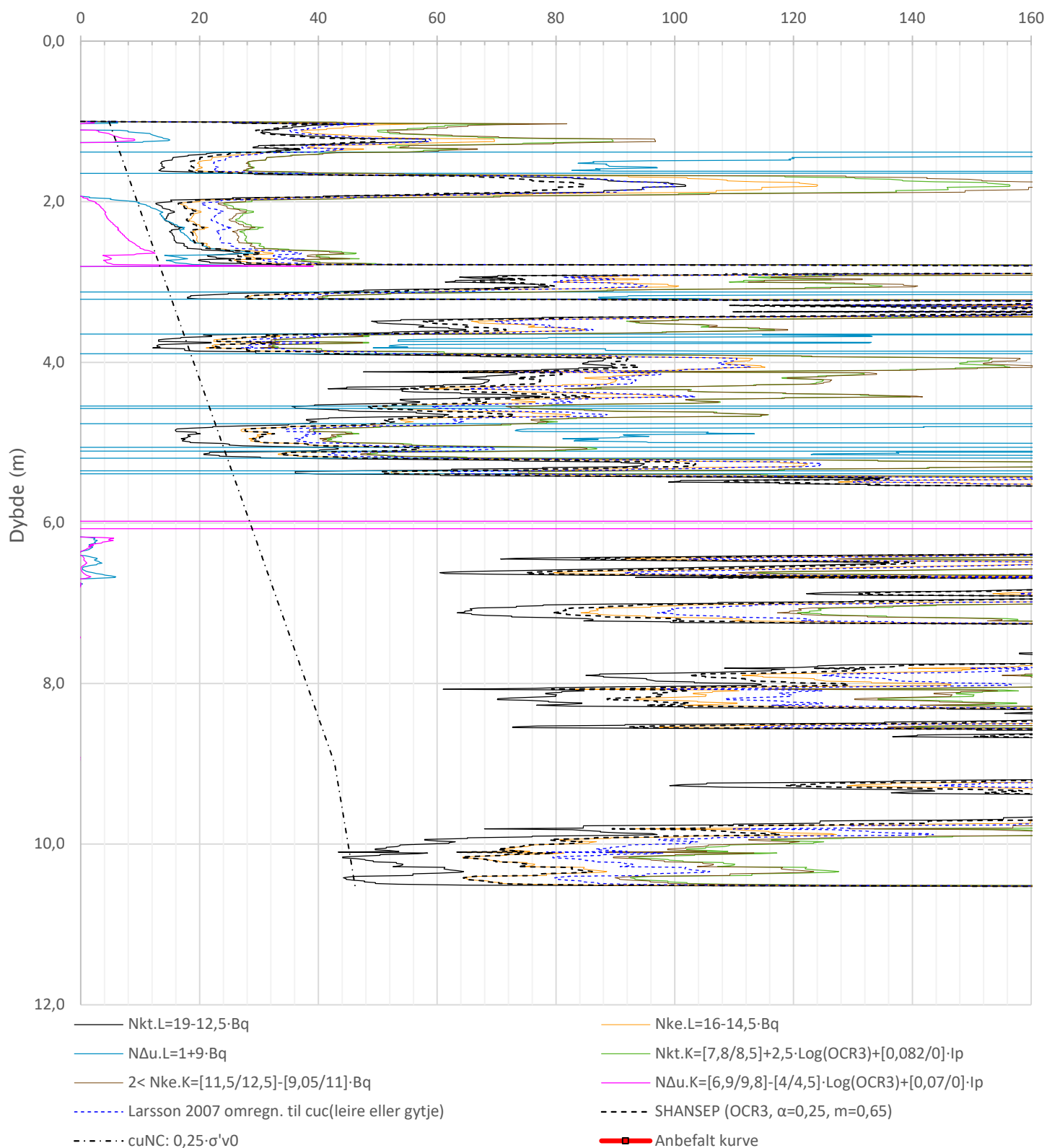


Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 øvre del
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-16	Rev. dato	3



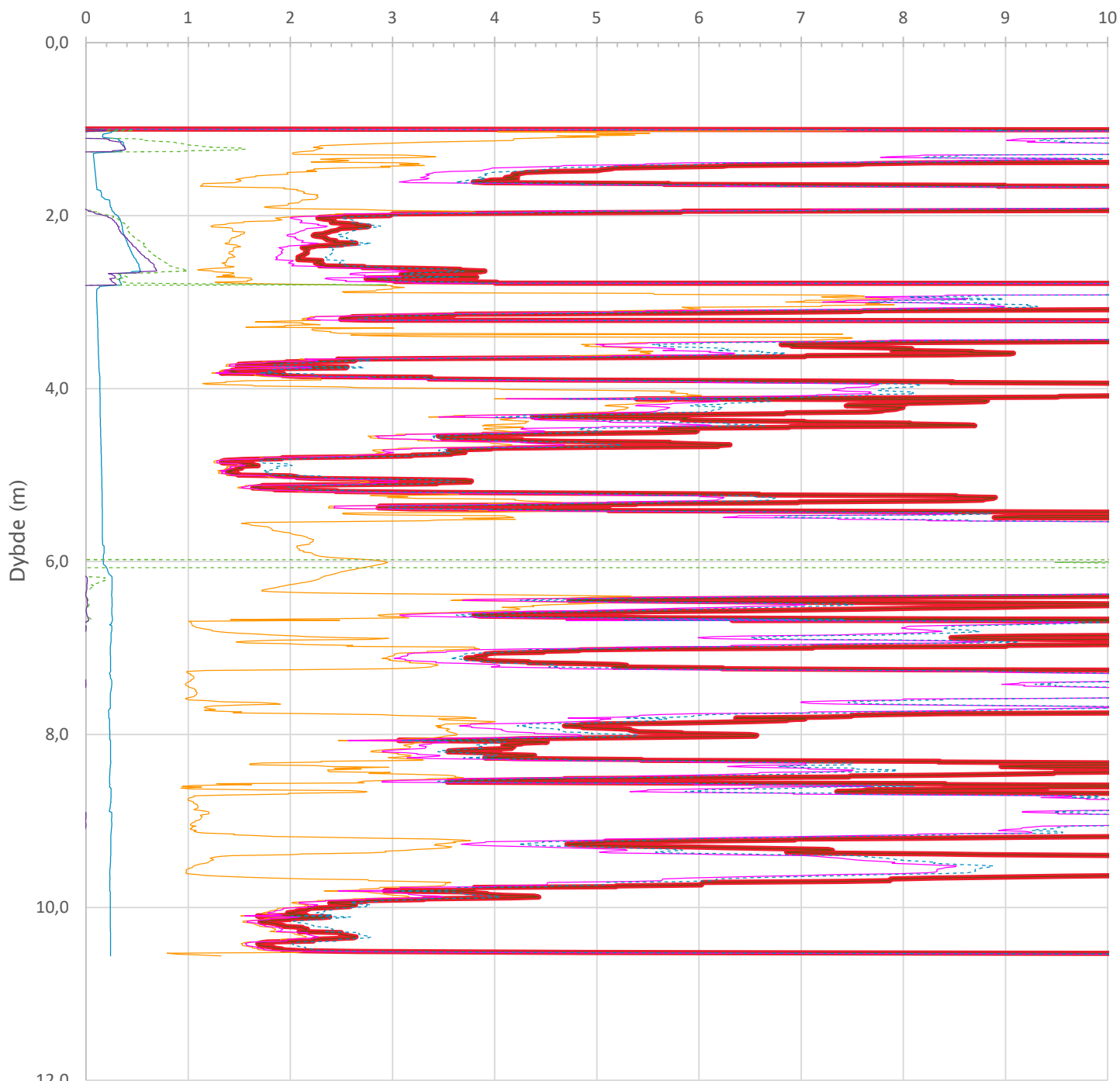
Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 øvre del
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-16	Rev. dato	4

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 øvre del
Innhold				Sondenummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4352
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-16	Rev. dato	5

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



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

Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 øvre del
Innhold				Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-16	Rev. dato	8

Vedlegg A

Sonde og utførelse

Sondennummer	4352	Boreleder	Hugo
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	0
Kalibreringsdato	2021-02-05	Maks helning (°)	7,8
Dato sondering	2021-04-19	Maks avstand målinger (m)	0,01
Filtertype	Porøst filter		

Kalibreringsdata

	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Maksimal last (MPa)	50	0,5	2
Måleområde (MPa)	50	0,5	2
Skaleringsfaktor	1191	3646	3961
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,6406	0,0105	0,0193
Arealforhold	0,8570	0,0000	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	30,09	1,181	4,177
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktskontroll

	NA	NB	NC
Registrert før sondering (kPa)	8093,0	127,8	235,2
Registrert etter sondering (kPa)	-19,8	-0,2	-10,6
Avvik under sondering (kPa)	19,8	0,2	10,6
Maksimal temperatureffekt (kPa)	0,0	0,0	0,0
Maksverdi under sondering (kPa)	13420,9	941,1	2871,3

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	20,4	0,2	0,2	0,0	10,6	0,4
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	2	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					

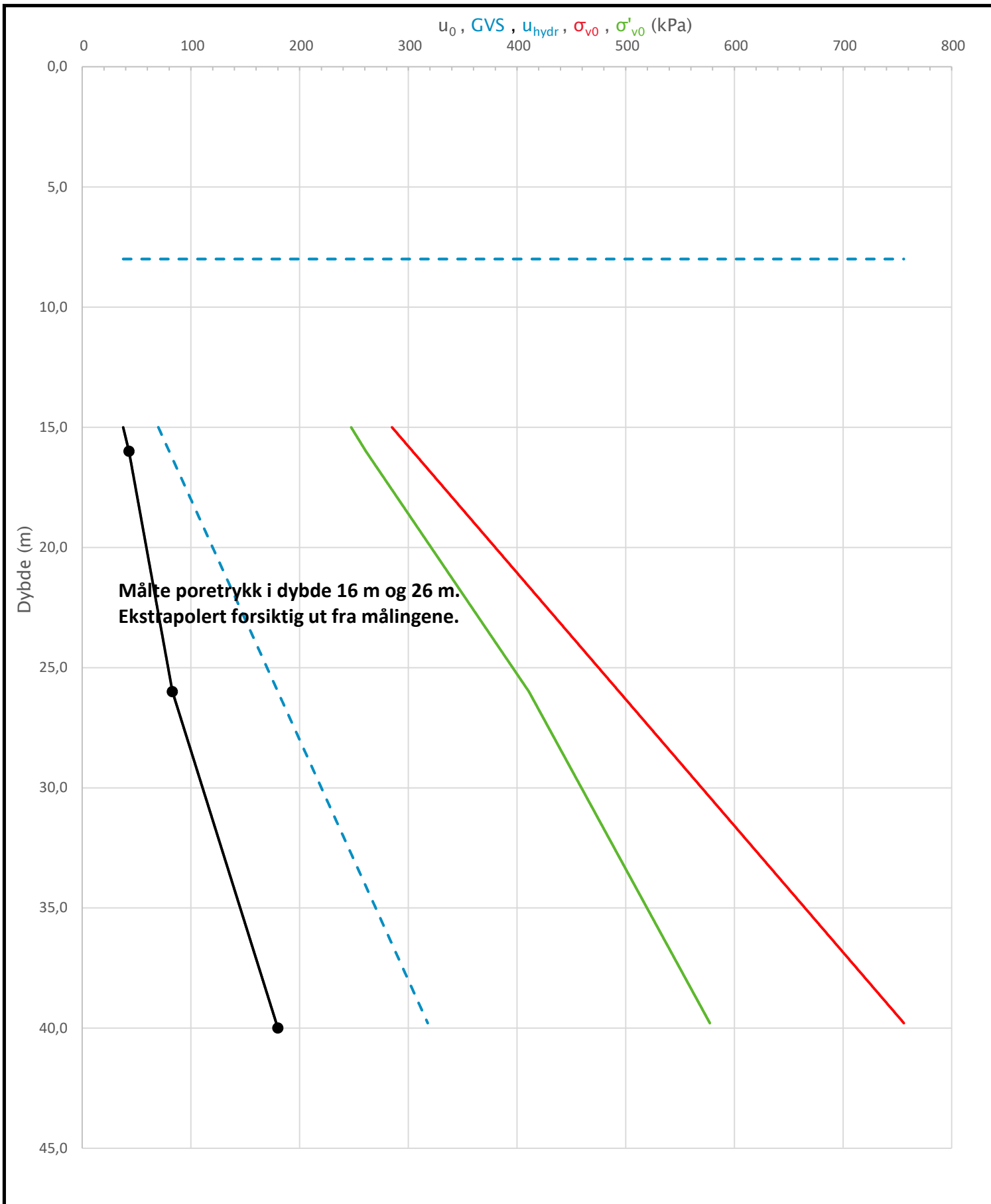
Måleverdier under kapasitet/krav

Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur
OK	Ikke OK	Ikke OK	OK	OK

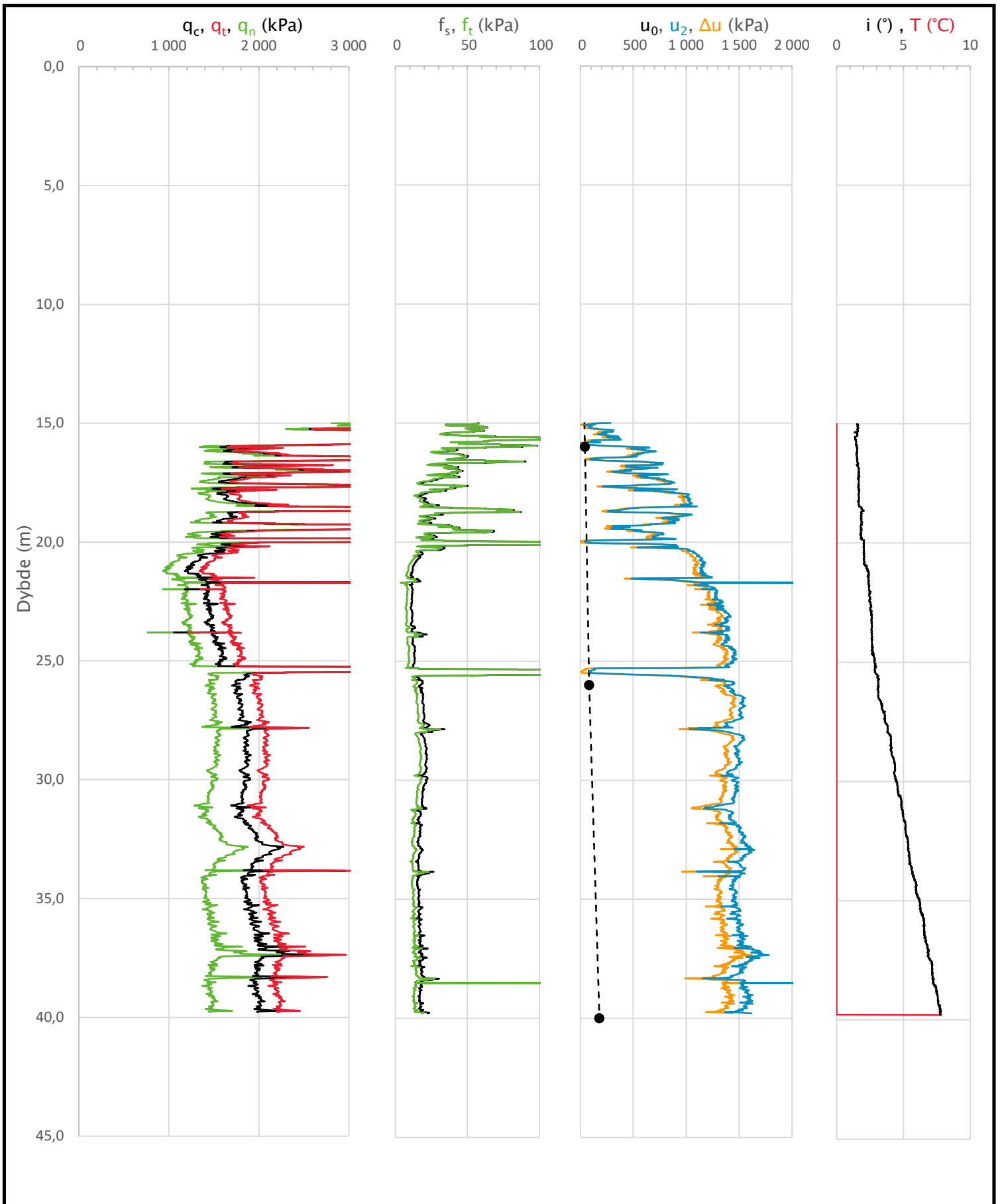
Kommentarer:

Poretrykk og sidefriksjon overskrider kalibreringsområdet. Vurderes å være anvendbar med noe forsiktighet.

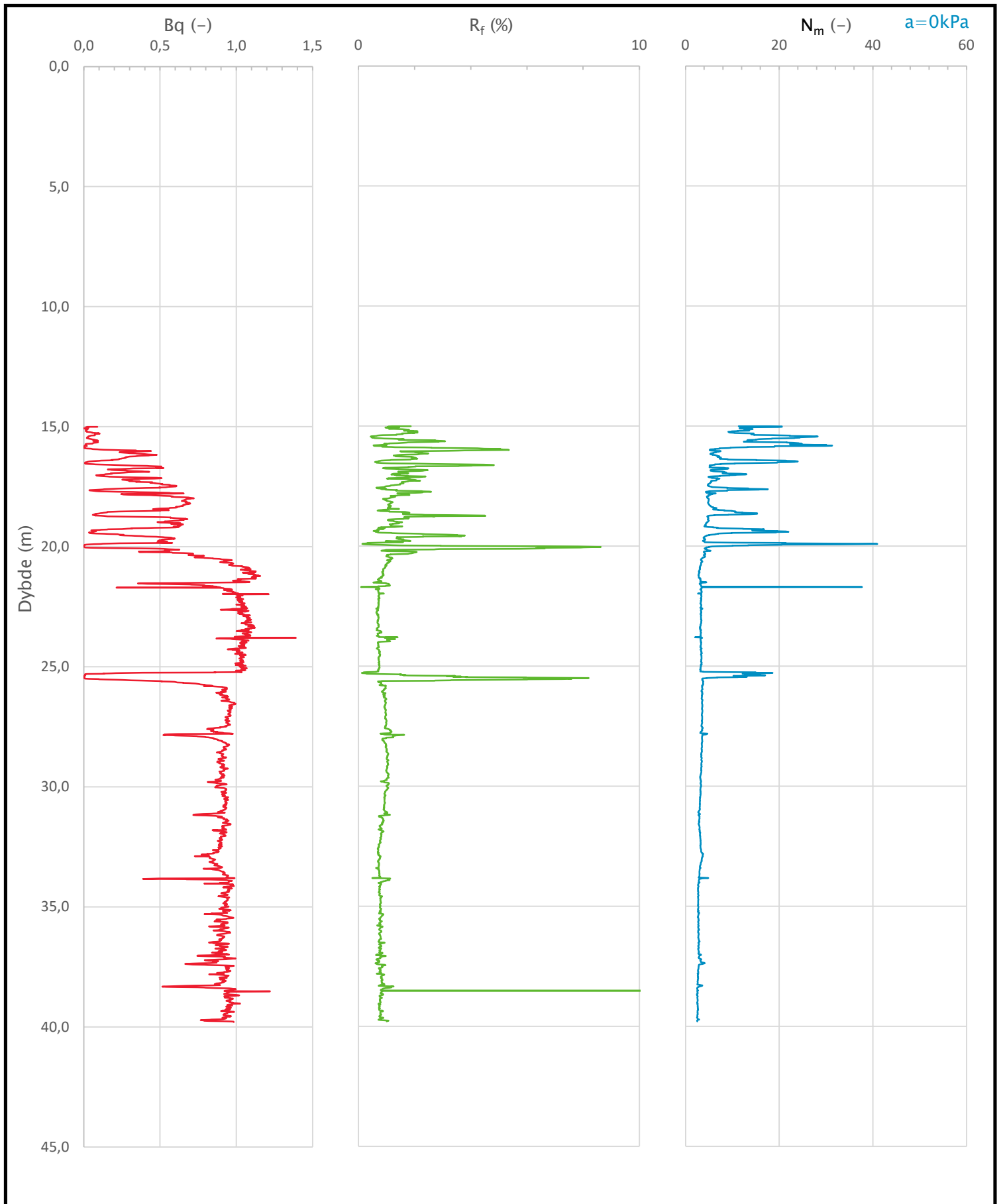
Prosjekt	Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815			Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 nedre del
Innhold	Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet			Sondennummer 4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	1



Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 nedre del
Innhold			Sondennummer	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger			4352	
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	2	



Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 nedre del
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				4352
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	3



Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 nedre del
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	4

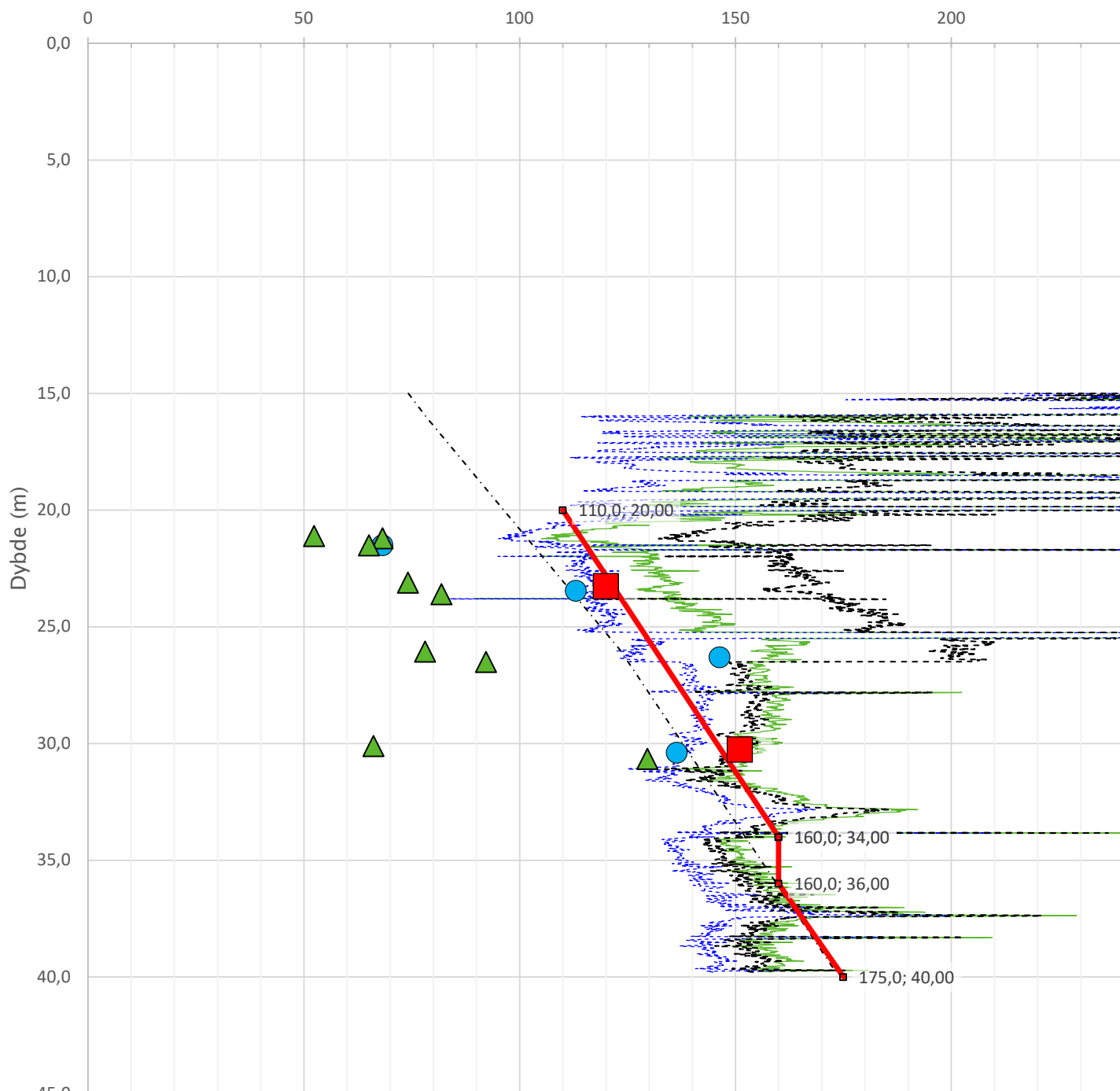
Anisotropiforhold i figur:

Treaks BH 4 nedre del: $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$

Enaks BH 4 nedre del: $c_{uc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,630 max:0,673)}$

Konus BH 4 nedre del: $c_{ufc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,630 max:0,673)}$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



— Nkt.K=[7,8/8,5]+2,5·Log(OCR3)+[0,082/0]·I_p

- · - · - Larsson 2007 omregn. til c_{uc} (leire eller gytje)

- - - - SHANSEP (OCR3, $\alpha=[0,30-0,31]$, $m=[0,68-0,71]$)

- · - · - $c_{uNC} = 0,3 \cdot \sigma'_{v0}$

■ Treaks BH 4 nedre del

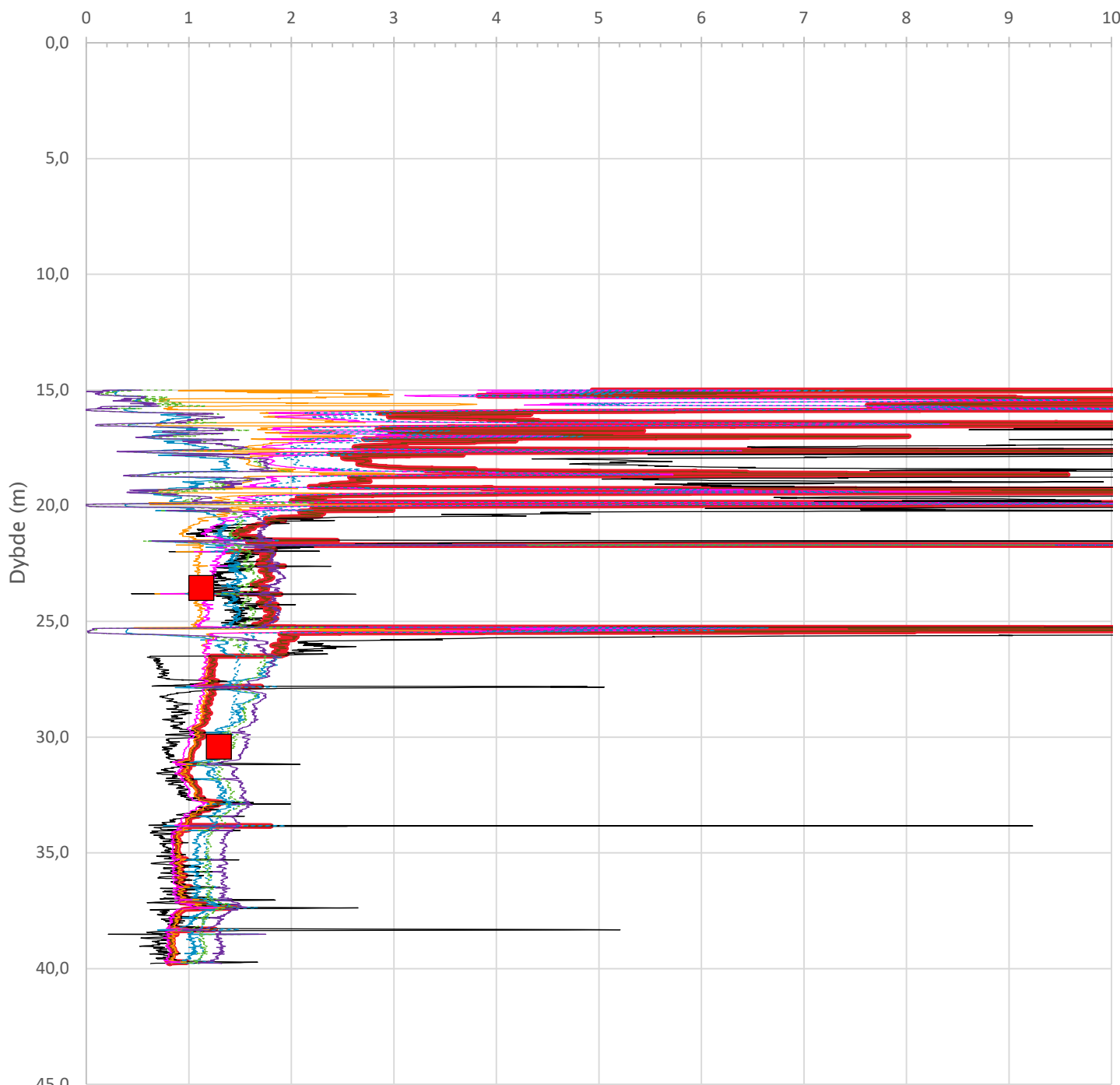
● Enaks BH 4 nedre del

▲ Konus BH 4 nedre del

—■— Anbefalt kurve

Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 nedre del
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4352
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	5	

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



- Valgt kurve: OCR3
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via $\sigma'c$
- OCR5 $\sigma'c1$ Mayne 2012
- OCR6 $\sigma'c2$ Larsson 2007
- OCR7 $\sigma'c7$ Sandven 1990
- OCR8 $\sigma'c8$ Sandven 1990
- OCR9 $\sigma'c9$ Mayne 2011
- Ødometer BH 4 nedre del

Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				4 nedre del
Innhold			Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR			4352	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
Trondheim kommune	2021-04-19	Rev. dato	8	

Vedlegg A

Sonde og utførelse

Sondennummer	4352	Boreleder	Hugo
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	6,6
Kalibreringsdato	2021-02-05	Maks helning (°)	9,0
Dato sondering	2021-05-05	Maks avstand målinger (m)	0,01
Filtertype	Porøst filter		

Kalibreringsdata

	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Maksimal last (MPa)	50	0,5	2
Måleområde (MPa)	50	0,5	2
Skaleringsfaktor	1191	3646	3961
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,6406	0,0105	0,0193
Arealforhold	0,8570	0,0000	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	30,09	1,181	4,177
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktskontroll

	NA	NB	NC
Registrert før sondering (kPa)	8046,9	128,4	232,6
Registrert etter sondering (kPa)	-18,6	0,4	-2,4
Avvik under sondering (kPa)	18,6	0,4	2,4
Maksimal temperatureffekt (kPa)	5,0	0,2	0,7
Maksverdi under sondering (kPa)	6428,4	110,7	1669,4

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

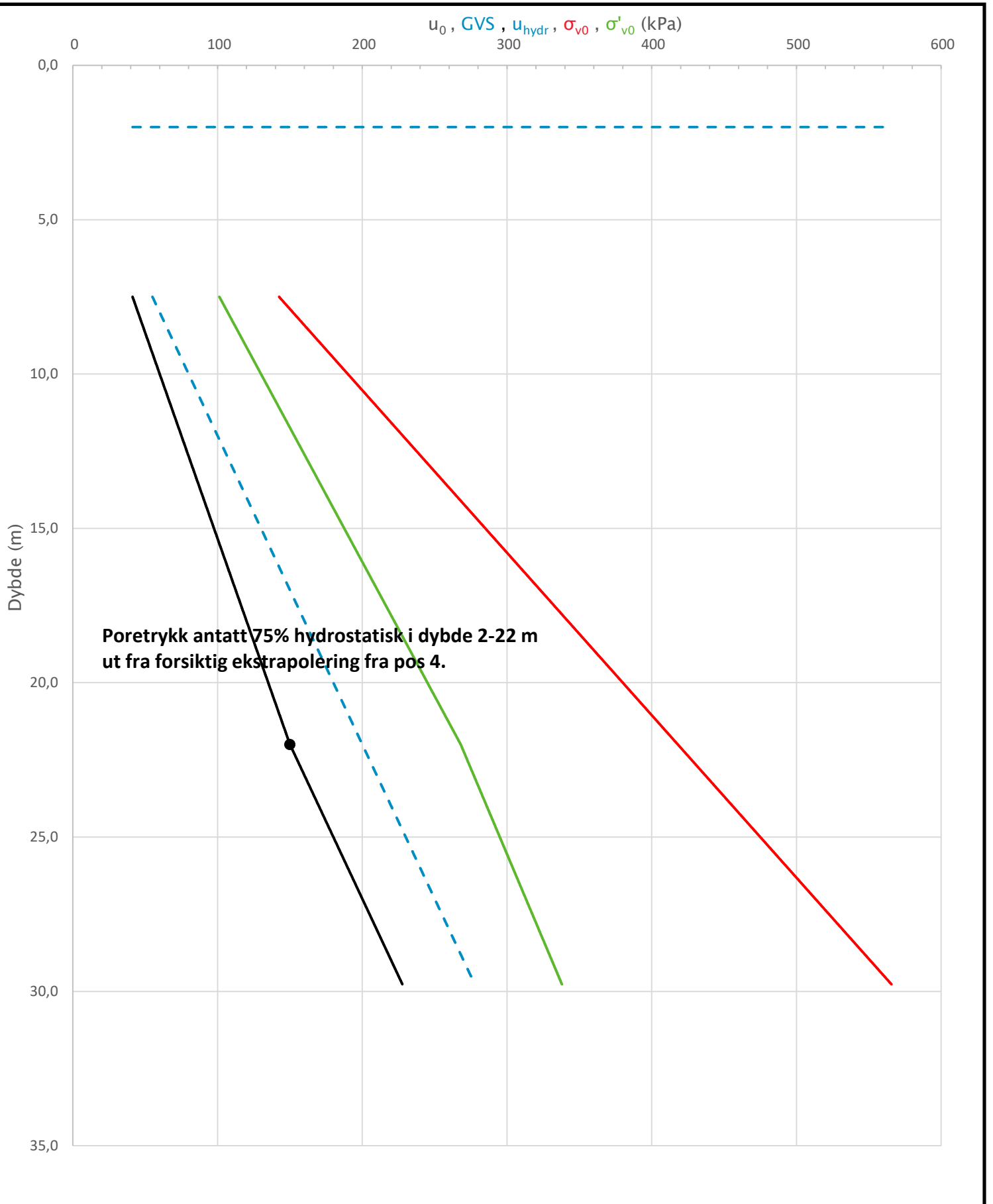
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	24,2	0,4	0,6	0,5	3,1	0,2
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					

Måleverdier under kapasitet/krav

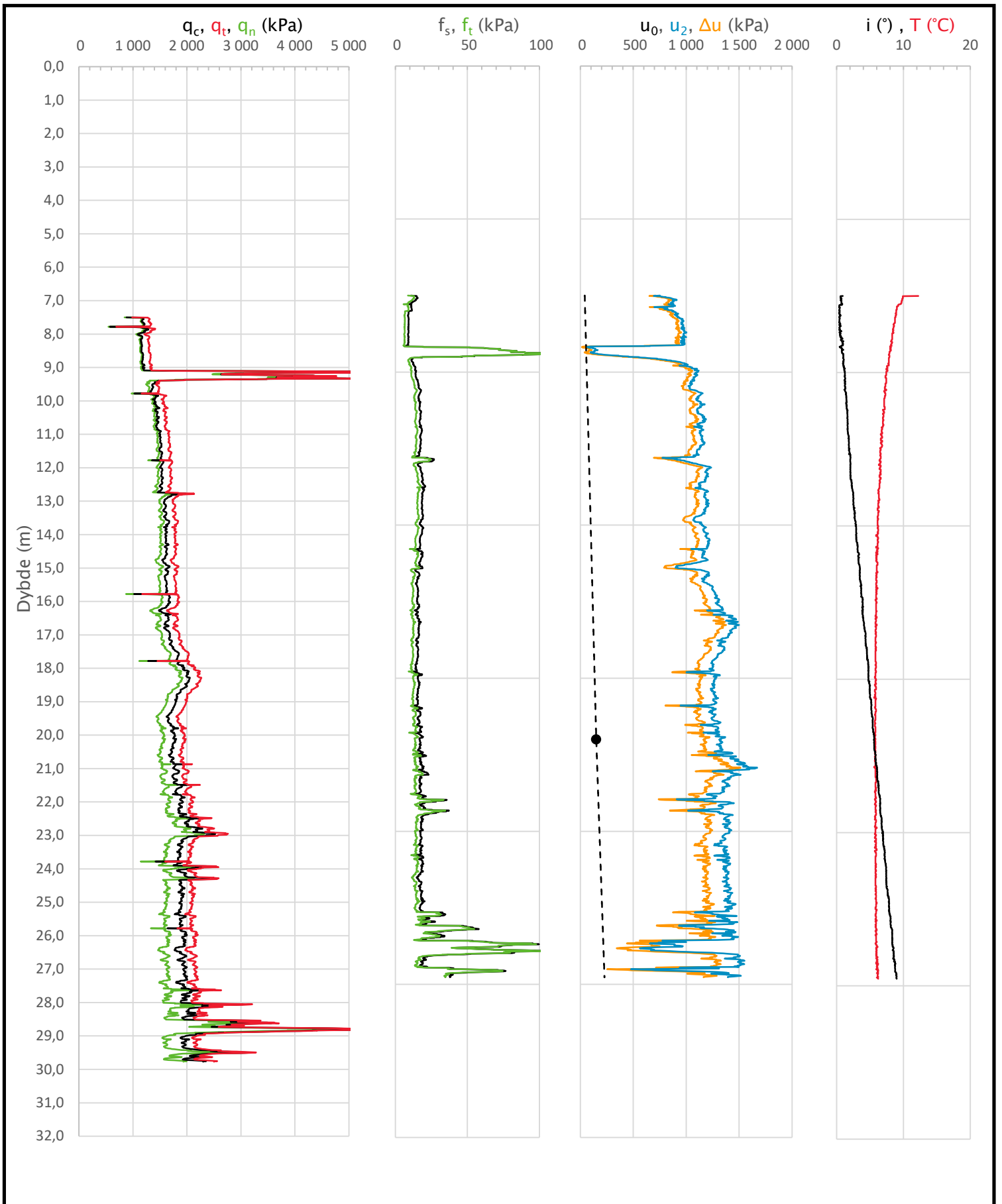
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur
OK	OK	OK	OK	OK

Kommentarer:

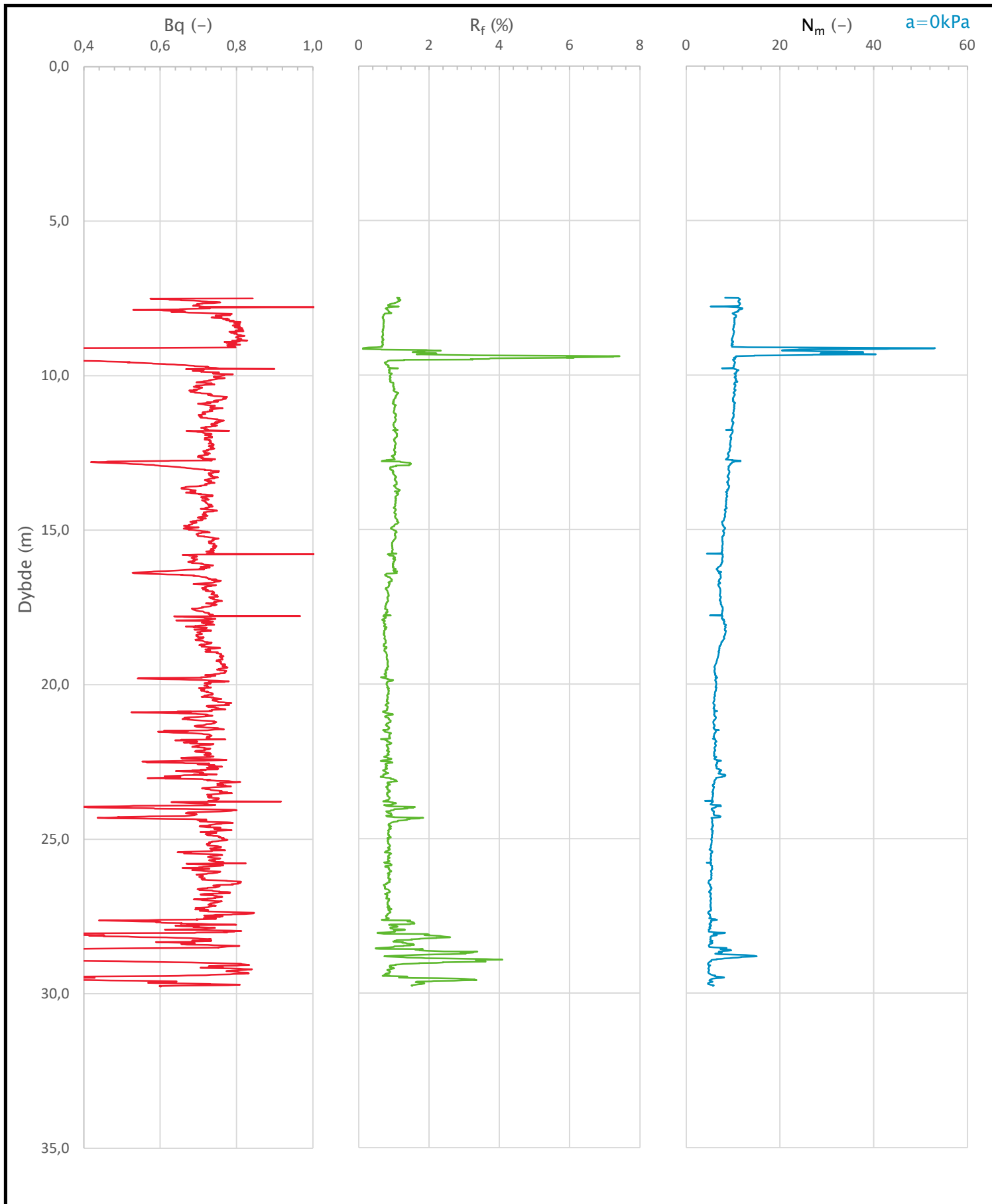
Prosjekt	Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815			Borhull
Stavne aktivitetssenter				6
Innhold	Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet			Sondennummer 4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-05-05	Rev. dato	1



Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				6
Innhold				Sondennummer
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				4352
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-05-05	Rev. dato	2



Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				6
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				4352
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-05-05	Rev. dato	3



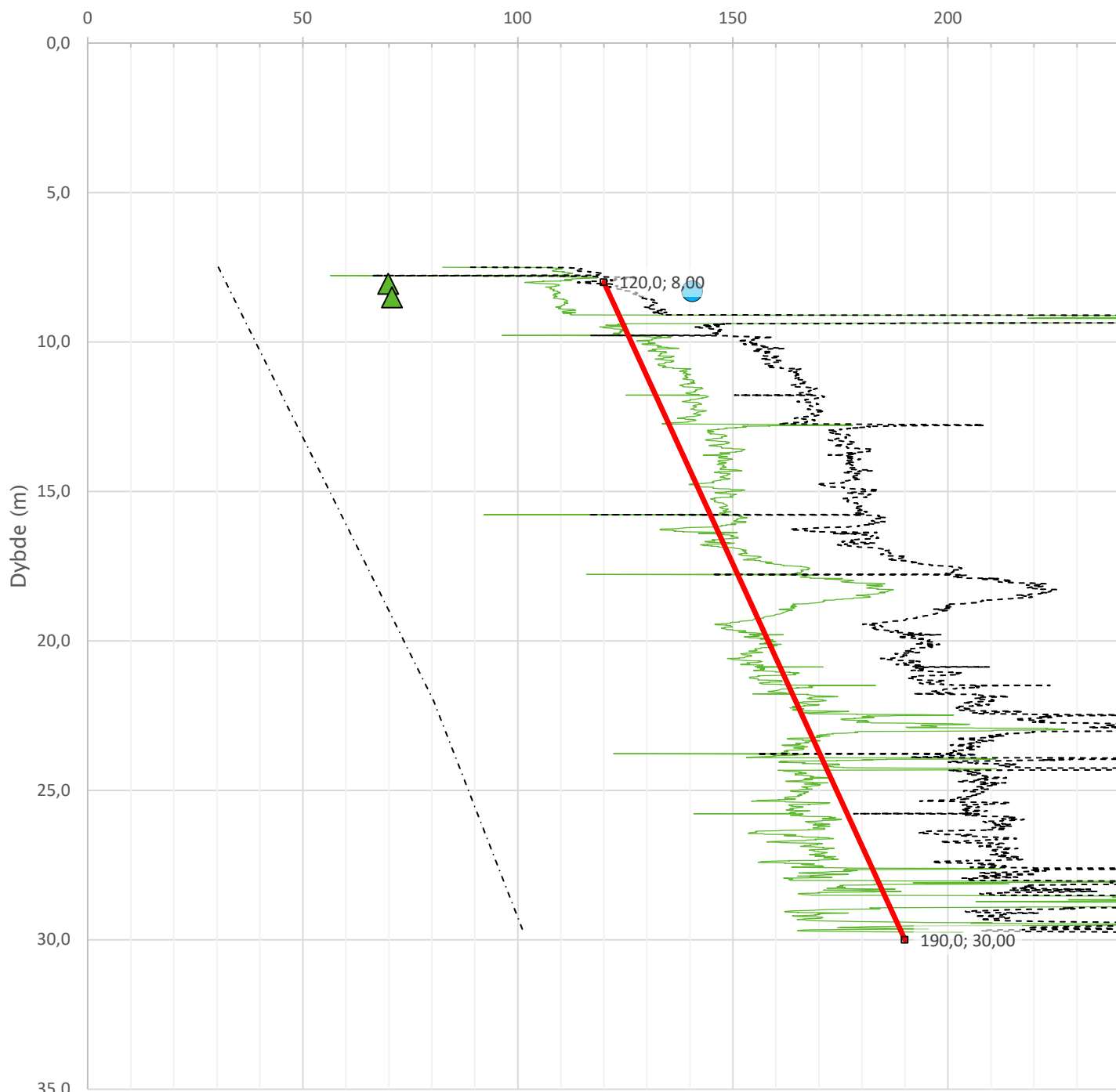
Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				6
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-05-05	Rev. dato	4

Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH 6: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,661$

Konus BH 6: $c_{ufc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,658 max:0,664)}$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



— Nkt.K=[7,8/8,5]+2,5·Log(OCR3)+[0,082/0]·I_p

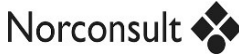
- - - SHANSEP (OCR3, $\alpha=[0,30-0,31]$, $m=[0,68-0,72]$)

- · - · - $c_{uNC}: 0,3 \cdot \sigma'_{v0}$

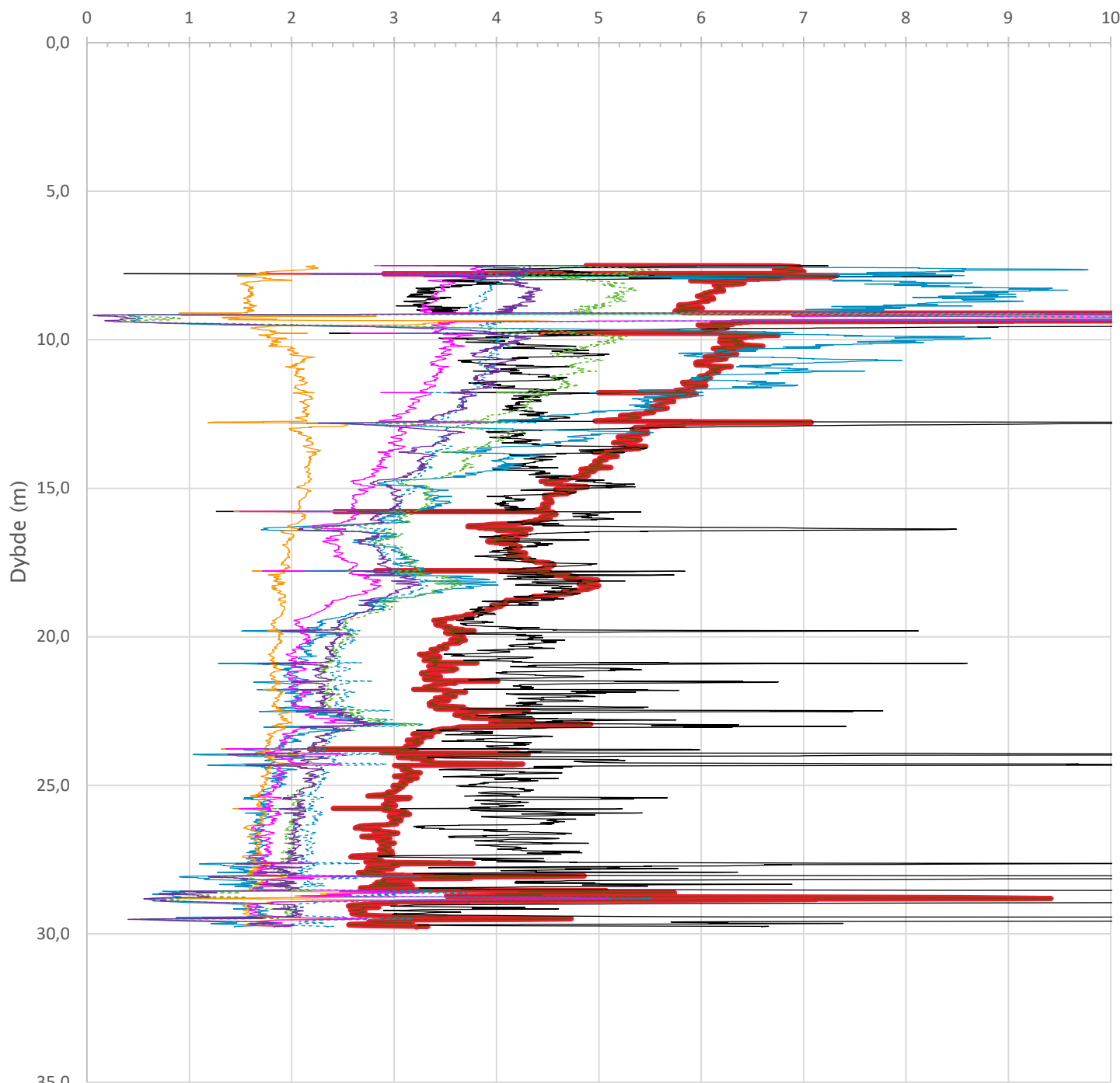
● Enaks BH 6

▲ Konus BH 6

—■— Anbefalt kurve

Prosjekt	Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815			Borhull
Stavne aktivitetssenter				6
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
Trondheim kommune	2021-05-05	Rev. dato	5	

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



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

Prosjekt		Prosjektnummer: 52107812 Rapportnummer: R.1815		Borhull
Stavne aktivitetssenter				6
Innhold				Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR				4352
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Henning Tiarks	Daan Boonstra	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Trondheim kommune	2021-05-05	Rev. dato	8

Seismiske laster er generert fra jordskjelv soneringskart v.1.0.2019*

* Seismic Zonation and Earthquake loading for Norway and Svalbard; Load estimates based for Eurocode 8 applications

Dato: 2021-06-02
 Klokkeslett: 15:28:24
 Bruker-id: Martin Klemetsen Grindstad
 Rapport sendes til: martin.klemetsen.grindstad@norconsult.com
 Data er generert for geografisk lokasjon: Osloveien 155, 7019 Trondheim, Norway
 63.4119° N; 10.3846° E
 Seismisk grunnakselerasjon er generert for: Berg, $v_s = 1200$ m/s
 Prosjektnavn / Utbygger: 52107812 Stavne Aktivitetssenter / Trondheim kommune
 Verdiene er gyldig innenfor 500 m radius rundt geografisk lokasjon. For utvidet område eller lavere sannsynligheter, kontakt: soneringskart@norsar.no
 Bekrefter bruk av data kun på angitt lokasjon / prosjekt: Ja

Seismisk grunnakselerasjon, Berg, 5 % dempet

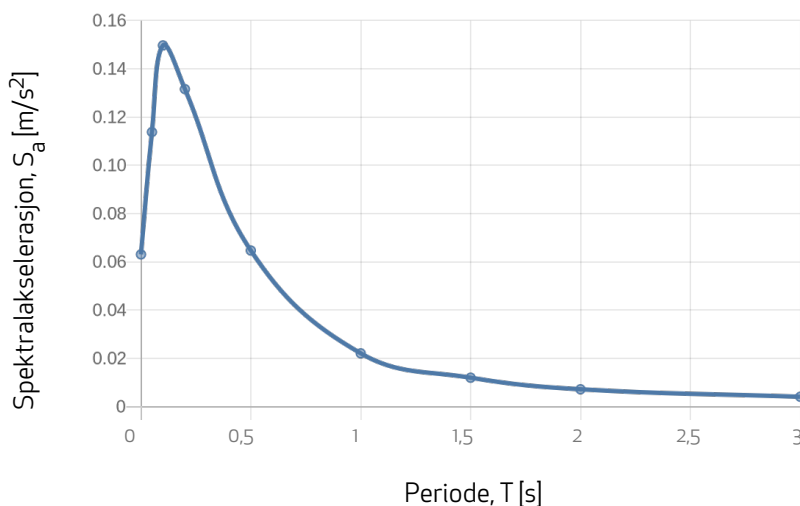
Dimensjonerende grunnakselerasjon er definert som:

$a_g = \text{seismisk faktor} * a_{gR} = \text{seismisk faktor} * 0.8 * a_{g40Hz}$

Beregnet verdi for seismisk grunnakselerasjon a_{gR} : 0.0631 m/s²

Verdiene for horisontal seismisk akselerasjon (S_a), 5% dempet, er vist som funksjon av perioden T i tabellen og grafen (seismisk responspektrum). Eurokode 8 spektrum kan beregnes ut fra a_{gR} . Seismisk grunnakselerasjon er basert på berggrunn med $v_s > 800$ m/s ($v_s = 1200$ m/s) og beregnet for returperiode av 475 år (overskridelsessannsynlighet på 10% over 50 år).

T[s]	S_a [m/s ²]
PGA	0.0631
0.05	0.1138
0.1	0.1497
0.2	0.1316
0.5	0.0647
1.0	0.0221
1.5	0.0120
2.0	0.0072
3.0	0.0041



Seismiske laster generert for oppgitt geografisk lokasjon er basert på siste versjon av jordskjelv soneringskart (v.1.0.2019). Tabellen over angir berggrunnens akselerasjon som forventes å bli overskredet over en tidsperiode på 475 år (overskridelsessannsynlighet på 10% over 50 år).

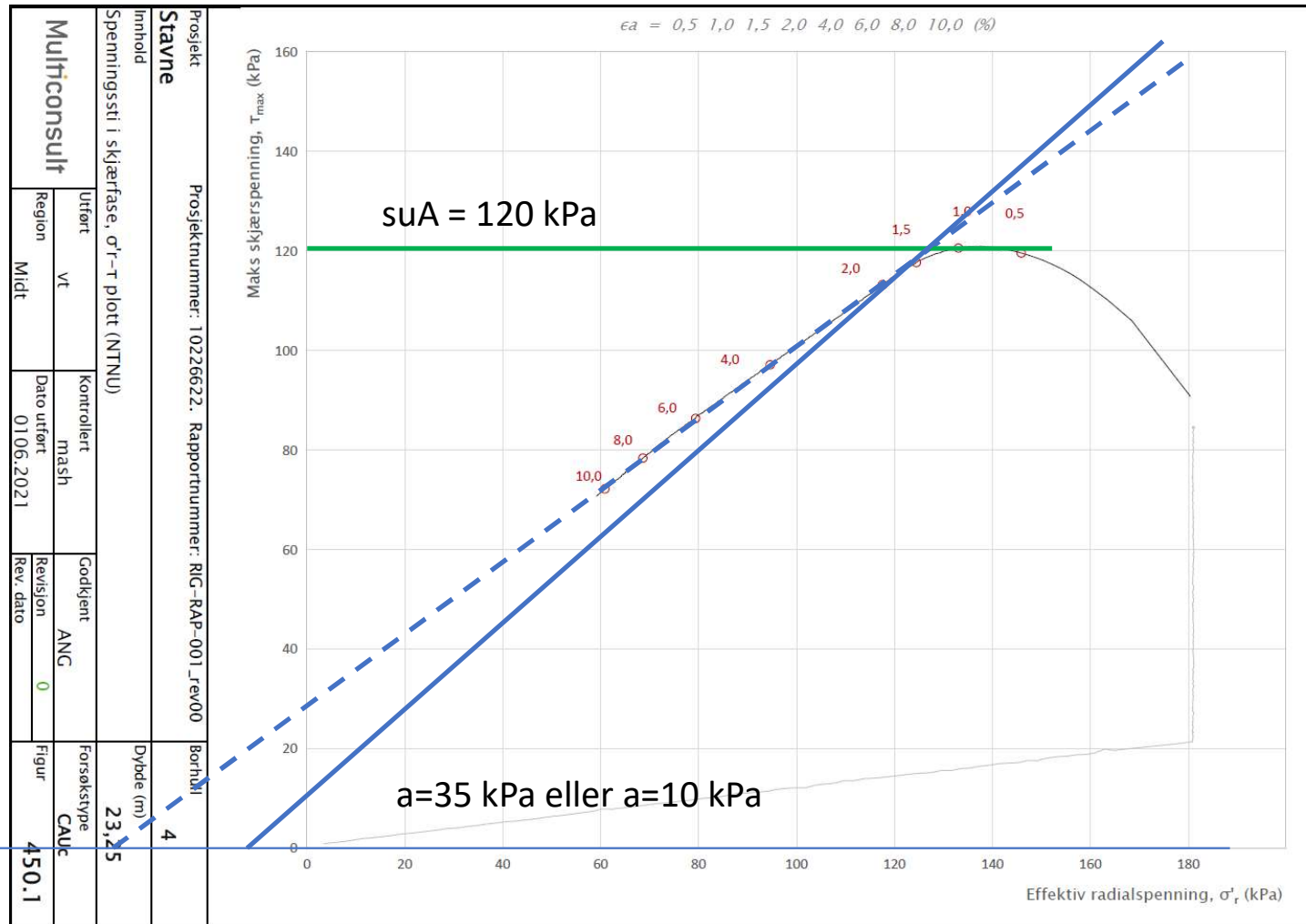
NORSARs tjenester og produkter for seismisk fare har blitt utviklet innenfor et probabilistisk rammeverk, jfr. disclaimer i vedlagte Executive Summary. Bruker av data må gjøre seg kjent med disclaimer.



sig_3' – tau - plott

Vedlegg C

1 Tolkning av treaksialforsøk pos 4 dybde 23,25m



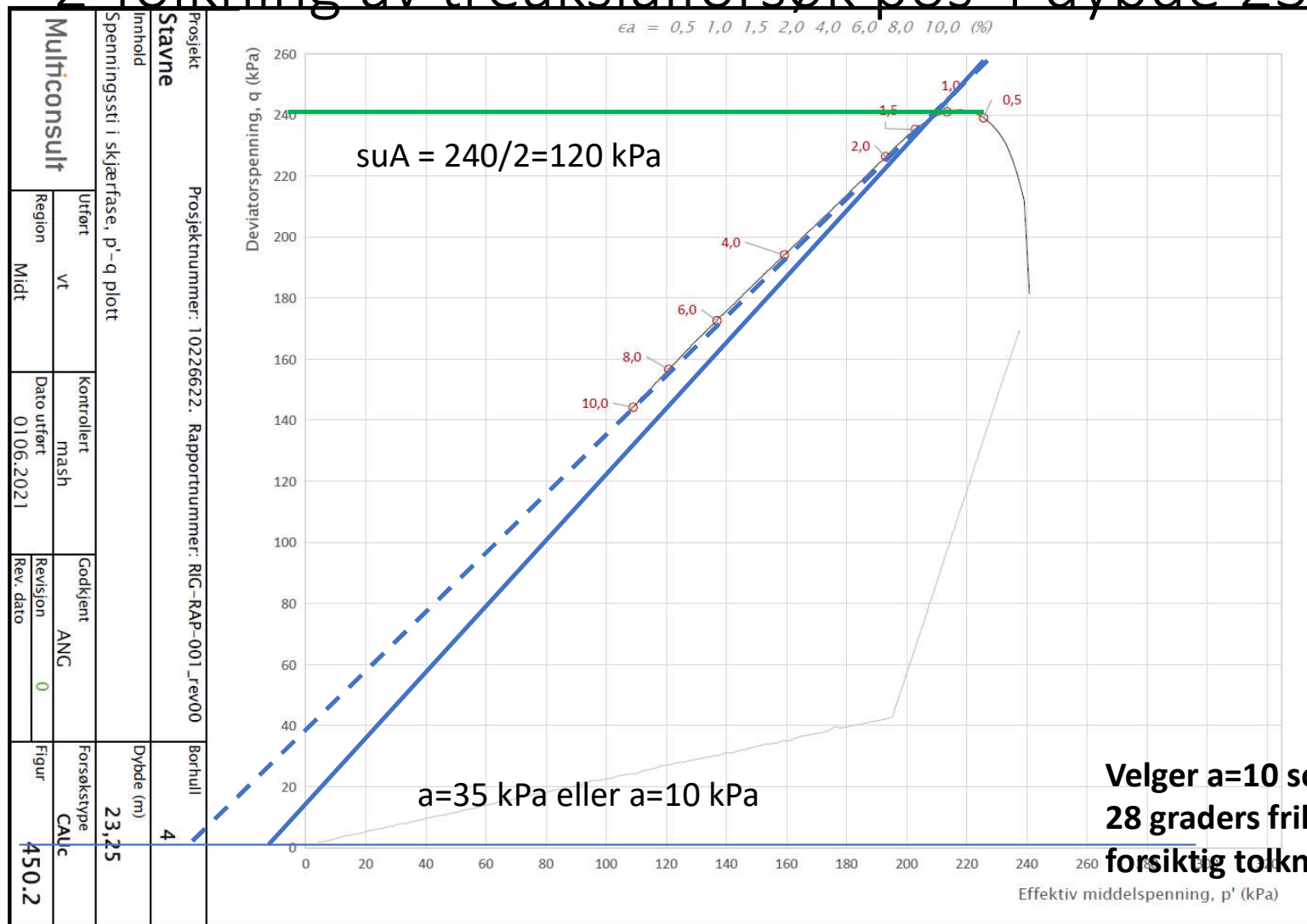
$a=35$ kPa gir helning =
 $120/(127+35)=0,741$
 $\tan(\phi) =$
helning/ $\sqrt{1+2*\text{helning}}$
 $= 0,470$
 $\phi = 25,2$ grader

eller

Setter $a=10$ kPa
Får da
helning = $120/(127+10) =$
 $0,876$
 $\tan(\phi) = 0,528$
 $\phi = 27,8$ grader

p - q' - plott

2 Tolkning av treaksialforsøk pos 4 dybde 23,25m



$a=35 \text{ kPa gir helning} = 240/(210+35)=0,980 = 6 \cdot \sin(\phi)/(3-\sin(\phi))$
 $\sin(\phi) = 0,421$
 $\phi = 24,9 \text{ grader}$

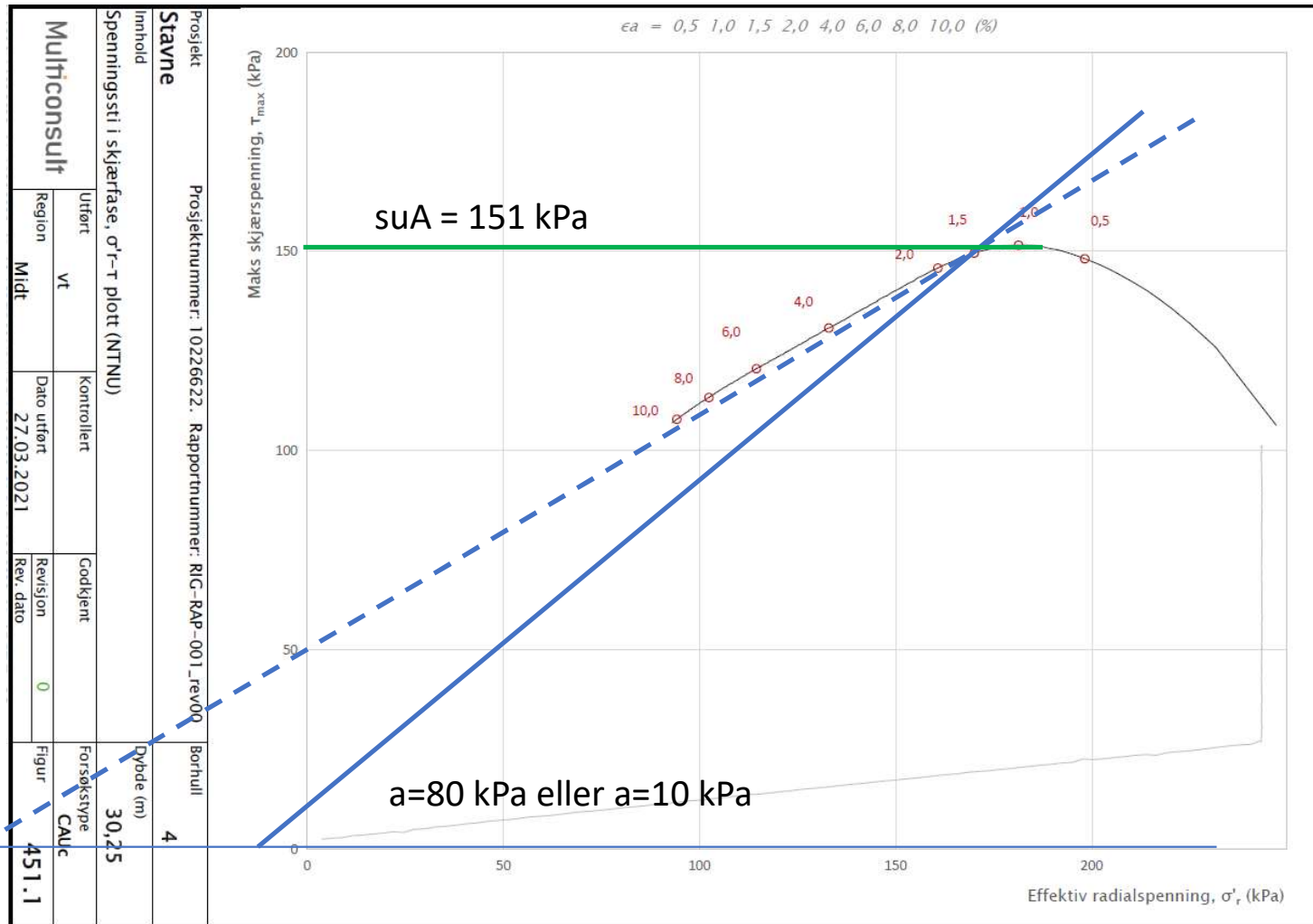
eller

Setter $a=10 \text{ kPa}$
 Får da
 $\text{helning} = 240/(210+10) = 1,091$
 $\sin(\phi) = 0,462$
 $\phi = 27,5 \text{ grader}$

Velger $a=10$ som ganske vanlig verdi og får 27-28 graders friksjonsvinkel. Vurderes som en forsiktig tolkning noe under bruddtaket.

sig_3' – tau - plott

1 Tolkning av treaksialforsøk pos 4 dybde 30,25m



$a=80 \text{ kPa}$ gir helning = $150/(170+80)=0,60$
 $\tan(\phi) = \text{helning}/\text{SQRT}(1+2*\text{helning}) = 0,405$
 $\phi = 22,0 \text{ grader}$

eller

Setter $a=10 \text{ kPa}$
 Får da
 $\text{helning} = 150/(170+10) = 0,833$
 $\tan(\phi) = 0,510$
 $\phi = 27,0 \text{ grader}$

