RAPPORT

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

VURDERING AV OMRÅDESTABILITET
NANNESTAD SENTRUM VEST OG BAHUS

DOK.NR. 20210599-04-R
REV.NR. 0 / 2023-09-04

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
NGI.NO

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

Prosjekt

Prosjekttittel:	Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus
Dokumenttittel:	Vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus
Dokumentnr.:	20210599-04-R
Dato:	2023-09-04
Rev.nr. / Rev.dato:	0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver:	Nannestad kommune
Kontaktperson:	Stian Kroken
Kontraktreferanse:	EOF nr. 2, signert 24.02.2023

for NGI

Prosjektleder:	Hallvard Skrede
Utarbeidet av:	Hallvard Skrede, Stine Grimsrud Olsen
Kontrollert av:	Bjørn Kalsnes

Sammendrag

Nannestad kommune har engasjert NGI til å vurdere områdestabiliteten i ravine-landskapet rundt Bahus og vestlige deler av Teigebyen. Denne rapporten oppsummerer NGIs arbeid og analyser i den sammenheng.

Rapportens innhold

Rapporten bygger videre på vurderingene i NGIs rapport 20210599-02-R, og inneholder en geoteknisk faglig vurdering av skredfaren i undersøkelsesområdet på overordnet nivå. Oppdraget er således ikke direkte knyttet opp mot noen konkret byggesak eller reguleringsplan, hvilket medfører at det ikke eksisterer noen krav til sikkerhet som må tilfredsstilles i henhold til plan- og bygningsloven. Det henvises likevel til kravene som ville gjelde ved en ev. nyutbygging i dag for å gi en bedre forståelse av den reelle risikosituasjonen. Rapporten omfatter:

- Parametertolking basert på nylige samt tidligere utførte grunnundersøkelser.
- Opptegning av løsmasseprofiler med tilhørende vurdering av løsneområde jf. kriteriene i NVEs veileder nr. 1/2019.
- Stabilitetsberegninger for flere av profilene, hvorav enkelte med ulike last-situasjoner.
- Forklaring til resultatene og forslag til stabiliserende tiltak.
- En oppdatering av semikvantitativ risikovurdering.
- Forslag til erosjonssikring for definerte bekker.

For tiden foregår det en revisjon av faresonene på Romerike med forenklede sone-utredninger, utlyst av NVE (ref. link). Det er derfor ikke utført noen faresoneutredninger som sådan, og arbeidet begrenses til å vurdere løsnesoner som kan nå bebyggelse eller kritisk infrastruktur i vestlig del av Teigebyen sentrum og ved Bahus.

Områdene som vurderes i foreliggende rapport er basert på resultatene fra kartleggingen i rapport 20210599-02-R. Omfanget av grunnundersøkelser og vurdering for de ulike områdene er vektlagt i tråd med konsekvens- og risiko-analysen i samme rapport.

Identifiserte løsneområder som omfatter bebyggelse eller kritisk infrastruktur

Jamfør kriteriene i NVEs veileder 1/2019 og tolkede løsmasseprofiler, ligger kommunens drift- og beredskapssenter på Bahus i et potensielt løsneområde for område-skred i nordgående retning mot Skjennumbekken. Den identifiserte skredmekanismen er i henholdt til prosedyrene gitt i NVEs veileder retrogressivt skred. Det er også identifisert en potensiell løsnesone ned mot ravinen (heretter kalt «Vestbybekken») langs fylkesvei 120, sør for innkjørselen til Bahus. Der er den identifiserte skred-mekanismen rotasjonsskred.

Partier hvor skråningsstabilitet bør utbedres

Stabilitetsanalyser utført i dette prosjektet viser lav skråningsstabilitet i skråningene nord for kommunens anlegg på Bahus, samt i det øvre partiet av «Vestbybekken», fra bebyggelsen ved Eker til skråningen ved bensinstasjonen. Ettersom skråningene er vurdert til å være utsatt for områdeskredfare, anbefaler NGI at skråningsstabiliteten utbedres langs disse partiene i form av en kombinasjon av motfyllinger i bunn av skråninger og avlastinger i øvre del av skråninger.

Effekt av oppdemming av vann

Bekkelukkingen av Skjennumbekken ned mot Leira er vurdert med hensyn til oppdemming ved innløpet. Stabilitetsanalysene viser at langvarig oppdemming av dalbunnen etterfulgt av hurtig nedtapping vil utgjøre en ugunstig lastsituasjon hvor tilstøtende skråninger kan ha lav sikkerhet mot brudd. Ettersom det er ukjente grunnforhold oppover skråningene anbefales det at man forebygger slike hendelser og enten: 1) åpner bekken igjen, eller 2) øker kapasiteten på rør til å tåle flomsituasjoner. For sistnevnte må det tas høyde for drivgods som tetter løp og reduserer kapasiteten. Flatehogst i tilstøtende skråninger anbefales midlertidig stoppet inntil situasjonen er bedret. Bekkelukkingene langs med Vestbybekken disponerer for samme type lastsituasjon, og tilsvarende tiltak anbefales der også.

Partiet av Skjennumbekken som ble demmet opp etter utglidningen i 2012 vil gjennomgå den samme lastsituasjonen ved et eventuelt dambrudd. Vannstanden her er lavere (~2,5m) og jf. de mest ugunstige kriteriene i 1/2019 vil et ev. løsneområde fra dammen ikke kunne strekke seg til kommunens anlegg på Bahus. Dersom man vil forhindre utglidninger som følge av dambrudd, kan man erosjonssikre utløpet eller utføre en kontrollert nedtapping.

Avbøtende tiltak mot erosjon

Områdene langs Skjennumbekken som opprinnelig ble identifisert til å være mest kritiske mht. topografi, er også vurdert mer i detalj. Øvrige partier anses å utgjøre en mindre fare med hensyn til områdeskred på grunn av en mer gunstig topografi. Imidlertid kan grunnforholdene variere lokalt og NGI anbefaler at man generelt utfører avbøtende tiltak for vassdraget. Kun det øvre partiet av Vestbybekken er undersøkt i arbeidet, og topografien anses som mer ugunstig nedover ravinedalen. Ettersom det er noe bebyggelse langs tilstøtende ravinerygger anbefales det at man utfører avbøtende tiltak også for dette vassdraget. De foreslåtte avbøtende tiltakene er:

1) Å redusere avrenningstopper, som er den underliggende årsaken til dagens erosjonsproblematikk.
2) Utføre erosjonssikring i bekkedragene.

Merknad: Det bør legges ekstra vekt på erosjonssikring lokalt ved utløpene av overvannsnettet, og ved bekkelukkinger/stikkrenner.

Tiltak og hensyn

Det anbefales at man tar utgangspunkt i de oppdaterte risikovurderingene for prioritering av sikringstiltak i de vurderte områdene.

Det gjøres oppmerksom på ethvert inngrep i vassdragene og deres nedbørsfelt, kan medføre endringer nedstrøms i vassdraget, og vassdragene bør derfor vurderes helhetlig.

Inngrep i vassdrag må godkjennes av aktuelle vassdragsmyndigheter før de iverksettes (f.eks. NVE, statsforvalteren, etc., angitt i lovdata). Det anbefales derfor at man tidlig avklarer forutsetningene/rammevilkårene som vil gjelde for sikringstiltakene (vannressursloven mm.) med vassdragsmyndighetene før man går i gang med detaljering av planer.

Forbehold

Sikringstiltak må detaljprosjekteres av RIG (rådgivende ingeniør geoteknikk) før iverksettelse.

Omfanget på grunnundersøkelser og andre vurderinger i denne rapporten er tilpasset oppdraget, som er å gi en overordnet status på tilstanden mht. områdeskredfare i undersøkelsesområdet. For eventuelle utbygginger eller terrengendringer i området, må det gjøres egne vurderinger mht. område- og lokalstabiliteten spesifikt for tiltakene.

Innhold

1 Innledning 8
2 Retningslinjer for stabilitetsvurderingene og forslag til tiltak 9
2.1 Referansenivå for sikkerhetskrav 10
3 Datagrunnlag 11
4 Grunnforhold, topografi og erosjon 12
4.1 Kvartærgeologi 12
4.2 Grunnundersøkelser og materialtyper 14
5 Vurdering av områdestabilitet 16
5.1 Eksisterende faresoner 16
5.2 Vurdering av aktuelle skredmekanismer 17
5.3 Stabilitetsberegninger 22
6 Oppsummering av resultater og forslag til avbøtende tiltak 27
6.1 «Vestbybekken» 27
6.2 Boligfelt ved innkjørsel til Bahus 29
6.3 Nannestadmåsan 29
6.4 Bahus 31
6.5 Skjennumbekken vest 33
6.6 Generell sikring av bekkedrag 33
7 Volumanslag, sikringstiltak 36
8 Vurdering av konsekvens og risiko 36
8.1 Risikomatriser 38
8.2 Oppsummering risikovurderinger 40
9 Konklusjon 41
9.1 Anbefalinger om sikringstiltak 41
9.2 Hensyn 42
9.3 Andre kommentarer 43
10 Referanser 43

Bilag

Bilag 1 Tegnforklaring plan- og profiltegninger

Tegning

Tegning nr. 001 Plantegning: Oversiktskart
Tegning nr. 002-004 Plantegning: Detaljkart
Tegning nr. 005-025 Løsmasseprofiler (21 sider)
Tegning nr. 026-046 Beregningsprofiler (21 sider)

Vedlegg

Vedlegg A Geoteknisk parametertolking

Kontroll- og referanseside

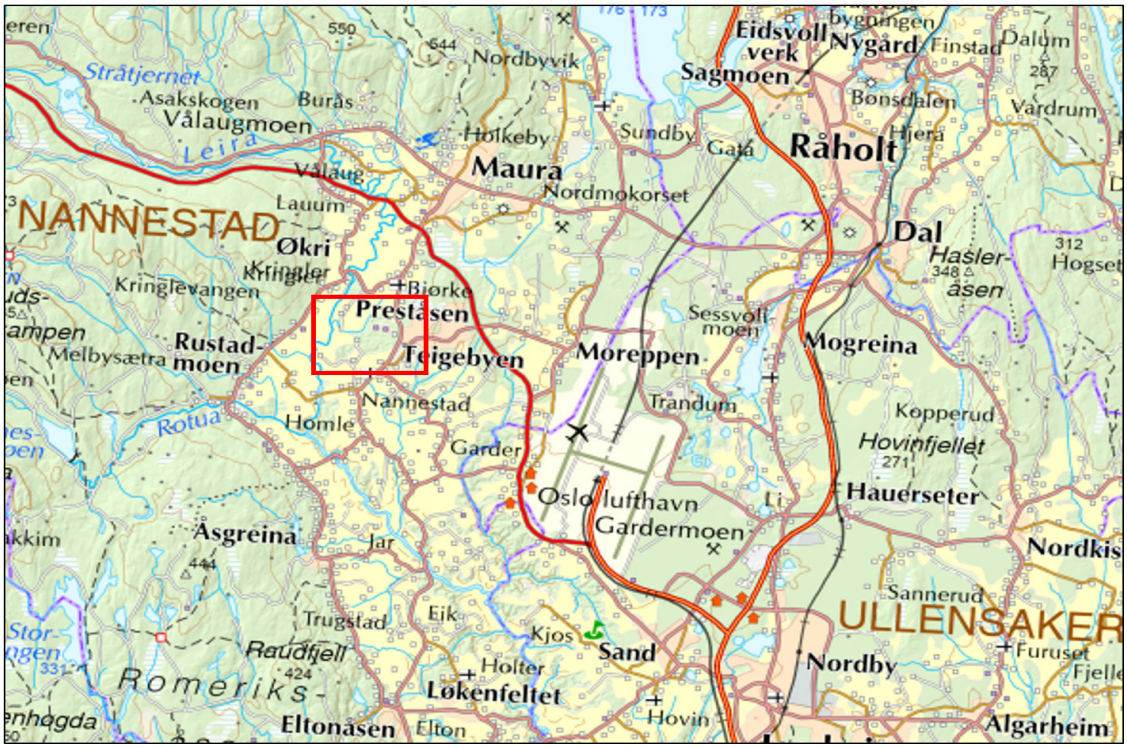
1 Innledning

Det siste tiåret er det observert endringer i ravinelandskapet langs Skjennumbekken, vest for Teigebyen i Nannestad kommune, i form av økt avrenning som har medført økt erosjon og stedvise utglidninger. Kommunen har ønsket å få kartlagt situasjonen med hensyn til områdeskredfare (fare for kvikkleireskred). NGI ble derfor i 2021 engasjert av Nannestad kommune for å utføre et forprosjekt med overordnet kartlegging av situasjonen mht. geotekniske- og hydrologiske forhold i ravinene ved Bjørkmåsan/ Bahusvegen (rapport 20210599-01-R /1/). I neste fase utarbeidet NGI en innledende risikovurdering med forslag til videre arbeider (grunnundersøkelser og analyser) basert på hydrauliske analyser og eksisterende informasjon om grunnforhold og topografi (rapport 20210599-02-R /2/). Dette førte til at det i løpet av februar-mars 2023 ble uført geotekniske feltundersøkelser med påfølgende laboratorieundersøkelser (mars-juni), undersøkelsene er rapportert i 20210599-03-R /3/.

Den foreliggende rapporten inneholder geotekniske analyser basert på resultater fra de nylig utførte grunnundersøkelsene /3/, datagrunnlag oversendt av kommunen, samt annet offentlig tilgjengelig (NADAG mm.). Analysene omfatter tolking av grunnundersøkelser i form av opptegning av lagdeling (tegning 005-025), tolking av geotekniske jordparametere for stabilitetsberegninger (vedlegg A), samt stabilitetsberegninger for utvalgte profiler (tegning 026-046). Beregningene tar i utgangspunktet for seg dagens tilstand, men enkelte beregningsprofiler inneholder også ekstra analyser: herunder effekt av oppdemming ved eksisterende bekkelukking, situasjonen før/etter skredhendelsen i Skjennumbekken (2012), og stabilitetsmessig effekt av mulige sikringstiltak. Basert på beregningsresultatene er risikovurderingen oppdatert, og behovet for sikringsarbeider vurdert på et overordnet nivå.

Området som er undersøkt omfatter vestlige deler av Teigebyen (Nannestad sentrum), og ravinelandskapet på/rundt Bahus (hvor kommunens drift- og beredskapssenter er lokalisert). Området er presentert i tegning 001-004, og grovt markert i oversiktskartet i Figur 1-1.

Rapporten inneholder ikke noen detaljprosjektering av sikringstiltak. Sikringstiltak må detaljprosjekteres av ansvarlig RIG (rådgivende ingeniør geoteknikk) før de iverksettes.



Figur 1-1 Grov markering av undersøkelsesområde for oversiktskartlegging av potensiell kvikkleireskredfare på Nannestad (Norgeskart.no).

2 Retningslinjer for stabilitetsvurderingene og forslag til tiltak

Arbeidet omfatter en geoteknisk (samt hydraulisk (ref. /2/)) faglig vurdering av skredfare med utgangspunkt i metodikken beskrevet i NVEs veileder nr. 1/2019 /6/ og NVEs eksterne veileder nr. 9/2020 /7/; veiledere som danner grunnlaget for vurdering av kvikkleire områdestabilitet iht. plan- og bygningsloven. Rapporten identifiserer således potensielle kritiske områder mht. områdeskredfare, samt gir anbefalinger til hvordan kommunen skal forholde seg til resultatene av analysene.

Det presiseres at oppdraget ikke er knyttet opp mot en konkret byggesak eller noen reguleringsplan, hvilket fører til at det ikke er noen formelle krav til sikkerhet som må tilfredsstilles i henhold til plan- og bygningsloven (pbl) /4/ og byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3 /5/. Analysene gitt i rapporten forholder seg allikevel til sikkerhetskravene gitt i NVE (2020) som om eksisterende bebyggelse skulle være planlagte tiltak (tiltakskategori). For ethvert tiltak i faresoner, uavhengig av tiltakskategori (K0-K4), er det krav om at stabiliteten ikke skal forverres der absolutt sikkerhetsfaktor ikke er tilfredsstilt. Krav om "absolutt sikkerhetsfaktor" gjelder for nye tiltak og er avhengig av tiltakskategori (se Tabell 2-1). Eventuelle sikringsarbeider vil være tiltak i seg selv og vil implisitt ha krav til lokal sikkerhet iht. Eurokode 7.

Tabell 2-1 Tiltakskategori og eksempler på type tiltak (TEK17 /5/ og NVEs veileder /6/).

Tabell 3.2 Tiltakskategori med eksempler på type tiltak

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

2.1 Referansenivå for sikkerhetskrav

Med referanse til forutsetningene gitt over mht. tiltakskategori, sammenlignes beregnede sikkerhetsfaktorer mot kravene som ville gjelde ved en eventuell utbygging etter dagens regelverk og veiledere /4/-/10/. Under listes referansenivå for tiltakskategorier som anses rimelig for angitte delområder:

- Arealer hvor kartlagte potensielle løsnesoner strekker seg til kommunens drift- og beredskapssenter på Bahus eller bebyggelse med flere enn 2 boenheter: tiltakskategori K4.
- Arealer hvor kartlagte potensielle løsnesoner strekker seg til bebyggelse med inntil 2 boenheter: tiltakskategori K3. (Dvs. vest i Skjennumbekken og langs fylkesvei 120, ved Eker).

Dersom disse områdene skulle utbygges i dag, ville det være krav om 1) nye faresone-utredninger, 2) kartlegging av erosjon med eventuelt påfølgende erosjonssikring, og 3) krav til skråningsstabilitet jamfør oppgitte absolutte sikkerhetsfaktorer[1]:

- F_{cu}[2] ≥ 1.61 og $F_{c,\varphi}$[3] $> 1,25$ ved tiltak som medfører forverret skråningsstabilitet, og
- $F_{cu} \geq 1.4$ og $F_{c,\varphi} > 1,25$ for tiltak som ikke forverrer skråningsstabilitet.

[1] En beregnet verdi som angir sikkerhet mot skred, hvor F < 1,0 tilsier brudd. Sikkerhetsfaktoren angir forholdet mellom stabiliserende krefter og drivende krefter langs en potensiell glideflate.
[2] F_{cu} er beregnet sikkerhetsfaktor for udrenert tilstand, dvs. korttidsstabilitet ved raske lastendringer.
[3] $F_{c,\phi}$ er beregnet sikkerhetsfaktor for drenert tilstand, dvs. langtidsstabilitet der det ikke forventes å skje hurtige lastendringer.

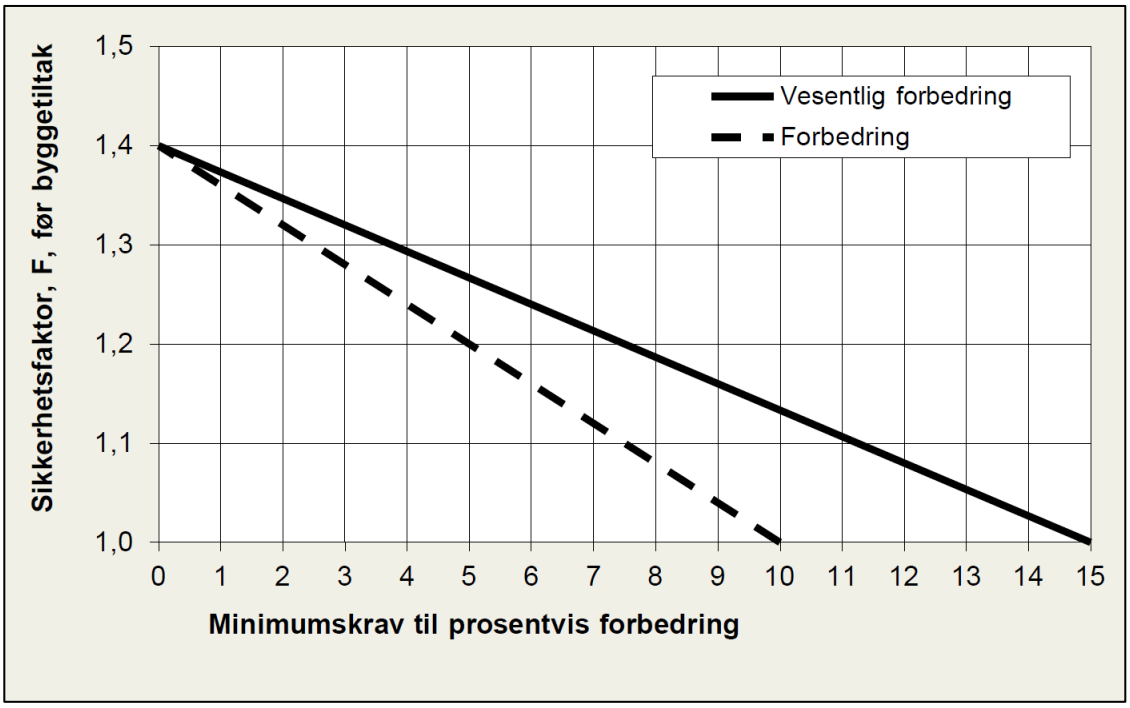
Dersom sikkerheten opprinnelig er dårligere enn de absolutte sikkerhetsfaktorene, er det krav om "prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktor", hvor størrelsesnivået avhenger av 1) tiltakskategori og 2) klassifisert faregrad i faresonen, se Tabell 2-2.

Tabell 2-2 Krav til forbedring av sikkerhetsfaktor (TEK17 /5/ og NVEs veileder /6/).

Tabell 3.3 Krav til forbedring av sikkerhetsfaktor

Tiltakskategori	Lav faregrad	Middels faregrad	Høy faregrad
K3	Ikke forverring	Forbedring	
K4	Forbedring		Vesentlig forbedring

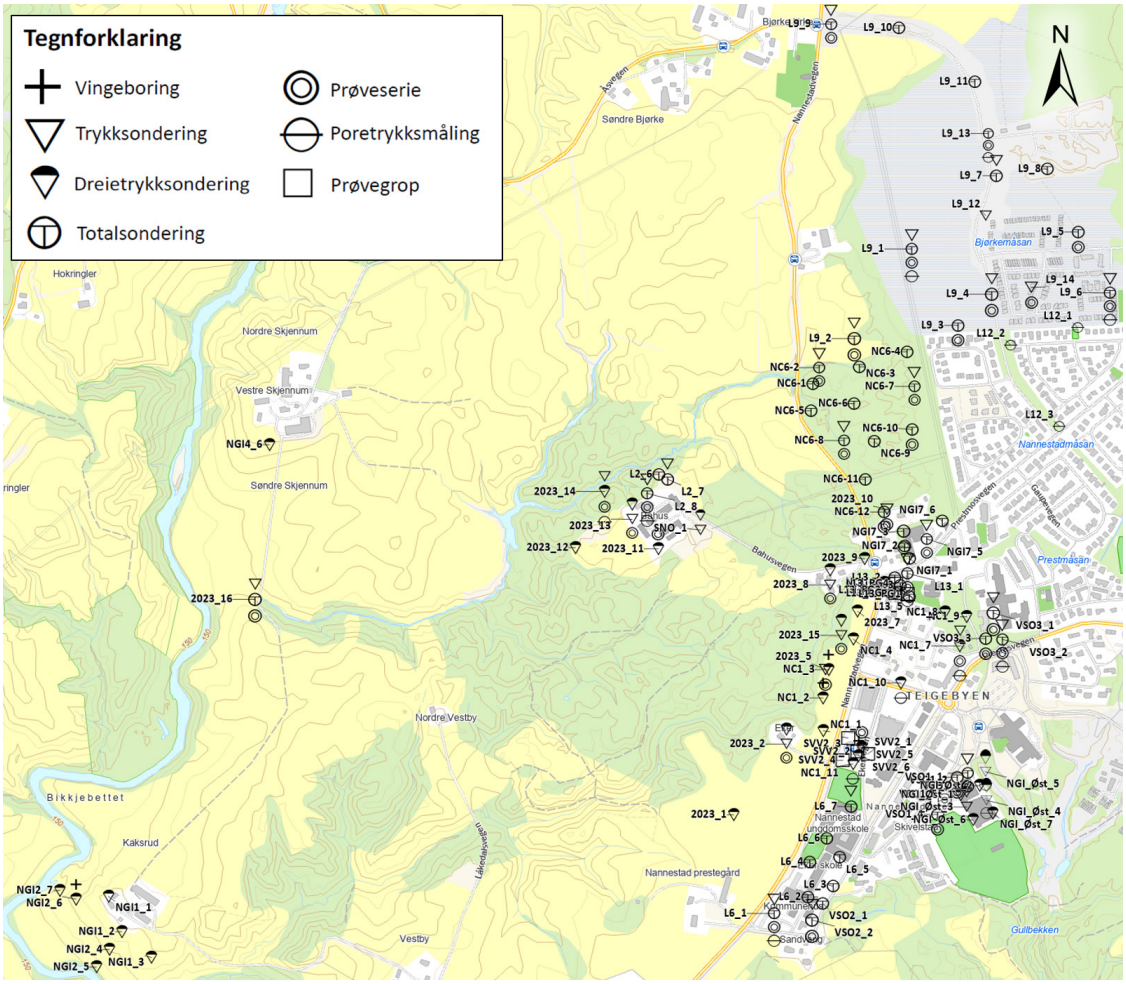
Figur 2-1 Krav til prosentvis forbedring som funksjon av dagens sikkerhet (/5/-/6/).



3 Datagrunnlag

I forprosjektet /1/ kartla NGI eksisterende tilgjengelig geoteknisk datagrunnlag for undersøkelsesområdet. Det inkluderte deriblant 18 datarapporter med geotekniske grunnundersøkelser (ekskludert revisjoner). En referanseliste ble oppgitt i Vedlegg A i rapporten /1/, og de ulike dokumentene ble gitt et dokument-prefiks for å kunne referere til grunnundersøkelsene på en mer oversiktlig måte. Prefiksene er opprettholdt i foreliggende rapport, og eventuelle referanser i teksten vil ha grunnundersøkelsesprefiks oppgitt i referanselisten. Utover referansene i rapport /1/ har NGI utført grunnundersøkelser i 2023 /3/, som angis med prefikset «2023».

For å gi en overordnet oversikt over omfanget på grunnundersøkelser i rapportene, er borpunkter presentert i Figur 3-1. Boringene presenteres i større detaljgrad i tegning 002-004.

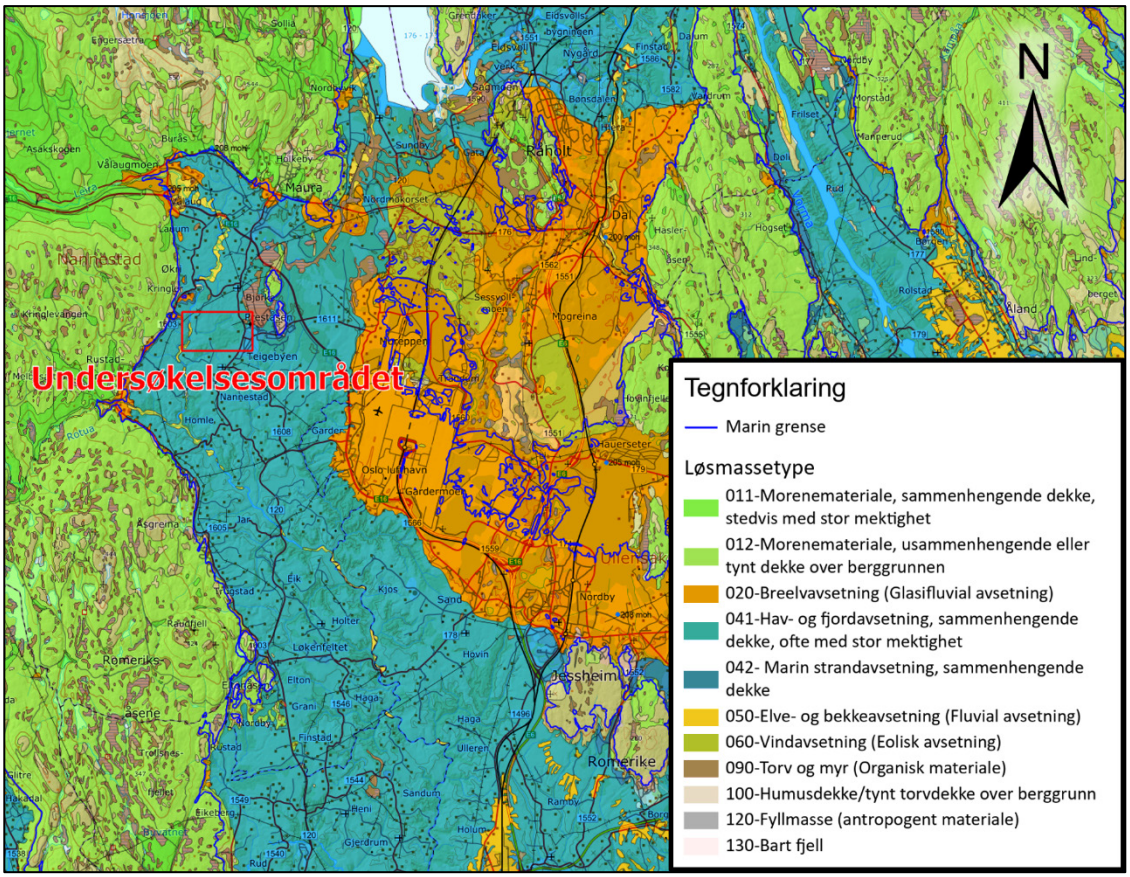


Figur 3-1 Grunnundersøkelser i eller nært undersøkelsesområdet. Boringer øst i sentrum, Engelsrudhagen mm., er ekskludert.

4 Grunnforhold, topografi og erosjon

4.1 Kvartærgeologi

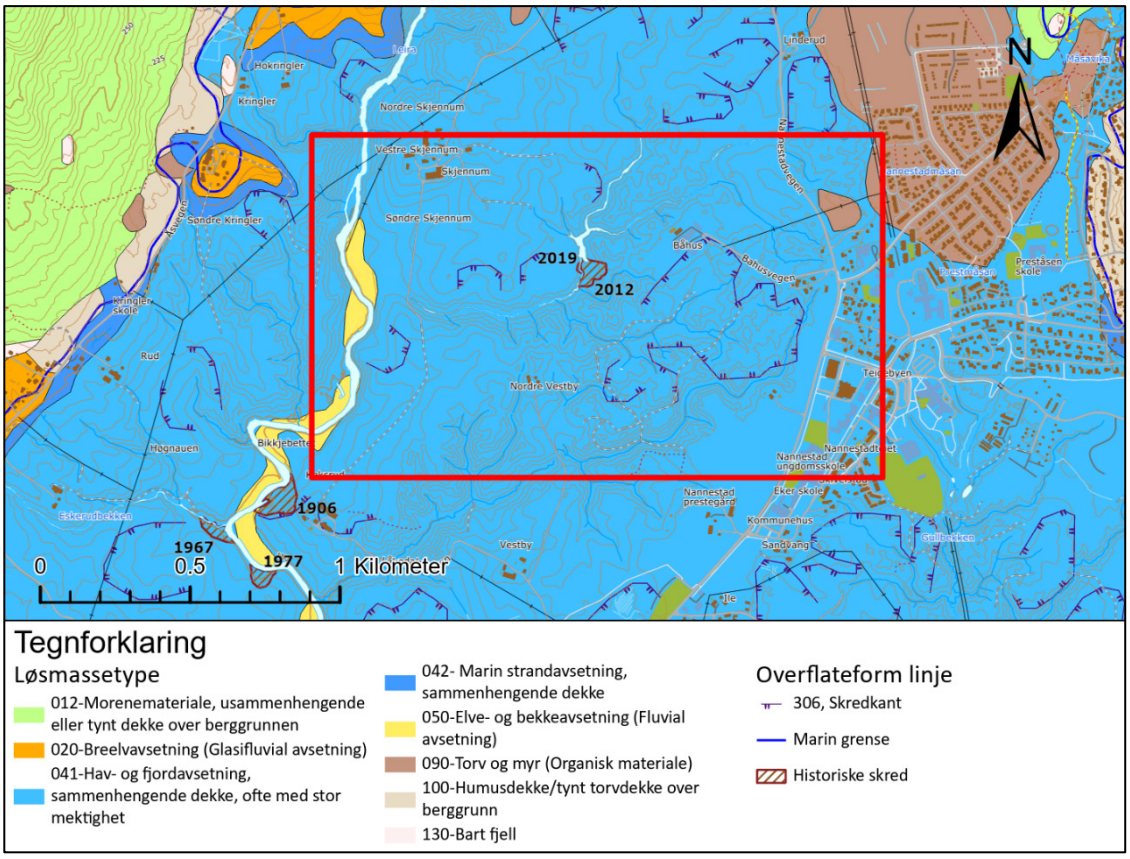
Figur 4-1 viser NGUs kvartærgeologiske kart over regionen (NGU.no). Kartet viser ulike løsmassetyper delt opp i arealer, hvor angitte løsmasser hovedsakelig kun er kjent ved overflaten. Nøyaktigheten av kartleggingen er ikke nødvendigvis så god på lokalt nivå, men den gir en god pekepinn på hvor man finner ulike typer løsmasser og utbredelsen av disse. Informasjon om kartlagte løsmasser benyttes gjerne som indikasjon for hvilke fraksjoner (sand, leir mm.) man hovedsakelig forventer å finne i et område.



Figur 4-1. Regional fordeling av løsmasser: Gardermoen-trinnet er et tydelig landemerke etter isavsmeltingen (markert i oransje på kartet). Marint avsetningsmiljø er markert i blått. (NGU)

Under sist istid var store deler av Romerike under havnivå. Under nedsmeltingen av innlandsisen trakk brefronten seg innover i landet og avsatte morene- og bre-elvavsetninger i flere trinn, deriblant Gardermoen-trinnet, se Figur 4-1. Det ble i tillegg avsatt store mengder leire i fjorden, og i dag kan hav- og fjordavsetningene være så mektige som 100 meter. Da leiravsetningene var unge utgjorde de ett relativt flatt platå, som så i ettertid har blitt formet av erosjon som følge av landhevingen. Sammen har disse geologiske prosessene resultert i dagens platå- og ravinelandskap på Romerike.

Undersøkelsesområdet er lokalisert midt ute på den tidligere havbunnen mellom Romeriksåsene i vest og Gardemoen-trinnet i øst, se Figur 4-1. En mer nøyaktig anvisning av løsmassetyper lokalt ved undersøkelsesområdet er presentert i Figur 4-2, kartlagt av NGU i 1976 /11/. Kartleggingen ble gjort i målestokk 1:20 000, som vil si at kartleggingen av avsetningene var på et relativt høyt detaljnivå. Det aktuelle området strekker seg fra platålandskapet ved Bjørkmåsan/vestlig del av Teigebyen (ca. 195 moh.) og omfatter det ravinerte landskapet ned til Leira (ca. 140 moh.). Løsmassene der består av marine avsetninger, som innebærer at det er potensiale for forekomster av sprøbrudd-materiale/kvikkleire.



Figur 4-2. NGUs løsmassekart lokalt ved undersøkelsesområdet /11/. Historiske skred og utglidninger er markert med brun skravur eller lilla streker. Undersøkelsesområdet er markert med rødt. Skredarret (fra 2012) vest for Bahus er midt i det markerte området.

4.2 Grunnundersøkelser og materialtyper

Overordnet beskrivelse av grunnforhold

Det er få boringer som påviser bergoverflate i området, den dypeste påvisningen er ved 57 meters dybde, men de fleste av de dypeste boringene er stanset ved ca. 50 meters dybde uten å påtreffe berggrunn. Det er gjerne sammenhengende leiravsetninger med dybden, men flere av boringene i området har også påtruffet lag av friksjonsmasser (grus og sand), gjerne på opptil noen få meters tykkelse, typisk 1-2 meter. Boringene viser at sandlagene typisk har kraftig helning og kan variere betydelig i tykkelse over noen få meter. Hav- og fjordavsetningene fortsetter under myren Bjørkmåsan, markert nordøst i Figur 4-2. I vest har elven Leira over tid erodert seg mange titalls meter ned i platålandskapet av leire, samtidig som den legger igjen elveavsetninger (silt, sand og grus) langs elveflaten, derav markeringen av elveavsetninger i Figur 4-2, disse avsetningene er svært lokale.

Beskrivelse av sprøbruddmateriale

Det er generelt leire som preger de opptegnede løsmasseprofilene. Marin leire kan inneha sprøbruddegenskaper, også kalt sprøbruddmateriale (herunder også kvikkleire). Sprøbruddmateriale (SBM) vil ved fullstendig omrøring miste tilnærmet all sin styrke, som innebærer at lokale brudd i forekomster av SBM kan forplante seg videre til større kvikkleireskred.

I NVEs veileder /6/ defineres sprøbruddmateriale som jordmateriale som har en omrørt udrenert skjærfasthet ($s_{ur,fc}$) ≤ 1.27 kPa, hvorav materiale med ($s_{ur,fc}$) ≤ 0.33 kPa defineres som kvikkleire (verdier jf. ISO 17892-6 /12/). Sikker påvisning av forekomster anskaffes kun ved utførelse av konusforsøk på opptatte jordprøver, men ulike sonderingsmetoder kan gi indikasjon på eventuelle forekomster og fungerer således som supplement i de geotekniske vurderingene.

Beskrivelse av løsmasseprofiler

Borpunktene på Bahus antyder en relativt lik lagdeling i området. Løsmasseprofilene der (tegning 011-017) er derfor tegnet med en lagdeling som i stor grad følger overflaten. For profilene langs platålandskapet ved Teigebyen (tegning 005-010 og 018-022), følger lagdelingen samme mønster, men med litt større grad av variasjon på lagtykkelser.

Grunnundersøkelsene viser typisk en lagdeling med tørrskorpeleire de øverste meterne, etterfulgt av «middels fast» leire (s_u mellom 25-50 kPa) med lav sensitivitet (S_t) ned til minst 7-12 meters dybde før sprøbruddmateriale påtreffes. Sonderingene indikerer ofte en gradvis overgang fra «ikke-sensitiv leire» til «sensitiv leire» basert på tolkede normaliserte CPTU-parametere: Q_t, F_r og B_q. Laget med sprøbruddmateriale vil typisk kunne inndeles i " sprøbruddmateriale, men ikke kvikkleire" de første 1-3 meterne, etterfulgt av kvikkleire ved større dybde. Kvikkleiren forsetter ofte til store dybder (20-50 meter) før det er indikasjon på ikke-kvikk leire igjen. I laget med «sprøbruddmateriale, men ikke kvikkleire» og kvikkleire går leiren fra å være «middels fast» til «fast» i intakt tilstand (s_u over 50 kPa). Leiren har typisk en leirandel på 30-35% og siltandel på 65-70% for både leiren med- og uten sprøbruddegenskaper.

4.2.1 Forenklinger i opptegninger av løsmasseprofiler

Det er som tidligere nevnt påtruffet sandlag i enkelte av borpunktene. Som regel er disse lagene noen få meter tykke og kan ha vesentlig helning, avhengig av retningen man tegner profilet. Som følge av usikkerheten knyttet til geometrien og tykkelsen av disse sandlagene, er de vanligvis bare skissert i de opptegnede løsmasseprofilene, samt ekskludert fra beregningene. Dette er en konservativ tilnærming da slike sandlag normalt virker noe stabiliserende.

Vanskeligheter med adkomst ned til ravinebekkene med borerigg, gjorde at man ikke fikk undersøkt dybde ned til sprøbruddmateriale ved bekkenivå, verken langs fylkesvei 120 eller ved Bahus. Da lagdelingen ofte følger overflaten i stor grad, og de fleste boringene vest i Teigebyen er utført fra platånivået, er profilene der (tegning 005-010 og 018-022) tegnet med relativt horisontale lag av SBM som går ut rundt bekkenivå. Til sammenligning er boringene ved Bahus utført fra mer varierende terrengnivå mens

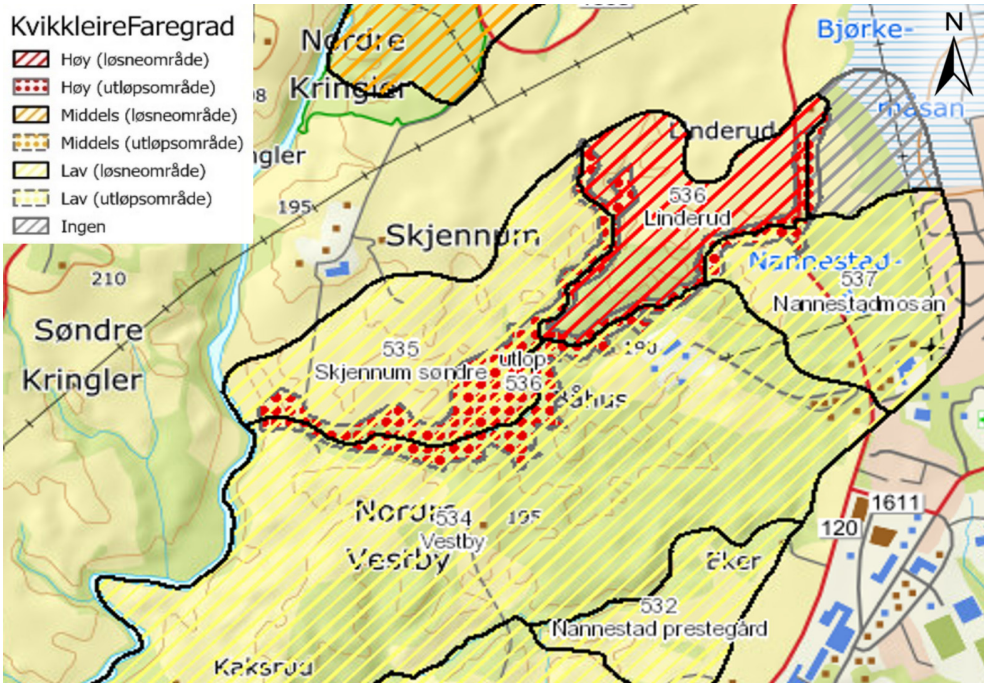
lagdeling varierer relativt likt med overflaten i tegning 011-017. Lag med SBM og kvikkleire følger derfor overflaten nedover mot bekkenivå i tegningene. Det bør likevel forsiktig tas utgangspunkt i at leiren er sensitiv ved bekkenivå i de fleste av profilene, se også kap. 5.3.1, andre avsnitt.

Tolkede løsmasseprofilene er presentert i tegning 005-025.

5 Vurdering av områdestabilitet

5.1 Eksisterende faresoner

Det er allerede eksisterende faresoner i undersøkelsesområdet, tabell 5-1 (ref. tidligere kartlegginger: NVE-rapportside-link). For tiden foregår det en revisjon av faresonene på Romerike med forenklede soneutredninger, utlyst av NVE (ref. link). Den foreliggende rapporten inkluderer derfor ingen ny vurdering av faresoner, og arbeidet begrenses til å vurdere løsnesoner som kan nå vestlig del av Teigebyen sentrum og anlegget på Bahus. Det tas utgangspunkt i eksisterende faregrader, men det forventes at revisjonene i regi av NVE vil kunne medføre endringer i faregrad og soneavgrensninger i de eksisterende sonene ila. årsskiftet 2023/2024. For sonene 532, 534 og 535 tas det høyde for at faregraden økes fra lav til middels.



Figur 5-1 Eksisterende faresoner ved Teigebyen.

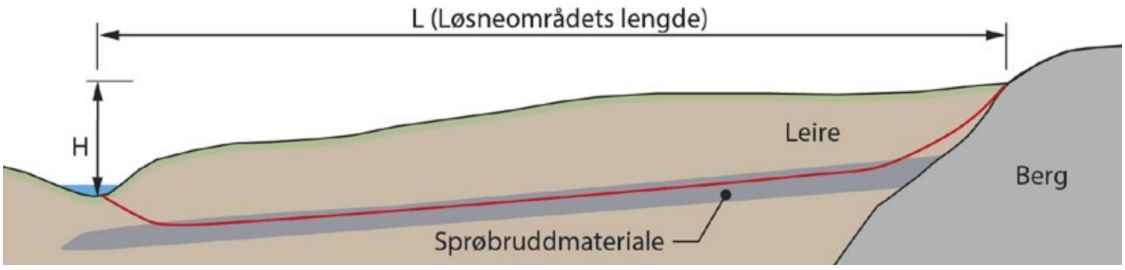
Tabell 5-1 Tabell med nåværende faregrad-status for aktuelle faresoner.

Faresone	Faregrad
Nannestad prestegård 532	Lav, endres muligens til middels
Vestby 534	Lav, endres muligens til middels
Skjennum søndre 535	Lav, endres muligens til middels
Linnerud 536	Høy
Nannestadmosan 537	Lav

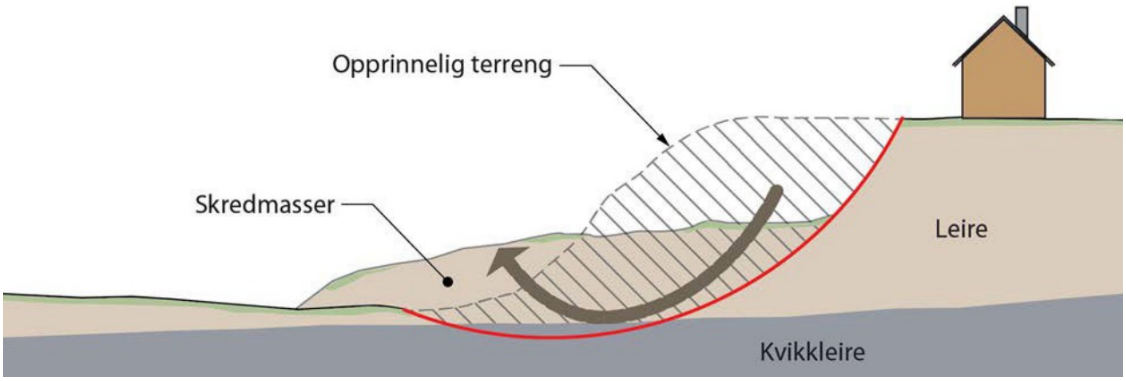
5.2 Vurdering av aktuelle skredmekanismer

5.2.1 Beskrivelse av skredmekanismer

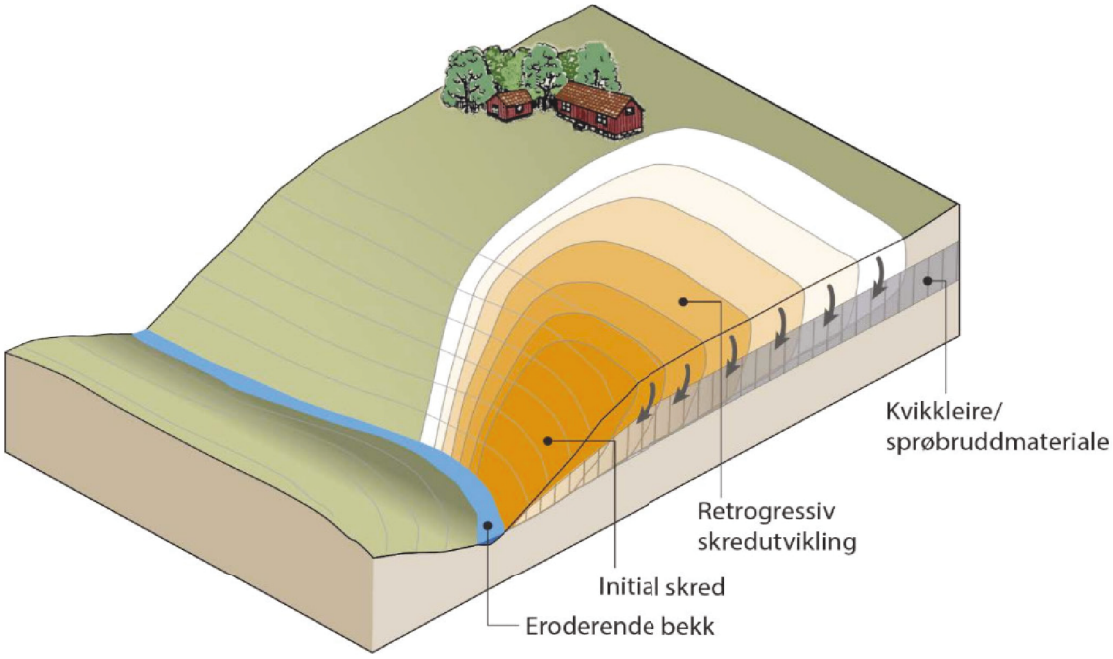
For å vurdere utstrekningen av potensielle løsneområder for skred, identifiserer man hvilke skredmekanismer som er aktuelle for den tolkede lagdelingen. Jamfør NVEs veileder inndeler man gjerne områdeskred i tre skredtyper: flakskred, rotasjonsskred og retrogressive skred, som illustrert i Figur 5-2 til Figur 5-4 (hentet fra NVEs veileder /6/).



Figur 5-2 Flakskred er skred hvor brudd utvikler seg gjennom mer eller mindre sammenhengende svake lag i grunnen, og hvor de overliggende massene glir ut som store flak. Flakskred kan utløses i relativt slakt terreng. (NVE /6/)



Figur 5-3 Rotasjonsskred er skred med en mer eller mindre sirkulær glideflate. De kjennetegnes gjerne med at skredmassene har rotert langs med glideflaten. Rotasjonsskred kan inntreffe i alle leirjordarter, og vil avhengig av eventuell utbredelse av sprøbruddmateriale kunne utvikle seg til å bli retrogressive skred. (NVE /6/)



Figur 5-4 Retrogressive skred er skred som starter med et initialskred, som så etterfølges av flere suksessive skred i bakkant av- eller til side for tidligere utglidninger. Initialskredet kan være av både stort- og smått omfang. (Figur fra NVE /6/).

Et initialskred kan utvikle seg retrogressivt dersom grunnforholdene ligger til rette for det. Ved skredfarekartlegging jf. NVEs veileder 1/2019 /6/ bedømmes dette ut ifra topografien og eventuell utbredelse av sprøbruddmateriale (SBM). Funn fra NIFS-prosjektet (NVE m.fl. /13/, kap. 4) viser at faren for retrogresjon er mindre dersom topografien ved skredporten medfører oppstuving av skredmasser, ved at det reduserer muligheten for skredmassene til å strømme ut av skredgropen. Ifølge /13/ stanser utviklingen av retrogressive skred typisk opp:

- av topografiske forhold (1) slik som f.eks. nærliggende-/bakenforliggende raviner og eldre skredgroper.
- oppimot berggrunn (2), og/eller
- ved synkende sensitivitet i bakenforliggende leire (3).

5.2.2 Metodikk og resultater fra vurderinger

Kartleggingen av potensielle løsneområder av områdeskred er gjort iht. kriteriene i NVEs veileder nr. 1/2019 /6/. Kort oppsummert bedømmer man løsnedistanse (L) for initialskred ved opptegning i profiler:

- Man trekker en linje med helningen 1:15 gjennom SBM og 1:3 i øvrige løsmasser.
- Linjen starter ved skråningsfot eller ved foten av beregnet bruddflate dersom det ikke er en definert bunn av skråningen.
- Startnivået på linjen settes slik at linjen tangerer beregnet kritisk bruddflate. Imidlertid, dersom beregnet bruddflate er dypere enn ¼ av skråningshøyde (H)

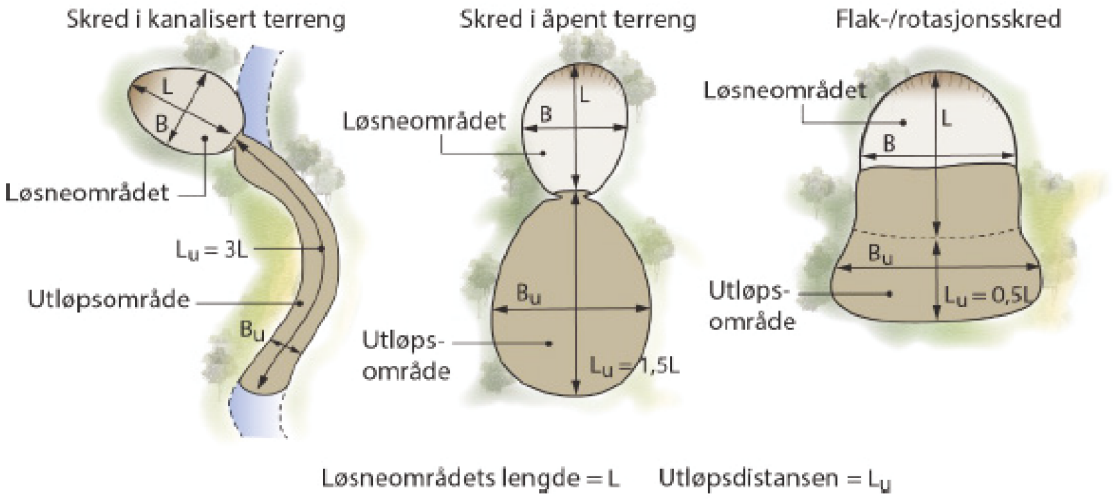
eller dersom det ikke er utført beregninger, settes startnivået ved H/4 under skråningsfot.

- Skråningshøyden som vurderes (H) er alltid den største fra bunn til topp, eller for lokale kritiske glideflater den maksimale høydeforskjellen for aktuell mekanisme.

Dernest bedømmer man skredmekanisme basert på verdi av omrørt udrenert skjærfasthet ($s_{ur,fc}$), samt forholdstallet mellom 1) lagtykkelsen av SBM over den opptegnede linjen, betegnet «b», og 2) dybden fra terrengnivå ned til linjen, betegnet «D». Avhengig av skredmekanismen og løsnedistansen kan man så bedømme utløpsdistansen (L_U), se Figur 5-5. En fullstendig beskrivelse av kriteriene for kartlegging av aktuelt løsneområde og utløpsområde ifm. områdestabilitetsvurderinger er gitt i kapittel 4 i NVE veilederen /6/.

Aktuelle løsnedistanser er opptegnet i løsmasseprofilene og i plantegningene: hhv. tegning 005-025 og 002-004. Løsnedistanser er ikke inkludert i plantegningene der datagrunnlaget er mangelfullt eller der det ikke er identifisert områdeskredfare. Under opptegning av lagdeling er det gjort en avveining mellom ugunstige lagdelinger mht. opptegning av løsneområde jf. kriterier i 1/2019 /6/ og realistiske løsmasseprofiler mht. tolkede grunnundersøkelser og geologisk historie.

En oppsummering av identifiserte skredmekanismer og tilhørende nøkkelverdier er gitt i Tabell 5-2. Det er identifisert løsneområder ved anlegget på Bahus og mot Vestbybekken langs fylkesvei 120. De aktuelle skredmekanismene er identifisert til å være hhv. retrogressivt skred og rotasjonsskred.



Figur 5-5 Bedømmelse av utløpsdistanse basert på skredmekanisme og løsnedistanse.

Tabell 5-2 Oppsummering av vurdering av aktuell skredtype jf. kriterier for kartlegging av løsneområde iht. NVEs veileder nr. 1/2019 /6/.

Tegning	Profil	H [m]	0,25•H [m]	b/D-forhold [%]	Skredtype	L [m]	L_u [m]
005	A1_1	24	6	Ukjent	Retrogressiv: Det tas utgangspunkt i b/D>40% pga. manglende kjennskap til utbredelse av SBM lengre ned i terrenget. Beregninger er ikke utført.	300	900
006	A1_2	19	4.75	Ukjent	Tilsvarende som for A1_1. Beregninger er ikke utført.	240	720
007	A2_1	13	3.25	≈ 5-10	Rotasjonsskred	65	32
008	A2_2	12	3	≈ 5-10	Rotasjonsskred	60	25
009	A3	10	2.5	30	Rotasjonsskred	50	25
010	A4 Lokal / global glidesirkel	8 / 12	2 / 3	0 / 10	SBM dyptgående, ikke fare for områdeskred / Rotasjonsskred (kritiske bruddsirkler er dyptgående og anses ikke som aktuelle mht. initialskred).	-	-
011	B1_1	16	4	50	Retrogressiv: Et ev. utløpsområde ville være avhengig av hvordan skredet forløper nedstrøms inn i det oppdemte vannet i ravinedalen.	195	300-600
012	B1_2	14	3.5	50	Retrogressiv: Tilsvarende som for B1_1.	180	275-550
013	B1_3	15	3.75	30	Opptegnet tverrsnitt tilsier rotasjonsskred, men datagrunnlaget er mangelfullt *	73 / 174	40 / 500
014	B2-1	22	5.5	$\lesssim$ 40	Profilet representerer skråningen vest for Bahus hvor det gikk et skred i 2012 (Figur 4-2). Den reelle utløpsdistansen var ca. 30-35 meter (mindre mengder skredmasse har trolig rent lengre nedstrøms). Datagrunnlaget er mangelfullt, skissen viser at rotasjonsskred var aktuell mekanisme.	108	54
015	B2-2	21 / 17	5.25 / 4.25	$\lesssim$ 40	Datagrunnlaget er mangelfullt, skisse viser at rotasjonsskred er aktuell mekanisme i dag, men det bør forsiktig tas utgangspunkt i retrogresjon. Mekanisme for initialskred kan	230	700

					inkludere både bruddsirkel med fot ned i bekk og fot i skråningen.		
016-017	B3-1 og B3-2	14	3.5	23	Rotasjonsskred	70	35
018	C1	12	2	0	SBM dyptgående i skråning. Ev. rotasjonsskred. Starten på oppmåling av løsneområde skulle vært mindre jf. beregningsprofil C1S.	<80	<40
019	C2	11	2.75	0	SBM dyptgående i skråning. Ev. rotasjonsskred.	60	30
020	C3	-	-	-	Skråningshøyde ca. 5 meter, SBM dyptgående - ikke fare for områdeskred. Beregninger er ikke utført.	-	-
021	C4	13 / 11	3.25 / 2.75	-	Begrenset datagrunnlag. SBM dyptgående i skråning, H<5m for ev. skredmekanisme i opptegnet profil. – Områdeskred ikke aktuelt. Beregninger er ikke utført.	-	-
022	D1	-	-	-	Slakt terreng og relativt dyptgående SBM i profil. Områdeskred ikke aktuelt.	-	-
023	E1	16	14	Ukjent	Datagrunnlaget er mangelfullt. Profilet viser en lagdeling som er vurdert som rimelig, men usikkerheten er stor og det utelukkes ikke at skråningen er utsatt for områdeskredfare.	Ukjent	Ukjent
024	E2	23 i sør / 27 i nord	5.7 / 6.7	Ukjent	Tilsvarende som E1.	Ukjent	Ukjent
025	E3	30	7.5	Ukjent	Datagrunnlaget er mangelfullt. Profilet viser en lagdeling som er vurdert som sannsynlig, men usikkerheten er stor og det utelukkes ikke at potensielt løsneområde er vesentlig større. Beregninger er ikke utført.	Ukjent, skisse viser 350	Ukjent, 1050

* For profil B1_3 er det 30-40 meter til nærmeste boringer. Ettersom profilet B1_1 og -2 tilsier retrogressiv bør det tas utgangspunkt i at den potensielle skredmekanismen er retrogressiv.

Lagdelingen kommenteres nærmere etter at stabilitetsberegningene er presentert, se kap. 6.

5.3 Stabilitetsberegninger

5.3.1 Forutsetninger for beregninger

Valg av beregningsparametre

Valg av beregningsparametere er basert på resultater fra felt- og laboratorie-undersøkelser (se kap. 3), dokumentert i vedlegg A.

Usikkerhet relatert utbredelse av SBM ved bekkenivå

Pga. vanskeligheter med adkomst ned i ravinene, er utbredelse av SBM rundt bekkenivåene ikke kartlagt i detalj. Det er følgelig en usikkerhet ved opptegnede profiler. Det nevnes i den sammenheng at den eksakte utbredelsen av SBM ikke har noen betydning for selve stabilitetsberegningene (grenselikevekt) da material-oppførselen frem til brudd er mer eller mindre lik for leire og SBM. Det vil derimot ha betydning for: 1) skredmekanisme og dermed også løsnedistanse, 2) eventuelle avanserte beregninger og 3) konsekvenser ved eventuell erosjon og undergraving.

Vanndybde, bekk- og elv.

Det er generelt få elver som er kartlagt med batymetri, hvorav få datasett også er publisert offentlig. Kartlegging av Leira er derimot nevnt spesifikt i det pågående forskningsprosjektet for kartlegging av elver (kartverket m.fl.), hvor det nevnes at elven er mellom 1-2 meter dyp. Det er i profil E1 og E3 tatt utgangspunkt i at vannoverflaten i terrengmodellen fra hoydedata.no er kartlagt på et tidspunkt med normalvannstand. Ut ifra tilsendt video fra kommunen ifm. flommen uke 32, 2023 er det tatt utgangspunkt i at ekstreme flomhendelser er 2-2.5 meter over normal vannstand. Situasjonen vil være dimensjonerende for drenerte analyser.

5.3.2 Resultater

Tabell 5-3 presenterer resultatene fra stabilitetsberegningene. Det tas utgangspunkt i de mest ugunstige poretrykkforholdene når "kravene" oppgis for drenert sikkerhetsfaktor. Det anses å være en konservativ tilnærming og innebærer at dersom man kan påvise bedre poretrykksforhold med målinger, så vil det også minske omfanget på sikrings-behov.

Lastsituasjoner

For profilene der ulike lasttilfeller er beregnet er navnsettingen av beregningene tredelt: 1) profilnavn, før 2) bokstaven "S" (kort for Stab.an.), etterfulgt av 3) indeks for last-situasjon. Lastsituasjonene omfatter: før og etter sikringstiltak, før og etter rotasjons-skredet vest for Bahus, og til slutt ved tilfellene: 1) normalvannstand i bekk, 2) langvarig oppdemt bekk, og 3) en påfølgende hurtig nedtapping. I tilfelle for E1 (tegning 043) er ulike lasttilfeller beregnet i en og samme beregningstegning, og der er enkelte av beregningsresultatene navngitt «Sit1, Sit2, etc.» på tilsvarende vis. Beregninger for sikringstiltak markeres alltid i blått.

For flere av de drenerte beregningene er det beregnet både med «hydrostatisk poretrykk ved bekkenivå» eller med en «hydraulisk gradient ved bekkenivå», disse er gitt ved hhv. forkortelsene "HPvB" og "HGvB". For udrenerte analyser oppgis resultatet for kritisk bruddflate med "KB" for «kritisk bruddflate» og "AB" for andre bruddflater.

Tabell 5-3 Oppsummering av resultater fra stabilitetsberegninger. Merknader (1-3) og fargekoder er nederst i tabellen.

Tegning	Profil [1]	Beregnet sikkerhetsfaktor		Krav ved ev. nyutbygging		Kommentarer
		Drenert, $F_{c\phi}$ [2]	Udrenert, F_{cu} [3]	Drenert, $F_{c\phi}$ [2]	Udrenert, F_{cu} [3]	
026	A2_1S-1	HPvB =1.28 / HGvB = 1.14	KB = 1.00	1.25	1.10	Resultat anses som konservativt. Utfylling i skråningsfot og sandlag er ikke hensyntatt.
027	A2_1S-2	HPvB =1.53 / HGvB = 1.34	KB = 1.12	1.25, Tilfredsstilt	1.10, Tilfredsstilt	Skisserte sikringstiltak er noe større enn krav tilsier.
028	A2_2S	HPvB =1.06 / HGvB = 0.99	KB = 1.06	1.10	1.15	Resultat anses som konservativt. Utfylling i skråningsfot og sandlag er ikke hensyntatt.
029	A3S-1	HPvB = 1.20 / HGvB = 1.09	KB = 1.02 AB = 1.27	1.18	1.12	
030	A3S-2	HPvB = 1.44 / (HGvB = 1.15) *	KB = 1.30	1.18, Nesten tilfredsstilt	1.12, Tilfredsstilt	* for å tilfredsstille krav til $F_{c\phi}$ skulle enten 1) motfylling vært litt større på siden av bekken opp i skråning, eller 2) utslaking av skråningen vært større.
031	A4S	HPvB = 2.95 / HGvB = 2.65	KB = 1.23 (Lokal) KB2 = 1.17 * (Global glidesirkel)	1.25	1.28	*Global glideflate anses ikke som en aktuell bruddmekanisme for initialskred, pga. dyptgående bruddsirkel.
(032, 034, 035)	B1S-1 – Total bruddmekanisme (B1_1–B1_3)	HPvB = 1.10	KB = 1.05	1.18	1.14	Anslått sikkerhetsfaktor for brudd langs hele kollen, dvs. profil B1_1–B1_3. Baseres på stabiliserende- og drivende momentkrefter per meter, multiplisert med representativ bredde.
(033)	B1S-2 – Total bruddmekanisme	HPvB = 1.22	KB = 1.30	1.18, Tilfredsstilt	1.14, Tilfredsstilt	Samme som over: Etter anbefalte sikringstiltak. (Anslag)
032	B1_1S-1	HPvB = 0.96	KB = 0.86, AB1 = 1.20	-	-	

033	B1_1S-2	HPvB = 1.06 / HGvB = 1.01	KB = 1.08	-	-	Etter anbefalte sikringstiltak (anslag). HGvB inkluderer i dette tilfellet både bekkeheving og en økning av poretrykket med 10%. HGvB har ikke referanseberegninger.
034	B1_2S	HPvB = 1.07	KB = 1.05 AB1 = 1.36,	-	-	
035	B1_3S	Alle har HPvB: AB1 = 2.38, liten bruddsirkel øverst KB = 2.24, sammensatt flate AB3 = 3.33, bunn av skråning	KB = 1.50, liten bruddsirkel øverst AB2 = 1.59, stor bruddsirkel AB3 = 3.35, bunn av skråning	-	-	Beregninger tillegges liten vekt mht. «total bruddmekanisme». – Aktuell initiell bruddmekanisme i kolle vil ikke inkludere bruddflate langs profil B1_3.
036	B2S-1	HGvB =1.17	KB = 0.96	* 1.23	* 1.06	Profilet representerer skråningen vest for Bahus hvor det gikk et skred i 2012 (Figur 4-2, se også tegning 016-017). * Ettersom løsneområde ikke strekker seg til bebyggelse, oppgis krav tilsvarende som ved en ev. utbygging i området (K3).
037	B2S-2	HPvB = 1.02 / HGvB = 0.99	KB = 1.01 AB=1.29	* 1.09	* KB = 1.11 * AB= 1.32	* Samme som over. Beregnet stabilitet er dårlig i øvre del av skråning, 4 meter over dammens høydenivå. Oppgitt «annen bruddflate» er bruddflaten med fot ned i bekken.
038	B3S-1	HPvB = 1.05 / HGvB = 1.00	KB = 0.98	1.10	1.08	Skråningen med fyllingen var labil før avlastning. Variasjon i styrkeparametere for fyllingen tilsier ±0.05 endring i F_{cu}.
039	B3S-2	HPvB = 1.58 / HGvB = 1.48	KB = 1.44 AB = 1.55	1.10, Tilfredsstilt	1.08, Tilfredsstilt	Den utførte avlastningen har bedret stabiliteten vesentlig i skråningen.

040	C1S	HPvB = 1.52 / HGvB = 1.36	KB = 1.28	1.25, Tilfredsstilt	1.32	
041	C2S	HPvB = 1.70 / HGvB = 1.41	KB = 1.31	1.25, Tilfredsstilt	1.35	
042	D1S	HPvB = 2.10 / HGvB = 2.26	KB = 1.32	1.25, Tilfredsstilt	1.35	
043	E1S – Brudd til Leira fra bekkelukkingen	Sit1 = 17.8 / Sit2 = 10.0	Sit1 = 10.8 / Sit2 = 6.3	1.25, Tilfredsstilt ved Sit. 1 og 2	1.4, Tilfredsstilt ved Sit. 1 og 2	
043	E1S – Lokalt mot Leira:	HPvB-Sit1 = 1.07 / HGvB-Sit2 = 1.14/ HGvB-Sit3 = 0.96	Sit1 = 1.47 / Sit2 = 1.23	Sit3 = 1.06	Sit2 = 1.29	Skråning labil ved ekstremhendelser, som forventes (naturlig utviklet skråningsvinkel). * Ekstremsituasjon dimensjonerende.
044	E2S-1	Nord = 1.12 / Sør = 1.43	Nord = 1.12 / Sør1 = 1.41	*	Nord = 1.20	* Ekstremsituasjon dimensjonerende, se E2S-3
045	E2S-2	Nord = 1.03 / Sør = 1.34	Nord = 1.17 / Sør2 = 1.36	*	*	* Ekstremsituasjon dimensjonerende, se E2S-3
046	E2S-3	Nord = 0.98 / Sør = 1.25	Nord = 1.12 / Sør1 = 1.41 og Sør2 = 1.31	Nord = 1.08 Sør = 1.25	Nord = 1.20 Sør1 = 1.34	Det ukjent hvorvidt det er ev. potensielle løsneområder som strekker seg til bebyggelsene i nærheten, derfor presenteres K3-krav. Ellers gjelder «ikke forverring».

1 Prefiks før bokstaven "S" er profilnavn. Indeks etter bokstav henviser til lastsituasjon.
Beregninger for sikringstiltak er markert i blått.
2 HPvB = Hydrostatisk poretrykk ved bekkenivå; HGvB = Hydraulisk gradient ved bekkenivå;
Sit1 = Situasjon 1, Sit2= Situasjon 2…
3 KB = Kritisk bruddflate; Andre bruddflater: AB1, AB2, …

Fargekoder, sikkerhetsfaktor

Tilfredsstiller ikke krav
Ikke dimensjonerende, tilfredsstiller ikke krav
Tilfredsstiller krav

6 Oppsummering av resultater og forslag til avbøtende tiltak

I det følgende gis forslag til stabiliserende tiltak for områder hvor beregninger viser ikke tilfredsstillende stabilitet i forhold til krav gitt i NVEs 1/2019 /6/.

Foreslåtte tiltak må detaljprosjekteres av ansvarlig RIG (rådgivende ingeniør geoteknikk) før iverksettelse, herunder dimensjonering, krav til rekkefølgebestemmelser, mellomlagring av masser der det er aktuelt, etc.

6.1 «Vestbybekken»

Øvre parti

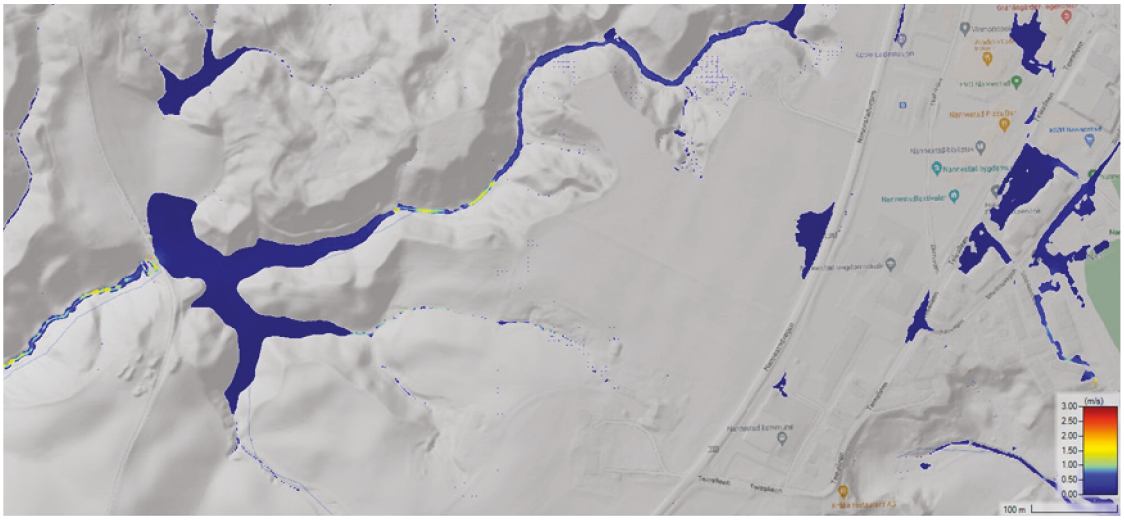
Det er utført beregninger i 4 tverrsnitt. Partiet av Vestbybekken fra: skråningen ved bensinstasjonen (profil A4, tegning 031), og forbi boligene på Eker (Nannestadvegen 256 og 258) (tegning 026-29) har generelt lav beregnet stabilitet, både mht. udrenert- og drenert tilstand. Foreslåtte sikringstiltak for dette partiet er:

- å legge ut motfylling, og
- slake ut skråninger og avlaste skråningstopp.

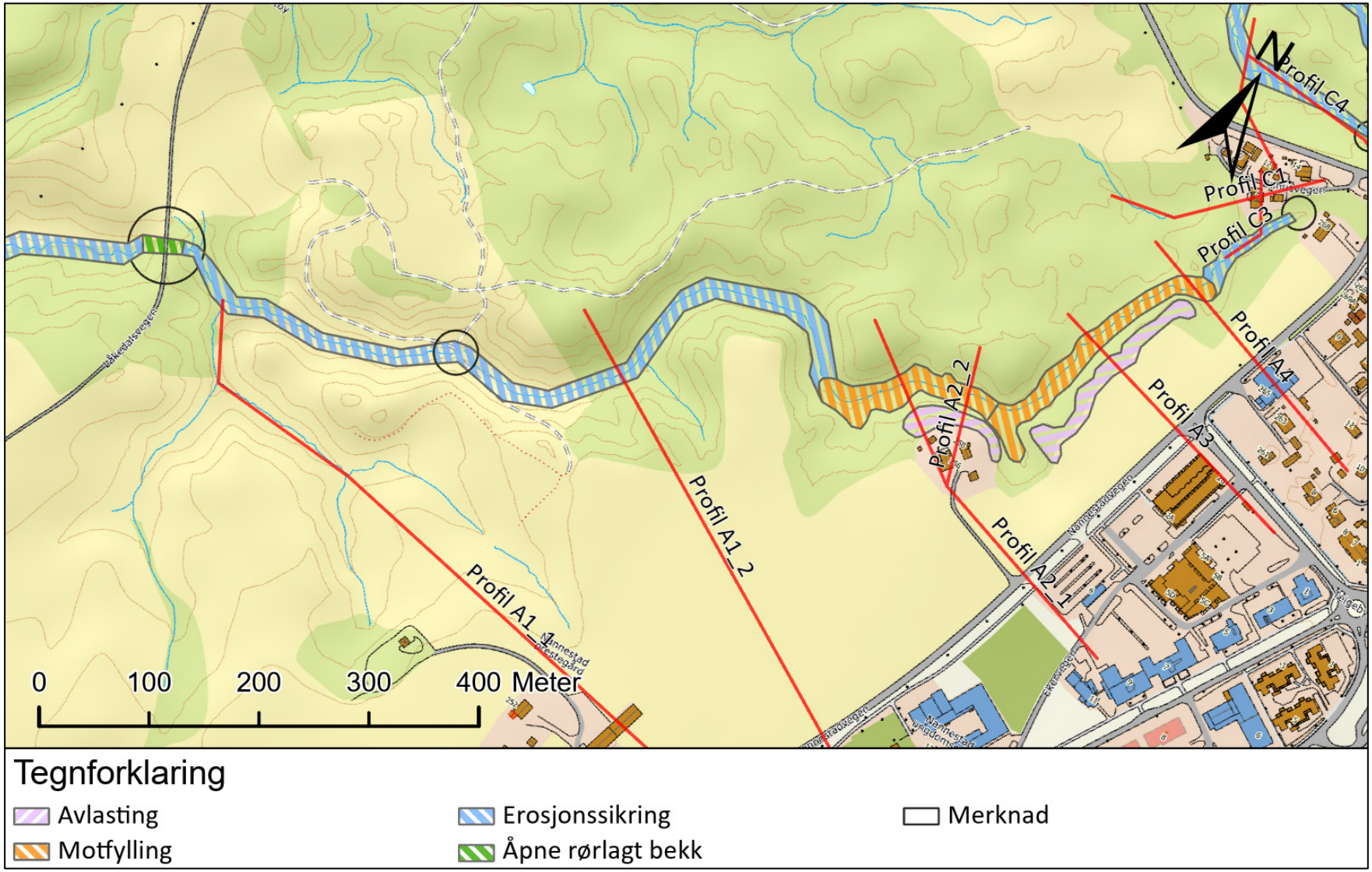
Avlastingen anses ikke som nødvendig langs hele partiet, da det er et intervall der som i 2013 ble tilført masser og arrondert, se opphold i skravert areal i Figur 6-2.

Nedstrøms

Den hydrauliske analysen i rapport 20210599-02-R /2/ (se Figur 6-1) og tidligere analyser av Norconsult /18/ viser at ekstreme nedbørshendelser vil medføre oppdemming ved bekkelukkingene nedstrøms i Vestbybekken. For anbefalinger for partiet henvises det til kap. 6.5.



Figur 6-1 Resultat fra den hydraulisk analysen i 20210599-02-R (/2/, Figur 2-8).



Figur 6-2 Foreslåtte sikringstiltak, nordøstlig del av Vestbybekken, tom. bekkelukking ved Låkedalsvegen. Avlasting langs med fylkesvei 120 behøves ikke for partiet med tilførte masser (arrondert) i 2013 (parti av skråning mellom skisserte avlastingsarealer).

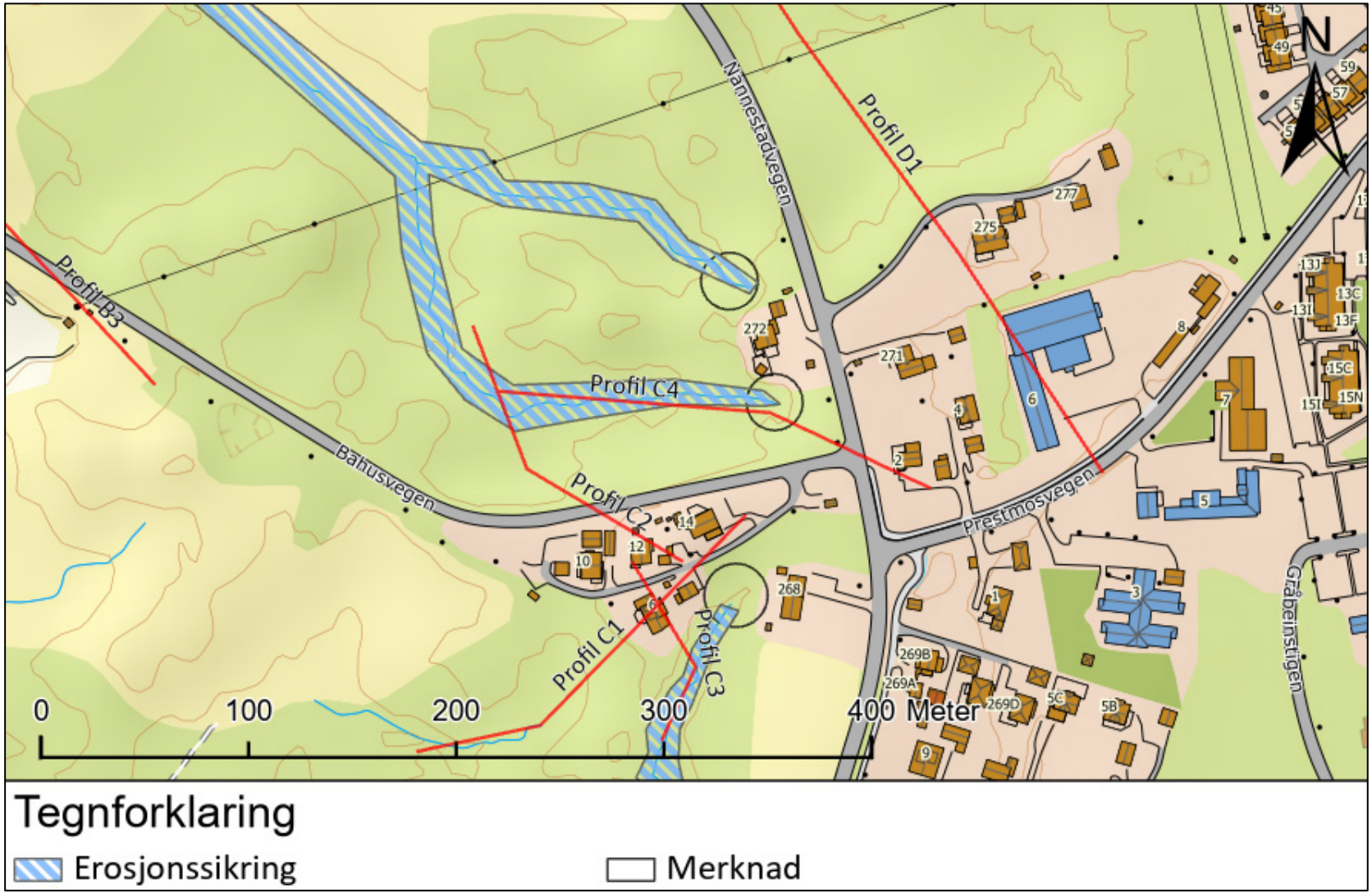
6.2 Boligfelt ved innkjørsel til Bahus

Det er tegnet to profiler med mest ugunstig topografi i retning sørvest (profil C1) og nordvest (profil C2) fra flaten med bebyggelse ved innkjørselen til Bahus. SBM er dyptgående på platået, men utbredelsen av SBM er ukjent ved foten av platået. Dersom lagdelingen er mer eller mindre horisontal, vil den aktuelle bruddformen jf. 1/2019 /6/ være rotasjonsbrudd, noe som fører til at løsnedistansen vil være begrenset. Beregnede kritiske bruddflater er dype (mer enn H/4 i skråningsfot), og anses jf. /6/ derfor ikke som aktuelle initielle bruddmekanismer. Den beregnede stabiliteten er også god i profilene, og det anses ikke nødvendig å iverksette noen stabiliserende sikringstiltak, imidlertid anbefales det å erosjonssikre bekkene, se kap. 6.6.

I profil C4 er de 10 øverste meterne «middels fast» til «fast» leire. Det er basert på boring 2023_8, -9, og NGI7_3 /14/ antatt SBM-forekomst ved skråningsfot der terrenget flater ut. Profilet er jf. kriteriene i /6/ ikke utsatt for områdeskredfare. I retning fylkesveien (profil C3) er skråningen liten og SBM dyptgående, skråningen er ikke utsatt for områdeskredfare.

6.3 Nannestadmåsan

Området ved Nannestadmåsan (navn jf. faresonenavn, se Figur 5-1) er vurdert i liten detalj da Norconsult allerede har utført en områdestabilitetsvurdering for området /16/-/17/. Ett tverrsnitt (D1) er vurdert mht. skredfare/skråningsstabilitet for bebyggelse i overgangen mellom prosjektområdene. Det ble også utført fordi det var behov for supplerende grunnundersøkelser for en kvalitativ vurdering av skråningsstabiliteten i profil D1. Beregnet sikkerhet i skråningen er relativt god og forekomst av SBM er dyptgående. Det anses ikke nødvendig å iverksette noen sikringstiltak.



Figur 6-3 Innkjørselen til Bahus (profil C1-C4) og sørøstlig del av faresonen Nannestadmåsan (profil D1) (se også Figur 5-1). Det anbefales å erosjonssikre bekker nedstrøms utløp fra overvannsnettet (kap. 6.6), sikring bør være ekstra robust ved utløpene.

6.4 Bahus

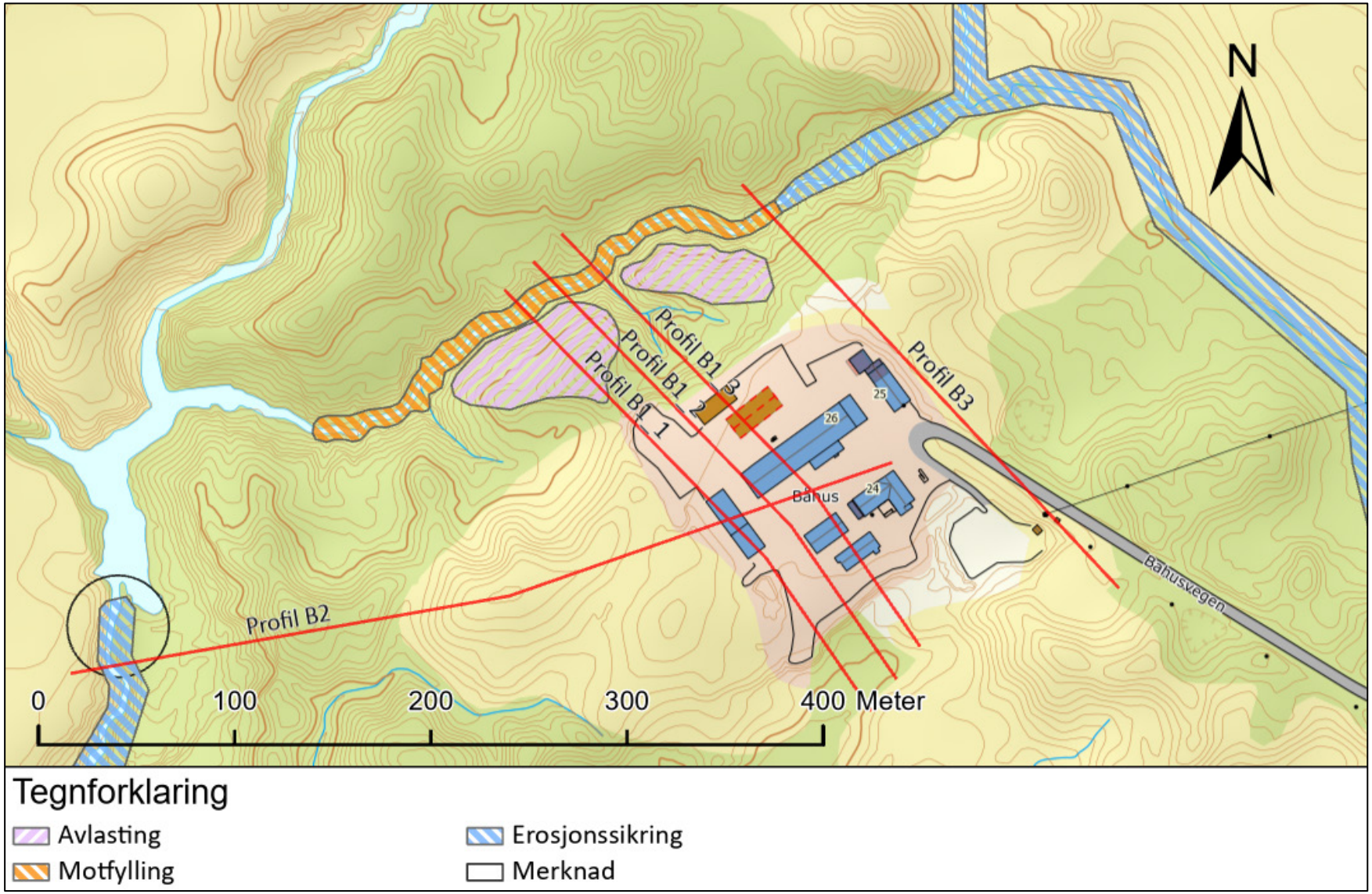
Vurderingene viser at anlegget på Bahus ligger i et potensielt løsneområde som går i nord/-nordvestlig retning jf. kriteriene i 1/2019, kap. 4 /6/. Beregninger viser at det er tilfredsstillende sikkerhet i den ene skråningen nord på anlegget, ved den avlastede fyllingen (profil B3, tegning 038-039). Beregnet stabilitet er lav for kollen nordvest for anlegget (profil B1_1– B1_3, tegning 032-035), og tilstanden for kollen mellom profil B1_3 og B3, nord for anlegget, er trolig tilsvarende. For å sikre skråningene foreslås:

- motfylling langs skråningsfot (som samtidig virker som erosjonssikring), og/eller
- avlasting av skråningstopp

Oppdemmingen av bekken 2012

Beregningene for skråningen ved dammen vest for Bahus (tegning 016-017) viser at skredet i 2012 sannsynlig ble utløst ved et udrenert brudd. Skråningen hadde i utgangspunktet svært liten beregningsmessig sikkerhet, og det anses som trolig at den utløsende faktoren var undergraving i skråningsfot (reduksjon av stabiliserende krefter). Lagdelingen og ev. utbredelse av SBM i skråningen både før/etter skredet er ukjent. Det er mulig at det er relativt store SBM-forekomster i skråningen, men at skredutviklingen i 2012 ble begrenset pga. topografien (oppstuving pga. skråningen overfor, samt slak helning på opprinnelig bekkedrag). For dagens tilstand, jf. kriteriene i 1/2019 /6/ vil et eventuelt retrogressivt skred utløst der ikke strekke seg tilbake til anlegget på Bahus. Det anses derfor ikke å være strengt nødvendig å gjøre noen topografiske sikringstiltak der.

Det oppdemte vannet har en dybde på ca. 2.5 meter, og et «dambrudd» med hurtig nedtapping vil medføre en liten reduksjon av skråningsstabilitet i tilstøtende skråninger (se neste kapittel). Selv om et ev. løsneområde ikke omfatter anlegget på Bahus jf. kriteriene i /6/, kan det derfor være en idé å enten erosjonssikre dammens utløp eller kontrollert senke terskelen og tappe dammen.



Figur 6-4 Foreslåtte sikringstiltak ved Bahus og oppstrøms/nedstrøms i Skjennumbekken.

6.5 Skjennumbekken vest

Oppstrøms bekkelukking

Basert på nåværende datagrunnlag kan man ikke utelukke at et potensielt løsneområde reelt strekker seg til gårdene nord for- eller sørøst for bekkelukkingen. Det er utført beregninger for to profiler vest i Skjennumbekken, ifm. bekkelukkingen mot Leira (tegning 043-046). Beregningene viser at det mest ugunstige lasttilfellet som kan inntreffe i dalbunnen er en situasjon med langvarig (flere dager) oppdemming til nivået på traktorvei (terskel), etterfulgt av hurtig nedtapping (< 1 dag), se tegning 044-046 (profil E2). Foreslåtte sikringstiltak er:

- gjenåpning av bekken for å unngå ugunstig lastsituasjon, og
- midlertidig forbud mot flatehogst for å hindre eventuell erosjon og grunne skred som kan løse ut større skred.

Det er naturlig å åpne den rørlagte bekken enten langs historisk løp/bekkedrag (nord), eller langs dagens rørlagte parti (sør). Det foreslås et midlertidig forbud mot flatehogst i overkant av Skjennumbekken i retning bebyggelsen ved Nordre Vestby, inntil bekken er åpnet. Plukkhogst anses ikke som problematisk.

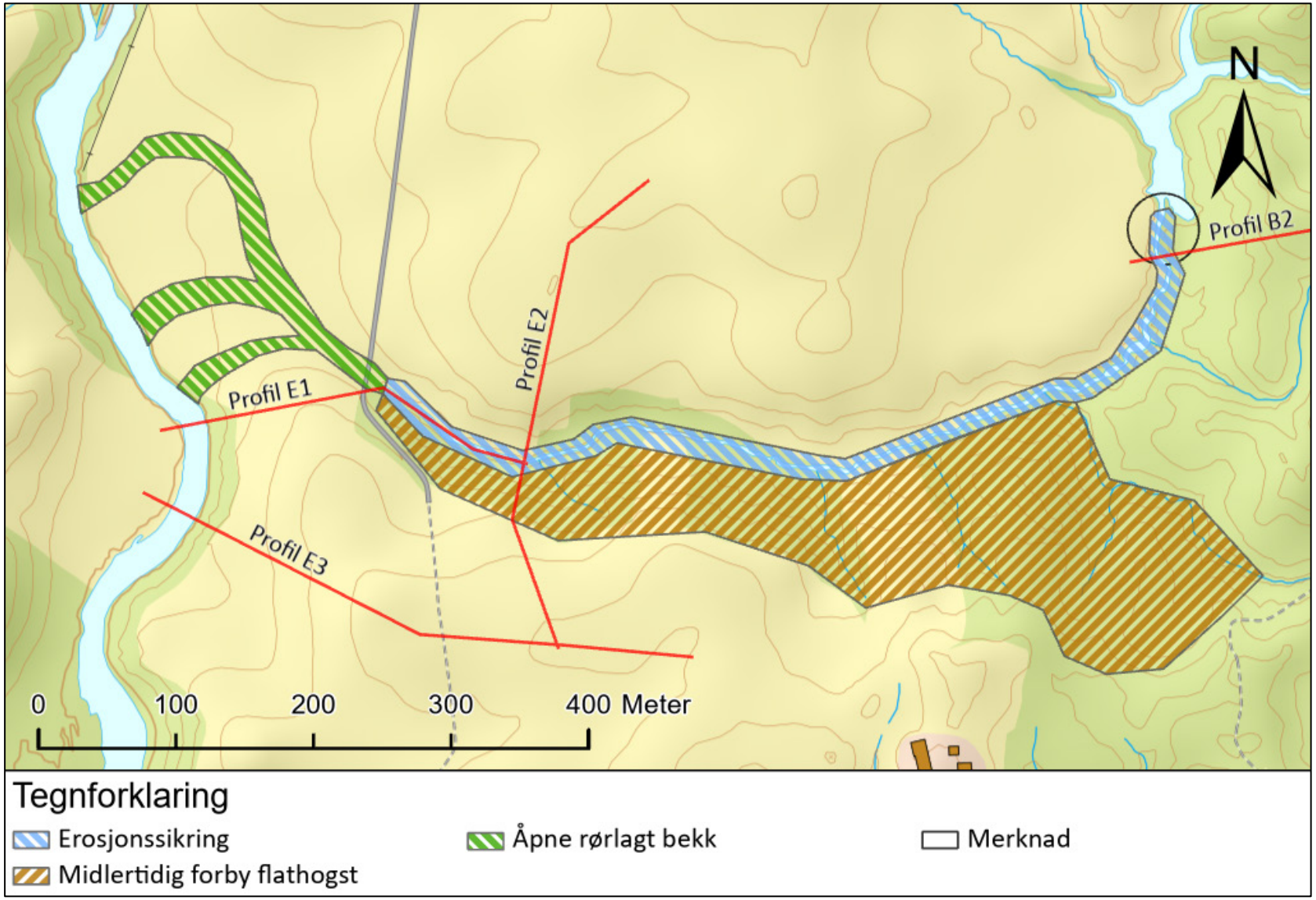
Nedstrøms bekkelukking

Beregninger viser at mulige ugunstige lastsituasjoner som følge av bekkelukkingen ikke vil være problematisk nedstrøms innløpet (tegning 043, profil E1). Ellers viser anslag at skråningen ned mot Leira har nær naturlig «rasvinkel». Datagrunnlag er imidlertid ikke tilstrekkelig for å bedømme skredfare og ev. utbredelse av løsneområde langs Leira presist. Trykksonderingen ved 2023_16 indikerer at SBM ev. ligger dypt og at styrken av leira er relativt høy.

6.6 Generell sikring av bekkedrag

6.6.1 Bakgrunn

Det er i denne rapporten fokusert på de mest utsatte områdene mht. topografi og nærhet til tett bebyggelse/kritisk infrastruktur (kartlagt i risikoanalysen i 20210599-02-R /2/). Det er så foreslått stabiliserende sikringstiltak lokalt for disse områdene (kap. 6.1-6.5). Hva angår situasjonen for resterende deler av bekkedragene, så har avrenningstoppene økt med noen titalls-faktor /19/ i bekkene som følge av tetting av flater og fortrengning av myr (som opprinnelig virket som naturlig fordrøyningsmagasin). Samtidig er det generelt mangelfull kjennskap til utbredelse av SBM nært bekkenivå, og det bør forsiktig tas utgangspunkt i at det kan ligge grunt (ref. 5.3.1, andre avsnitt). NGI anbefaler følgelig at det utføres avbøtende tiltak også for resterende strekninger langs Skjennumbekken og Vestbybekken.



Figur 6-5 Foreslåtte sikringstiltak, vestlig del av Skjennumbekken.

6.6.2 Tiltak for bekkedrag

Foreslåtte avbøtende tiltak er **1) å redusere flomtopper** ved:

- Å etablere fordrøyningsmagasin oppstrøms i nedbørsfeltet.
- Ifm. utbygging, kreve at utbygger konstruerer fordrøyningsmagasiner som veier opp for reduksjon i naturlig fordrøyning.
- Forhindre videre forringelse av eksisterende fordrøyningskapasitet (myrene).
- Hindre at nedbørsfeltet blir større (overvann utenfra ledes inn i nedbørsfeltet).

Og **2) erosjonssikre** ved f.eks.:

- bunnheving av bekk (ved utlegging av grove fraksjoner og/eller arrondering av stedegne masser (avlastede masser)). Dette bedrer også skråningsstabilitet, men er et større inngrep mht. naturverdier.
- Etablering av terskler som reduserer vannhastigheten og hever erosjonsbasisen lokalt (tiltaket krever lokal erosjonssikring).
- vha. f.eks. «naturbaserte løsninger». Noen eksempler finnes bl.a. på nettsiden LaRiMiT (NGI, 2022).
- I sikringshåndboken av NVE oppgis ytterligere sikringsmetoder.
- Man kan gjerne kombinere flere sikringsløsninger.
- Det anbefales også generelt å bevare vegetasjon og skog langs bekkedragene.

Merknad: Det bør legges ekstra vekt på erosjonssikring lokalt ved utløpene av overvannsnettet, og nedstrøms bekkelukkinger/stikkrenner.

Jamfør resonnementet i kap. 6.5 bør man **3) sikre bekkelukkinger** enten ved å:

- åpne rørlagte partier av bekkene, eller
- sikre tilstrekkelig dimensjonering på kulverter mht. ekstreme nedbørshendelser.

Aspekter som må vurderes ved åpning av rørlagte partier er A) skråningsstabilitet, B) utforming av bekk mht. videre erosjon, C) eventuelle miljøhensyn, samt D) utforming mht. til effektivt landbruksareal. Tilkomst for traktor over bekken kan opprettholdes ved f.eks. å etablere partier hvor bekken har bredt tverrsnitt og grove masser.

6.6.3 Hensyn

Sikringstiltakene må planlegges helhetlig for bekkedraget/nedbørsfeltet, og ikke bare lokalt, slik at man unngår at man forskyver erosjonsproblematikk nedstrøms.

Inngrep i vassdragene må godkjennes av aktuelle vassdragsmyndigheter før iverksettelse (f.eks. NVE, statsforvalteren, etc., angitt i lovdata). Jamfør NVEs veileder /6/ *«skal det tungtveiende grunner til for å gjøre inngrep i raviner»* da naturtypen er truet (link naturtype-rødliste og link status-raviner) og forutsetningene/rammevilkår som vil gjelde for sikringstiltakene (vannressursloven mm.) bør derfor tidlig avklares med aktuelle vassdragsmyndigheter før detaljering av planer.

Tiltak må detaljprosjekteres av ansvarlig RIG (rådgivende ingeniør geoteknikk) før iverksettelse.

7 Volumanslag, sikringstiltak

Tabell 7-1 Volumanslag på anbefalte avlastinger og motfyllinger. Sikringstiltaket utført ved Bahus er inkludert som referanse /15/.

Sted	Sikringstiltak	Omtrentlig gj.sn. Tverrsnitt [m^2]	Volum masser [m^3]
Bahus, avlasting av fylling (etter 2015), nordøst	Avlasting	110	Ca. 3000-3500
Bahus, kolle 1, Profil B1	Avlasting	40	Ca. 3000-3500
Bahus, kolle 2	Avlasting	30	Ca. 1500-2000
Bahus, Skjennumbekken	Motfylling	7	Ca. 2000-2500
Vestbybekken, nordøst for utfylling/arrondering 2013	Avlasting	19.5	Ca. 4000
Vestbybekken, sørvest for utfylling/arrondering 2013	Avlasting	35, generelt mindre	Ca. 2500-3000
Vestbybekken	Motfylling	25-32.5	Ca. 10-11 000

Stedlige masser (tørrskorpeleire mm. fra avlastinger) kan benyttes i motfyllinger/-bekkehevinger i kombinasjon med tilførte grove drenerende masser. Det reduserer behovet for deponi, samt reduserer behovet for tilkjørte fyllmasser.

8 Vurdering av konsekvens og risiko

Det er ifm. med vurderingene utført en oppdatering av konsekvens- og risiko-analysen gitt i NGI rapport 20210599-02-R /2/. Risiko defineres her som «sannsynlighet x konsekvens», og det er i denne rapporten satt relative tall på sannsynlighet og konsekvens for å gjøre en semikvantitativ risikovurdering. Tallfestingen av sannsynlighet og konsekvens er basert på kriteriene presentert i hhv. Tabell 8-1 og Tabell 8-2, og beregningene er oppgitt per delområde i Tabell 8-3.

Resultatene fra Tabell 8-3 presenteres i risikomatriser for hvert område, i Tabell 8-4 til Tabell 8-10. Fargekoden i risikomatrisen representerer graden av relativ risiko, hvor grønn, gul og rød farge henholdsvis representerer det som anses som lav-, middels- og høy risiko i relativ skala. For områder med ufullstendig datagrunnlag oppgis «sannsynlighets-verdien» i parentes. Disse verdiene er forsiktig antatt og vil kunne være

lavere. Risikomatrisen er relativ og ment for å vurdere hvilke områder som bør prioriteres og er ikke relevant for å illustrere effekt av tiltak.

Merk at dette ikke er en fullstendig risikovurdering, men en enkel prosedyre for å kunne vurdere områder opp mot hverandre mht. risiko for kvikkleireskred, samt for prioritering av sikringstiltak. Merk også at dette er en prosedyre laget for dette prosjektet og at det således ikke finnes noe referanselitteratur på dette.

Tabell 8-1 Vurdering av sannsynlighet. Vannhastigheter er hentet fra hydrologiske analyser (/2/, kap. 2.4), hvor høyeste hastighet i underkant av aktuelle skråninger er valgt. For øvrig er erosjons-potensiale ikke utelukkende korrelert vannhastighet (forklaring i /2/, kap. 2.2).

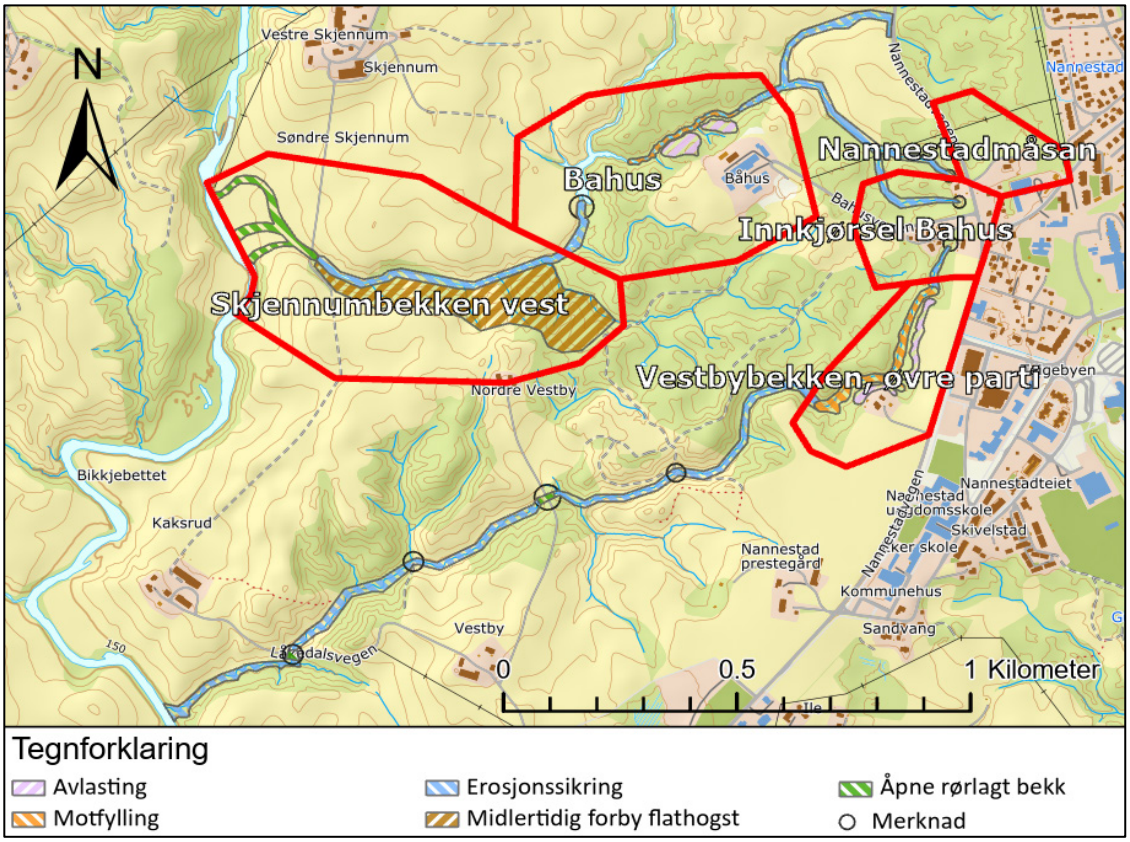
Sannsynlighet	Liten 1p	Middels 2p	Stor 3p
Beregnet sikkerhetsfaktor	$F_{cu} \geq 1.25$ og $F_{c,\phi} \geq 1.2$	$F_{cu} \leq 1.25$ og $F_{c,\phi} \leq 1.2$	$F_{cu} \leq 1.1$ og $F_{c,\phi} \leq 1.1$
Andel SBM (b/D-forhold jf. /6/)	≤20%	≥20%	≥40%
Skråningshøyde	<5 m	5-15 m	>15 m
Vannhastighet i nærliggende bekk	Lav vannhastighet (0.0-0.5 m/s)	Middels vannhastighet (0.5-1.5 m/s)	Høy vannhastighet (>1.5m/s)

Tabell 8-2 Vurdering av konsekvens.

Konsekvens	Ingen 0p	Liten 1p	Middels 2p	Stor 3p
Kritisk infrastruktur	Ingen kritisk infrastruktur	Vei eller sted med lite person-opphold.	Ett enkelt bygg med samfunnsviktig formål eller sted med middels personopphold.	To eller flere bygg med samfunnsviktige formål eller sted hvor mange oppholder seg.
Antall boenheter	Ingen boenheter	1-4 boenheter	5-12 boenheter	>12 boenheter

Tabell 8-3 Tallverdier for sannsynlighet og konsekvens for hvert av områdene.

Område	Sannsynlighet	Konsekvens
Vestbybekken, øvre parti (Fra innkjørsel Bahus til profil A2)	3+2+2+1 = **8**	1+1 = **2**
Vestbybekken, nedre parti (Nedstrøms Eker, profil A1 og videre nedstrøms).	Antatt 2+3+3+3 = **(11)** Mangelfullt datagrunnlag for kategori 1-2	1+1 = **2**
Innkjørsel Bahus	1+1+2+2 = **6**	1+2 = **3**
Nannestadmåsan (Sør mot sentrum)	1+1+2+1 = **5**	1+2 = **3**
Bahus	3+3+3+2 = **11**	3+0 = **3**
Skjennumbekken vest	3+2+3+2 = **(10)** Begrenset datagrunnlag for kategori 1-2	0+1 = **1**
Skjennumbekken, øvrige deler	2+2+2+3 = **(9)** Mangelfullt datagrunnlag for kategori 1-2	1+1 = **2**



Figur 8-1 Oppdeling av arealene som vurderes i risikomatrisene. Foreslåtte sikringstiltak er også markert i figuren.

8.1 Risikomatriser

Tabell 8-4 Risikomatrise for område «Bahus». Matrisen illustrerer sammenheng mellom konsekvens og sannsynlighet.

Sannsynlighet	Høy **10-12**		**X**	
	Middels **7-9**			
	Lav **4-6**			
		Lav **0-2**	Medium **3-4**	Høy **5-6**
	Konsekvens			

Tabell 8-5 Risikomatrise for område «Innkjørsel Bahus».

Sannsynlighet	Høy **10-12**			
	Middels **7-9**			
	Lav **4-6**		**X**	
		Lav **0-2**	Medium **3-4**	Høy **5-6**
	Konsekvens			

Tabell 8-6 Risikomatrise for område «Skjennumbekken vest».

Sannsynlighet	Høy **10-12**	**(X)**		
	Middels **7-9**			
	Lav **4-6**			
		Lav **0-2**	Medium **3-4**	Høy **5-6**
	Konsekvens			

Tabell 8-7 Risikomatrise for område «Skjennumbekken, øvrige deler».

Sannsynlighet	Høy **10-12**			
	Middels **7-9**	**(X)**		
	Lav **4-6**			
		Lav **0-2**	Medium **3-4**	Høy **5-6**
	Konsekvens			

Tabell 8-8 Risikomatrise for område «Nannestadmåsan».

Sannsynlighet	Høy **10-12**			
	Middels **7-9**			
	Lav **4-6**		**X**	
		Lav **0-2**	Medium **3-4**	Høy **5-6**
	Konsekvens			

Tabell 8-9 Risikomatrise for område «Vestbybekken, øvre parti».

Sannsynlighet	Høy **10-12**			
	Middels **7-9**	**X**		
	Lav **4-6**			
		Lav **0-2**	Medium **3-4**	Høy **5-6**
	Konsekvens			

Tabell 8-10 Risikomatrise for område «Vestbybekken, nedre parti».

Sannsynlighet	Høy **10-12**	**(X)**		
	Middels **7-9**			
	Lav **4-6**			
		Lav **0-2**	Medium **3-4**	Høy **5-6**
	Konsekvens			

8.2 Oppsummering risikovurderinger

Risikoen forteller hovedsakelig hvilke arealer som bør prioriteres og viktigheten av sikringsarbeidene. NGI anbefaler sikringstiltak for mesteparten av de vurderte delområdene.

Områder med begrenset datagrunnlag vil typisk score høyt på sannsynlighet. Mer kunnskap om grunnforhold vil kunne medføre at scoren blir lavere og dermed at risikoen er lavere.

Delområder

Ved **«Bahus»** anses risikoen som **høy** som følge av beregnet lav stabilitet i skråningene mot nord, utbredelse av sprøbruddmateriale som kan medføre retrogressiv skred-utvikling, samt viktige samfunnsfunksjoner på anlegget. Det anbefales å utbedre skråningsstabiliteten nord for anlegget og erosjonssikre strekningen.

Ved **«innkjørselen til Bahus»** er risikoen **lav**. Det er relativt god skråningsstabilitet og SBM er dyptgående på platået. Imidlertid er modellert vannhastighet høy i bekkene nord for- og sør for boligfeltet /2/ og det anbefales at man erosjonssikrer disse.

«Skjennumbekken vest» scorer høyt på sannsynlighet og **(middels)** på risiko. Basert på nåværende datagrunnlag kan man ikke utelukke at et potensielt løsneområde reelt strekker seg til gårdene nord for- eller sør for bekkelukkingen og bekkelukkingen bør derfor sikres og flatehogst midlertidig forbys (kap. 6.6.2).

«Øvrige partier av Skjennumbekken» ender med **(lav)** risiko. Avstand til bebyggelse og kritisk infrastruktur, samt topografien er generelt bedre enn andre undersøkte arealer, men grunnforholdene er ikke vurdert i detalj (mangelfullt datagrunnlag). Utglidninger langs storparten av bekken vil trolig ikke være skredfarlig, men grunnforholdene kan variere lokalt og vannhastigheten er lokalt høy, og det anbefales derfor å erosjonssikre bekken.

Sør på **«Nannestadmåsan»,** mot Nannestad sentrum er risikoen **lav** som følge av en god skråningsstabilitet og at forekomster av SBM er dyptgående. Det anses ikke nødvendig å iverksette noen sikringstiltak.

«Vestbybekken, øvre parti» ender med middels sannsynlighet og **lav** risiko. Kartlagt sprøbruddmateriale ligger for det meste dypt, men på grunn av en lav beregnet skråningsstabilitet anbefales det å utbedre skråningsstabiliteten og erosjonssikre partiet.

Risikoen klassifiseres som **(middels)** for **«Vestbybekken, nedre parti»**. Det skyldes at arealet er stort og dermed tilstøter flere boenheter og veier, samt at mangelfullt data-grunnlag gir en høy score på sannsynligheten. Sammenlignet med «øvrige partier av Skjennumbekken» er topografien mer ugunstig. Det anbefales at man erosjonssikrer vassdraget og sikrer bekkelukkingene (kap. 6.6.2).

9 Konklusjon

NGI har utført en geoteknisk vurdering av områdeskredfare for vestlige deler av Teigebyen (Nannestad sentrum), og ravinelandskapet på/rundt Bahus (hvor kommunens drift- og beredskapssenter er lokalisert). Rapporten omfatter:

- Forenklede- og mer detaljerte løsmasseprofiler for vurdering av ev. løsnedistanser jf. kriteriene i NVEs 1/2019 /6/.
- Parametertolking for stabilitetsberegninger.
- Stabilitetsberegninger for flere av løsmasseprofilene, både for dagens situasjon samt noen lastsituasjoner/sikringstiltak for utvalgte profiler.
- Forklaring til beregningsresultatene og anbefalinger til stabiliserende sikringstiltak.
- Risikovurdering som forteller om hvilke arealer som bør prioriteres og viktigheten av sikringsarbeidene.

9.1 Anbefalinger om sikringstiltak

Basert på resultatene gis det noen anbefalinger for å sikre bebyggelse og kritisk infrastruktur nær ravinedalene.

Lokalt utbedre skråningsstabilitet

Ved skråninger med lav beregnet sikkerhet og kartlagte løsnedistanser som strekker seg bakover mot bebygget areal eller kritisk infrastruktur anbefales det å:

1) legge ut motfylling ved skråningsfot, og
2) jevne ut skråning og avlaste skråningstopp.

Dette gjelder skråningene nord for anlegget på Bahus (Figur 6-4), samt øvre parti av Vestbybekken (Figur 6-2).

Avbøtende tiltak mot erosjon

Den utløsende årsaken til at NGI ble engasjert, og den underliggende problemstillingen gjennom hele vurderingsarbeidet, er den økte vannføringen i bekkene Skjennumbekken og Vestbybekken. Dagens nivå på vannføring medfører videre erosjon og over tid forventes det nye utglidninger i ravinene. Utglidninger langs storparten av Skjennumbekken vil trolig ikke utgjøre noen områdeskredfare pga. topografi, men grunnforholdene kan variere lokalt* og det anbefales generelt å utføre avbøtende tiltak. Topografien er mer ugunstig langs Vestbybekken, samtidig som kunnskapen om grunnforholdene der er dårligere. Det bør derfor også utføres avbøtende tiltak der.

* Kjennskapen til utbredelse av sprøbruddmateriale (SBM) rundt bekkenivå langs bekkene er mangelfull på grunn av vanskeligheter med tilkomst for borerigg, og det bør forsiktig tas utgangspunkt i at SBM kan ligge grunt (ref. 5.3.1).

Avbøtende tiltak vil i første omgang være å redusere avrenningstopper, som er den underliggende årsaken til dagens erosjonsproblematikk, herunder:

- Bygge fordrøyningsmagasin.
- Ved nyutbygging kreve at utbygger kompenserer for tapt naturlig fordrøyning, eksempelvis ved installasjon av fordrøyningsmagasin.
- Forhindre videre forringelse av eksisterende fordrøyningskapasitet (myrene).
- Hindre at nedbørsfeltet blir større (overvann utenfra ledes inn i nedbørsfeltet).

Neste kategori med avbøtende tiltak er erosjonssikring i bekkedragene. Dette kan eksempelvis gjøres ved:

- bunnheving av bekk (ved utlegging av grove fraksjoner og/eller arrondering av stedegne masser (avlastede masser)). Dette bedrer også skråningsstabilitet, men er et større inngrep mht. naturverdier.
- Etablering av terskler som reduserer vannhastigheten og hever erosjonsbasisen lokalt (tiltaket krever lokal erosjonssikring)
- vha. f.eks. «naturbaserte løsninger». Noen eksempler finnes bl.a. på nettsiden LaRiMiT (NGI, 2022).
- I sikringshåndboken av NVE oppgis ytterligere sikringsmetoder.
- Man kan kombinere flere sikringsløsninger.
- Det anbefales også generelt å bevare vegetasjon og skog langs bekkedragene.

Merknad: Det bør legges ekstra vekt på erosjonssikring lokalt ved utløpene av overvannsnettet, og ved bekkelukkinger/stikkrenner.

Sikre bekkelukkinger

Den siste kategorien med sikringstiltak er å forebygge den ugunstige lastsituasjonen som oppstår når vann over lengre tid demmer opp et område, som så etterfølges av en hurtig nedtapping. For de aktuelle bekkelukkingene oppnås det ved å:

- øke kapasiteten på rør/kulverter, eller
- åpne bekkene

Ved økning av kapasitet må man også ta høyde for drivgods som tetter løp og reduserer kapasiteten.

9.2 Hensyn

Ethvert inngrep i vassdragene vil nødvendigvis kunne medføre endringer nedstrøms i vassdraget, og vassdragene bør derfor vurderes helhetlig.

Inngrep i vassdrag må godkjennes av aktuelle vassdragsmyndigheter før de iverksettes (f.eks. NVE, statsforvalteren, etc., angitt i lovdata). Det anbefales derfor at man tidlig avklarer forutsetningene/rammevilkårene som vil gjelde for sikringstiltakene (vannressursloven mm.) med vassdragsmyndighetene før man går i gang med detaljering av planer. Tiltak må detaljprosjekteres av RIG før iverksettelse.

9.3 Andre kommentarer

Selv om det i denne rapporten er fokusert på områdeskred initiert av erosjon, så informeres det om at de fleste områdeskred som er utløst i moderne tid skyldes menneskelige inngrep, og da spesielt terrenginngrep (ref. kap. 3.6 /20/).

De fleste dype grunnundersøkelsene utført ved Teigebyen viser indikasjon på- eller har påvist forekomster av sprøbruddmateriale, hvor overgang til lag med sprøbrudd-materiale hovedsakelig opptrer ved dybder større enn 5-10 meter. Det er derfor viktig at geoteknisk fagkyndige vurderer tiltak før de iverksettes. Det gjelder både terrenginngrep så vel som utbygginger.

10 Referanser

/1/ Norges geotekniske institutt (NGI) (2021) *Forprosjekt: Geoteknisk og hydrologisk vurdering*. NGI rapport 20210599-01-R, dato: (05.11.2021).

/2/ NGI (2022) Hydraulisk modellering og innledende risikovurdering for kvikkleireskred i Nannestad. NGI rapport 20210599-02-R, dato: (17.11.2022).

/3/ NGI (2023) *Geoteknisk datarapport, Teigebyen vest og Bahus, Nannestad*. NGI rapport 20210599-03-R, dato: (19.06.2023). **(Rapportprefiks = 2023)**

/4/ Kommunal og distriktsdepartementet (KDD) (2009) *Lov om planlegging og byggesaksbehandling* (plan- og bygningsloven) (pbl). LOV-2008-06-27-71, sist endret dato: (01.07.2023). Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/lov/2008-06-27-71.

/5/ KDD (2017) *Forskrift om tekniske krav til byggverk* (Byggteknisk forskrift) (TEK17). FOR-2017-06-19-840, sist endret dato: (01.07.2023). Ikrafttredelse fra (01.07.2017). Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/forskrift/2017-06-19-840.

/6/ Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) (2020) Sikkerhet mot kvikkleireskred: Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. NVE veileder nr. 1/2019, dato: (12.2020). Tilgjengelig fra: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019_01.pdf.

/7/ NVE (2020) *Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred: metodebeskrivelse*. NVE Ekstern rapport nr. 9/2020, rev. 04, dato: (27.11.2020). Tilgjengelig fra: https://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2020/eksternrapport2020_09.pdf.

/8/ Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) (2017) *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Sist endret dato: (17.02.23). Tilgjengelig fra: https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/.

/9/ Standard Norge (SN) (2016). *Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016. Tilgjengelig fra: https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1452978.

/10/ SN (2020). *Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler*. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020. Tilgjengelig fra: https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1307734.

/11/ Norges geologiske undersøkelse (NGU) (1976) *Kvartærgeologisk kart: Gardermoen: M 1:20 000. QR 051052-20*. Tilgjengelig fra: https://www.ngu.no/FileArchive/197/GardermoenK20.pdf.

/12/ Standard Norge AS (SN) (2017) Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser: Laboratorieprøving av jord: Del 6: Konusprøving. NS-EN ISO 17892-6:2017.

/13/ NVE, Statens vegvesen (SVV), Jernbaneverket (JBV), NGI (2015) Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge: Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire. NVE rapport nr. 23/2013, oppdrag NIFS (Naturfare – Infrastruktur – Flom – Skred). Tilgjengelig fra: https://publikasjoner.nve.no/rapport/2013/rapport2013_21.pdf.

/14/ NGI (2017) *Datarapport grunnundersøkelser Prestmosvegen, Nannestad*. NGI rapport 20170534-01-R, dato: (14.08.2017). **(Rapportprefiks = NGI7)**

/15/ Løvlien Georåd AS (2015) Fylling Bahus. Løvlien notat 14400 RIG01, dato: (09.02.2015). **(Rapportprefiks = L3)**

/16/ Norconsult AS (2019*) B18 Felt, Nannestad kommune: Geotekniske grunnundersøkelser, datarapport*. Norconsult rapport 039.19X-01, dato: (13.11.2019). **(Rapportprefiks = NC6)**

/17/ Norconsult AS (2020) *B18 Felt, Nannestad kommune: Vurdering av områdestabilitet etter NVE-veileder 7/2014*. Norconsult rapport 5197683-RIG-R01, versjon J01, dato: (02.07.2020). **(Rapportprefiks = NC7)**

/18/ Norconsult (2021) *Hydrologisk vurdering i forbindelse med områderegulering*. Norconsult dokument 5152479-04, nr. D01, dato: (19.09.2017). **(Rapportprefiks = NC4)**

/19/ Norconsult (2021) *Sammenligning av flomsituasjon i Bjørkåsen-Preståsen området før og etter*. Norconsult dokument 5208633, nr. 1, dato: (22.01.2021). **(Rapportprefiks = NC9)**

/20/ Gjerdrumutvalget (2022) *På trygg grunn: Bedre håndtering av kvikkleirerisiko.* Red.: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon (DSS). Norges Offentlige Utredninger (NOU) 2022 nr. 3, dato: (28.03.2022). Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2022-3/id2905694/.

Geotekniske feltundersøkelser
Tegnforklaring plan- og profiltegninger

Plantegninger

Symbol	Metode	Symbol	Metode
○	Enkel sondering	▽	Trykksondering (CPTU)
●	Dreiesondering	⊖	Poretrykksmåling
◓	Dreietrykksondering	■	Setningsmåling
▼	Ramsondering	⊟	Helningsmåling
✡	Fjellkontrollboring	⊗	In situ permeabilitetsmåling
⊕	Totalsondering	◎	Prøveserie
+	Vingeboring	□	Prøvegrop

Nivåer og dybder (m)

$118 ✡ \frac{12,8}{-5,7} 18,5+3,0$

Foran symbol:	Punkt nr. (118)
Over linjen:	Kote terreng (12,8) eller elvebunn, sjøbunn ved boring i vann
Ut for linjen:	Boret dybde i løsmasser (18,5) + boret dybde i fjell (+3,0).
Under linjen:	Kote antatt fjell (-5, 7). Antas at fjell ikke er påtruffet angis ~.

Profiltegninger

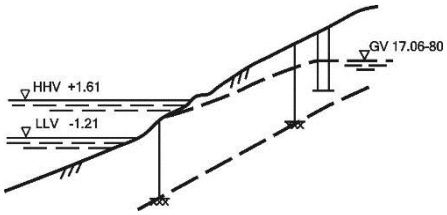
Konturlinjer

Terreng

Berg

Vannstand

Grunnvannsspeil



Forboring

Forboret

Forboret med grovere utstyr

Avslutning av boring

Boring avsluttet (årsak ikke angitt)

Antatt stein, blokk eller fast grunn

Antatt berg

Boret i berg

FORKLARINGER:

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

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

L = X meter - Utstrekning, teoretisk løsneområde, aktuell mekanisme

L = X meter - Utstrekning, teoretisk løsneområde, mindre aktuell mekanisme

HENVISNINGER:

Tegning 002-004	- Detaljkart, plantegning
Tegning 005-025	- Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Plantegningen viser boringer og utstrekning av teoretisk løsneområde "L" tolket fra løsmasseprofilene. Grunnet mangelfull datagrunnlag er det ikke mulig å angi noen konkrete løsneområder her. Det er skissert en løsnedistanse tilsvarende som i tegning 025, men denne anses som upålitelig og er ment illustrerende.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument	27.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R

Plantegning, detaljkart: Oversikt over beregningsprofiler og borpunkter

Status

Original format: A3.1

Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599-NUTOGRAFIT\Rapport områdestabilitet\Plantegning\beregningsprofiler plantegning.dwg

Målestokk: 1:2500

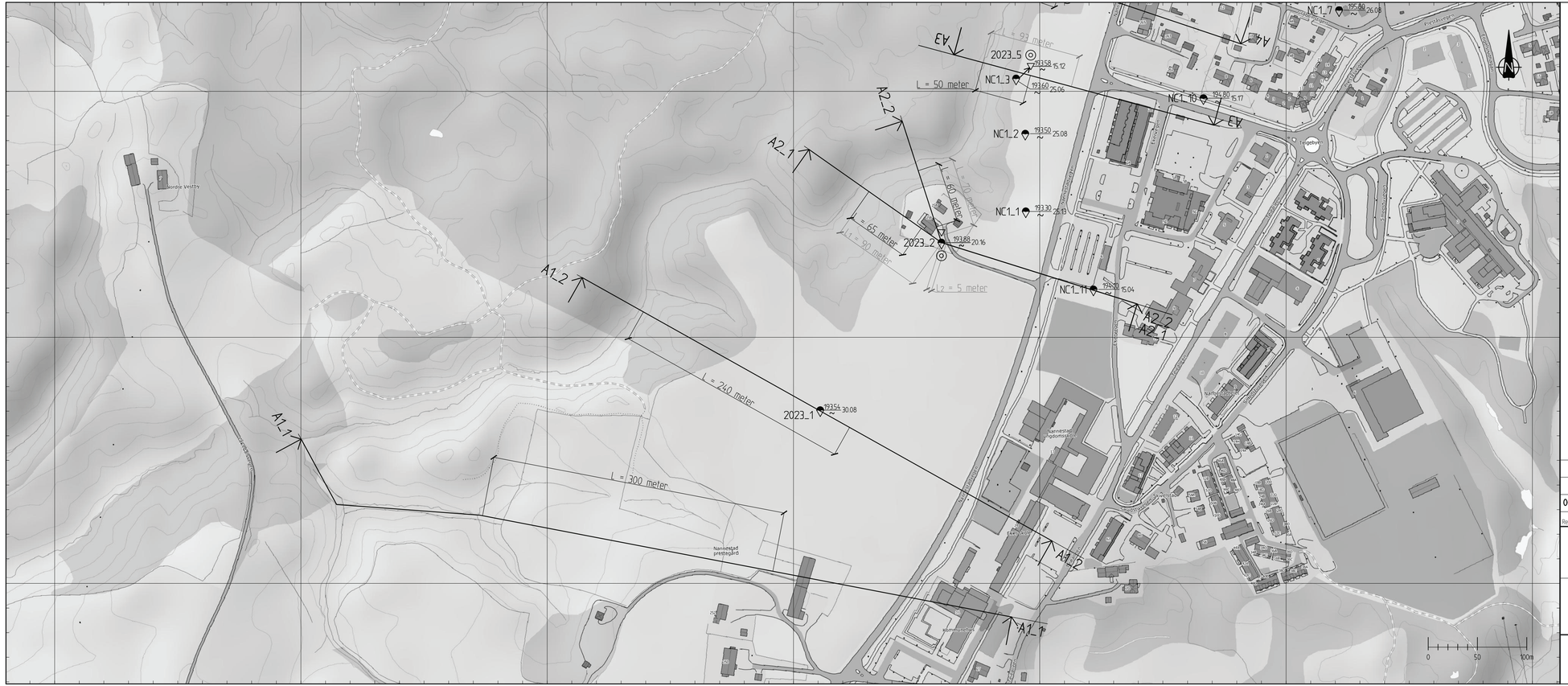
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
27.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	004	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra hoydedata.no.



Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.

FORKLARINGER:

- ● Dreiesondering
- ○ Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- Fjellkontrollboring
- Dreietrykksondering
- Totalsondering
- Prøveserie
- Prøvegrop
- Vingeboring
- Poretrykksmåling
- Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

L = X meter - Utstrekning, teoretisk løsneområde, aktuell mekanisme

L = X meter - Utstrekning, teoretisk løsneområde, mindre aktuell mekanisme

HENVISNINGER:

Tegning 002-004	- Detaljkart, plantegning
Tegning 005-025	- Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Plantegningen viser boringer og utstrekning av teoretisk løsneområde "L" tolket fra løsmasseprofilene. I enkelte tilfeller er to mulige skredmekanismer vurdert, - de mindre aktuelle mekanismene er tegnet i lysere farge.

OBS: Boringer hentet fra NADAG-prosjektet "Områdestabilitet Nannestad"-5152479 (referert til som NC1 i denne rapporten) er feilformatert:
Boringene er dreietrykksonderinger og ikke totalsonderinger (symboler er fikset i plantegning).

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument	27.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Plantegning, detaljkart: Oversikt over beregningsprofiler og borpunkter

Status
Original format: A3.1
Tegningens filnavn: G:\gsarkiv\20210599-NUTISKRIFT\Rapport om områdestabilitet\Plantegning\Beregningsprofiler plantegning.dwg
MÅLestokk: 1:2500

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
27.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	002	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

FORKLARINGER:

● Dreiesondering	✡ Fjellkontrollboring	◎ Prøveserie	⊖ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering	Dreietrykksondering	□ Prøvegrop	Fjell i dagen
▽ Trykksondering	Totalsondering	+ Vingeboring	

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

L = X meter - Utstrekning, teoretisk løsneområde, aktuell mekanisme

L = X meter - Utstrekning, teoretisk løsneområde, mindre aktuell mekanisme

HENVISNINGER:

Tegning 002-004	- Detaljkart, plantegning
Tegning 005-025	- Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Plantegningen viser boringer og utstrekning av teoretisk løsneområde "L" tolket fra løsmasseprofilene. I enkelte tilfeller er to mulige skredmekanismer vurdert, - de mindre aktuelle mekanismene er tegnet i lysere farge.

OBS: Boringer hentet fra NADAG-prosjektet "Områdestabilitet Nannestad"-5152479 (referert til som NC1 i denne rapporten) er feilformatert:
Boringene er dreietrykksonderinger og ikke totalsonderinger (symboler er fikset i plantegning).

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument	27.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

Status:
Original format: A3.1
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFRIT\Rapport områdestabilitet\Plantegning\Beregningsprofiler plantegning.dwg

20210599-04-R
Plantegning, detaljkart: Oversikt over beregningsprofiler og borpunkter

Målestokk: 1:2500

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
27.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	003	00

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra hoydedata.no.

FORKLARINGER:

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

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

L = X meter - Utstrekning, teoretisk løsneområde, aktuell mekanisme

L = X meter - Utstrekning, teoretisk løsneområde, mindre aktuell mekanisme

HENVISNINGER:

Tegning 002-004	- Detaljkart, plantegning
Tegning 005-025	- Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Plantegningen viser boringer og utstrekning av teoretisk løsneområde "L" tolket fra løsmasseprofilene. Grunnet mangelfull datagrunnlag er det ikke mulig å angi noen konkrete løsneområder her. Det er skissert en løsnedistanse tilsvarende som i tegning 025, men denne anses som høyst upålitelig og er mer ment illustrerende.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument	27.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R

Plantegning, detaljkart: Oversikt over beregningsprofiler og borpunkter

Status

Original format: A3.1

Tegningens filnavn: G:\gcarHV\20210599-NUTOGRAFIT\Rapport områdestabilitet\Plantegning\beregningsprofiler plantegning.dwg

Målestokk: 1:2500

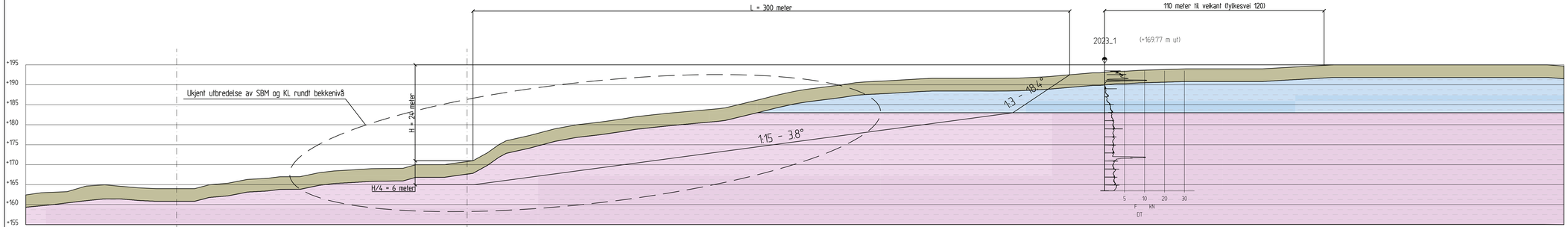
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
27.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	004	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra hoydedata.no.



Profil A1_1-A1_1

HM 1 : 400 LM 1 : 800

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, sprøbruddmateriale inkl. kvikkleire
- Leire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	- Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsen presentert i dette profilet, sett i sammenheng med andre nærliggende borpunkt. Løsmasseprofilet har enkelte forenklinger og det er gjort antagelser der grunnundersøkelsesdata mangler.

OBS: På grunn av at det presenterte profilet strekker seg over et langt strekke er det benyttet en horisontal skala lik 2 ganger den vertikale skalaen, dvs. X-Y er ikke 1:1.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	27.06.2023	HSk/SSD	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599-AUTSENT\BET\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling Profil A1_1.dwg

20210599-04-R

Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

Profil A1_1L

Målestokk: 1:400

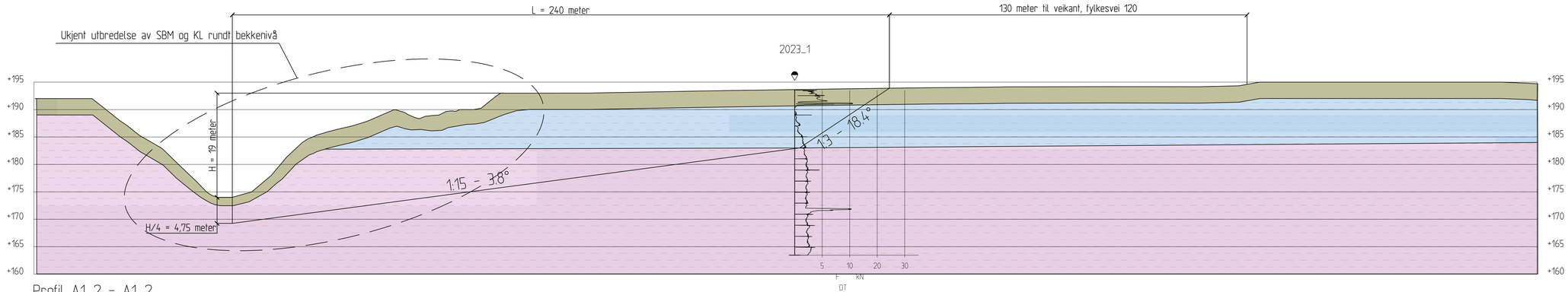
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegner	Kontrollert	Godkjent
27.06.2023	HSk/SSD	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	005	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-ent (2020) er hentet fra høydedata.no.



Profil A1_2 - A1_2

HM 1 : 300 LM 1 : 600

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, sprøbruddmateriale inkl. kvikkleire
- Leire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsen presentert i dette profilet, sett i sammenheng med andre nærliggende borpunkt. Løsmasseprofilet har enkelte forenklinger og det er gjort antagelser der grunnundersøkelsesdata mangler.

OBS: På grunn av at det presenterte profilet strekker seg over et langt strekke er det benyttet en horisontal skala lik 2 ganger den vertikale skalaen, dvs. X-Y er ikke 1:1

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	27.06.2023	HSk/SGD	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599-AUTOSIGNAL\B01-Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil A1_2.dwg

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med
tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil A1_2L

Målestokk: 1:300

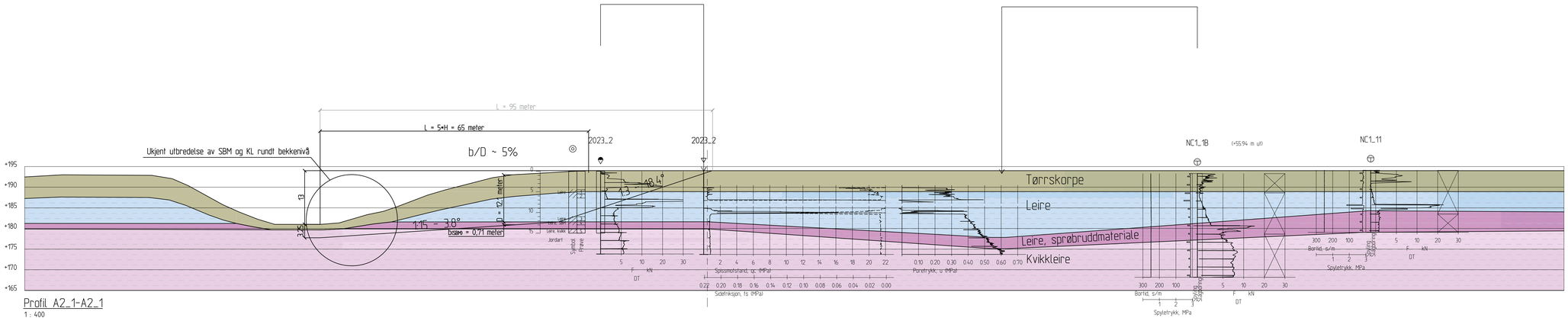
NGI
Sognsveien 72 • PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
27.06.2023	HSk/SGD	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	006	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no



Profil A2_1-A2_1

1 : 400

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Leire
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsen presentert i dette profilet. Løsmasseprofilet har enkelte forenklinger (på forsiktig side) og det er gjort antagelser der grunnundersøkelsesdata mangler.

Spesielt for dette profilet er det ikke tatt hensyn til sandlag og fyllmasser. For boring i 2023_2 påtrafi hhv. DRT og CPTU faste lag med 1-1.5 meters vertikal forskjell, med en avstand på ca 2.5 meter i luftlinje. Det innbærer at sandlaget trolig har vesentlig helning og en eventuell oppregning vil innbære stort usikkerhet.

Det er informert om at deler av kollen er utvidet og planert med fyllmasser, i tillegg til at det er fyllt ut masser ved deler av skråningsfoten rundt kollen.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	28.06.2023	HSk/SGD	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599-AUTØRIAFIBE\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil A2_1.dwg

20210599-04-R

Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

Profil A2_1.

Målestokk: 1400

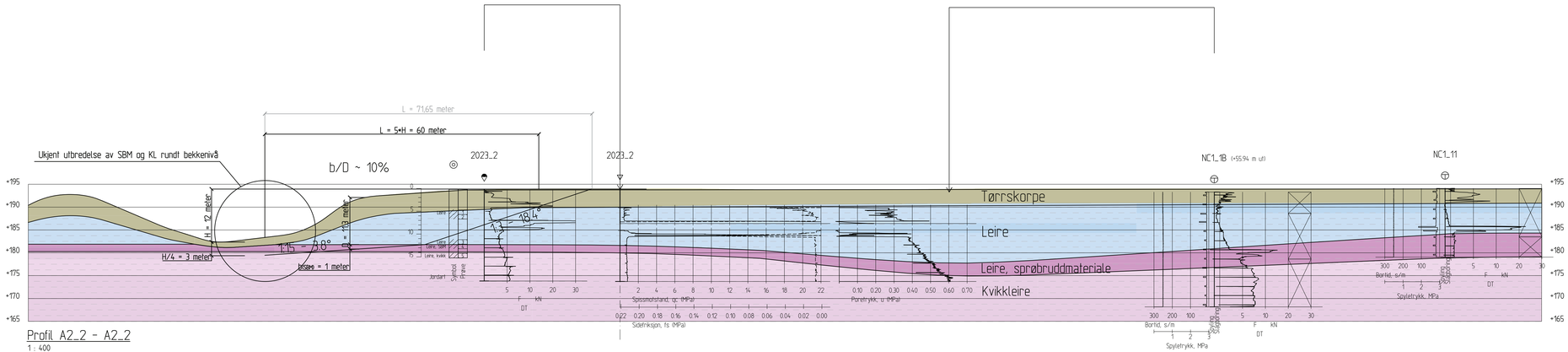
NGI

Sognsveien 72 • PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Kontr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
28.06.2023	HSk/SGD	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	007	00

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedataene.



Profil A2_2 - A2_2
1 : 400

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Leire
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	- Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsen presentert i dette profilet. Løsmasseprofilet har enkelte forenkninger (på forsiktig side) og det er gjort antagelser der grunnundersøkelsesdata mangler:

Spesielt for dette profilet er det ikke tatt hensyn til sandlag og fyllmasser. For boring i 2023_2 påtraft hhv. DRT og CPTU faste lag med 1-1,5 meters vertikal forskjell, med en avstand på ca 2,5 meter i luftlinje. Det innbærer at sandlaget trolig har vesentlig helning og en eventuell oppfegning vil innbære stort usikkerhet.

Det er informert om at deler av kollen er utvidet og planert med fyllmasser, i tillegg til at det er fyllt uf masser ved deler av skråningsfoten rundt kollen.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	28.06.2023	HSk/SGD	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599-AUTOSIGNAT\BIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil A2_2.dwg

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med
tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil A2_2L

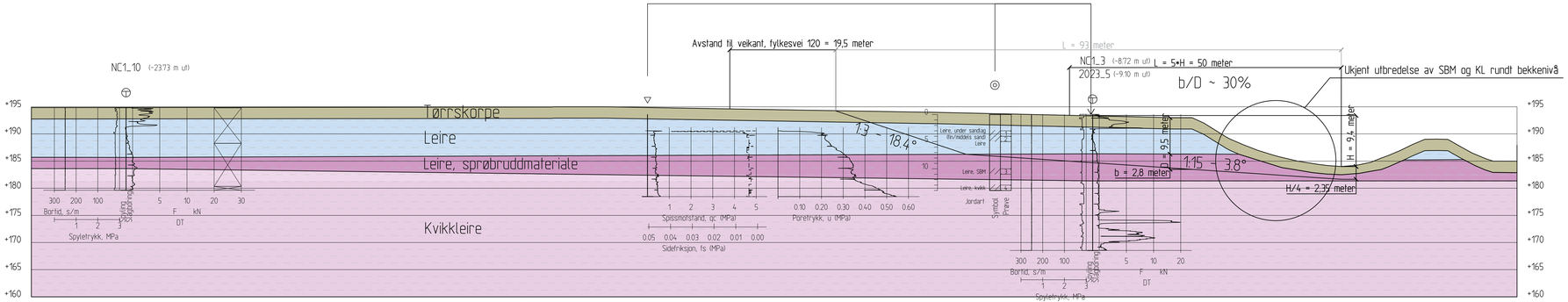
Målestokk: 1400

NGI
Sognsveien 72 • PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegner	Kontrollert	Godkjent
28.06.2023	HSk/SGD	BGK	HSk
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
20210599	008		00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedataforum.



Profil A3-A3

1 : 300

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Leire
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	- Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Løsmasseprofilet har enkelte forenkninger (på forsiktig side) og det er gjort antagelser der grunnundersøkelsesdata mangler.

OBS: Boringer hentet fra NADAG er feilformatert, NC1_3 og NC1_10 er feilaktig formatert som totalsonderinger, men er egentlig dreietrykksonderinger. Hjelpemidler er ikke benyttet.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	29.06.2023	HSk/SGD	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil A3L

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarch\20200599_AUSTGRAVEIER\Stabilitetsanalyser og tagdeling\Lagdeling\Profil A3.dwg

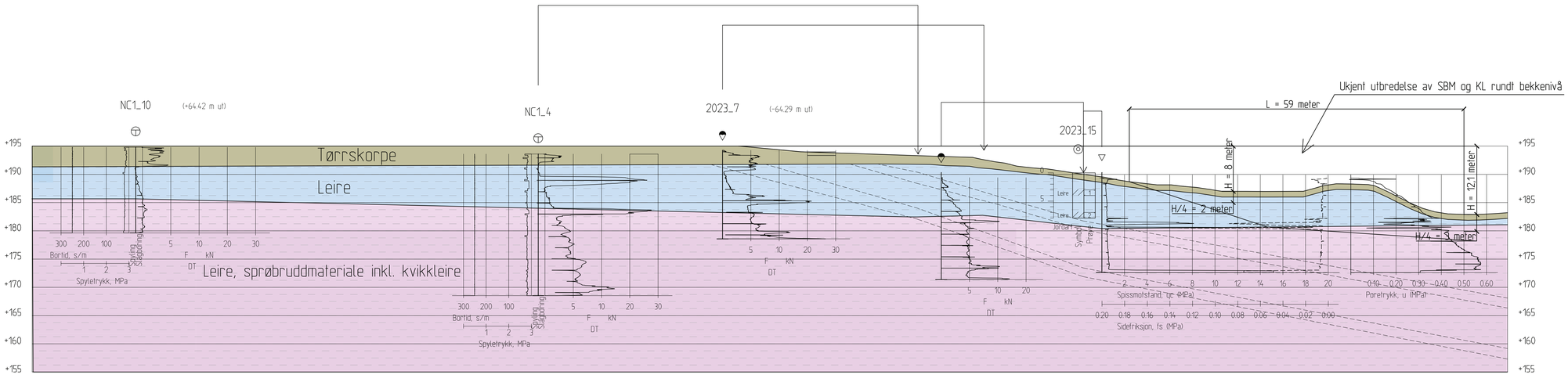
Målestokk: 1:300

NGI
Sognsveien 72 • PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
29.06.2023	HSk/SGD	BGK	HSk
Oppdragsnr. 20210599	Tegningsnr. 009		Rev. 00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedataforum.



Profil A4-A4

1 : 300

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, sprøbruddmateriale inkludert kvikkleire
- Leire
- Skissert mulig utbredelse av sandlag

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Løsmasse-profilet har enkelte forenklinger. Sandlag hensyntas ikke i vurderingene da det er forbundet stor usikkerhet til geometrien. Mulig fordeling er skissert.

OBS: Boringer hentet fra NADAG er feilformatert, NC1_4 og NC1_10 er feilaktig formatert som totalsonderinger, men er egentlig dreietrykksonderinger. Hjelpemidler er ikke benyttet.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	29.06.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarch\-20210599-AUTOSIGN\AUTOSIGN\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil A-A.dwg

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med
tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil A4L

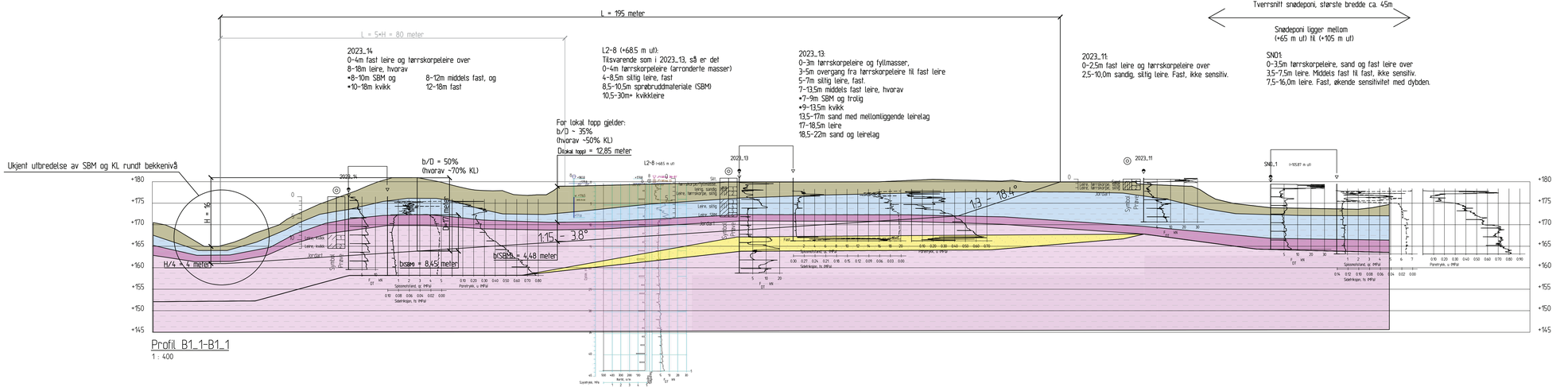
Målestokk: 1300

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegner	Kontrollert	Godkjent
29.06.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
20210599	010		00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedataforum.



Profil B1_1-B1_1

1 : 400

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Sand
- Leire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Løsmasseprofilet har enkelte forenklinger.

Resulterende b/D-forhold varierer i nærliggende profiler. Det er derfor tegnet opp løsnedistanse "L" for både retrogressiv skredmekanisme og rotasjonsskred. Ettersom b/D lokalt er mer enn 40% anses retrogressiv skredmekanisme å være aktuell skredmekanisme, dvs. L = 195 meter. Imidlertid er b/D lokalt under 40% som tilsier rotasjonsskred, og løsnedistansen på 195 meter er således å anse som forsiktig.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	21.07.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med
tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil B1_1L

Original format: A3 B
Tegningens filnavn: G:\geoarch\20210599-AUTOCAD\41 B01-Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling Profil B1_1L.dwg

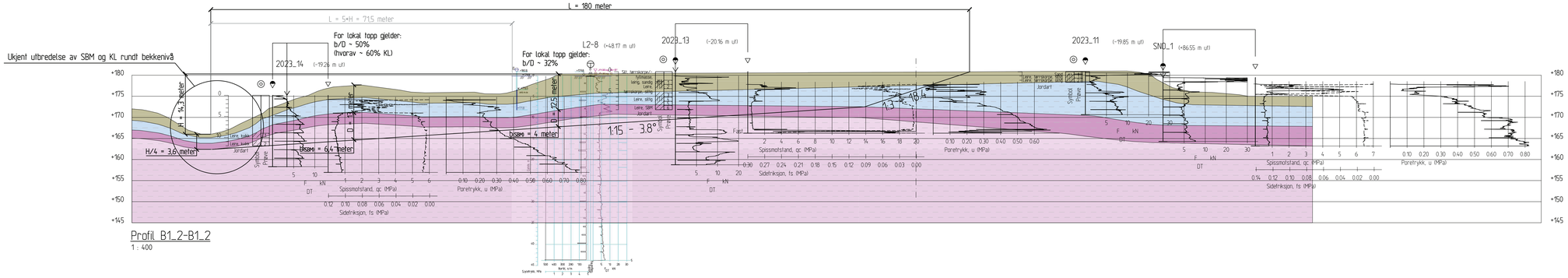
Målestokk: 1400

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Opprtegnr.	Dato	Kontr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
20210599	21.07.2023	HSk	BGK	HSk
	Tegningsnr.			Rev.
	011			00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) for det opprinnelige terrenget (2020) er hentet fra høydedataene.



Profil B1_2-B1_2

1 : 400

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Sand
- Leire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	- Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmassesprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Løsmasse-profilet har enkelte forenklinger.

Resulterende b/D-forhold varierer i nærliggende profiler. Det er derfor tegnet opp løsnedistanse "L" for både retrogressiv skredmekanisme og rotasjonsskred. Ettersom b/D lokalt er mer enn 40% anses retrogressiv skredmekanisme å være aktuell skredmekanisme, dvs. L = 180 meter. Imidlertid er b/D lokalt under 40% som tilsier rotasjonsskred, og løsnedistansen på 180 meter er således å anse som forsiktig.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	20.07.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

Original format: A3 S

Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599-AUTSØKAR\B01-Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil B1_2.dwg

20210599-04-R
Løsmassesprofil, tolket lagdeling med
tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil B1_2L

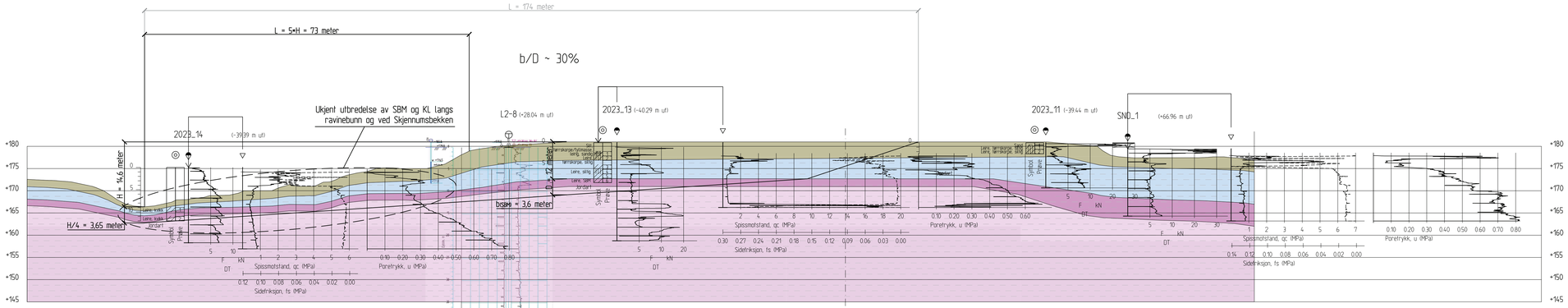
Målestokk: 1400

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
20.07.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr. 20210599	Tegningsnr. 012		Rev. 00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) for det opprinnelige terrenget (2020) er hentet fra høydedataforo.



Profil B1_3-B1_3
1 : 400

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Sand
- Leire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Løsmasseprofilet har enkelte forenklinger.

Resulterende b/D-forhold varierer i nærliggende profiler. Det er derfor tegnet opp løsnedistanse "L" for både retrogressiv skredmekanisme og rotasjonsskred. Ettersom b/D<40% anses rotasjonsskred å være aktuell skredmekanisme, dvs. L = 73 meter.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	21.07.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarch\20210599-AUTOSIGNAL\B01 Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil B1_3.dwg

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil B1_3L

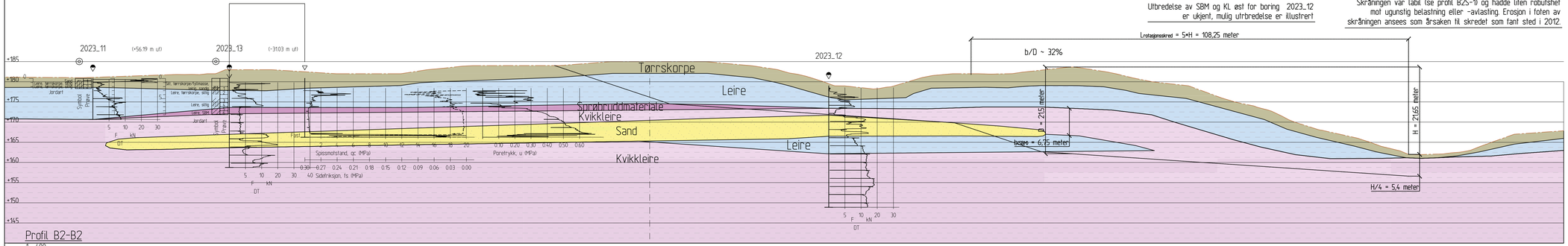
Målestokk: 1400

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Kontr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
21.07.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr. 20210599	Tegningsnr. 013		Rev. 00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) for det opprinnelige terrenget (2020) er hentet fra høydedataene.



Profil B2-B2

1 : 400

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) for det opprinnelige terrenget (2020) er hentet fra høydedataviz.

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Sand
- Leire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Kvikkleire
- Tidligere terrengoverflate (DTM 2010), før skred

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Tegningen viser skråningen vest for Bahusanlegget i 2010. Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Profilet har enkelte forenklinger og det er gjort antagelser der grunnundersøkelsesdata mangler.

Under opptegning av profilet er det gjort en avveining mellom:

1) Realistisk lagdeling basert på geologisk historie og tolkede grunnundersøkelser, og
2) Ugunstig lagdeling mht. opptegning av løsneområde jf. kriterier i NVEs 1/2019.

I bakkant av borpunktet (øst for) 2023_12 er den opptegnede lagdelingen mer påliteleig.

Resulterende b/D-forhold må anses som omtrentlig. Kriteriene jf. NVEs 1/2019 for den skisserte lagdelingen ikke rotasjonsskred. Den tilhørende løsnesonen opptegnes så med en løsnedistanse på 5*H, som tilsvarer omtrent 45 meter bak skredarret.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	20.07.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

Original format: A3 B

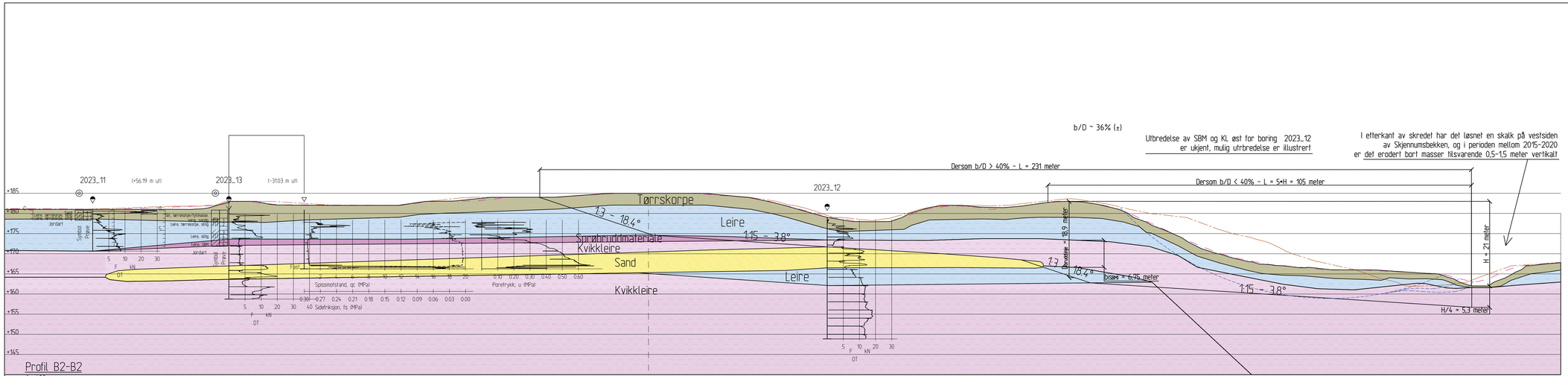
Tegningens filnavn: G:\geoarch\20210599\AUTOSIGN\B02\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling Profil B2.dwg

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med
tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil B2L-1

Målestokk: 1400

NGI
Sognsveien 72 • PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegner	Kontrollert	Godkjent
20.07.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
20210599	014		00



Profil B2-B2

1 : 400

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Sand
- Leire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Kvikkleire
- Skissert bruddflate
- Tidligere terrengoverflate (DTM 2010), før skred
- Tidligere terrengoverflate (DTM 2015), etter skred

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Tegningen viser skråningen vest for Bahusanlegget i 2020. Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Profilet har enkelte forenklinger og det er gjort antagelser der grunnundersøkelsesdata mangler.

Under opptegning av profilet er det gjort en avveining mellom:

1) Realistisk lagdeling basert på geologisk historie og tolkede grunnundersøkelser, og

2) Ugunstig lagdeling mht. opptegning av løsneområde jf. kriterier i NVEs 1/2019.

Resulterende b/D-forhold må anses som omtrentlig. Det er derfor tegnet opp løsnedistanse "L" for både retrogressiv skredmekanisme og rotasjonsskred.

I bakkant av borpunktet 2023_12 er den opptegnede lagdelingen mer påitelig.

For å illustrere utvikningen av skredarrel, er terrengoverflaten fra tidligere oppmålinger tegnet:

Digital terrengmodell (DTM) er hentet fra kartverket (høydedatano) datert 2010, 2015 og 2020.

Mulig ny løsmasseforderling er skissert.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	20.07.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarch\20210599\AUTOSIGN\001-Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling Profil B2.dwg

20210599-04-R

Løsmasseprofil, tolket lagdeling med
tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil B2L-2

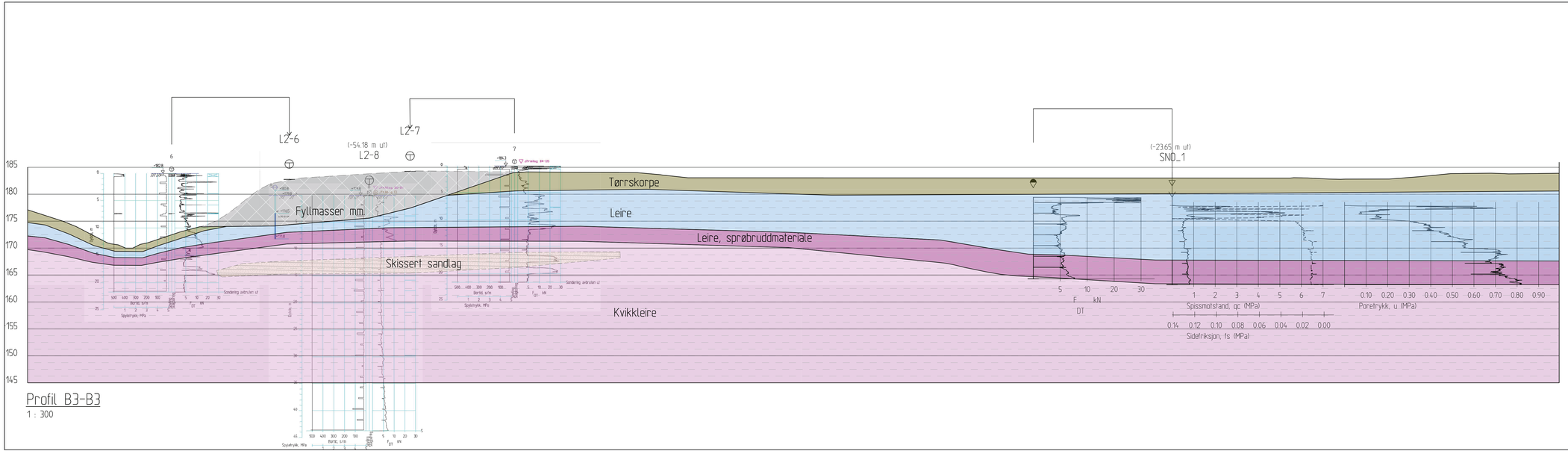
Målestokk: 1400

NGI
Sognsveien 72 • PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegner	Kontrollert	Godkjent
20.07.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
20210599	015		00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) for det opprinnelige terrenget (2020) er hentet fra høydedatano.



Profil B3-B3

1 : 300

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Fylling og arrondente masser (mm.)
- Leire
- Kvikkleire
- Sand (skissert utbredelse)

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Tegningen viser den fyllingen nordøst på Bahus-anlegget i 2015.

Løsmassesprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet, samt 2023_13 og -14. Løsmassesprofilet har enkelte forenklinger. Sandlag hensyntas ikke i vurderingene da det er forbundet stor usikkerhet til geometrien.

Grunnundersøkelser i rapport L2 ble utført i 2014-2015. Fyllingen er i etterfid avlastet mellom ca. 2,5-4,5 meter vertikalt.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	21.07.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med
tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
B3L-1

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarch\-20210599-AUTOSIGN\F-001-Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil B3.dwg

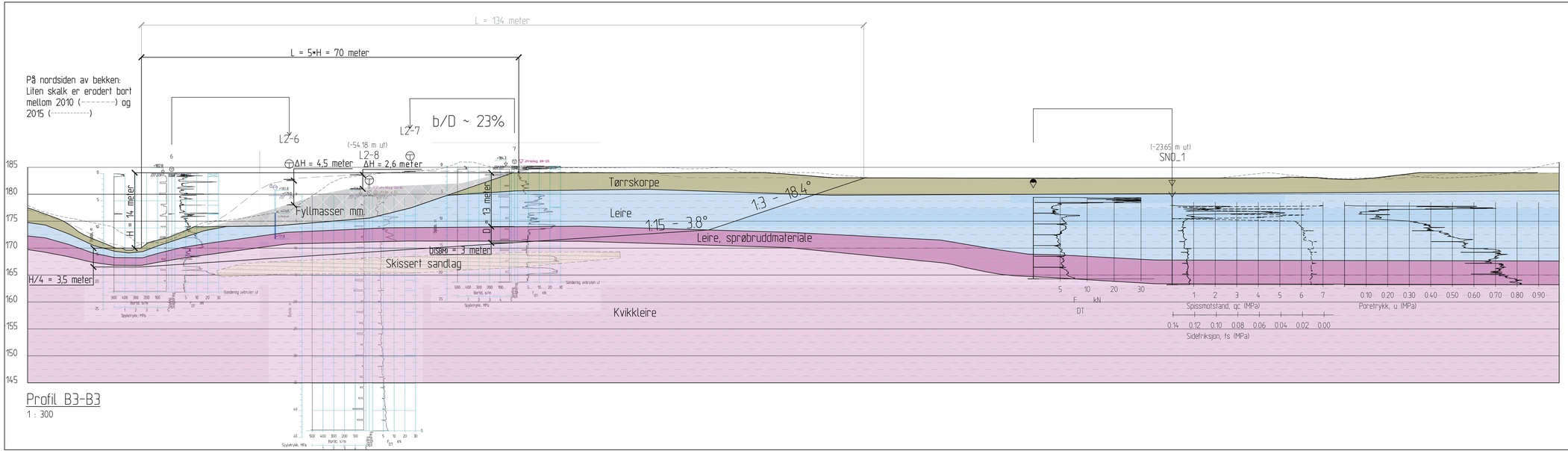
Målestokk: 1:300

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegner	Kontrollert	Godkjent
21.07.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
20210599	016		00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydefarlmz.



Profil B3-B3

1 : 300

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Fylling og arrondente masser (mm.)
- Leire
- Kvikkleire
- Sand (skissert utbredelse)
- Tidligere terrengoverflate (DTM 2010)
- Tidligere terrengoverflate (DTM 2015)

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Tegningen viser fyllingen nordøst på Bahusanlegget etter avlastingen, dvs. dagens situasjon.

Løsmassesprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet, samt 2023_13 og -14. Løsmassesprofilet har enkelte forenklinger. Sandlag hensyntas ikke i vurderingene da det er forbundet stor usikkerhet til geometrien.

Grunnundersøkelser i rapport L2 ble utført i 2014-2015. Fyllingen er i etterfld avlastet mellom ca. 2.5-4.5 meter vertikalt.

Resulterende b/D-forhold er omtrentlig. Det er derfor tegnet opp løsnedistanse "L" for både retorgressiv skredmekanisme og rotasjonsskred. Eftersom b/D<40% anses rotasjonsskred å være aktuell skredmekanisme, dvs. L = 70 meter.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	21.07.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med
tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil B3_-2

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarch\-20210599-AUTOSIGN\AUTOSIGN\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil B3.dwg

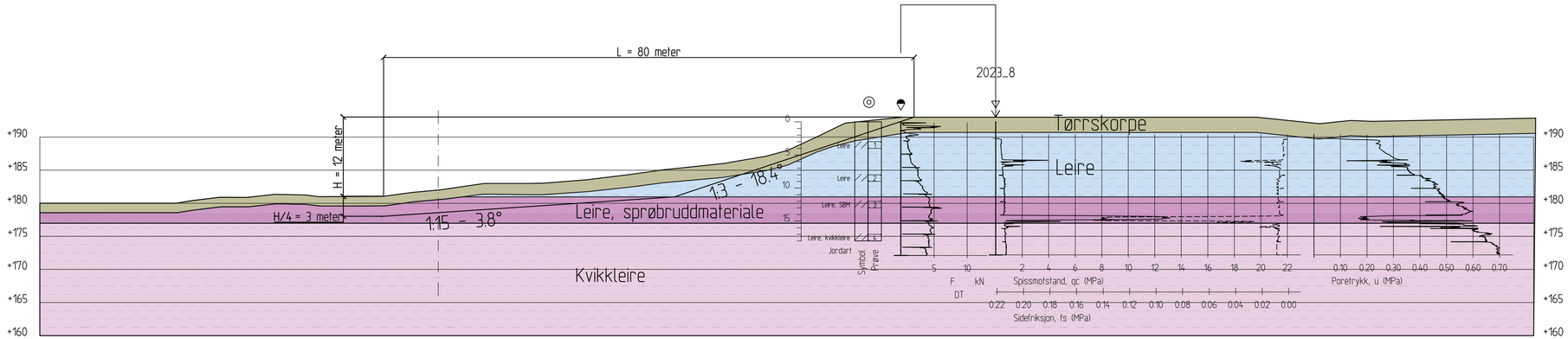
Målestokk: 1300

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Oppdragsnr.	Dato	Kontrollert	Godkjent
20210599	21.07.2023	BGK	HSk
	Tegn./Tegnet: HSk	Tegningsnr: 017	Rev.: 00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydefarlnet.



Profil C1-C1

1 : 400

FORKLARINGER:

- Prøveserie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Leire
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	- Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Løsmasse-profilet har enkelte forenklinger. Sandlag hensyntas ikke i vurderingene da det er forbundet stor usikkerhet til geometrien. Dreietrykk- og trykksonderingene er utført med få meters mellomrom, likevel er det kun mulig å tolke sandlaget i trykksonderingen.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	29.06.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil C1L

Status
Original format: A3.1
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF\RIV\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil C1.dwg
Målestokk: 1:400

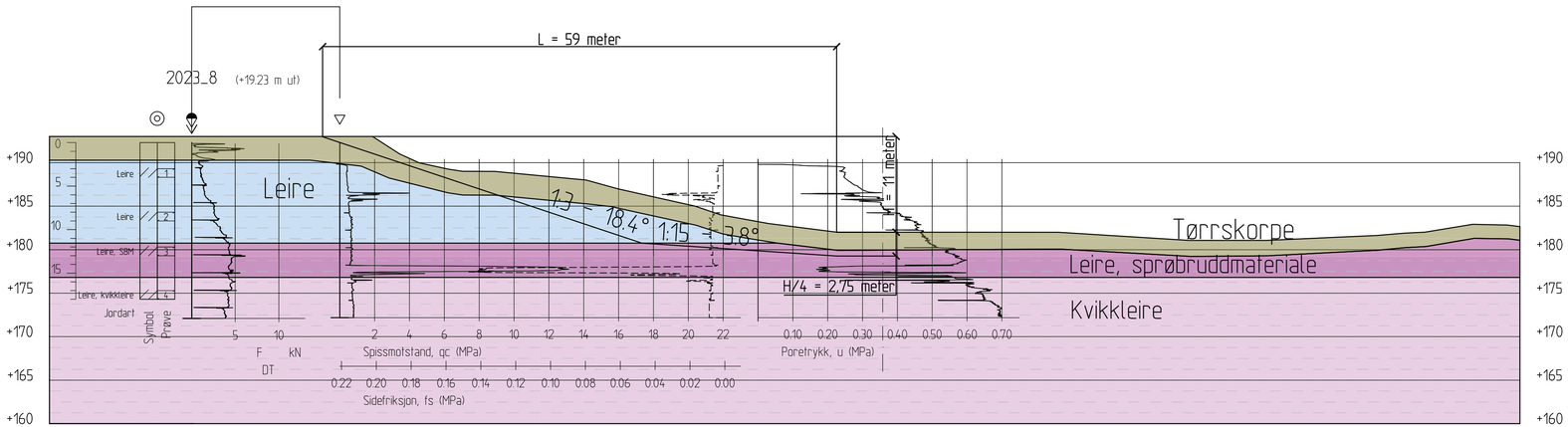
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
29.06.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	018	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.



Profil C2-C2

1 : 300

FORKLARINGER:

- Prøveserie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Leire
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	- Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Løsmasseprofilet har enkelte forenklinger. Sandlag hensyntas ikke i vurderingene da det er forbundet stor usikkerhet til geometrien. Dreietrykk- og trykksonderingene er utført med få meters mellomrom, likevel er det kun mulig å tolke sandlaget i trykksonderingen.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	30.06.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil C2L

Status

Original format: A3.1

Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF\RT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil C2.dwg

Målestokk: 1:300

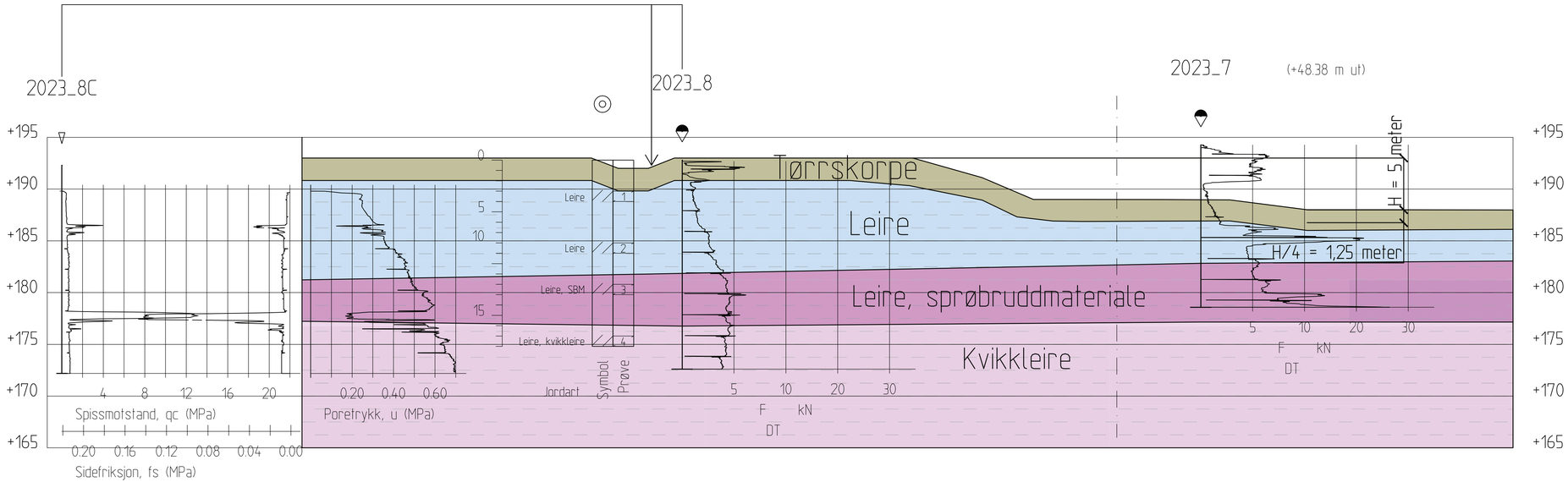
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
30.06.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	019	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.



Profil C3-C3

1 : 250

FORKLARINGER:

- Prøveserie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Leire
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Løsmasse-profilet har enkelte forenklinger. Sandlag hensyntas ikke i vurderingene da det er forbundet stor usikkerhet til geometrien. Dreietrykk- og trykksonderingene i borpunkt 2023_8 er utført med få meters mellomrom, likevel er det kun mulig å tolke sandlaget i trykksonderingen.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	30.06.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil C3L

Status
Original format: A3.1
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF\RT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil C3.dwg
Målestokk: 1:250

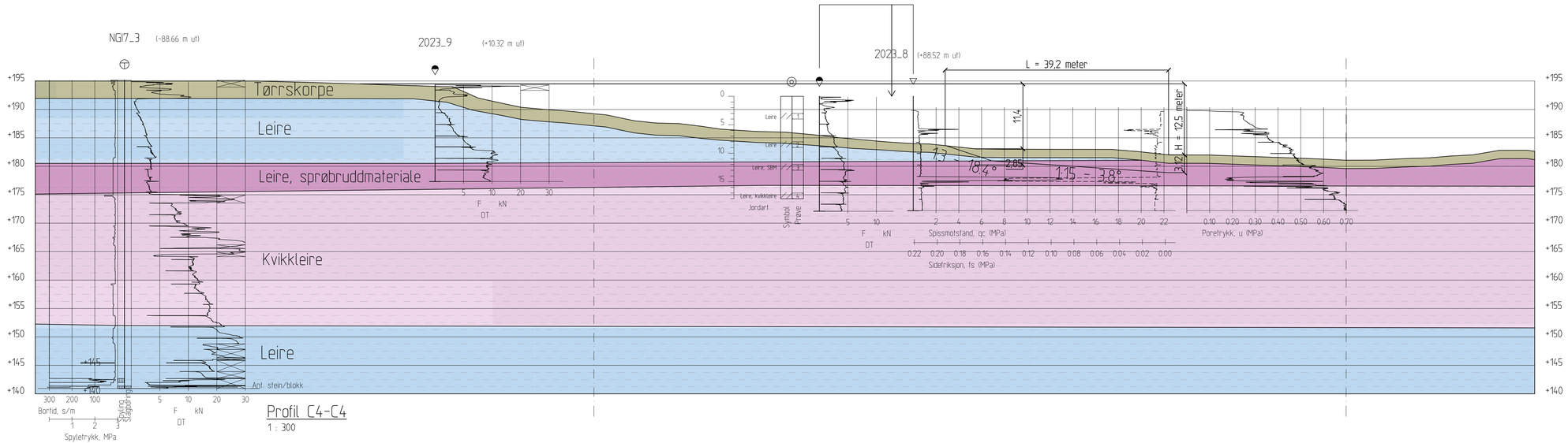
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
30.06.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	020	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.



FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Leire
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet. Løsmasseprofilet har enkelte forenklinger. Sandlag hensyntas ikke i vurderingene da det er forbundet stor usikkerhet til geometrien. Dreietrykk- og trykksondeningene i borpunkt 2023_8 er utført med få meters mellomrom, likevel er det kun mulig å tolke sandlaget i trykksondeningen.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	30.06.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil C4L

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarch\20210599-AUTODRAW\001-Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling Profil C4.dwg

Målestokk: 1:300

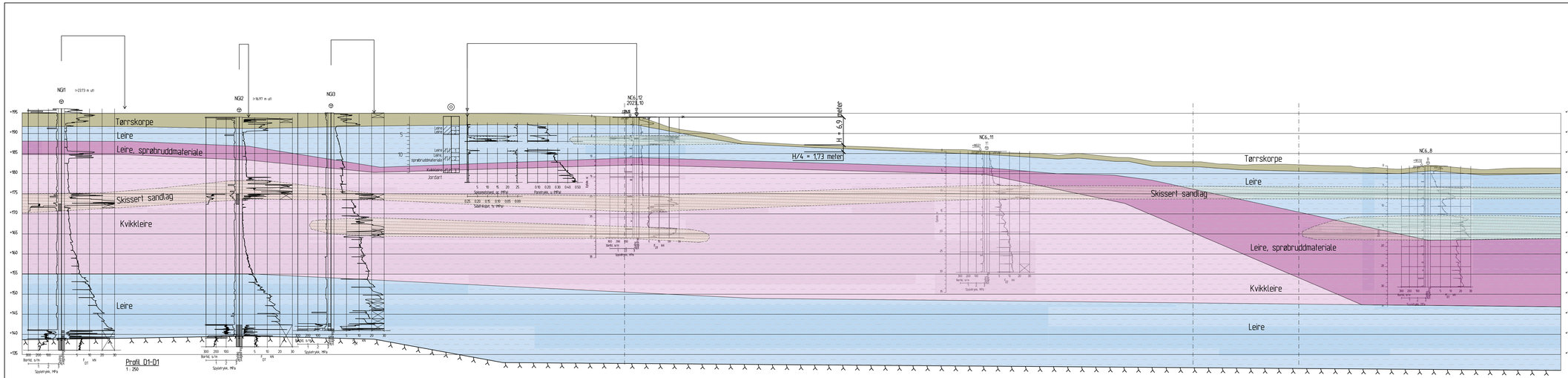
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Kontr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
30.06.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.: 20210599 | Tegningsnr.: 021 | Rev.: 00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedataene.



FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Sand
- Skissert mulig utbredelse av sandlag
- Leire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 026-046 - Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i dette profilet, samt CPTU i borpunkt NG17-5. Løsmasseprofilet har enkelte forenklinger. Sandlag hensyntas ikke i vurderingene da det er forbundet stor usikkerhet til geometrien, mulig fordeling er skissert.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	17.07.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil D1L

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarch\20210599-AUSTBAHEIM\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil D1L.dwg

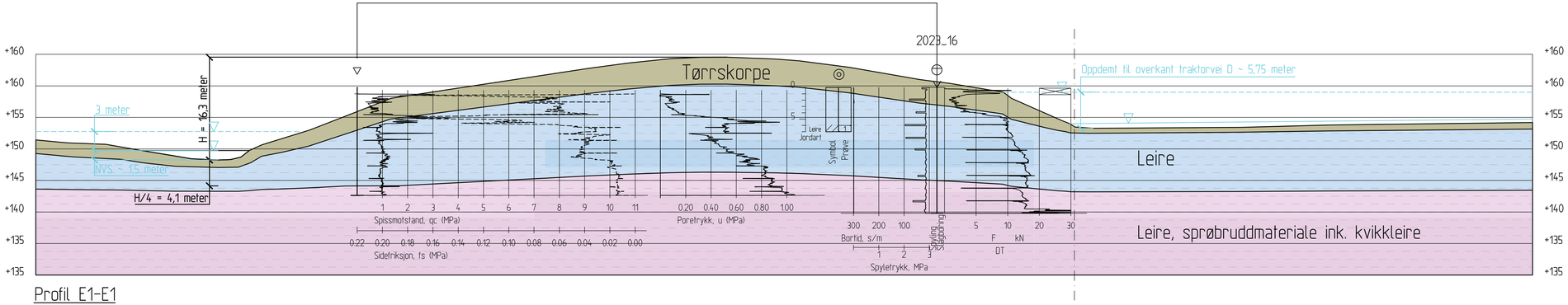
Målestokk: 1400

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegner	Kontrollert	Godkjent
17.07.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
20210599	022		00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedataforum.



Profil E1-E1
1 : 400

FORKLARINGER:

- Prøveserie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, sprøbruddmateriale inkludert kvikkleire
- Leire
- Vannspeil

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	- Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsen presentert i dette profilet. Løsmasse-profilet har enkelte forenklinger: Grunnlaget er begrenset for en detaljert tegning av tverrsnittet og det vil være lokale variasjoner som avviker fra tegningen. Påliteligheten er størst nærmest borpunktet.

Det rørlagte partiet av Skjennumsbekken mot Leira er fylt igjen med arronderte masser, dvs. tidligere leire doset ut for å tilegne mer jordbruksareal.

Oppdemming i Skjennumsbekken er opptegnet med høyeste mulige vannstand. Det er tatt utgangspunkt i at normalvannstand (NVS) i Leira er omtrent 1.5 meter og at flomhendelser tilsvarer en økt dybde på 2-2.5 meter.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	17.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil E1L

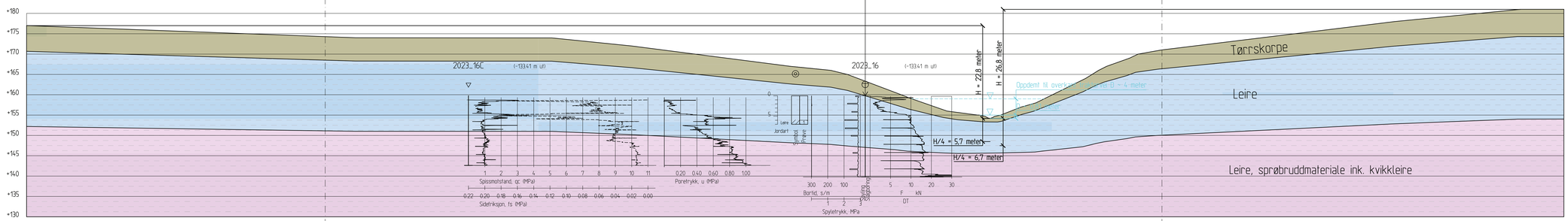
Status
Original format: A3.1
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF\RT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil E1.dwg
Målestokk: 1:400

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
17.07.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr. 20210599	Tegningsnr. 023		Rev. 00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.



Profil E2-E2
1 : 400

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, sprøbruddmateriale inkludert kvikkleire
- Leire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	- Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsen presentert i dette profilet. Løsmasseprofilet har enkelte forenkninger. Grunnlaget er begrenset for en detaljert tegning av tverrsnittet og det vil være lokale variasjoner som avviker fra tegningen. Påliteligheten er størst nærmest borpunktet. Merk at det er 130 meter inn i planet til boringen.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	17.07.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarch-2\20200599-AUTOSIGN\F007-Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil E2.dwg

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med
tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde
Profil E2L

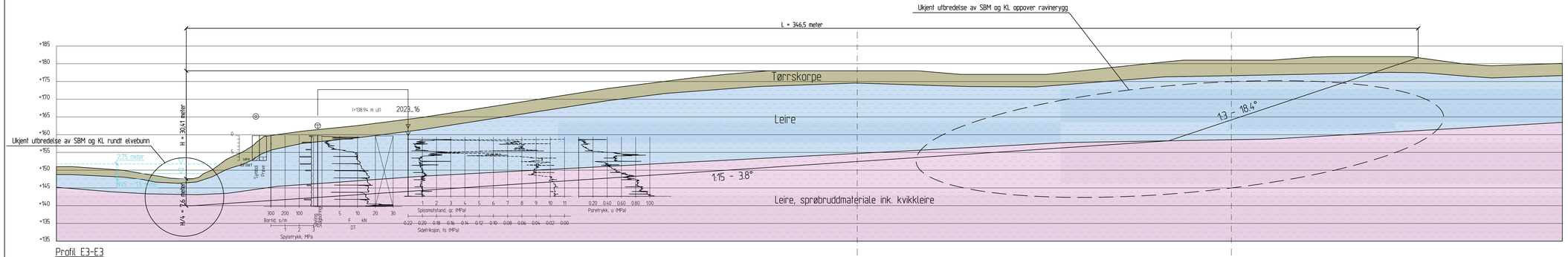
Målestokk: 1:400

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Kontr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
17.07.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
20210599	024		00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.



Profil E3-E3

1 : 400

FORKLARINGER:

- Prøvesenie
- Poretrykksmåling
- Dreietrykksondering
- Trykksondering
- Totalsondering
- Tørrskorpeleire
- Leire, sprøbruddmateriale inkludert kvikkleire
- Leire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	- Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 026-046	- Stabilitetsanalyser

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsen presentert i dette profilet. Løsmasseprofilet har enkelte forenklinger. Grunnlaget er mangelfullt for en detaljert tegning av tverrsnittet, og det vil nødvendigvis være vanskjøner som avviker fra tegningen. Pålitelegheten er størst nærmest borpunktet. Merk at borpunktet er 140 meter inn i planet.

Det er tatt utgangspunkt i at normalvannstand (NVS) i Leira er omtrent 15 meter og at flomhendelser tilsvarer en økt dybde på 2-2,5 meter.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Original dokument. Oppdatert basert på labresultater.	18.07.2023	HSk	BGK	HSk

Status

Nannestad kommune

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Løsmasseprofil, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde E3L

Original format: A3 B

Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOSAV\BGK\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Lagdeling\Profil E3.dwg

Målestokk: 1500

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
18.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	025	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.

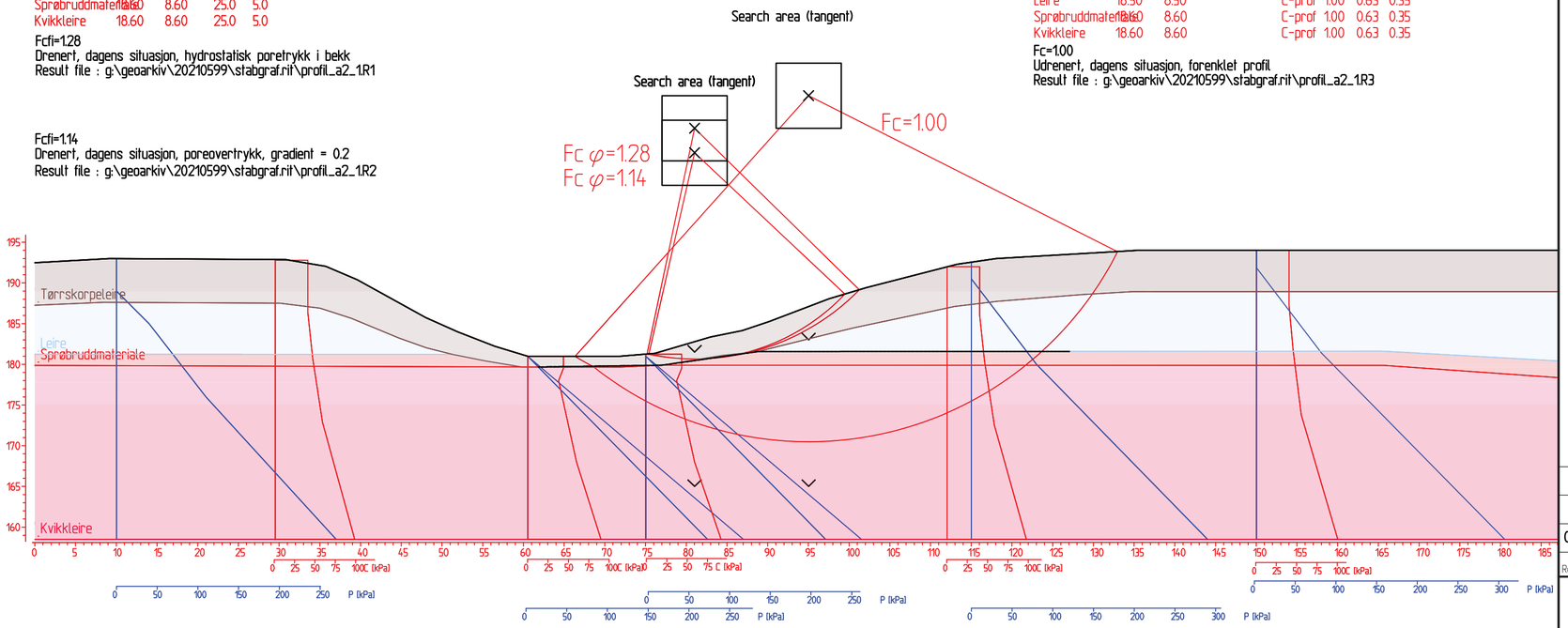
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpeleire	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	25.0	5.0				
Sprøbruddmateriale	18.60	8.60	25.0	5.0				
Kvikkleire	18.60	8.60	25.0	5.0				

Fcfi=1.28
Drenert, dagens situasjon, hydrostatisk poretrykk i bekk
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a2_1R1

Fcfi=1.14
Drenert, dagens situasjon, poreovertrykk, gradient = 0.2
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a2_1R2

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpeleire	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddmateriale	18.60	8.60			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	18.60	8.60			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=1.00
Udrenert, dagens situasjon, forenklet profil
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a2_1R3



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 007. Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Det er ikke tatt hensyn til sandlag og fyllmasser i beregningene. Det innebærer at beregnet sikkerhet er lavere enn realistisk sett. Detaljer om om disse massene er inkludert i beskrivelsen i tegning 007.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	07.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
A2_1S-1

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFRIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_A2_1 - Stabanalyser_xref.dwg
Målestokk: 1:500

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
07.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	026	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.

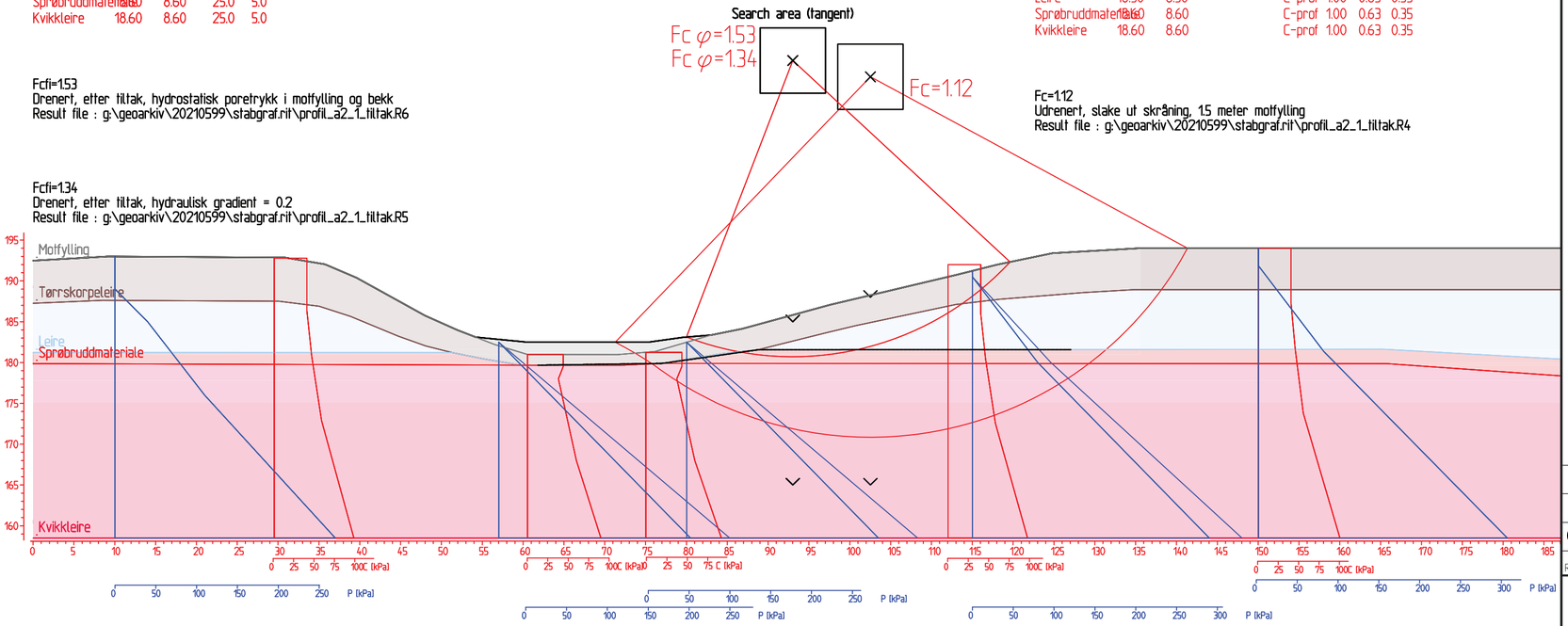
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpeleire	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	25.0	5.0				
Sprøbruddmateriale	18.60	8.60	25.0	5.0				
Kvikkleire	18.60	8.60	25.0	5.0				

Fcfi=1.53
Drenert, etter tiltak, hydrostatisk poretrykk i motfylling og bekk
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a2_1_tiltak.R6

Fcfi=1.34
Drenert, etter tiltak, hydraulisk gradient = 0.2
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a2_1_tiltak.R5

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpeleire	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddmateriale	18.60	8.60			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	18.60	8.60			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=1.12
Udrenert, slake ut skråning, 1.5 meter motfylling
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a2_1_tiltak.R4



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Motfylling, grove friksjonsmasser

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 007. Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregninger for en mulig kombinasjon av sikringstiltak: Utlegging av 1.5 meter motfylling i skråningsfot, og oppimot ca. 1.5 meter avlasting av skråning. Hensikten er å demonstrere hvordan man kan oppnå bedre stabilitet, i tillegg til å gi en forståelse for hvor mye stabiliteten forbedres ved inngrep av omfanget som er presentert.

Det er utført både udrenert- (Fcu) og drenert analyse (Fcφ). Reduksjon av udrenert skjærfasthet som følge av avlastingen er inkludert i beregninene. Benyttet SHANSEP-faktor "m"=0.7 (ref. s. 49 i NVEs 1/2019). Det er ikke tatt hensyn til sandlag og fyllmasser i beregningene. Det innebærer at beregnet sikkerhet er lavere enn realistisk sett. Detaljer om om disse massene er inkludert i beskrivelsen i tegning 007.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	07.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Vurdering av sikringstiltak, drenert og udrenert tilstand
Profil A2_1S-2

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_A2_1 - Stabanalyser_xref.dwg
Målestokk: 1:500

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
07.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	027	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra hoydedata.no.

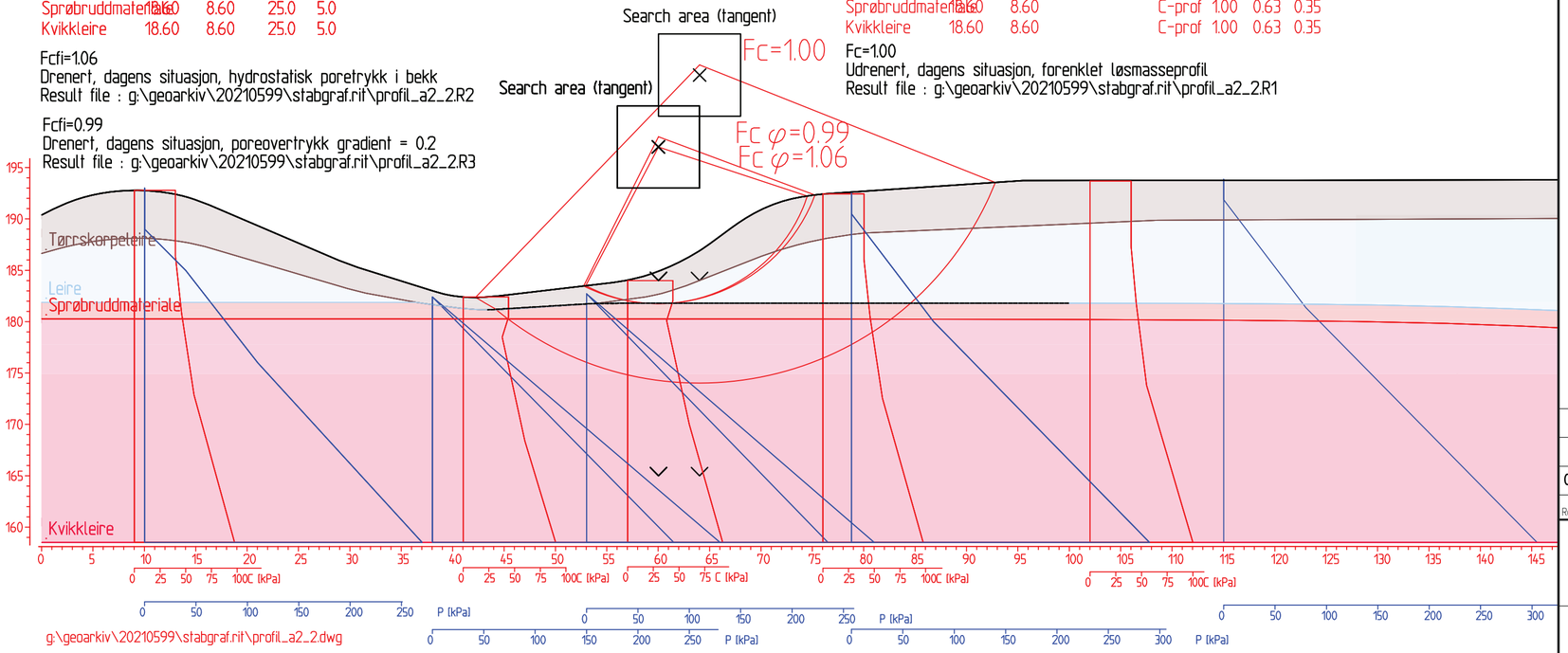
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleire	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	25.0	5.0				
Sprøbruddmateriale	18.60	8.60	25.0	5.0				
Kvikkleire	18.60	8.60	25.0	5.0				

Fcfi=1.06
Drenert, dagens situasjon, hydrostatisk poretrykk i bekk
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a2_2.R2

Fcfi=0.99
Drenert, dagens situasjon, poreovertrykk gradient = 0.2
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a2_2.R3

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleire	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddmateriale	18.60	8.60			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	18.60	8.60			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=1.00
Udrenert, dagens situasjon, forenklet løsmasseprofil
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a2_2.R1



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 008. Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Det er ikke tatt hensyn til sandlag og fyllmasser i beregningene. Det innebærer at beregnet sikkerhet er lavere enn realistisk sett. Detaljer om om disse massene er inkludert i beskrivelsen i tegning 008.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	27.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil A2_2S

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_A2_2 - Stabanalyser xref.dwg
Målestokk: 1:400

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
27.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	028	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

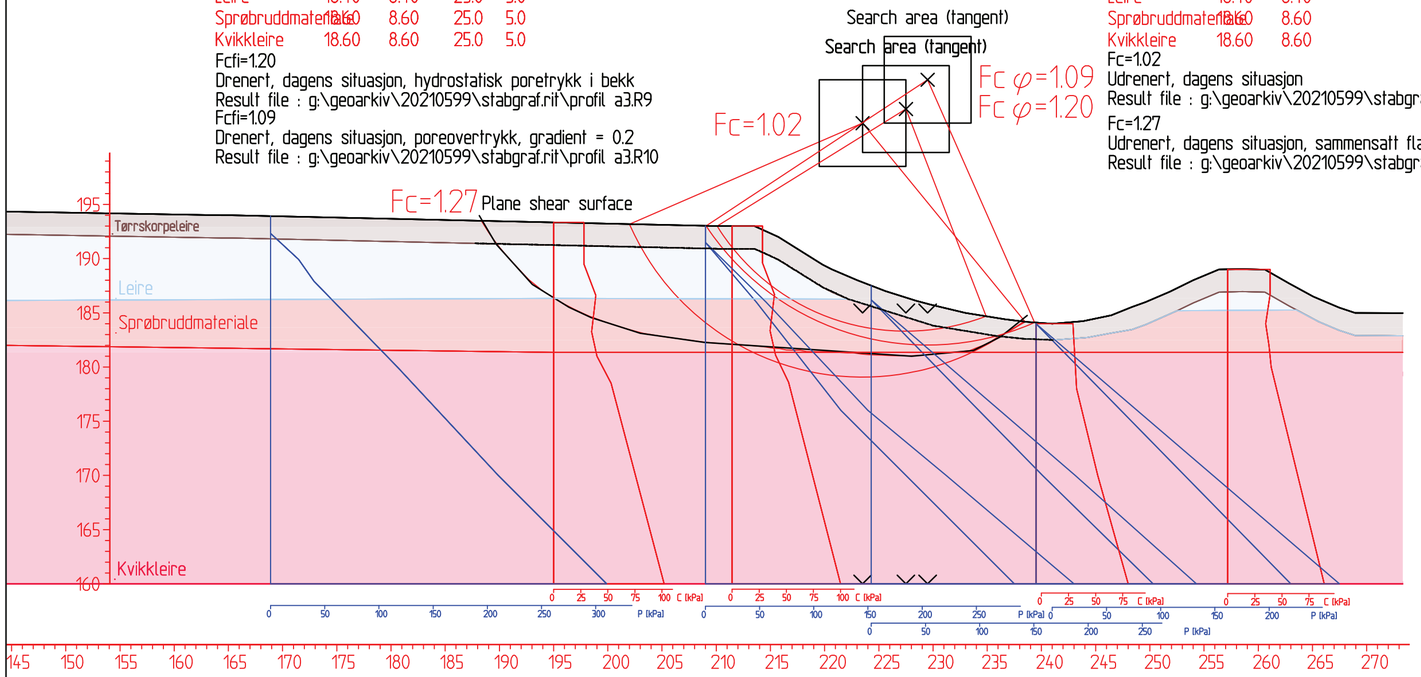
Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra hoydedata.no.

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleire	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.40	8.40	25.0	5.0				
Sprøbruddmateriale	18.60	8.60	25.0	5.0				
Kvikkleire	18.60	8.60	25.0	5.0				

Fcfi=1.20
Drenert, dagens situasjon, hydrostatisk poretrykk i bekk
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil a3.R9
Fcfi=1.09
Drenert, dagens situasjon, poreovertrykk, gradient = 0.2
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil a3.R10

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleire	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.40	8.40			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddmateriale	18.60	8.60			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	18.60	8.60			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=1.02
Udrenert, dagens situasjon
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil a3.R7
Fc=1.27
Udrenert, dagens situasjon, sammensatt flate
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil a3.R8



g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a3.dwg

FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 009.
Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil A3S-1

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_A3 - Stabanalyser xref.dwg
Målestokk: 1:400

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	029	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

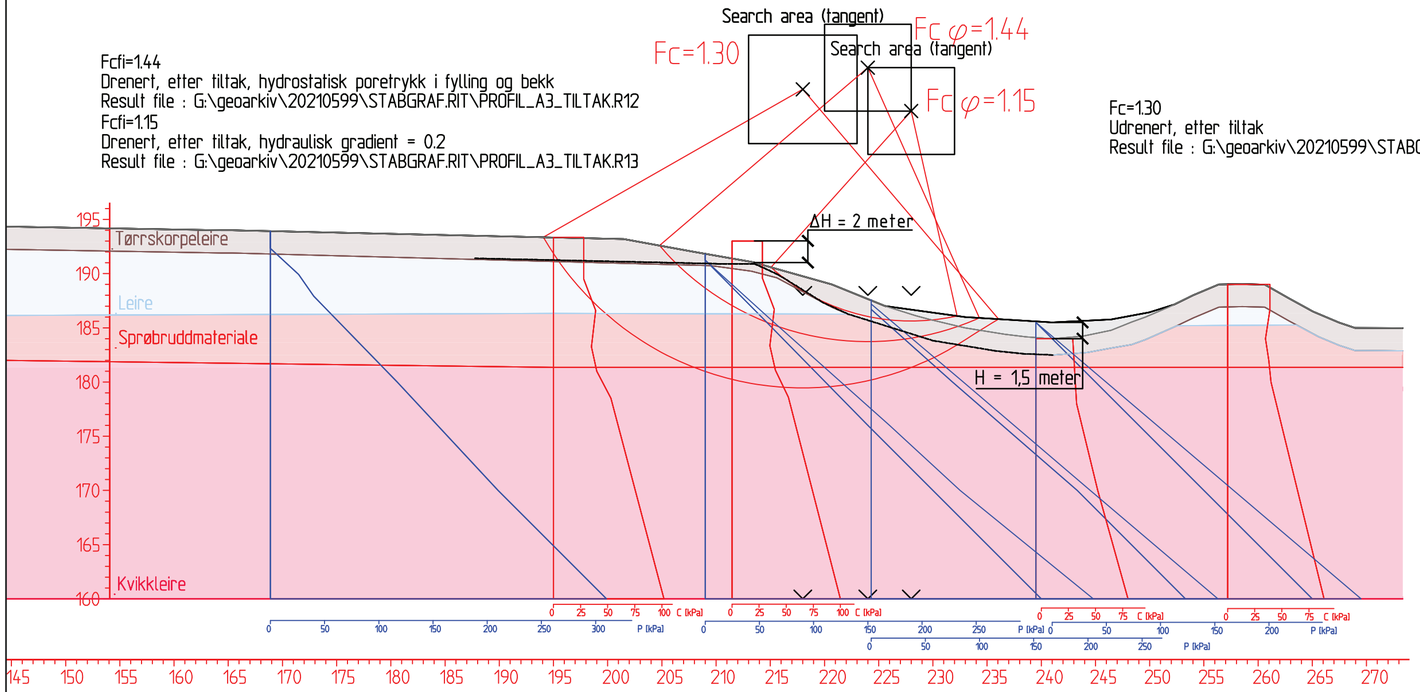
Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra hoydedata.no.

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpeleire	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.40	8.40	25.0	5.0				
Sprøbruddmateriale	18.60	8.60	25.0	5.0				
Kvikkleire	18.60	8.60	25.0	5.0				

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpeleire	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.40	8.40			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddmateriale	18.60	8.60			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	18.60	8.60			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fcfi=1.44
Drenert, etter tiltak, hydrostatisk poretrykk i fylling og bekk
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_A3_TILTAK.R12
Fcfi=1.15
Drenert, etter tiltak, hydraulisk gradient = 0.2
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_A3_TILTAK.R13

Fc=1.30
Udrenert, etter tiltak
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_A3_TILTAK.R11



g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_a3.dwg

FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Motfylling

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 009. Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Det er utført både udrenert- (Fcu) og drenert analyse (Fcφ). Reduksjon av udrenert skjærfasthet som følge av avlastingen er inkludert i beregninene. Benyttet SHANSEP-faktor "m"=0.7 (ref. s. 49 i NVEs 1/2019). Det er ikke tatt hensyn til sandlag og fyllmasser i beregningene. Det innebærer at beregnet sikkerhet er lavere enn realistisk sett. Detaljer om om disse massene er inkludert i beskrivelsen i tegning 009.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Vurdering av sikringstiltak, drenert og udrenert tilstand
Profil A3S-2

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_A3 - Stabanalyser xref.dwg
Målestokk: 1:400

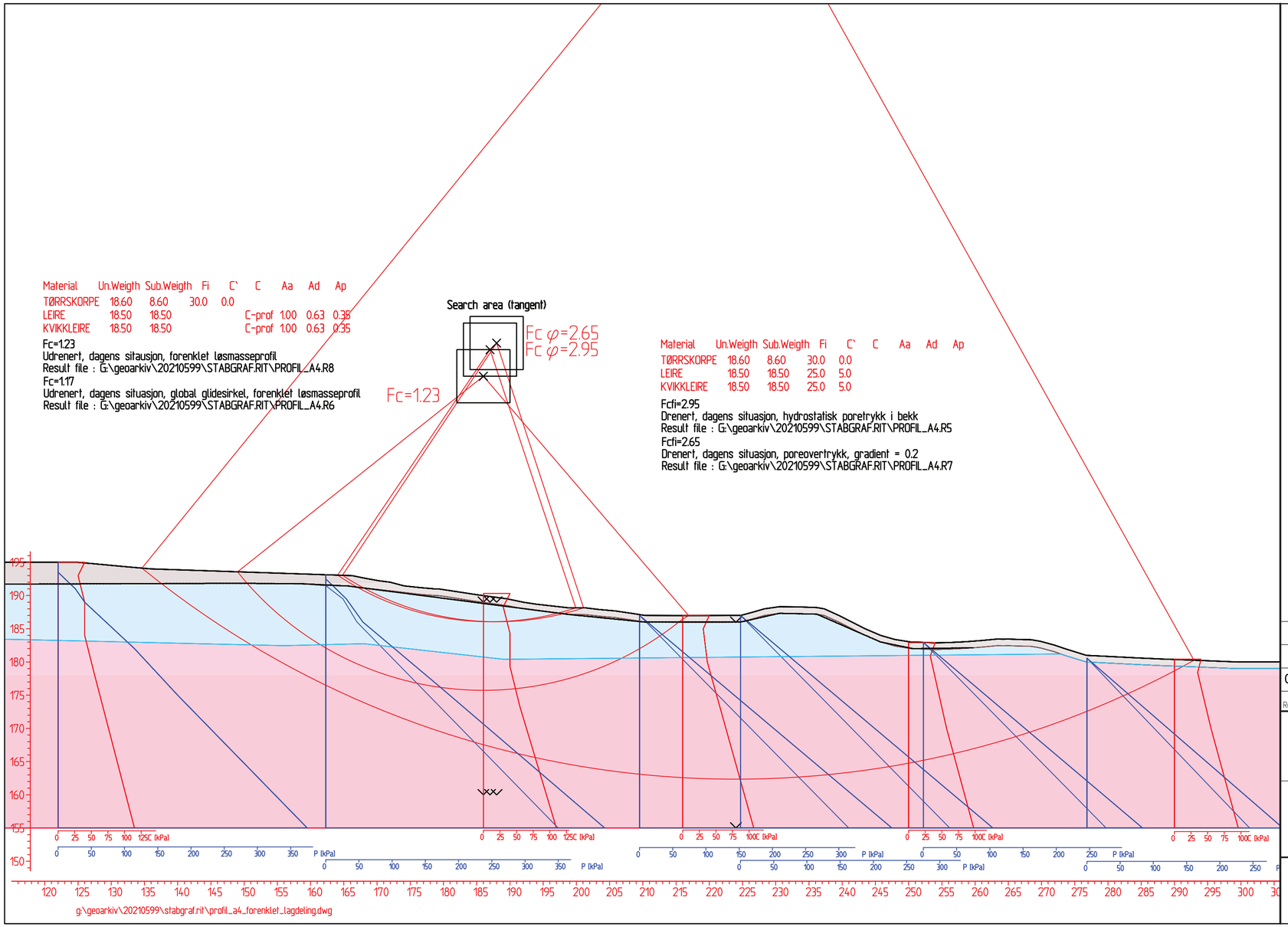
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	030	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra hoydedata.no.



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale), inkludert kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	-	Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 005-025	-	Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 010. Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Det er ikke tatt hensyn til sandlag i beregningene grunnnet usikkerhet rundt utbredelse. Se tegning 010 for skisse som viser en mulig fordeling.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	28.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil A4S

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_A4 - Stabanalyser_xref.dwg
Målestokk: 1:500

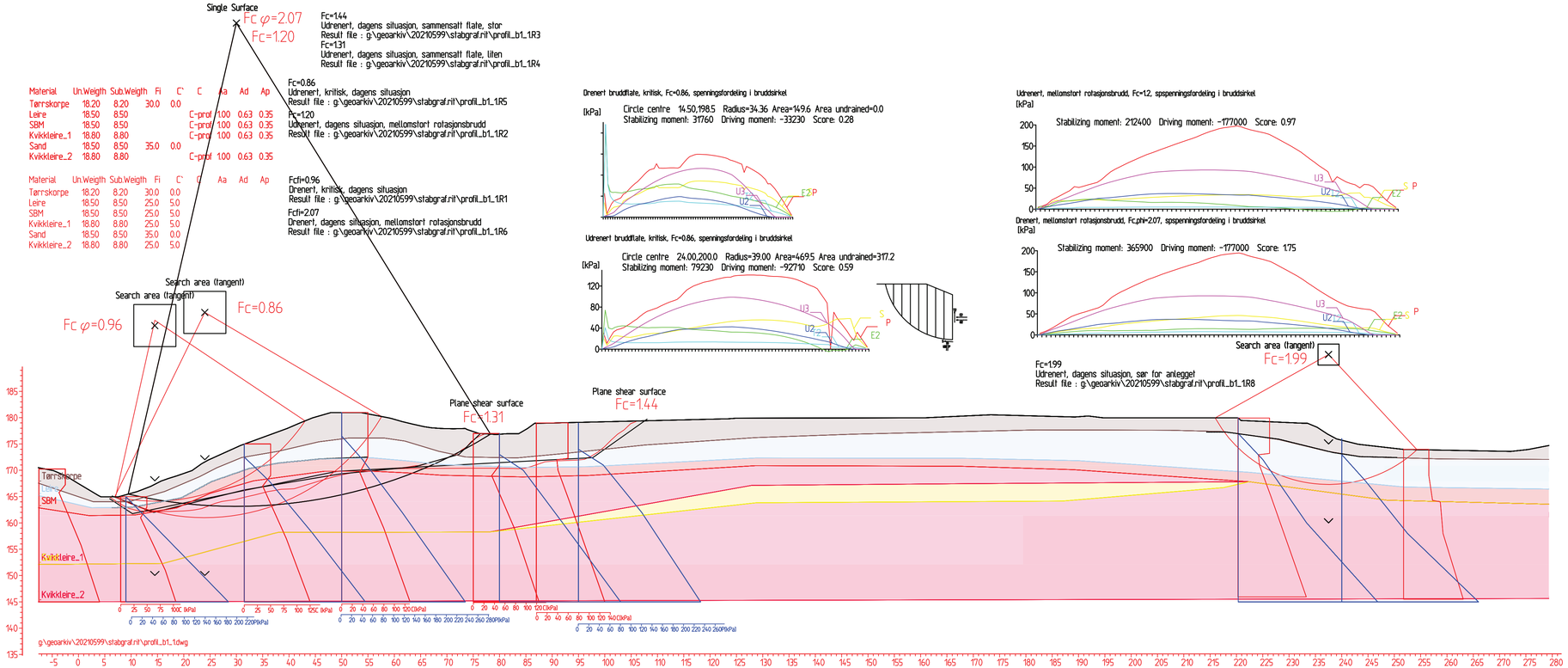
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
28.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	031	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
SBM	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire_1	18.80	8.80			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sand	18.50	8.50	35.0	0.0				
Kvikkleire_2	18.80	8.80			C-prof	1.00	0.63	0.35

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	25.0	5.0				
SBM	18.50	8.50	25.0	5.0				
Kvikkleire_1	18.80	8.80	25.0	5.0				
Sand	18.50	8.50	35.0	0.0				
Kvikkleire_2	18.80	8.80	25.0	5.0				

FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Sand

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	-	Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 005-025	-	Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 011.
Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer) for det aktuelle tverrsnittet.
Utstrekningen til tverrsnittet inn/ut av planet er begrenset. Det er derfor tegnet ytterligere parallelle profiler for å vurdere den aktuelle bruddmekanismen helhetlig (B1_2S og B1_3S). Det er av den grunn også presentert resulterende stabiliserende og drivende momentkrefter oppgitt [kNm/m] i beregningsgrafene på høyre side.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	08.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil B1_1S-1

Status
Original format: A3.0
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_B1_1 - Stabanalyser inst.dwg
Målestokk: 1:500

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
08.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	032	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

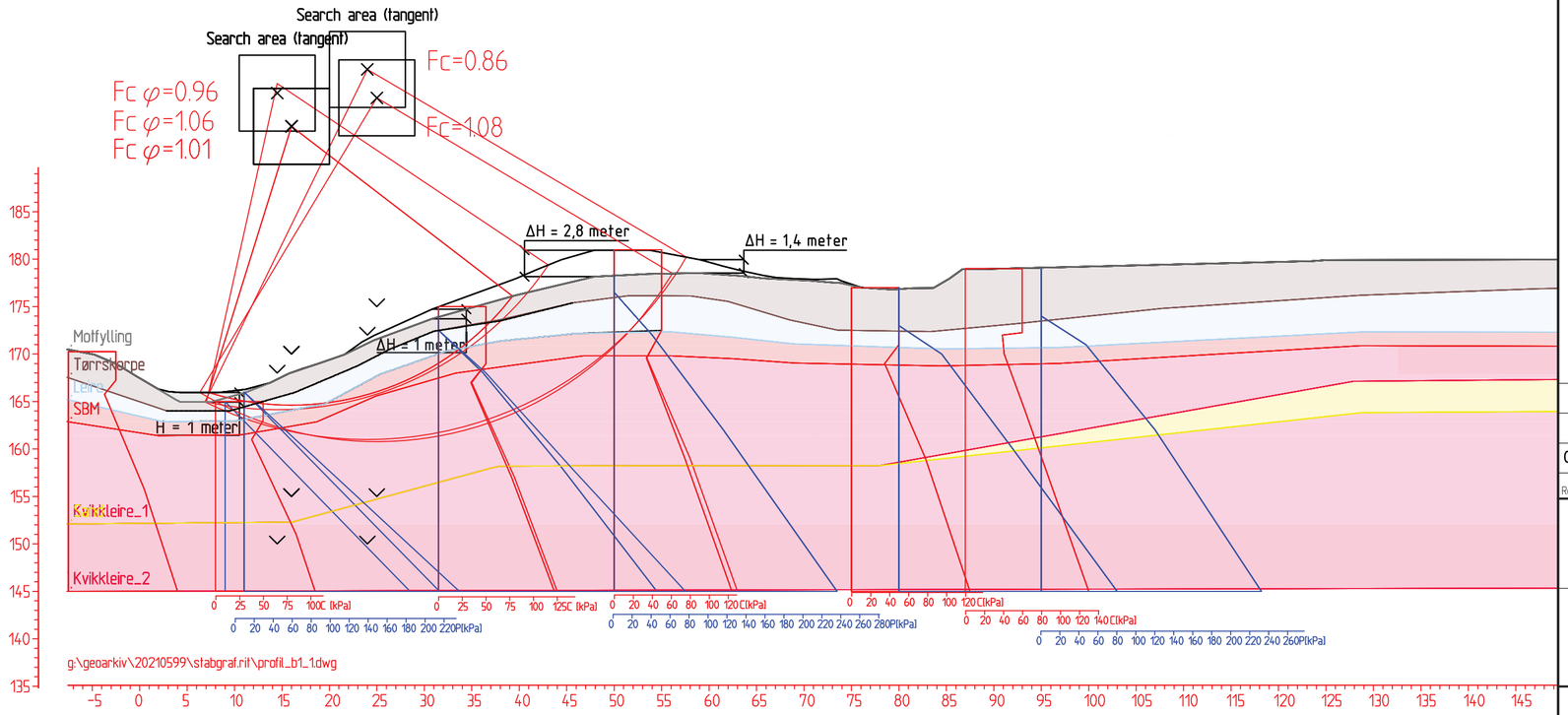
Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
SBM	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire_1	18.80	8.80			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sand	18.50	8.50	35.0	0.0				
Kvikkleire_2	18.80	8.80			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=0.86
Udrenert, kritisk, dagens situasjon
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_b1_1.R5
Fc=1.08
Udrenert, etter tiltak, motfylling og avrunde kjegle
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B1_1_TILTAK.R7

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	25.0	5.0				
SBM	18.50	8.50	25.0	5.0				
Kvikkleire_1	18.80	8.80	25.0	5.0				
Sand	18.50	8.50	35.0	0.0				
Kvikkleire_2	18.80	8.80	25.0	5.0				

Fcfi=0.96
Drenert, kritisk, dagens situasjon
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_b1_1.R1
Fcfi=1.06
Drenert, etter tiltak, hydrostatisk poretrykk i bekk
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B1_1_TILTAK.R9
Fcfi=1.01
Drenert, etter tiltak, hydraulisk gradient = 1.1 i bekk
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B1_1_TILTAK.R10



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Sand
- Motfylling, grove friksjonsmasser

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 011.
Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregninger for en mulig kombinasjon av sikringstiltak:
Utlegging av 1 meter motfylling i skråningsfot, og oppimot ca. 3 meter avlasting av skråning.
Hensikten er å demonstrere hvordan man kan oppnå bedre stabilitet, i tillegg til å gi en forståelse for hvor mye stabiliteten forbedres ved inngrep av et visst omfang.

Det er utført både udrenert- (Fcu) og drenert analyse (Fcφ). Reduksjon av udrenert skjærfasthet som følge av avlastingen er inkludert i beregninene. Benyttet SHANSEP-faktor "m"=0.7 (ref. s. 49 i NVEs 1/2019).

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	08.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Vurdering av sikringstiltak, drenert og udrenert tilstand
Profil B1_1S-2

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_E1 - Stabanalyser xref.dwg
Målestokk: 1:400

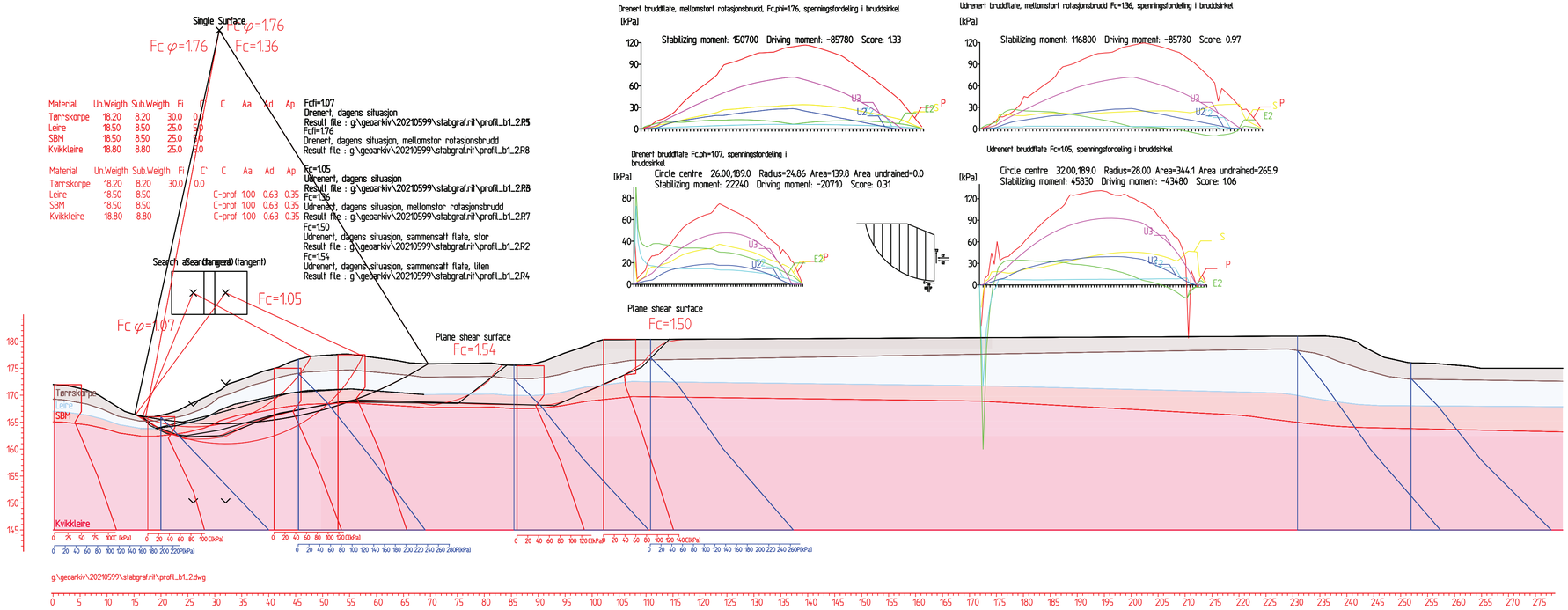
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
28.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	033	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	-	Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 005-025	-	Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 012.
Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer) for det aktuelle tverrsnittet.
Utstrekningen til tverrsnittet inn/ut av planet er begrenset. Det er derfor tegnet ytterligere parallelle profiler for å vurdere den aktuelle bruddmekanismen helhetlig (B1_1S og B1_3S). Det er av den grunn også presentert resulterende stabiliserende og drivende momentkrefter oppgitt [kNm/m] i beregningsgrafene på høyre side.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	08.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil B1_2S

Status
Original format: A3.0
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFIRT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_B1_2 - Stabanalyser.dwg
Målestokk: 1:500

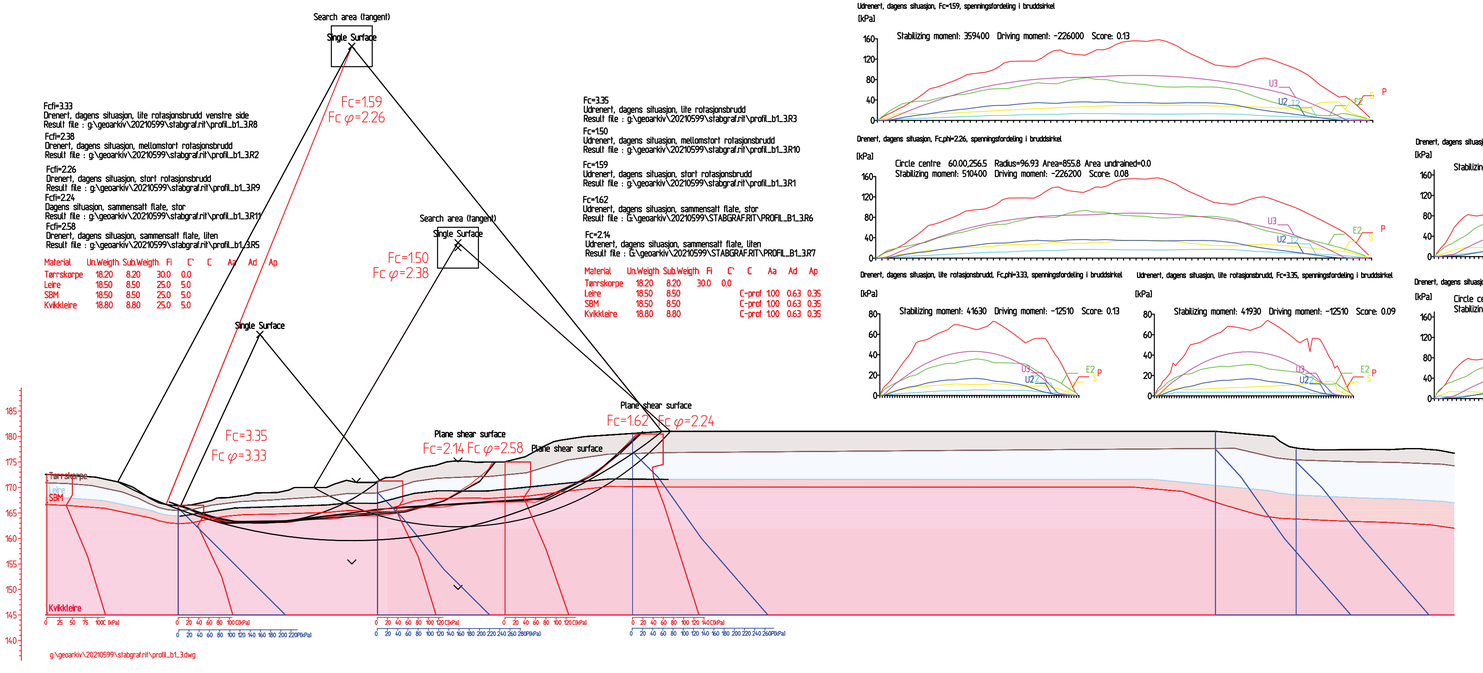
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

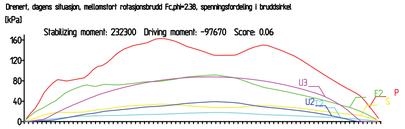
Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
08.08.2023	HSk	BGK	HSk

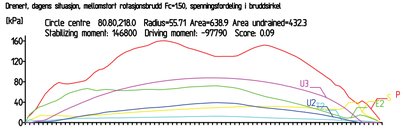
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	034	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.







FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	-	Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 005-025	-	Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 013.
Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer) for det aktuelle tverrsnittet.
Utstrekningen til tverrsnittet inn/ut av planet er begrenset. Det er derfor tegnet ytterligere parallelle profiler for å vurdere den aktuelle bruddmekanismen helhetlig (B1_1S og B1_2S). Det er av den grunn også presentert resulterende stabiliserende og drivende momentkrefter oppgitt [kNm/m] i beregningsgrafene på høyre side.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	08.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil B1_3S

Status
Original format: A3.0
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFAFIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_B1_3 - Stabanalyser inntil.dwg
Målestokk: 1:500

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
08.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	035	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

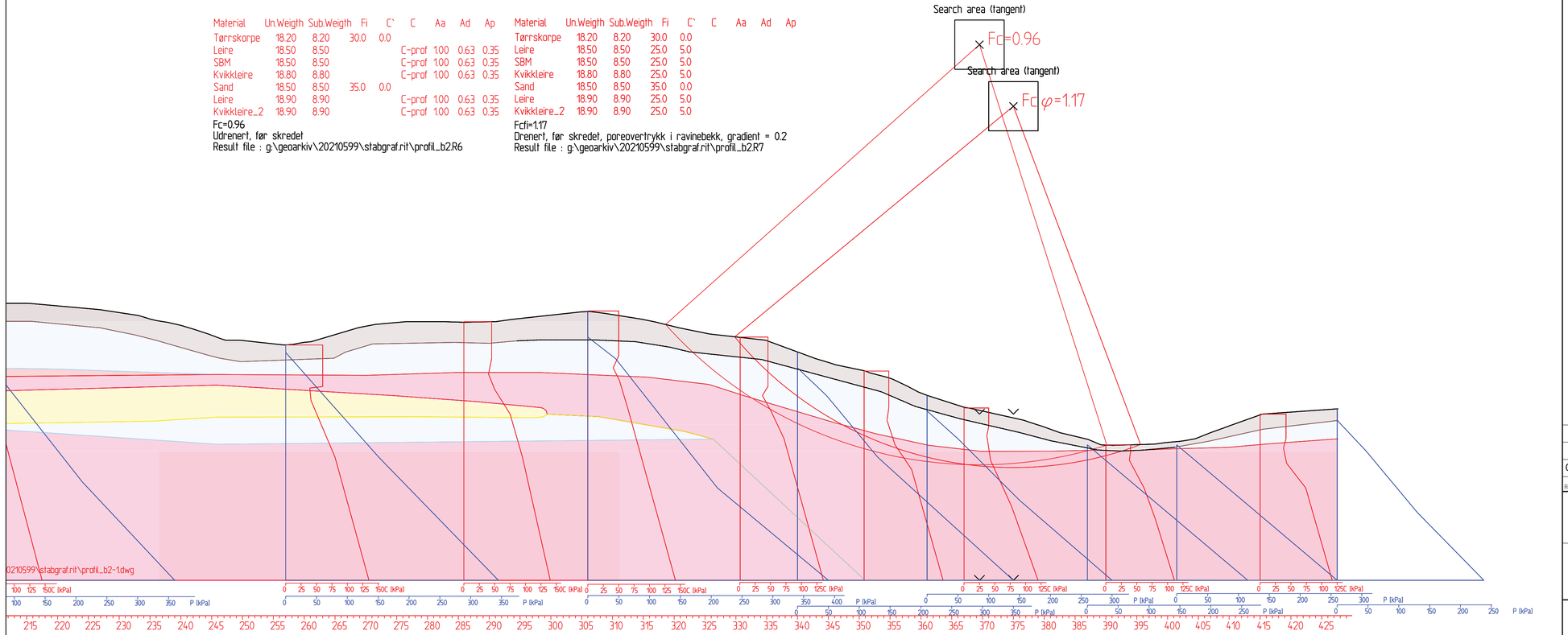
Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
SBM	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	18.80	8.80			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sand	18.50	8.50	35.0	0.0				
Leire	18.90	8.90			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire_2	18.90	8.90			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=0.96
Udrenert, før skredet
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_b2.R6

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	25.0	5.0				
SBM	18.50	8.50	25.0	5.0				
Kvikkleire	18.80	8.80	25.0	5.0				
Sand	18.50	8.50	35.0	0.0				
Leire	18.90	8.90	25.0	5.0				
Kvikkleire_2	18.90	8.90	25.0	5.0				

Fcfi=1.17
Drenert, før skredet, poreovertrykk i ravinebekk, gradient = 0.2
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_b2.R7



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Sand

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Beregningen gjelder for skråningen vest for Bahusanlegget, med terrengmodell fra 2010, 2 år før skredet. Tolket løsmasseprofil er presentert i tegning 014. Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer) for det aktuelle tverrsnittet.

Det er forbundet stor usikkerhet til lagdelingen. Ev. sandlag, geometri-effekter og variasjoner i styrkeegenskaper forklarer hvorfor sikkerhetsfaktoren er under 1. Benyttede udrenerte skjærfasthetsprofiler er en kombinasjon av s_u-profiler fra nærmeste CPTU-er (noe tilpasset presenterte SHANSEP-linjer), samt profiler kun basert på SHANSEP. For sistnevnte er s_u økt noe for å oppnå realistiske resultater.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Før skred 2012, drenert og udrenert tilstand
Profil B2S-1

Status
Original format: A3.1
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFRIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_B2-1 - Stabanalyser inntil.dwg
Målestokk: 1:400

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
09.08.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr. 20210599	Tegningsnr. 036		Rev. 00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.

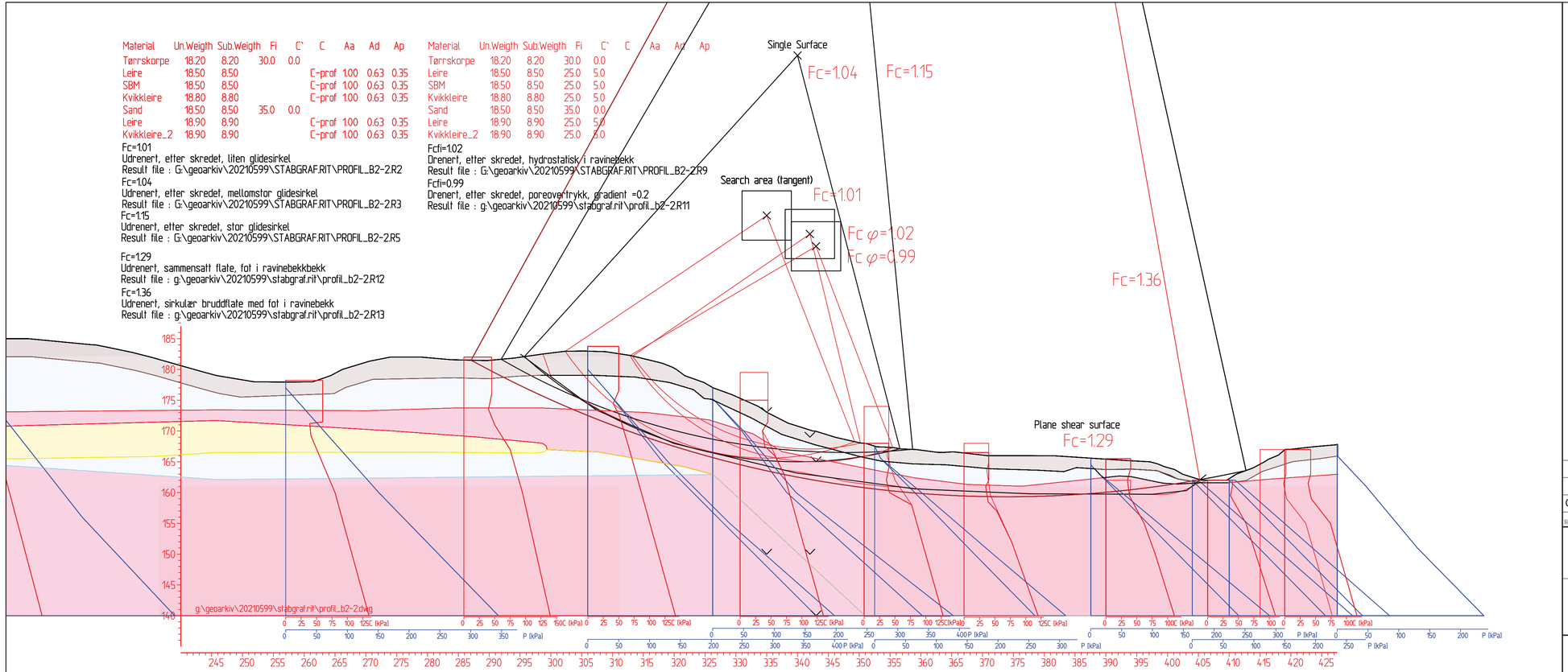
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
SBM	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	18.80	8.80			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sand	18.50	8.50	35.0	0.0				
Leire	18.90	8.90			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire_2	18.90	8.90			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=1.01
Udrenert, etter skredet, liten glidesirkel
Result fite : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B2-2.R2
Fc=1.04
Udrenert, etter skredet, mellomstor glidesirkel
Result fite : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B2-2.R3
Fc=1.15
Udrenert, etter skredet, stor glidesirkel
Result fite : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B2-2.R5

Fc=1.29
Udrenert, sammensatt flate, fot i ravinebekkbekk
Result fite : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_b2-2.R12
Fc=1.36
Udrenert, sirkulær bruddflate med fot i ravinebekk
Result fite : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_b2-2.R13

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	25.0	5.0				
SBM	18.50	8.50	25.0	5.0				
Kvikkleire	18.80	8.80	25.0	5.0				
Sand	18.50	8.50	35.0	0.0				
Leire	18.90	8.90	25.0	5.0				
Kvikkleire_2	18.90	8.90	25.0	5.0				

Fcfi=1.02
Drenert, etter skredet, hydrostatisk i ravinebekk
Result fite : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B2-2.R9
Fcfi=0.99
Drenert, etter skredet, poreovertrykk, gradient =0.2
Result fite : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_b2-2.R11



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Sand

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Beregningen gjelder for skråningen vest for Bahusanlegget, med dagens terreng (DTM fra 2020). Tolket løsmasseprofil presentert i tegning 015. Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer) for det aktuelle tverrsnittet.

Det er forbundet stor usikkerhet til lagdelingen og hvor mye den eventuelle udrenerte skjærfastheten i løsmassene har økt i ettertid av skredet. Det er benyttet lave verdier for å være på forsiktig side, det viser at stabiliteten i verste fall er dårlig i de øvre 15 meterne av skredarret, hvor foten til glidesirklene ender omtrent 4 høydemeter over vannstanden i dammen. Resultatene viser også at stabilitet for glidesirkler ned til ravinebekken er god. Stabiliteten er ikke vurdert lokalt i bekkekanten pga. manglende datagrunnlag/usikkerheter.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil B2S-2

Status
Original format: A3.1
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_B2-2 - Stabanalyser inntil.dwg
Målestokk: 1:400

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	037	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

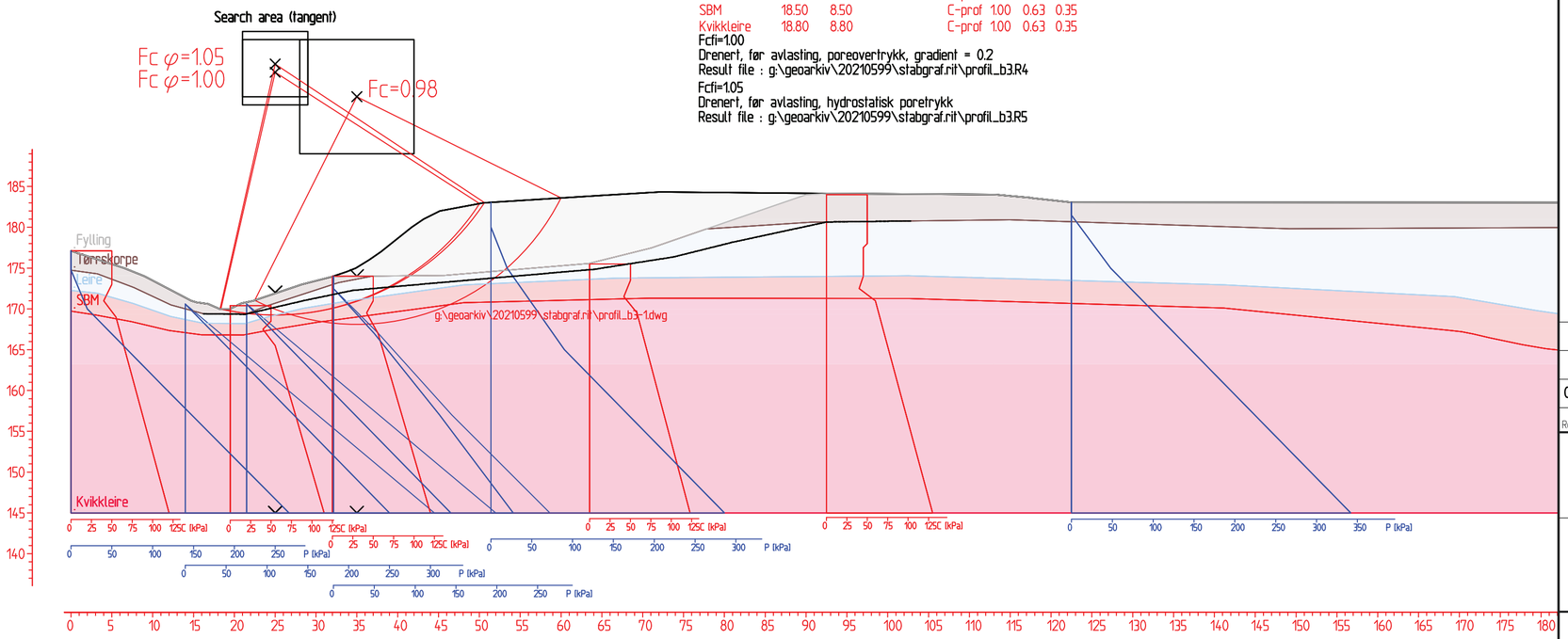
Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	17.00	7.00	25.0	0.0				
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	25.0	5.0				
SBM	18.50	8.50	25.0	5.0				
Kvikkleire	18.80	8.80	25.0	5.0				

Fc=0.98
Udrenert, før avlasting, forenklet løsmasseprofil
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_b3.R2

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	17.00	7.00	25.0	0.0				
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
SBM	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	18.80	8.80			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fcfi=1.00
Drenert, før avlasting, poreovertrykk, gradient = 0.2
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_b3.R4
Fcfi=1.05
Drenert, før avlasting, hydrostatisk poretrykk
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_b3.R5



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Fylling og arronderte masser

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Tegningen viser fyllingen nordøst på Bahus i 2015, dvs. før den ble avlastet. Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 016.

Det er utført både udrenert- (Fcu) og drenert analyse (Fcφ).

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument.	09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Før sikringstiltak, drenert og udrenert tilstand
Profil B3S-1

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFRIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_B3 - Stabanalyser xref.dwg
Målestokk: 1:500

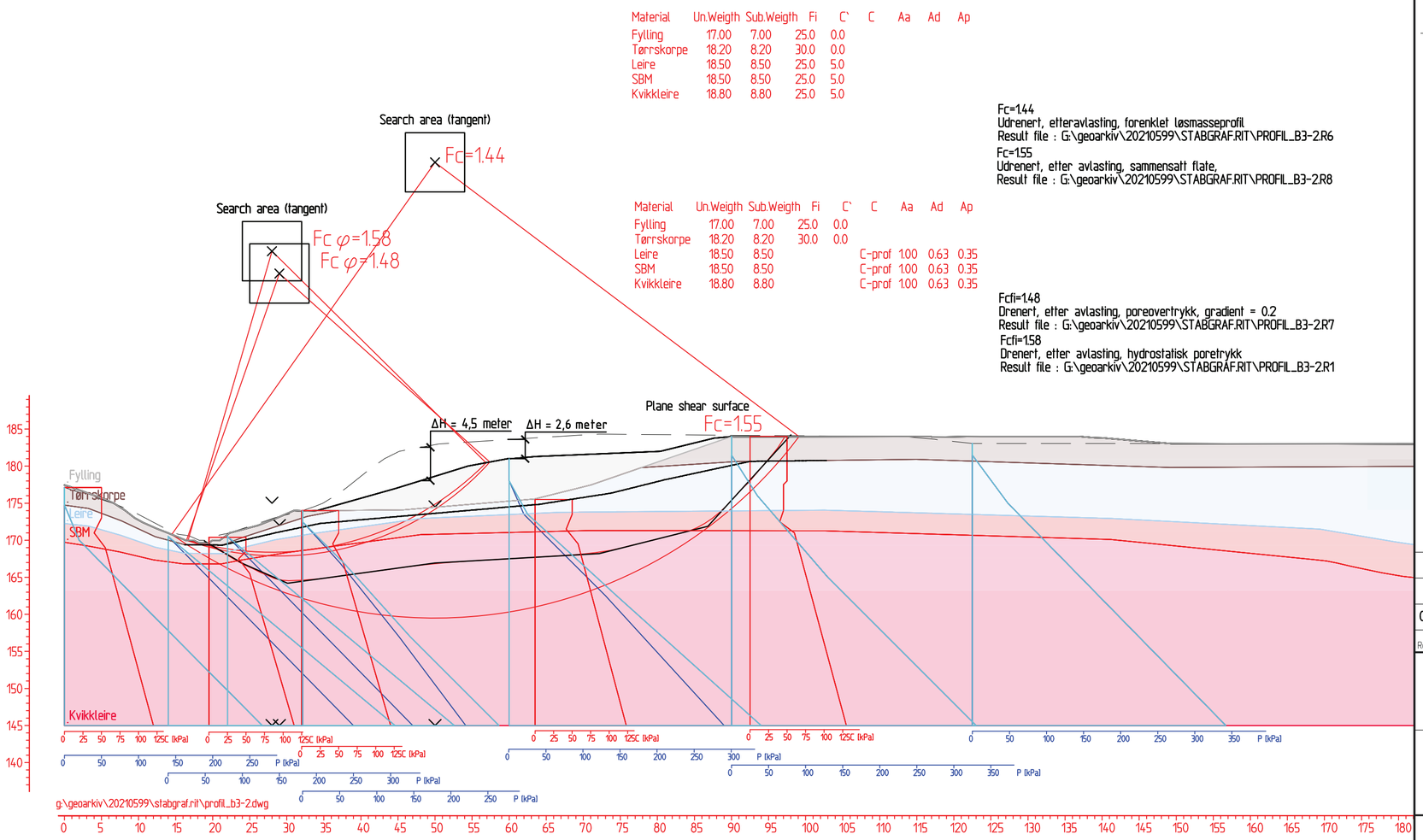
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	038	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	17.00	7.00	25.0	0.0				
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	25.0	5.0				
SBM	18.50	8.50	25.0	5.0				
Kvikkleire	18.80	8.80	25.0	5.0				

Fc=1.44
Udrenert, etteravlasting, forenklet løsmasseprofil
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B3-2.R6

Fc=1.55
Udrenert, etter avlasting, sammensatt flate,
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B3-2.R8

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	17.00	7.00	25.0	0.0				
Tørrskorpe	18.20	8.20	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
SBM	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	18.80	8.80			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fcfi=1.48
Drenert, etter avlasting, poreovertrykk, gradient = 0.2
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B3-2.R7

Fcfi=1.58
Drenert, etter avlasting, hydrostatisk poretrykk
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_B3-2.R1

FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Fylling og arronderte masser
- Tidligere terrengoverflate (DTM 2015)

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Tegningen viser fyllingen nordøst på Bahus i 2020, etter avlastingen. Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 017. Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019. Grunnet usikkerheter relatert geometrien til sandlag er sandlag ikke modellert.

Avlastingen er omtrent 2,5-4,5 meter vertikalt.

Det er utført både udrenert- (Fcu) og drenert analyse (Fcφ).

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument.	09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Etter sikringstiltak, drenert og udrenert tilstand
Profil B3S-2

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_B3 - Stabanalyser xref.dwg
Målestokk: 1:500

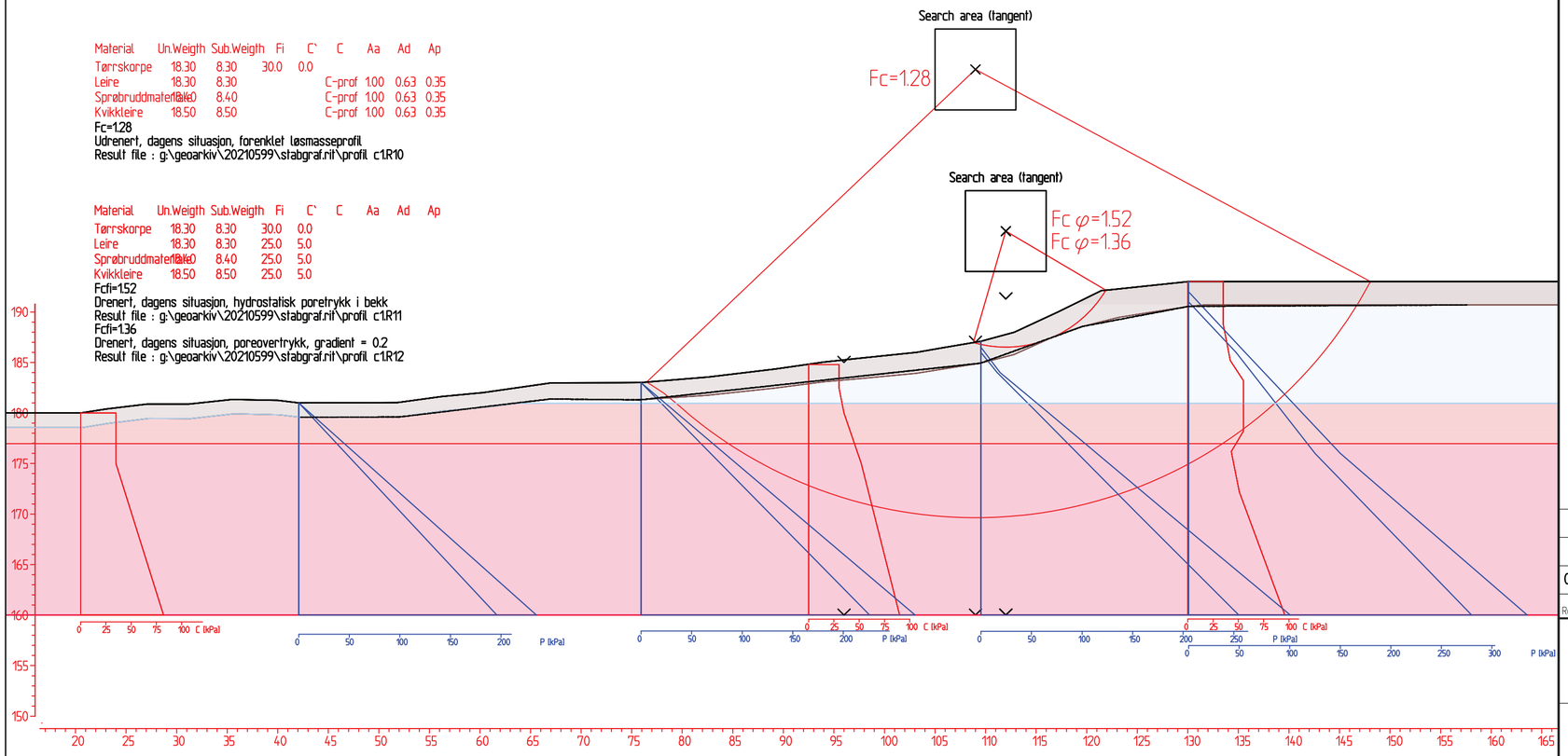
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
09.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	039	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra hoydedata.no.



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	-	Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 005-025	-	Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 018
Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	26.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil C1S

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFRIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_C1 - Stabanalyser xref.dwg
Målestokk: 1:400

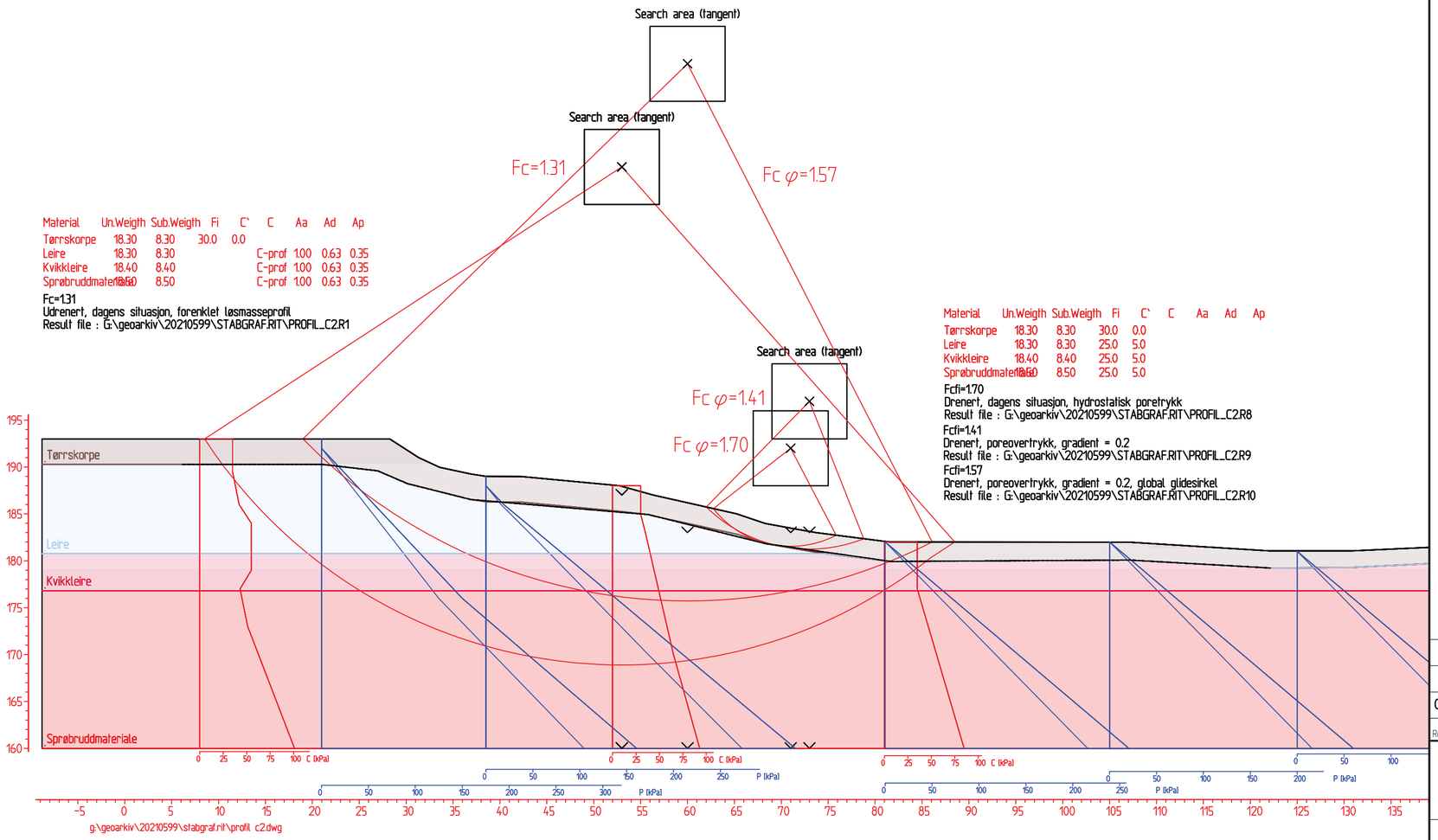
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
26.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	040	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)
- Sand

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	-	Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 005-025	-	Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 019.
Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	26.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil C2S

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_C2 - Stabanalyser xref.dwg
Målestokk: 1:400

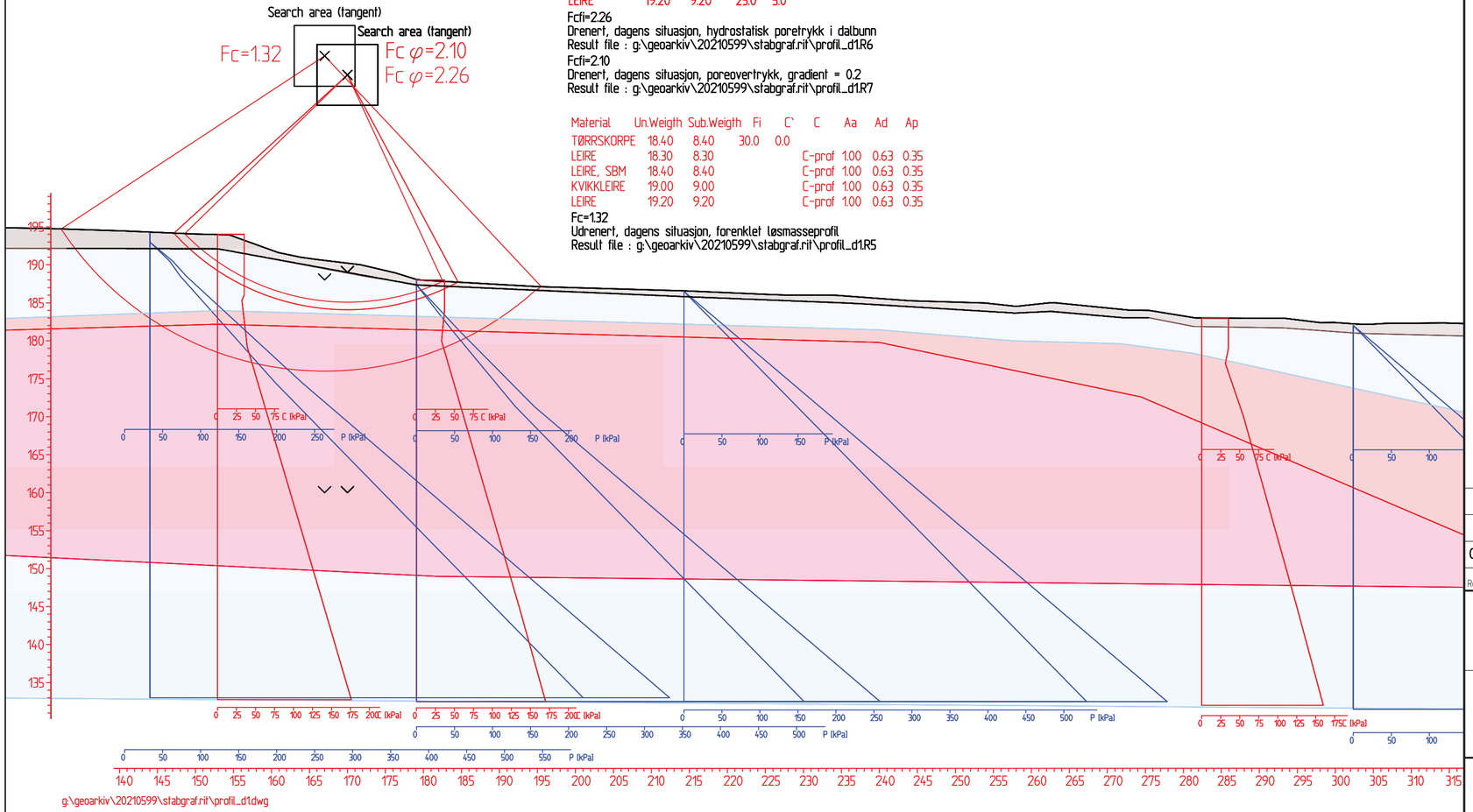
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
26.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	041	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra hoydedata.no.



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
TØRRSKORPE	18.40	8.40	30.0	0.0				
LEIRE	18.30	8.30	25.0	5.0				
LEIRE, SBM	18.40	8.40	25.0	5.0				
KVIKKLEIRE	19.00	9.00	25.0	5.0				
LEIRE	19.20	9.20	25.0	5.0				

Fcfi=2.26
Drenert, dagens situasjon, hydrostatisk poretrykk i dalbunn
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_d1.R6
Fcfi=2.10
Drenert, dagens situasjon, poreovertrykk, gradient = 0.2
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_d1.R7

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
TØRRSKORPE	18.40	8.40	30.0	0.0				
LEIRE	18.30	8.30			C-prof	1.00	0.63	0.35
LEIRE, SBM	18.40	8.40			C-prof	1.00	0.63	0.35
KVIKKLEIRE	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
LEIRE	19.20	9.20			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=1.32
Udrenert, dagens situasjon, forenklet løsmasseprofil
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.rit\profil_d1.R5

FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Kvikkleire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale)

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 022.
Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Det er ikke tatt hensyn til sandlag i beregningene grunnnet usikkerhet rundt utbredelse. Se tegning 022 for skisse som viser en mulig fordeling.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	31.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil D1S

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFRIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_D1 - Stabanalyser_xref.dwg
Målestokk: 1:500

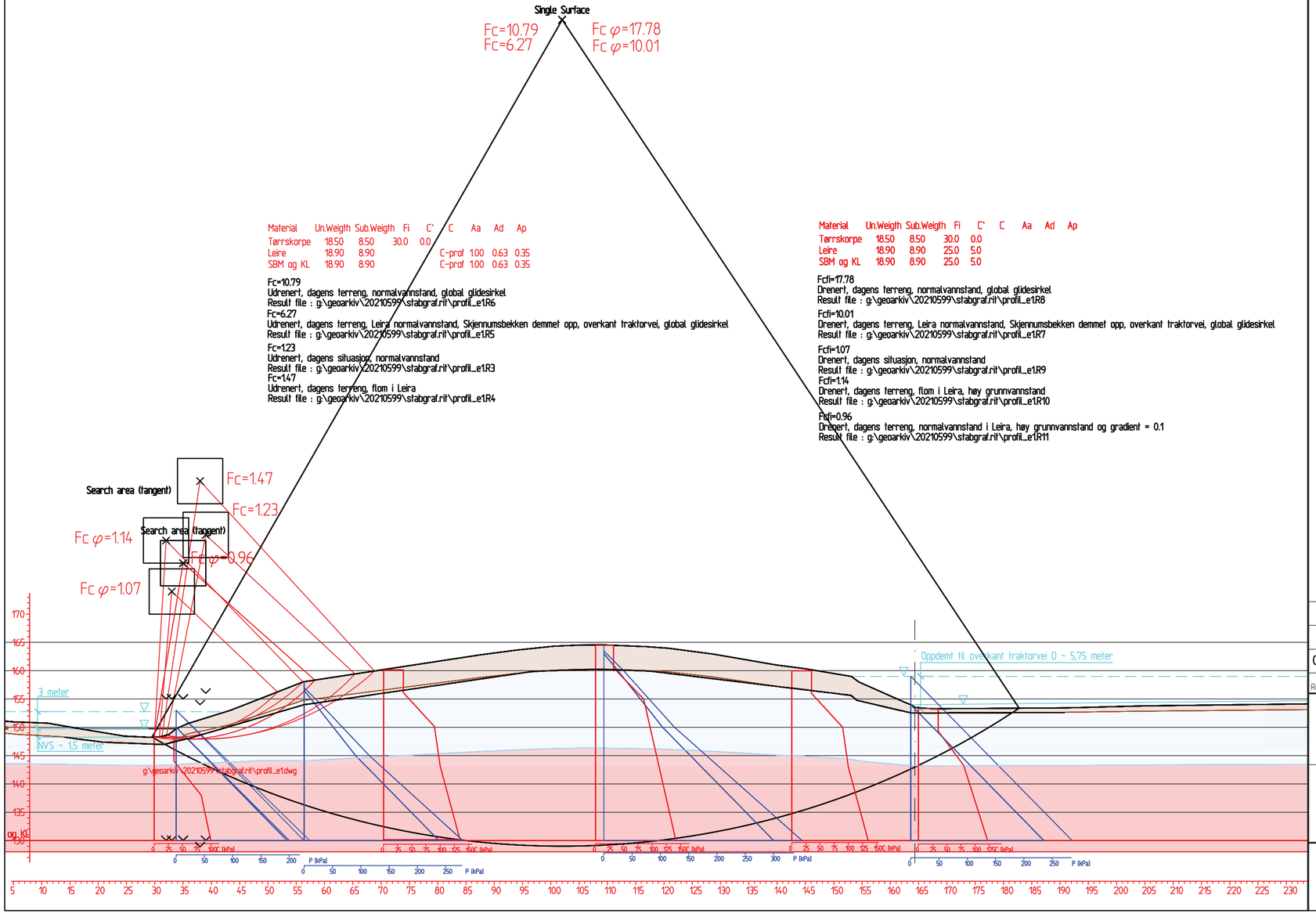
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
31.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	042	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Leire, SBM (sprøbruddmateriale) inkludert kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	-	Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 005-025	-	Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsene presentert i tegning 023. Der er også evaluerte løsnedistanser tegnet etter kriteriene gitt i NVEs 1/2019.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Oppdemming i Skjennumsbekken er modellert med høyeste mulige vannstand. Det er tatt utgangspunkt i at normalvannstand (NVS) i Leira er omtrent 1.5 meter og at flomhendelser tilsvarer en økt dybde på ca. 2-2.5 meter.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	28.07.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil E1S

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFRIT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_E1 - Stabanalyser xref.dwg
Målestokk: 1:600

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
28.07.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	043	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra hoydedata.no.

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.90	8.90	25.0	5.0				
SBM og KL	18.90	8.90	25.0	5.0				

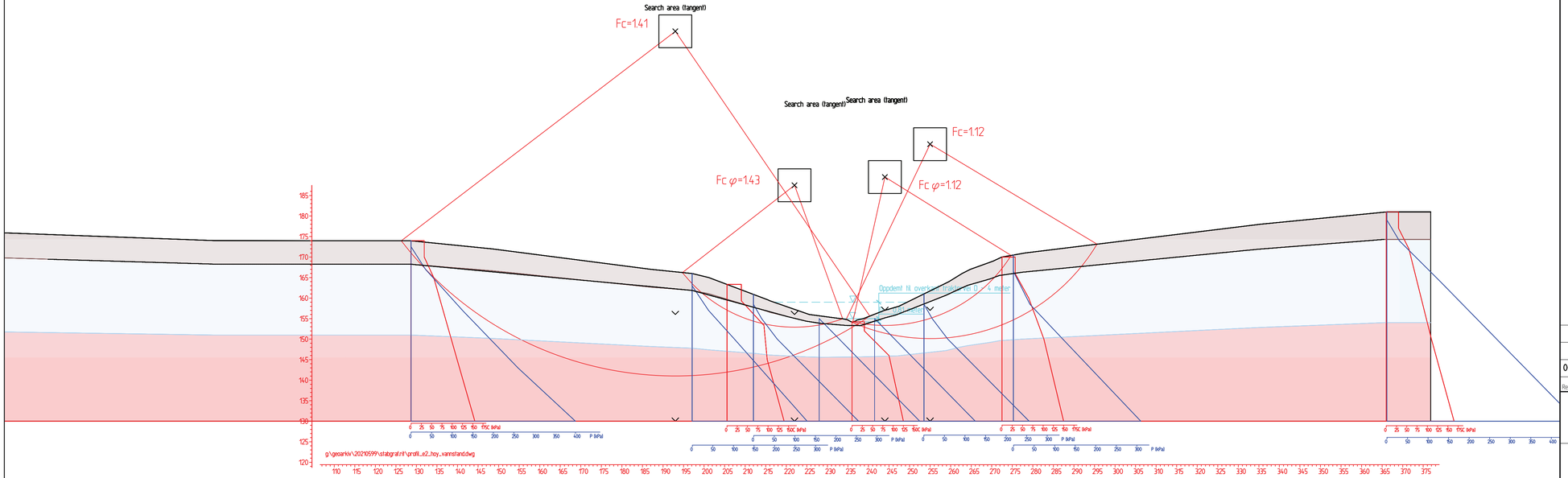
Fcfi=1.43
Drenert, sandre side, normal vannstand,hydrostatisk i bekk
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.nl\profil_e2_hoy_vannstand.R4

Fcfi=1.12
Drenert, nordre side, normal vannstand
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.nl\profil_e2_hoy_vannstand.R7

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.90	8.90			C-prof 1.00	0.63	0.35	
SBM og KL	18.90	8.90			C-prof 1.00	0.63	0.35	

Fc=1.41
Udrenert, sandre side, normal vannstand
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.nl\profil_e2_hoy_vannstand.R5

Fc=1.12
Udrenert, nordre side, normal vannstand
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.nl\profil_e2_hoy_vannstand.R6



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Leire, spørbruddmateriale inkl. kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	-	Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 005-025	-	Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsen presentert i tegning 024. Grunnundersøkelsesdataen er begrenset i området og modellen innebærer derfor store usikkerheter. Beregningene E2S-1 tom. E2S-3 gir likefremt en god idé om effekten av oppdemming etterfulgt av hurtig nedtapping. Profilet er forsøkt tegnet mest ugunstig mht. topografi og lave sikkerhetsfaktorer i naturlig utviklet ravinelandskap er således forventet.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Presenterte beregninger gjelder for normal vannstand i Skjennumsbekken.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	01.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil E2S-1

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAFIRT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_E2 - Stabanalyser inntil.dwg
Målestokk: 1:600

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
01.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	044	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.

Material	UnWeigth	SubWeigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.90	8.90		25.0	5.0			
SBM og KL	18.90	8.90		25.0	5.0			

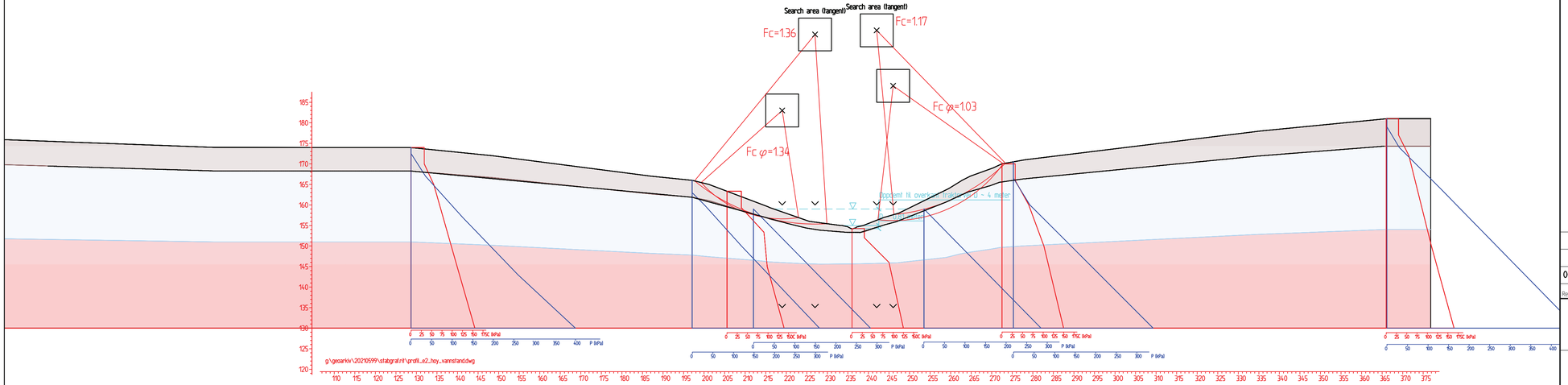
Fcfi=1.34
Drenert, søndre side, maks vannstand
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_E2_HOY_VANNSTAND.R13

Fcfi=1.03
Drenert, nordre side, maks vannstand
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_E2_HOY_VANNSTAND.R16

Material	UnWeigth	SubWeigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.90	8.90		C-prof	1.00	0.63	0.35	
SBM og KL	18.90	8.90		C-prof	1.00	0.63	0.35	

Fc=1.36
Udrenert, søndre side, maks vannstand
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_E2_HOY_VANNSTAND.R14

Fc=1.17
Udrenert, nordre side, maks vannstand
Result file : G:\geoarkiv\20210599\STABGRAF.RIT\PROFIL_E2_HOY_VANNSTAND.R15



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Leire, spørbruddmateriale inkl. kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004	-	Plantegning, plassering profiler og borpunkter
Tegning 005-025	-	Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsen presentert i tegning 024. Grunnundersøkelsesdataen er begrenset i området og modellen innebærer derfor store usikkerheter. Beregningene E2S-1 tom. E2S-3 gir likefremt en god idé om effekten av oppdemming etterfulgt av hurtig nedtapping. Profilet er forsøkt tegnet mest ugunstig mht. topografi og lave sikkerhetsfaktorer i naturlig utviklet ravinelandskap er således forventet.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Presenterte beregninger gjelder for situasjonen der dalbunnen er oppdemt med vannn og vannspeilet er i nivå med traktorveien ovenfor bekkelukkingen. Dvs. den høyeste mulige vannstanden i bekken.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	01.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil E2S-2

Status
Original format A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF.RIT\Stabilitetsanalyser og tagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_E2 - Stabanalyser inkl.dwg
Målestokk 1:600

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
01.08.2023	HSk	BGK	HSk
Oppdragsnr. 20210599	Tegningsnr. 045		Rev. 00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.90	8.90	25.0	5.0				
SBM og KL	18.90	8.90	25.0	5.0				

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.90	8.90			C-prof 1.00	0.63	0.35	
SBM og KL	18.90	8.90			C-prof 1.00	0.63	0.35	

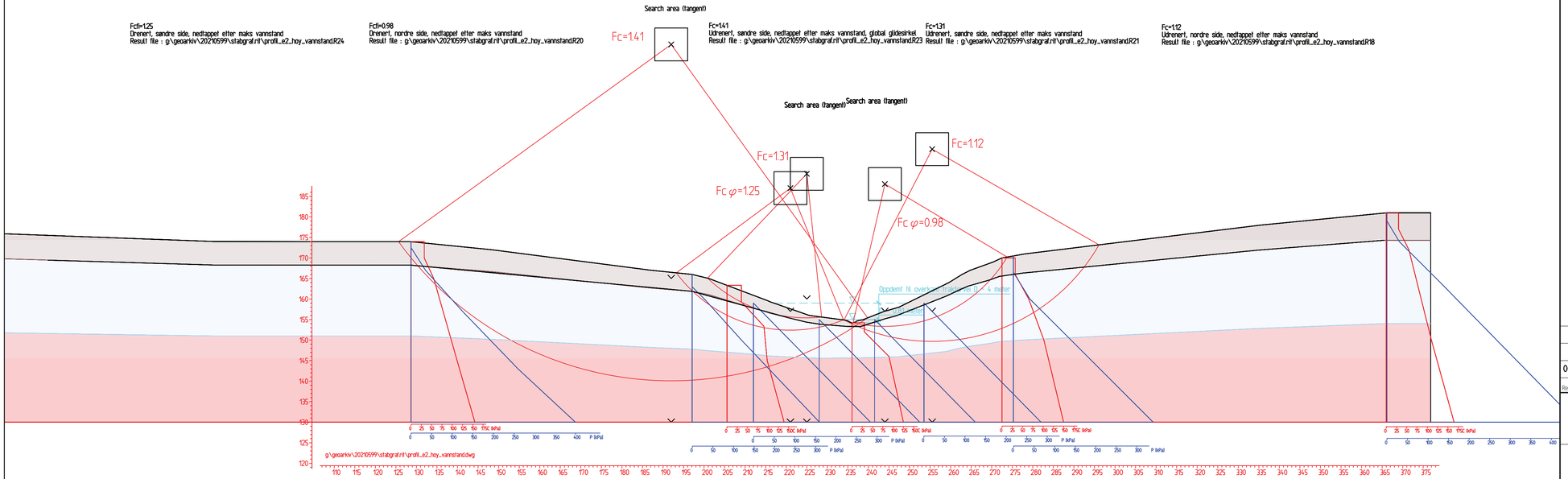
Fcfi=1.25
Drenert, søndre side, nedlappet etter maks vannstand
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.nl\profil_e2_hoy_vannstand.R24

Fcfi=0.98
Drenert, nordre side, nedlappet etter maks vannstand
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.nl\profil_e2_hoy_vannstand.R20

Fc=1.41
Udrenert, søndre side, nedlappet etter maks vannstand, global glidesirkel
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.nl\profil_e2_hoy_vannstand.R23

Fc=1.31
Udrenert, søndre side, nedlappet etter maks vannstand
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.nl\profil_e2_hoy_vannstand.R21

Fc=1.12
Udrenert, nordre side, nedlappet etter maks vannstand
Result file : g:\geoarkiv\20210599\stabgraf.nl\profil_e2_hoy_vannstand.R18



FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Leire
- Leire, spørbruddmateriale inkl. kvikkleire

HENVISNINGER:

Tegning 001-004 - Plantegning, plassering profiler og borpunkter

Tegning 005-025 - Løsmasseprofiler, tolket lagdeling med tilhørende utstrekning av teoretisk løsneområde

BESKRIVELSER:

Løsmasseprofilet er tolket basert på grunnundersøkelsen presentert i tegning 024. Grunnundersøkelsesdataen er begrenset i området og modellen innebærer derfor store usikkerheter. Beregningene E2S-1 tom. E2S-3 gir likefremt en god idé om effekten av oppdemming etterfulgt av hurtig nedtapping. Profilet er forsøkt tegnet mest ugunstig mht. topografi og lave sikkerhetsfaktorer i naturlig utviklet ravinelandskap er således forventet.

Tegningen viser beregnet sikkerhetsfaktor for brudd ved udrenert situasjon (Fcu) (korttidsstabilitet med hurtige lastendringer), og drenert situasjon (Fcφ) (langtidsstabilitet, dvs. der det ikke forventes hurtige lastendringer).

Presenterte beregninger gjelder for situasjonen der dalbunnen har vært oppdemt over lengre tid med oppbygning av grunnvannstrykk i dalsidene, påfulgt av en hurtig nedtapping av vannet.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	Originalt dokument. Oppdatert basert på labresultater.	01.08.2023	HSk	BGK	HSk

Nannestad kommune

Vurdering området Nannestad sentrum vest og Bahus

20210599-04-R
Beregningsprofil
Dagens situasjon, drenert og udrenert tilstand
Profil E2S-3

Status
Original format: A3.2
Tegningens filnavn: G:\geoarkiv\20210599\AUTOGRAF\BT\Stabilitetsanalyser og lagdeling\Stabilitetsanalyser\Profil_E2 - Stabanalyser inkl.dwg
Målestokk: 1:600

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
01.08.2023	HSk	BGK	HSk

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
20210599	046	00

Koordinatsystem: UTM32
Høydemodell: NN2000

Den digitale terrengmodellen (DTM-en) (2020) er hentet fra høydedata.no.

Vedlegg A

GEOTEKNISK PARAMETERTOLKING

Innhold

A1 Inngangsdata i beregningsmodellen **2**
A1.1 Poretrykksforhold 2
A2 Indeksegenskaper **3**
A3 Parametertolking for vurdering av styrke **7**
A3.1 Drenerte styrkeparametere 7
A3.2 Historisk overlagring 9
A3.3 Udrenerte styrkeparametere 13
A4 Referanser **17**

Tegning

Tegning nr. A1 – A10 Tolking, udrenert skjærfasthet (s_u)

A1 Inngangsdata i beregningsmodellen

Vedlegg A presenterer bakgrunn for valg av parametere som er brukt i stabilitets-beregningene. Beregningsmetoden for vurdering av skråningsstabilitet er grense-likevektsmetoden (eng. LEM) og benyttet programvare er Geosuite Stability.

Valg av parametere for stabilitetsberegninger baserer seg både på resultater fra nye og tidligere felt- og laboratorieundersøkelser fra undersøkelsesområdet (se vedlegg A i rapport 20210599-01-R /A1/). Systematikk for navnsetting av borpunkt er inndelt i to: først et prefiks som angir grunnundersøkelsesrapporten det refereres til, og dernest borpunktnummeret i rapporten. For førstnevnte er prefiksene fra vedlegg A i ref. /A1/ opprettholdt, mens nye grunnundersøkelser utført av NGI i 2023 (ref. /A2/) er gitt prefikset «2023».

A1.1 Poretrykksforhold

Poretrykksforhold (grunnvannsforhold) inngår både i stabilitetsberegningene og i tolkingen av hver enkelt trykksondering (CPTU). Estimerte in-situ poretrykks-fordelinger (u_0) er basert på piezometermålinger (PZ) og målinger fra standrør (SR), med data fra rapportene /A2/-/A10/, se Figur 1-1 og Tabell 1-1. For steder hvor poretrykksmålinger (u_0) mangler er benyttede poretrykksfordelinger sett i sammenheng med nærliggende piezometer-data og topografi.

Figur 1-1 Kart over borpunkter med installerte piezometere eller standrør ved Teigebyen.

Tabell 1-1 Poretrykksmålinger fra borpunkter i- eller nært undersøkelsesområdet.

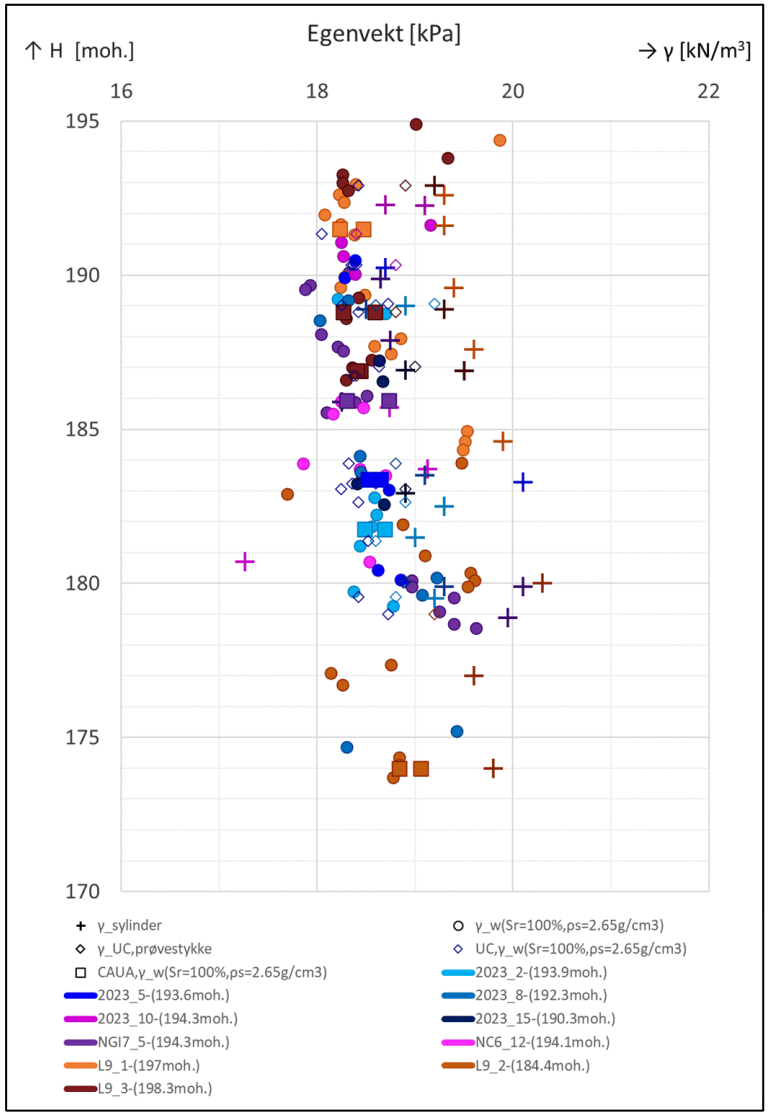
Borpunkt[1]	Terrengnivå	Dybde, (PZ)/SR [2]	Målt pore-trykk (u_0)	Dybde, $GVS_{(hydrostatisk)}$[2]	Høydenivå, $GVS_{(hydrostatisk)}$[2]
[-]	[moh.]	[m]	[kPa]	[m]	[moh.]
2023_14-1	175.2	(7.0)	47	2.2	173.0
2023_14-2	175.2	(17.0)	127	4.1	171.2
NGI7_3-1	195.1	(6.0)	40	1.9	193.2
NGI7_3-2	195.1	(20.0)	165	3.2	192.0
NGI_Øst1_4	194.1	7.5	35	3.9	190.2
NGI_Øst1_5	187.1	5.0	54	-0.5	187.6
L2_8	179.8	8.0	46	3.3	176.5
L6_1	194.4	6.0	20	4.0	190.4
L9_1-1	196.8	5.0	37	1.2	195.6
L9_1-2	197.0	12.0	103	1.5	195.5
L9_6	199.7	6.0	40	1.9	197.8
L9_13	197.3	7.0	67	0.2	197.1
L12_1	198.5	(5.0)	44	0.5	198.0
L12_2-1	197.7	(5.0)	47	0.2	197.5
L12_2-2	197.7	(14.0)	130	0.7	197.0
L12_3	197.2	(5.0)	39	1.0	196.2
L13_1	194.2	4.0	26	1.4	192.8
NC1_7	195.8	6.0	34	2.6	193.2
NC1_10	194.8	6.0	40	1.9	192.9
NC1_11	194.1	6.0	40	2.0	192.1
VSO3_2	195.1	5.0	30	2.0	193.1

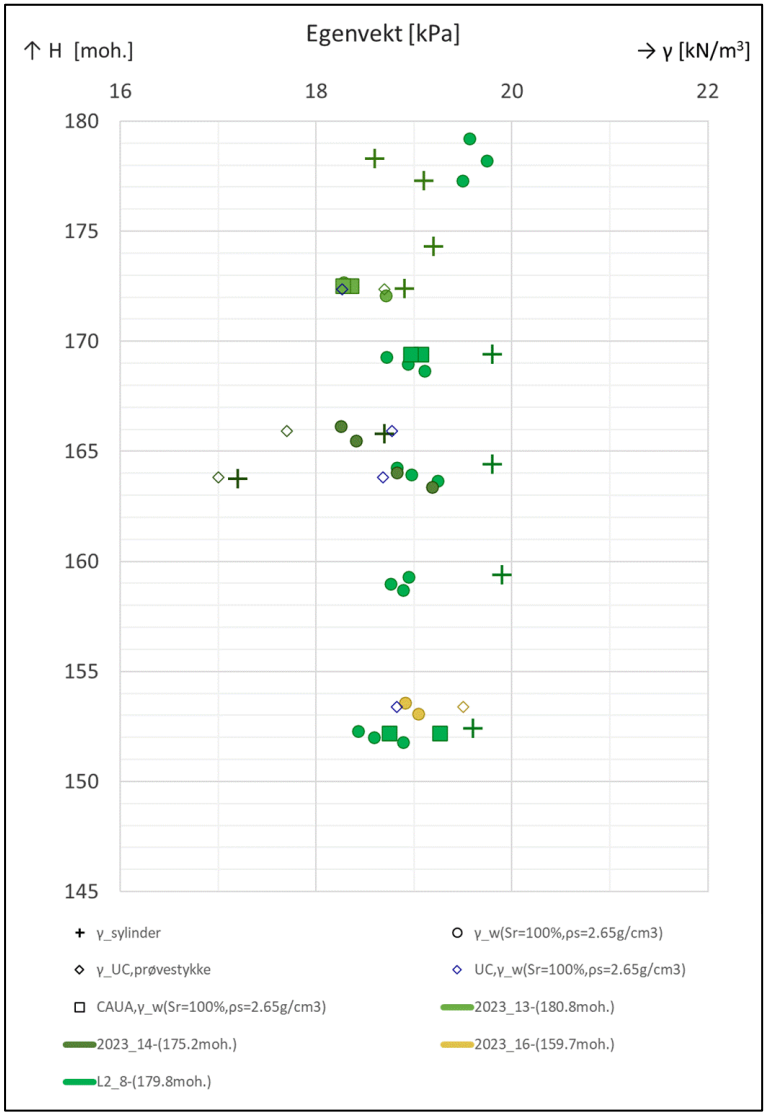
[1] Systematikk borpunktreferanser: «prefiks _ borpunkt - måler nr.»
[2] PZ = Piezometer, SR = Standrør, GVS = Grunnvannstand

A2 Indeksegenskaper

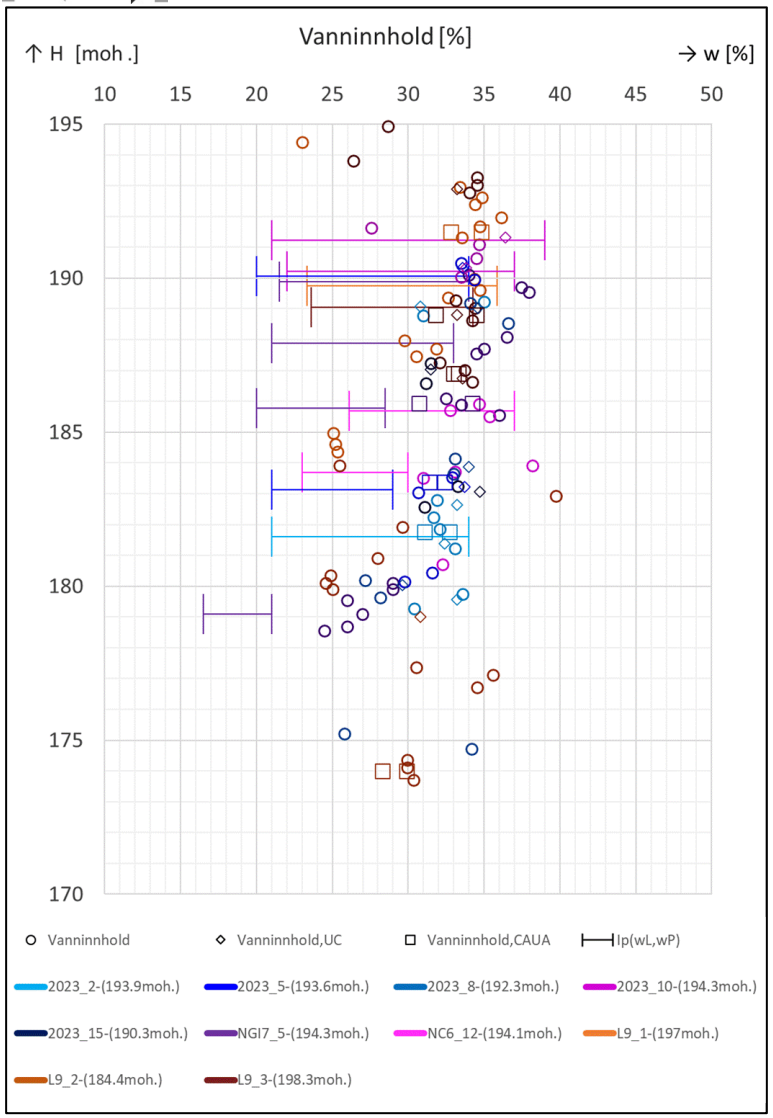
På neste side presenteres samleplott av målt- og utledet tyngdetetthet (γ), hvorav sistnevnte er basert på målinger av vanninnhold og en antatt korndensitet (ρ_s) på 2.65 g/cm^3 (for norske leirer varierer (ρ_s) typisk mellom 2.6-2.7 g/cm^3). På den påfølgende siden presenteres samleplott av konsistensgrensene (w_p, w_L) og vanninnhold (w). Resultatene er tegnet etter høydenivå. Samleplottene med høydenivå viser grupper av borpunkt, og etterfølges av to samleplott hvor alle borpunkt er inkludert med dybdevis framstilling.

Benyttet tyngdetetthet i beregningene differensieres noe i de ulike profilene, og oppgis alltid i beregningstegningene (tegning 026-046). Fra figurene kan man se at tyngdetettheten har en generell trend med økning de øverste 15 meterne.

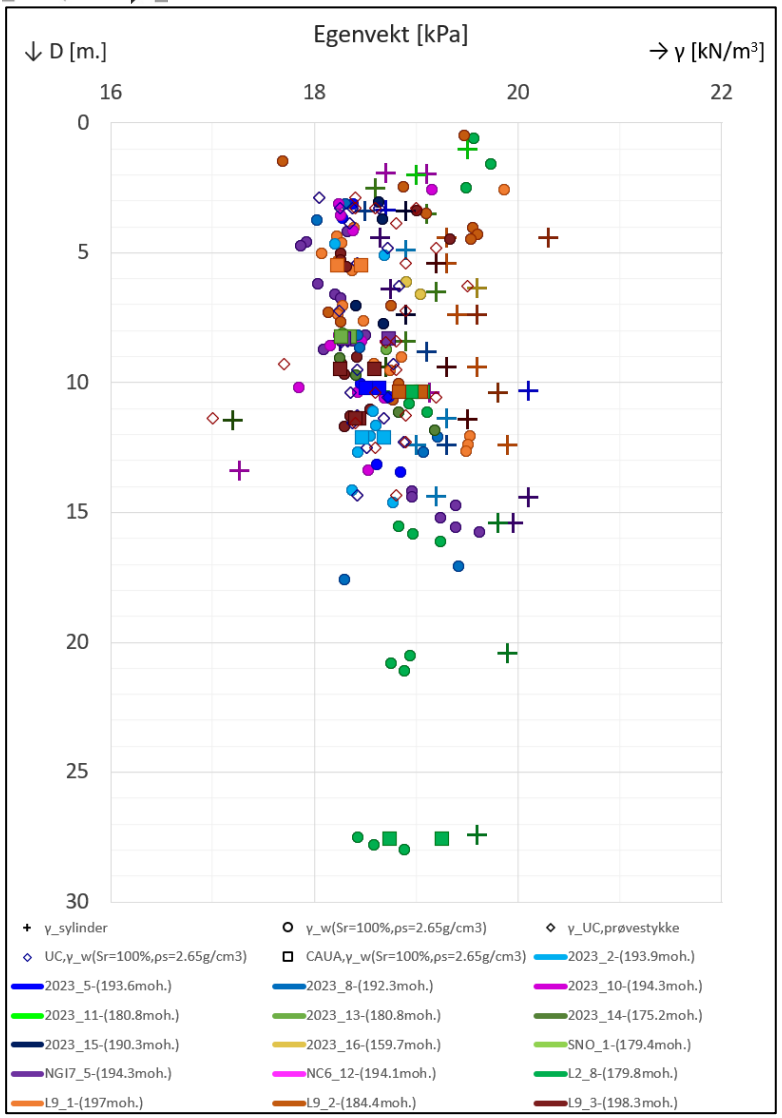


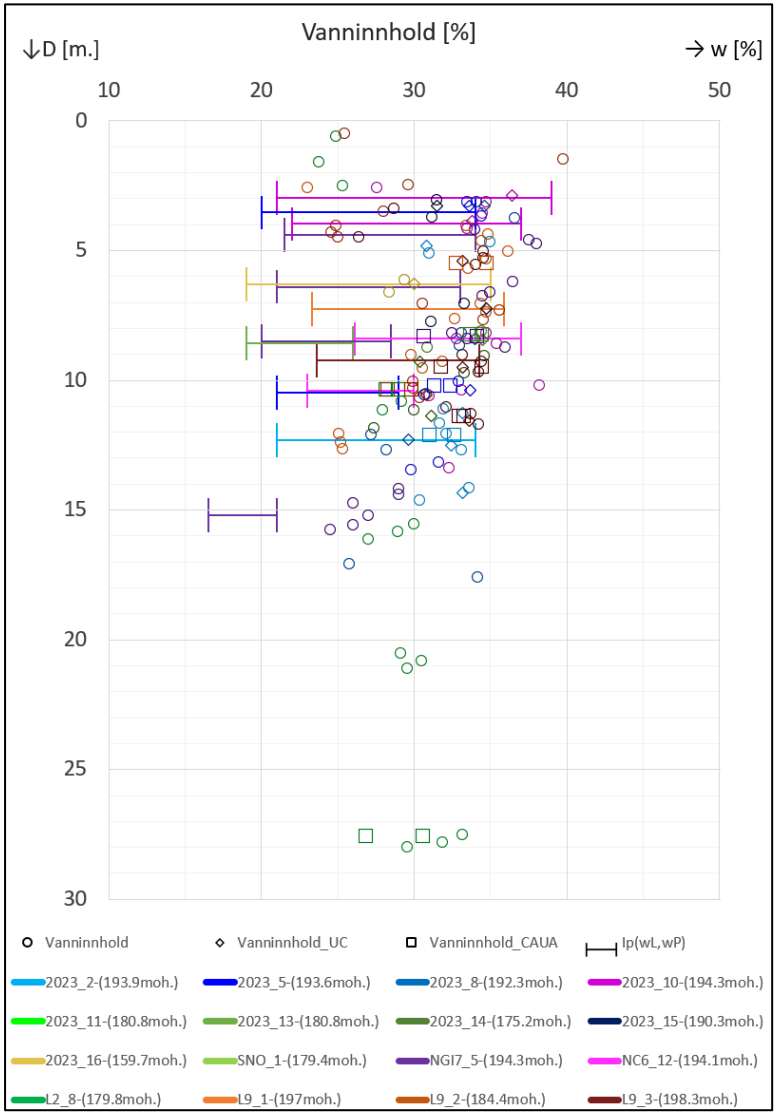


Figur 2-1 Egenvekt (γ) basert på 1) volum og masse av A) sylindre og B) enaks-prøvestykker (UC), og 2) estimert γ basert på vanninnhold-resultater og antatt korndensitet på 2.65 g/cm³ (dette inkluderer resultater fra UC og CAUA). Obs: Alle resultater basert på vanninnhold i enaks-prøvestykker er ensfarget blå.



Figur 2-2 Plastisitets- og flytegrense (w_P og w_L) og vanninnhold (w). Sistnevnte inkluderer resultater fra enaks- og treaks-prøvestykker (hhv. UC og CAUA).





Figur 2-3 Dybdevis fremstilling av alle prøveresultater for tyngdetetthet/egenvekt (venstre) og konsistensgrenser og vanninnhold (høyre).

A3 Parametertolking for vurdering av styrke

A3.1 Drenerte styrkeparametere

Drenerte styrkeparametere for leire er basert på treaksiale aktive trykkforsøk (CAUA) fra rapportene /A2/-/A4/ og /A6/ (hhv. rapportprefikser: 2023, NGI7, L2 og L9), presentert i Figur 3-2. Sylinderdiameter på prøvene fra /A2/ og /A3/ var 72 mm, mens øvrige prøver hadde diameter lik 54 mm. Ved valg av friksjonsvinkel (φ') og kohesjon (c') er det generelt ikke differensiert mellom «leire» og «leire med sprøbrudd-egenskaper» (SBM), herunder også kvikkleire (KL), da det er liten variasjon i tolket (φ') og (c').

Figur 3-1 Drenerte styrkeparametere benyttet i beregninger.

Materiale	Friksjonsvinkel (ϕ') [°]	Kohesjon (c') [kPa]
Leire	25	5
Tørrskorpe	30	0
Motfyllinger	35	0
Tidligere fylling på Bahus	25	0

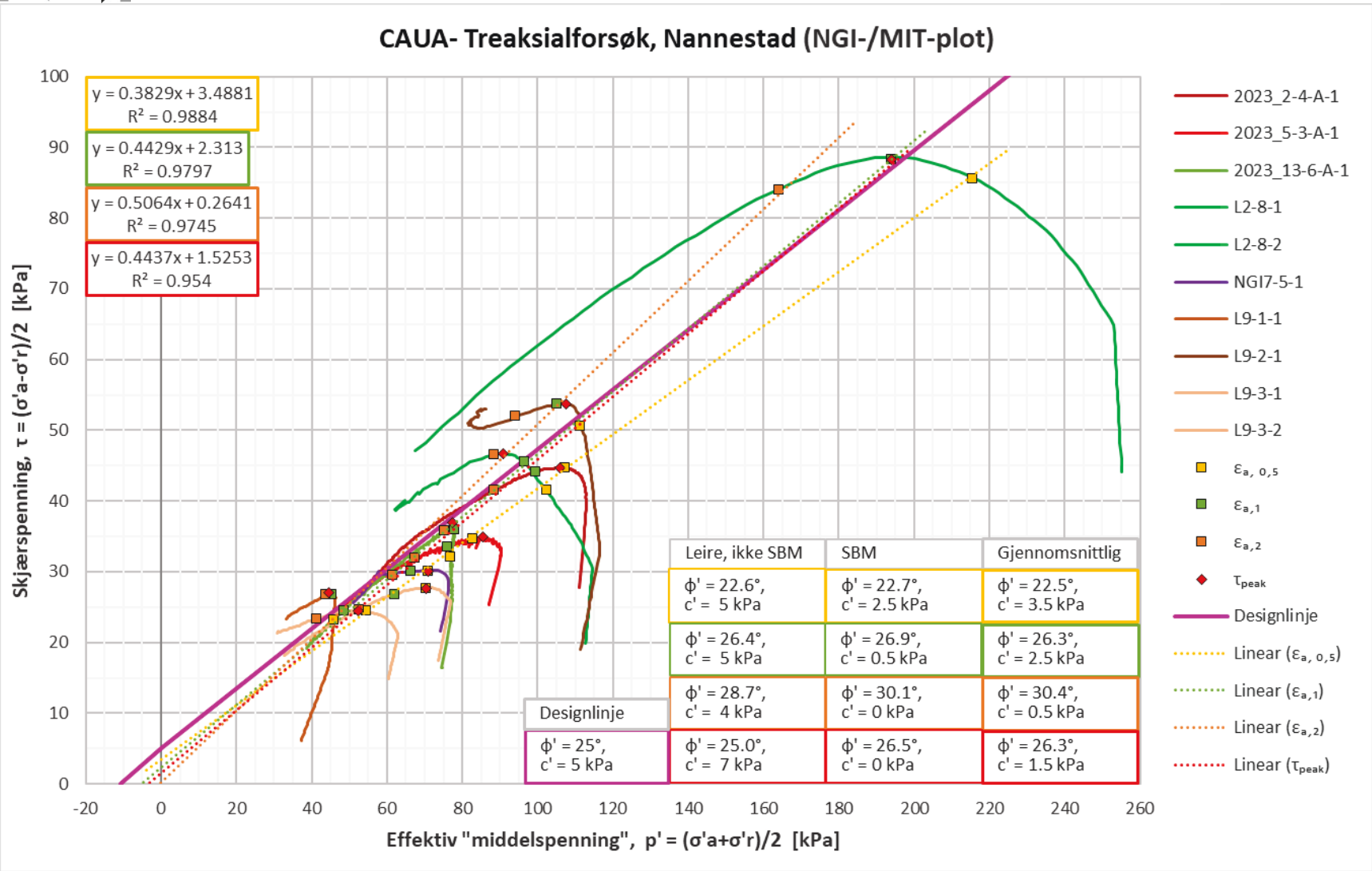
Verdier for tørrskorpeleire er noe lavere enn erfaringsverdier tilsier (/A11/, /A12/), men jf. NVEs veileder 1/2019 /A13/ anses dette å ta høyde for mulig oppsprekking i tørrskorpelag.

Det er i modellering tatt utgangspunkt i at motfyllingene vil bestå av noe arronderte masser (f.eks. tørrskorpe fra avlasting av skråningstopp) og tilførte grove drenerende fyllmasser (sprengstein ol.). Det er derfor benyttet en middelverdi for de to materialene: tørrskorpe som gitt i Tabell 3-1, og sprengstein jf. veiledende verdi i tabell 2-21 i Statens vegvesens håndbok V220 /A14/, dvs. φ' = 42° og c' = 0-10 kPa.

Drenerte parametere for den tidligere fyllingen (ukjent innhold, muligens bl.a. arronderte masser (leire mm.)) på Bahus er satt lik φ' = 25° og c' = 0 kPa i beregningene. Til sammenligning er foreslåtte verdier for avfall i artikkelen av Stark et al. (2008, /A15/), ved bruddtøyning lik 10% (dette er en høy bruddtøyning relativ til leirer og SBM):

- φ' = 35° og c' = 6 kPa for $\sigma'_v < 200$ kPa
- φ' = 30° og c' = 30 kPa for $\sigma'_v < 500$ kPa

De valgte parameterne er trolig noe lavere enn realistisk, og anses følgelig å være på forsiktig side.



Figur 3-2 Aktive udrenerte treaksiale trykkforsøk fra Nannestad. Benyttet inngangsparameter for leire i grenselikevektsbetraktninger er angitt som «designlinjen». Presenterte «trendlinjer» (stiplet) er gjennomsnittlige verdier for leire inklusivt SBM.

A3.2 Historisk overlagring

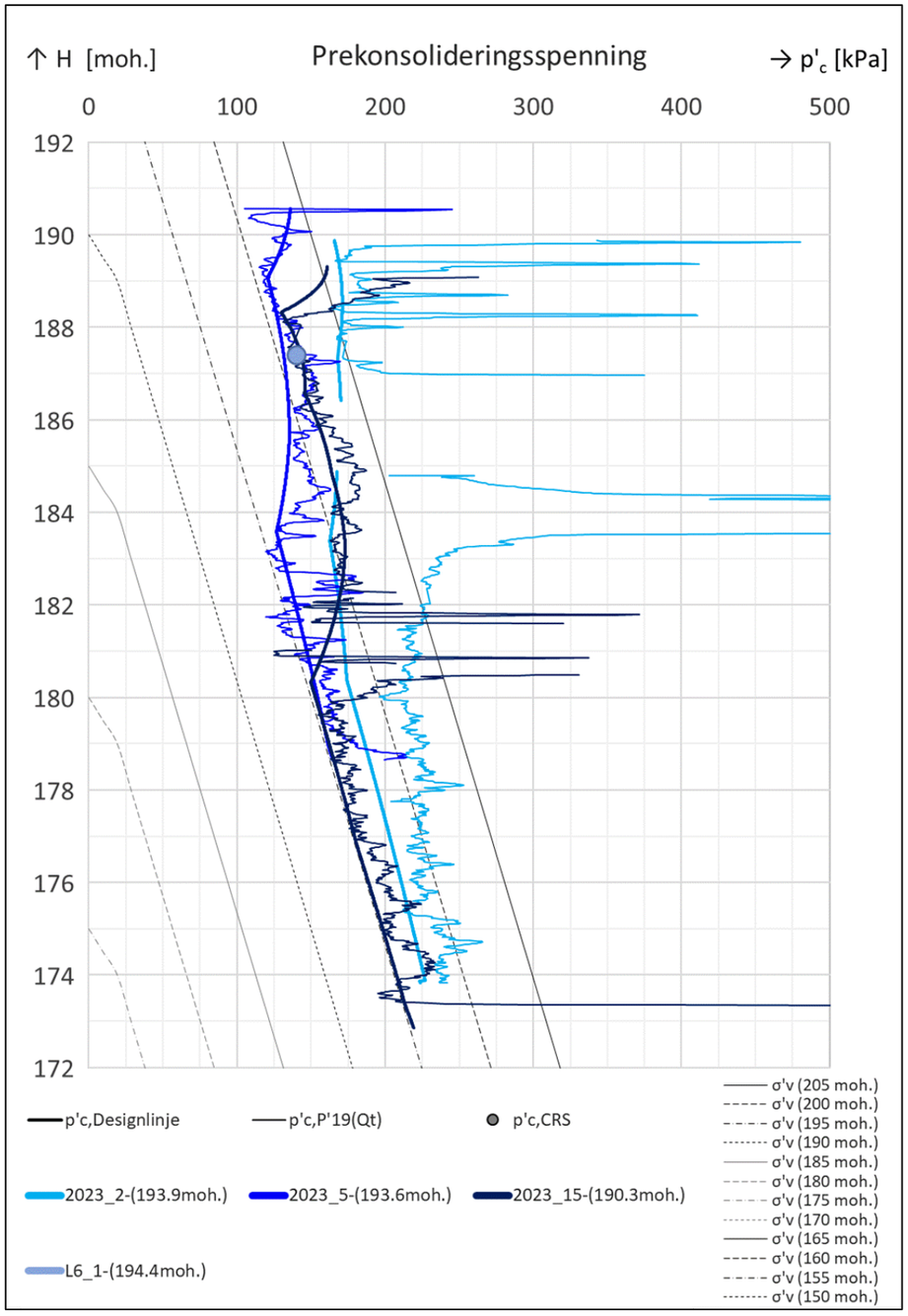
Lasthistorikken til leirer har stor innvirkning på leirens mekaniske egenskaper. Lasthistorikken kan beskrives ved f.eks. overkonsolideringsforholdet (OCR) som angir forholdet mellom den maksimale effektivspenningen leiren har gjennomgått, angitt som prekonsolideringsspenningen (p'_c), og den nåværende effektivspenningen ($\sigma'_{v,0}$). Aspektet ved lasthistorikk er i dette vedlegget heller presentert ved prekonsolideringsspenningen (p'_c) fremfor (OCR) da sammenhengen mellom historisk overlagring, nåværende terrengnivå og felt- og labresultater er tydeligere.

A3.2.1 Samleplott: (p'_c) med høydenivå

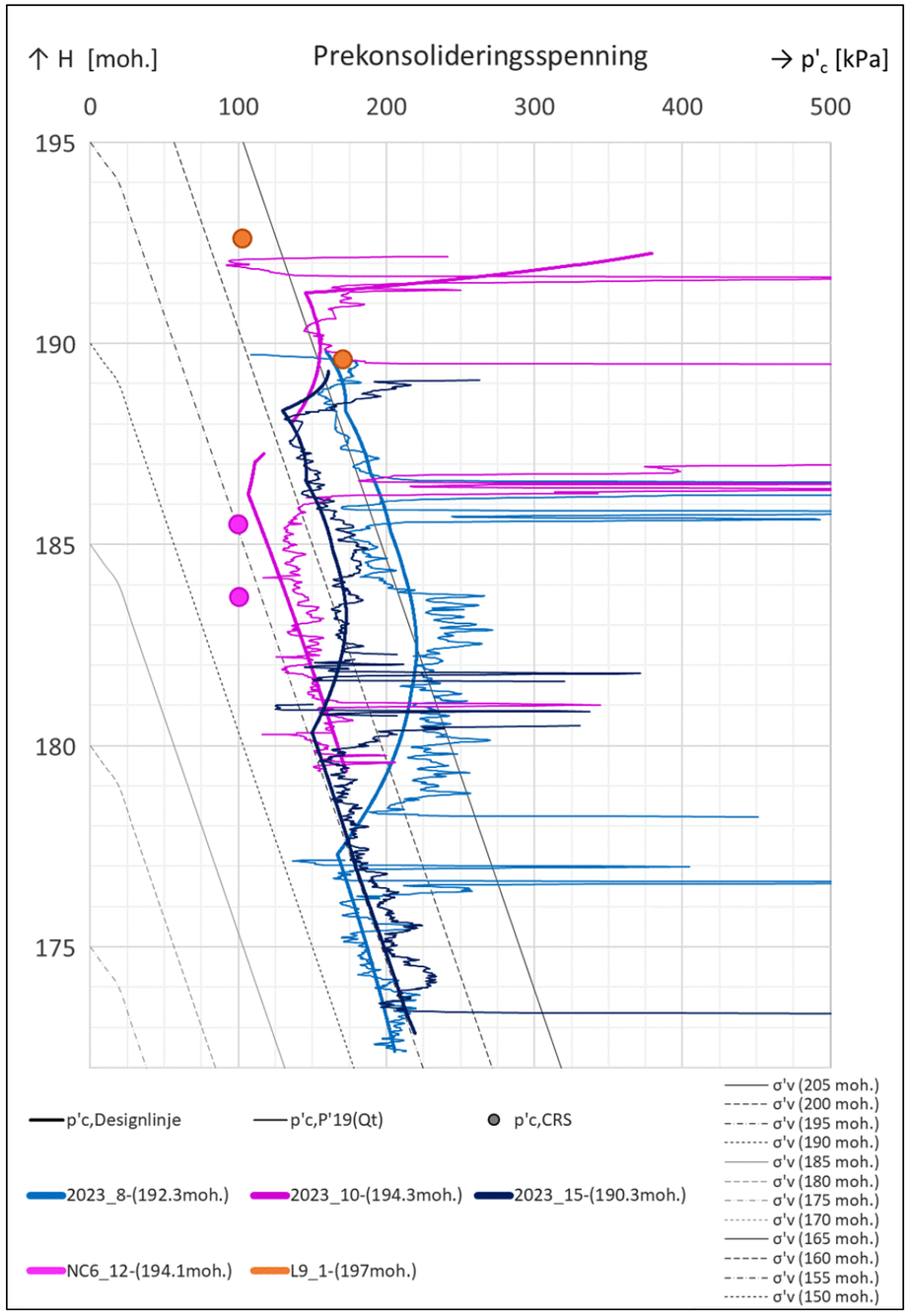
Bedømmelsen av prekonsolideringsspenningen er i hovedsak basert på tre CPTU-korrelasjoner: korrelasjon nr. 11 i artikkelen av Paniagua et al. (2019, /A16/) heretter angitt som «p'c,P'19(Qt)», samt CPTU-korrelasjonene i Figur 15 og Figur 16 i artikkelen av Karlsrud et al. (2005, /A17/). I foreliggende dokument presenteres kun én korrelasjon i samleplottene for å gjøre figurene mer oversiktlige. Den førstenevnte korrelasjonen er valgt da resultatene i de to sistnevnte korrelasjonene varierer betydelig med sensitiviteten (S_t) (som er brukerdefinert), mens korrelasjonen «p'c,P'19(Qt)» typisk gir en middelverdi av de andre korrelasjonene, samtidig som den har en trend som konvergerer mot et OCR-nivå litt over 1 som samstemmer godt med den geologiske historien i området.

På de neste sidene presenteres samleplott med tolket prekonsolideringsspenning (p'_c) fra CPTU-data og fra labtester (hhv. ref. /A2/, /A3/; og /A3/, /A5/, /A6/, /A18/). Referanselinjer for effektivspenning for gitte terrengnivå er også presentert i bakgrunnen. Referanselinjer er basert på egenvekt (γ) på 19 kN/m^3, hydrostatisk poretrykksfordeling og grunnvannstand (GVS) en meter under terrengnivå. Overkonsolideringsnivået (OCR) som inngår i tolkingen av udrenert skjærfasthet (s_u) er presentert ved prekonsolideringsspenningen (p'_c) og betegnes som «Designlinje» i grafene.

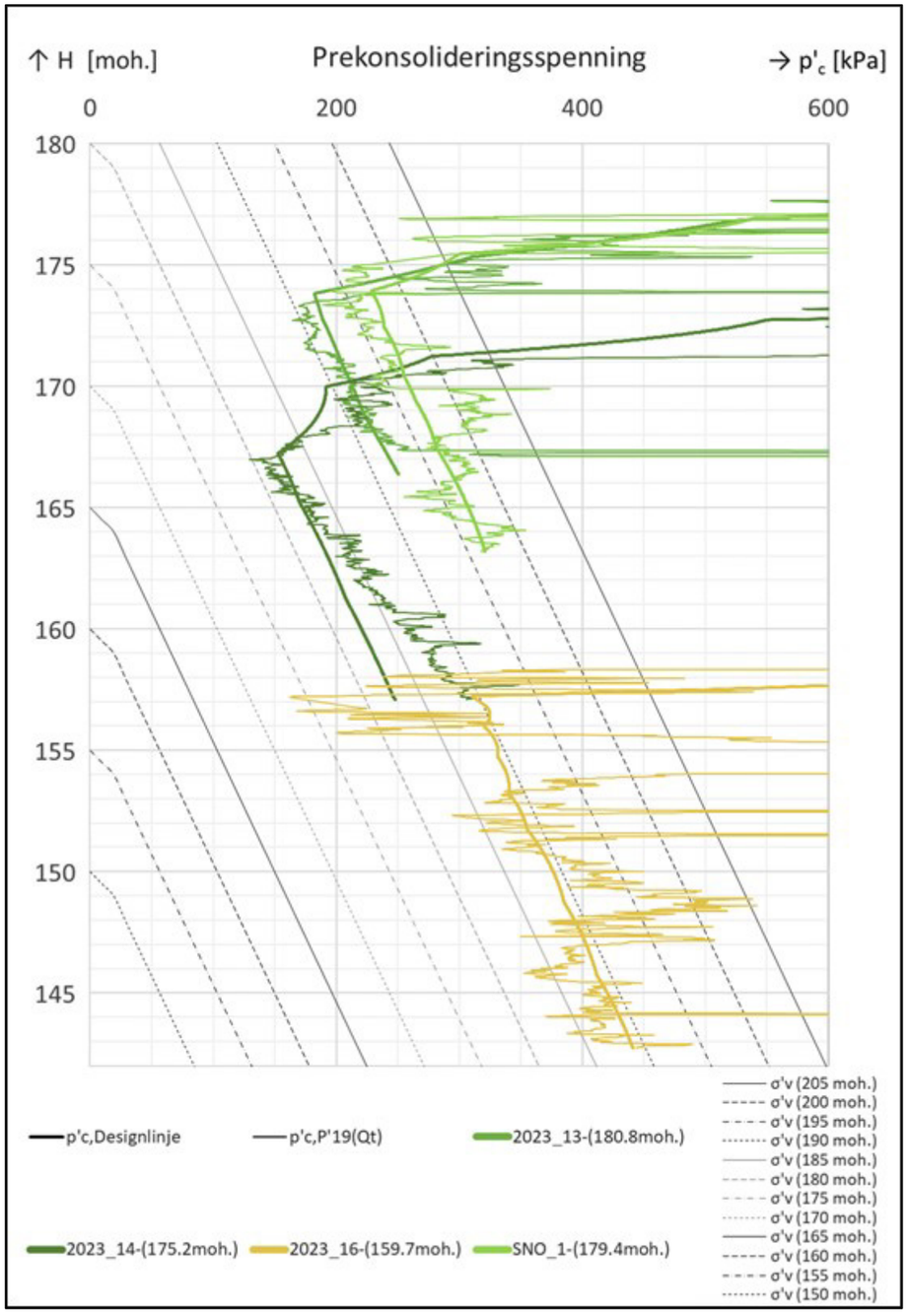
Tegnforklaringen er inndelt i tre: til høyre vises tegnsetting for referanselinjene, til venstre angir de første symbolene (punkt- og linjetyper) hvilken data som presenteres per borpunkt, etterfulgt av fargekodene for de ulike borpunktene.



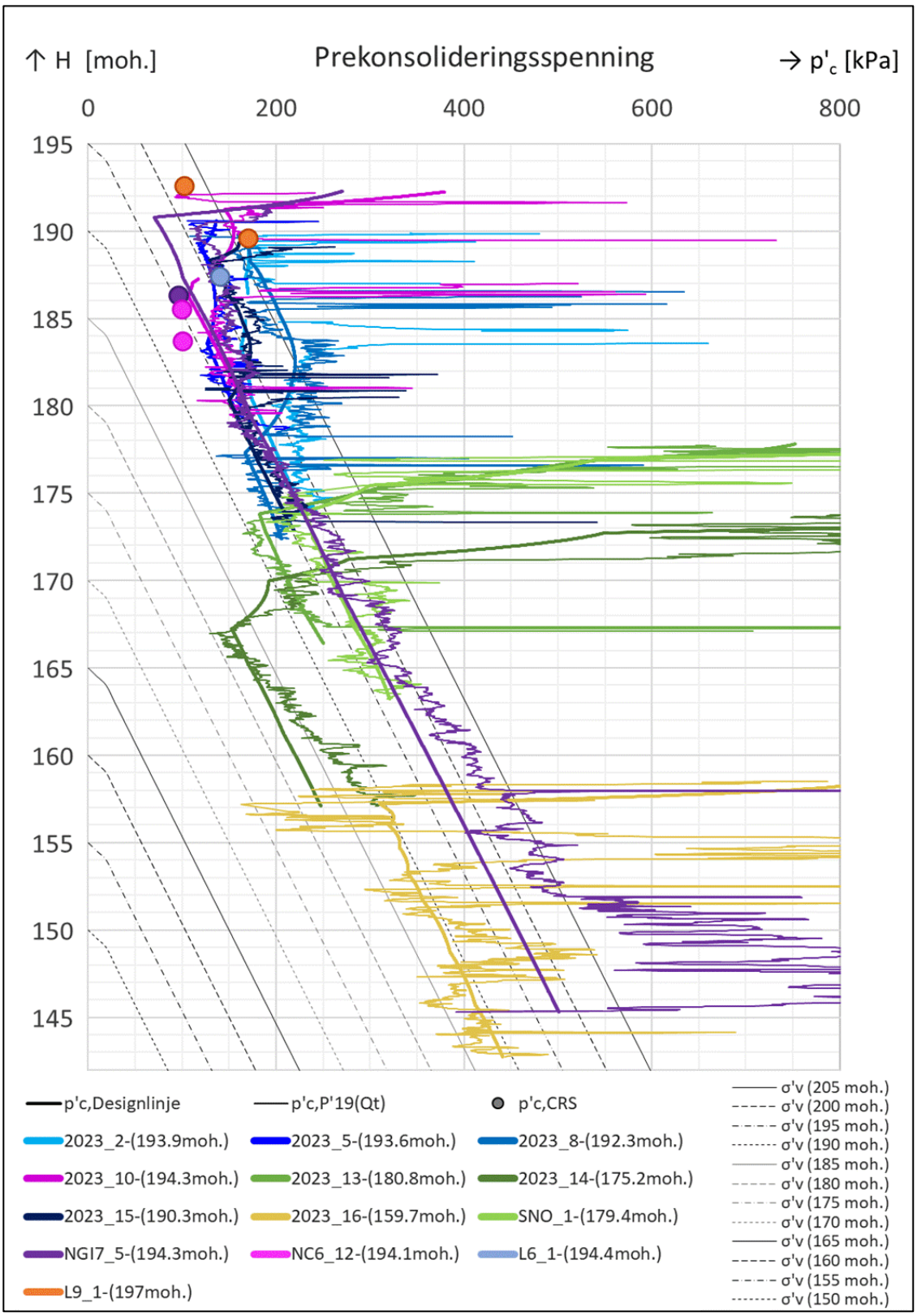
Figur 3-3 Benyttede designlinjer for (p'_c), CPTU-korrelert (p'_c) og (p'_c) tolket fra CRS, sørvest i undersøkelsesområdet. Effektivspenningsnivå (σ'_v) som funksjon av terrengnivå er presentert som referanselinjer.



Figur 3-4 Benyttede designlinjer for (p'_c), CPTU-korrelert (p'_c) og (p'_c) tolket fra CRS, nordøst i undersøkelsesområdet. Effektivspenningsnivå (σ'_v) som funksjon av terrengnivå er presentert som referanselinjer.



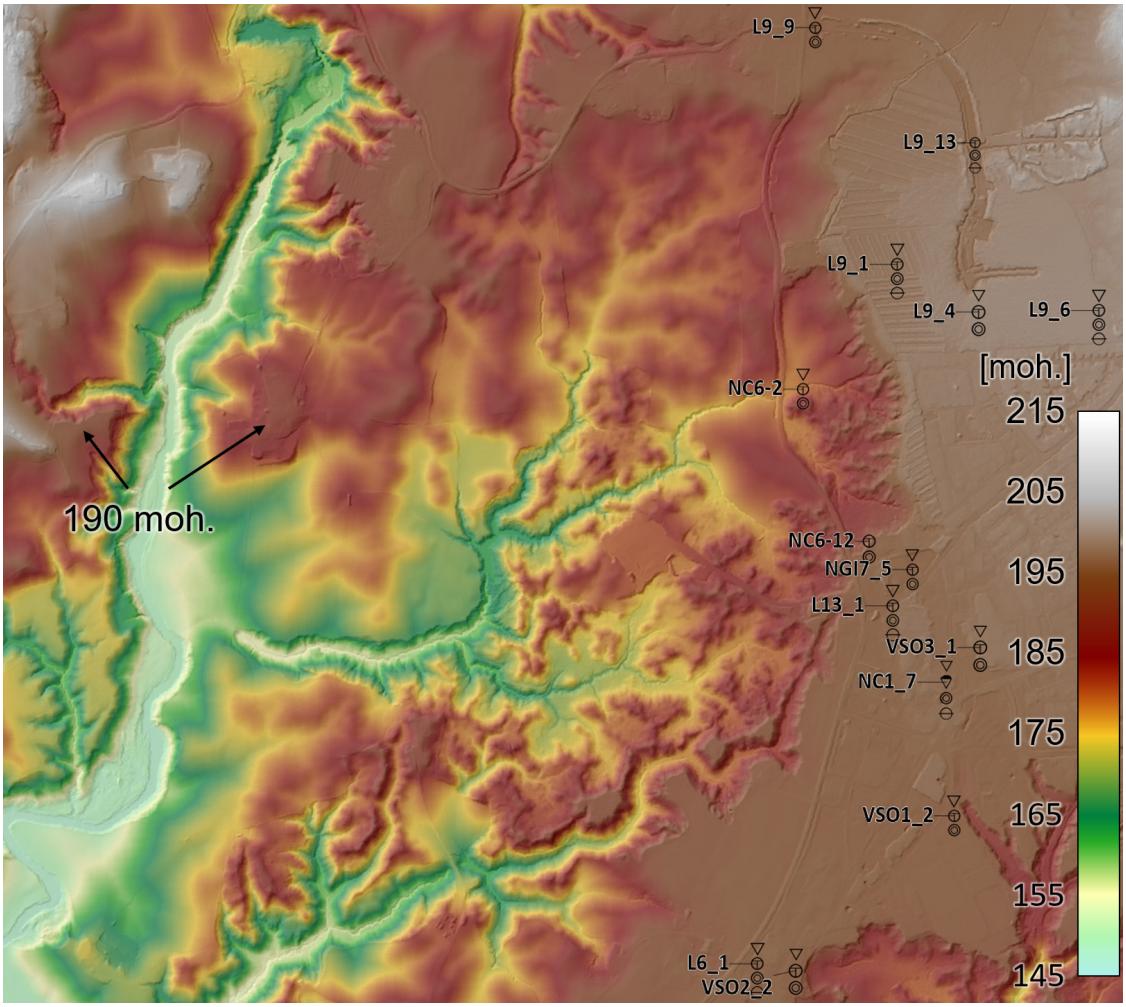
Figur 3-5 Benyttede designlinjer for (p'_c), CPTU-korrelert (p'_c) og (p'_c) tolket fra CRS, vest i undersøkelsesområdet. Effektivspenningsnivå (σ'_v) som funksjon av terrengnivå er presentert som referanselinjer



Figur 3-6 Samleplott (p'_c) korrelert med CPTU-data, tolket fra CRS og valgte designlinjer. Alle CPTU-borpunkt er presentert.

A3.2.2 Historisk terrengnivå

For siste del av parametertolkingen, ved vurderingen av udrenert skjærfasthet (s_u) (kap. A3.3), benyttes tidligere terrengnivå som inngangsparameter. Det tas utgangspunkt i at det forhistoriske platålanskapet ved undersøkelsesområdet har hatt en maksimal høyde på omtrent 197 moh. For å være på forsiktig side, er differansen mellom maksimal historisk høyde ($H_{historisk,maks} \approx$ 197 moh.) og dagens terrengnivå H, trukket fra 20% i beregningene. Da samstemmer de enkeltvise (s_u)-profilene per borpunkt bedre med generelle referanselinjer tegnet hver femte meter.



Figur 3-7 Kart med høydenivå på terrengoverflate for området mellom Leira og Teigebyen vest, illustrert med fargegradient. Borpunkt hvor det er tatt opp prøver med påfølgende ødometerforsøk er også markert.

A3.3 Udrenerte styrkeparametere

A3.3.1 Udrenert skjærfasthet (s_u)

For bedømmelse av udrenert skjærfasthet er det tegnet opp grafer for (s_u) med resultater fra laboratorieforsøk (konusforsøk (fc), enaks- (UC) og treaksforsøk (CAUA)), samt CPTU-korrelasjoner for (s_u). Blant benyttede CPTU-korrelasjoner er to hentet fra artikkelen av Karlsrud et al. (2005, /A17/), angitt som:

- «s_u,NΔu» (korrelasjon 2 og 7a/7b i artikkelen) og
- «s_u,Nkt» (korrelasjon 3 og 8a/8b);

samt en CPTU-korrelasjon hentet fra Paniagua et al. (2019, /A16/) angitt som:

- «s_u(P'19(qnet,IP,w))» (korrelasjon 1).

Resultatene presenteres samlet i gruppevise fremstillinger i Figur 3-8 til Figur 3-12 mot kotehøyde, og enkeltvis per borpunkt i figur A1 til A10 mot dybde under terreng. For enkeltboringene er korrelasjonene supplert med linjer for teoretisk estimert skjærfasthet (s_u):

1) for normalkonsoliderte leirer ("NC"-linje), og
2) basert på SHANSEP-prinsippet (Ladd & Foott, 1974 /A19/) (eng. «Stress History and Normalised Soil Engineering Properties»).

SHANSEP-prinsippet baserer seg på at leirers skjærfasthet endres med leirens lasthistorikk (tidligere overlagring eller avlasting) og er gitt ved sammenhengen:

$$\{4\} \qquad s_u/\sigma'_v = \alpha \cdot OCR^m$$

Der (α) og (m) er kurvetilpasningsfaktorer som varierer for ulike avsetninger. For norske leiravsetninger er (α) og (m) typisk lik hhv. 0.28-0.32 og 0.6-0.9 /A17/. For vurdering av redusert skjærfasthet som følge av avlasting er formelen {4} supplert og omformulert noe (NVEs veileder nr. 1/2019 /A13/):

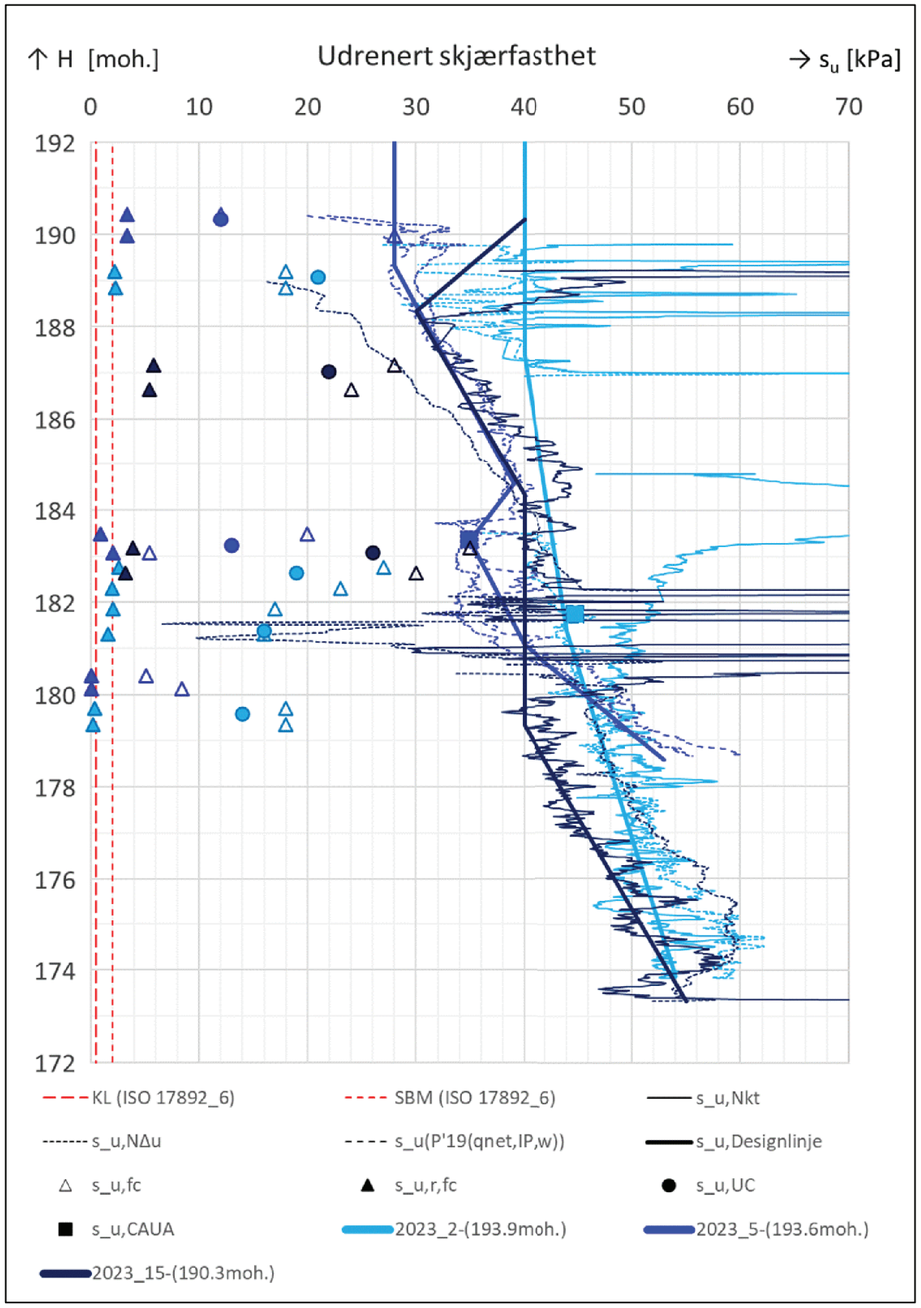
$$\{5\} \qquad s_{u,etter} = s_{u,før} \,/\, \left(\sigma_{v,før}/\sigma_{v,etter}\right)^{1-m}$$

Med grunnlag i ovennevnte metoder er det valgt skjærfasthetsprofiler som benyttes i modelleringen i Geosuite. Profilene er angitt som «s_u,Designlinje» i figurene (A1-A10, og 3-8 til 3-12). Tegnforklaringen i figurene er inndelt i to: de første symbolene (punkt- og linjetyper) angir hvilken data som presenteres per borpunkt, etterfulgt av fargekodene for de ulike borpunktene.

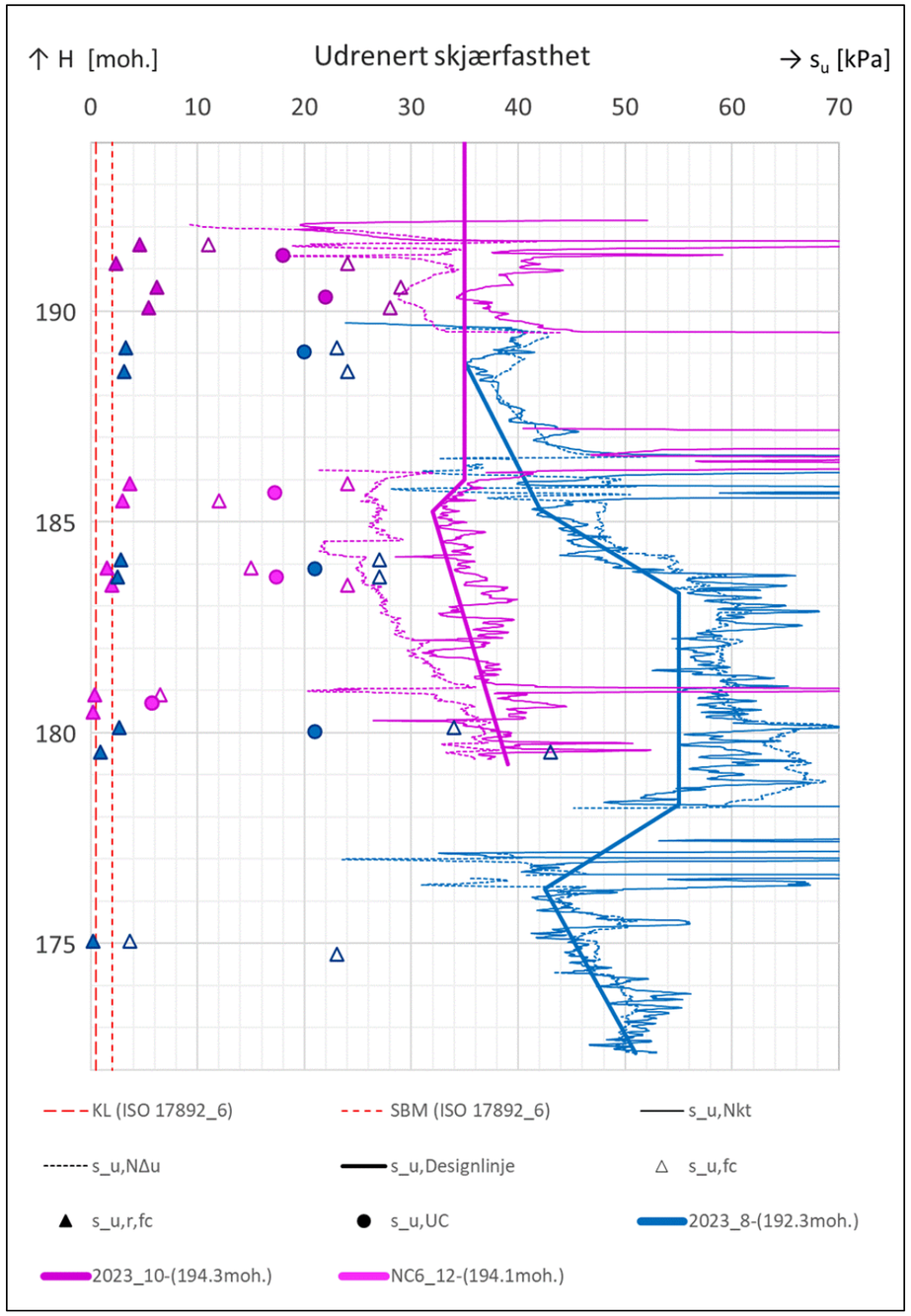
Der grunnundersøkelsesdata mangler er (s_u) sett i sammenheng med 1) tolket (s_u) i nærmeste boringer, samt 2) teoretisk estimert (s_u) basert på SHANSEP. Det gjelder eksempelvis ved A) større dybder enn utførte boringer, eller B) distanser borte fra utførte grunnundersøkelser. I Figur 3-13 presenteres teoretiske skjærfasthetsprofiler basert på SHANSEP-prinsippet (svarte til grå stiplede kurver) sammen med designlinjene for tolket (s_u). Benyttede SHANSEP-parameterverdier er α = 0.3 og m = 0.7, mens historisk spenningsnivå følger beskrivelsen i forrige kapittel, A3.2.2.

Merknad

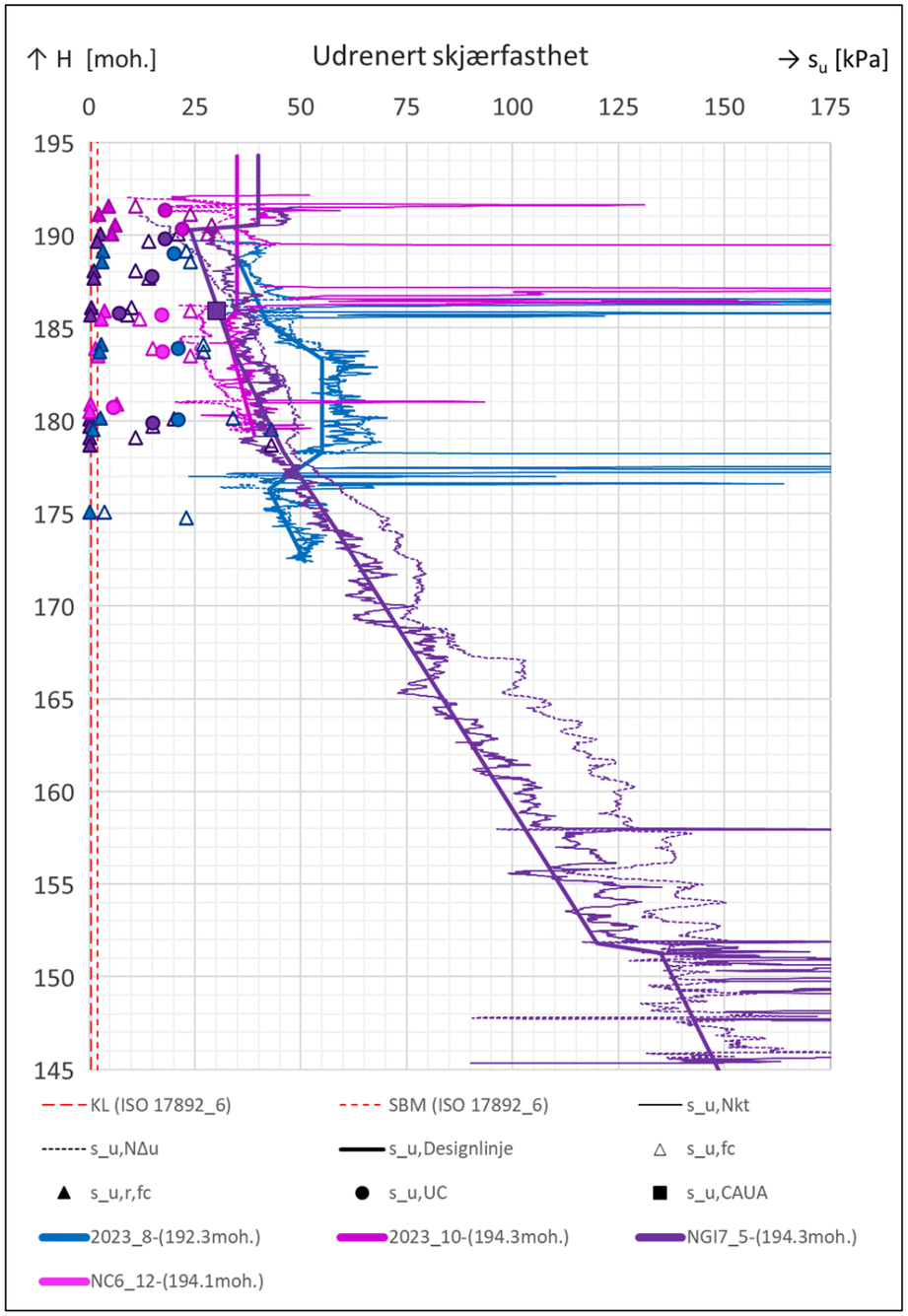
Benyttede designverdier og resultater fra CAUA avviker noe for borpunkt 2023_2 og 2023_13 da det er indikasjon på at konsolideringsspenningen for forsøkene henholdsvis var litt for høy og litt for lav.



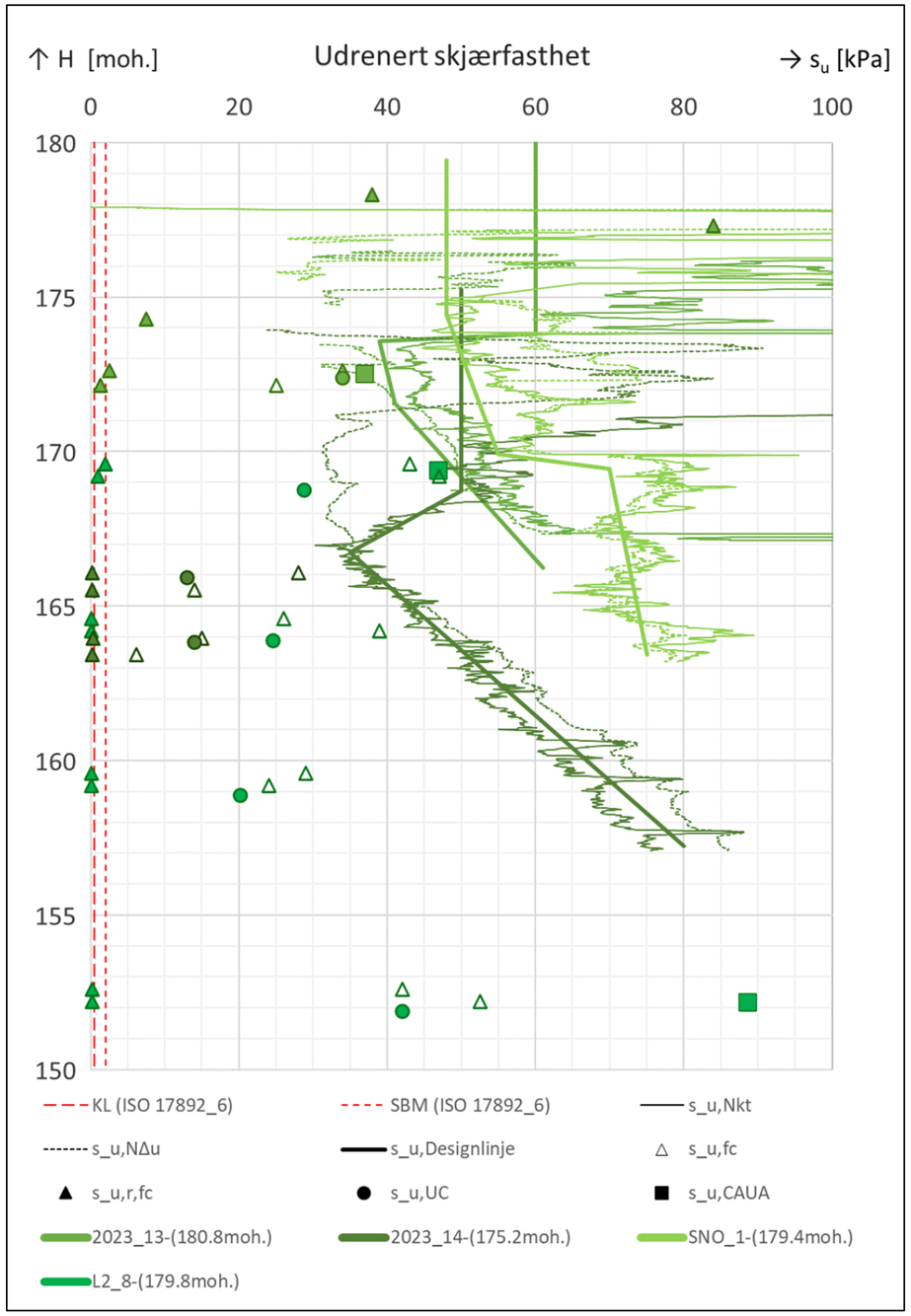
Figur 3-8 Samling CPTU-korrelasjoner og labresultater, sør i undersøkelsesområdet.



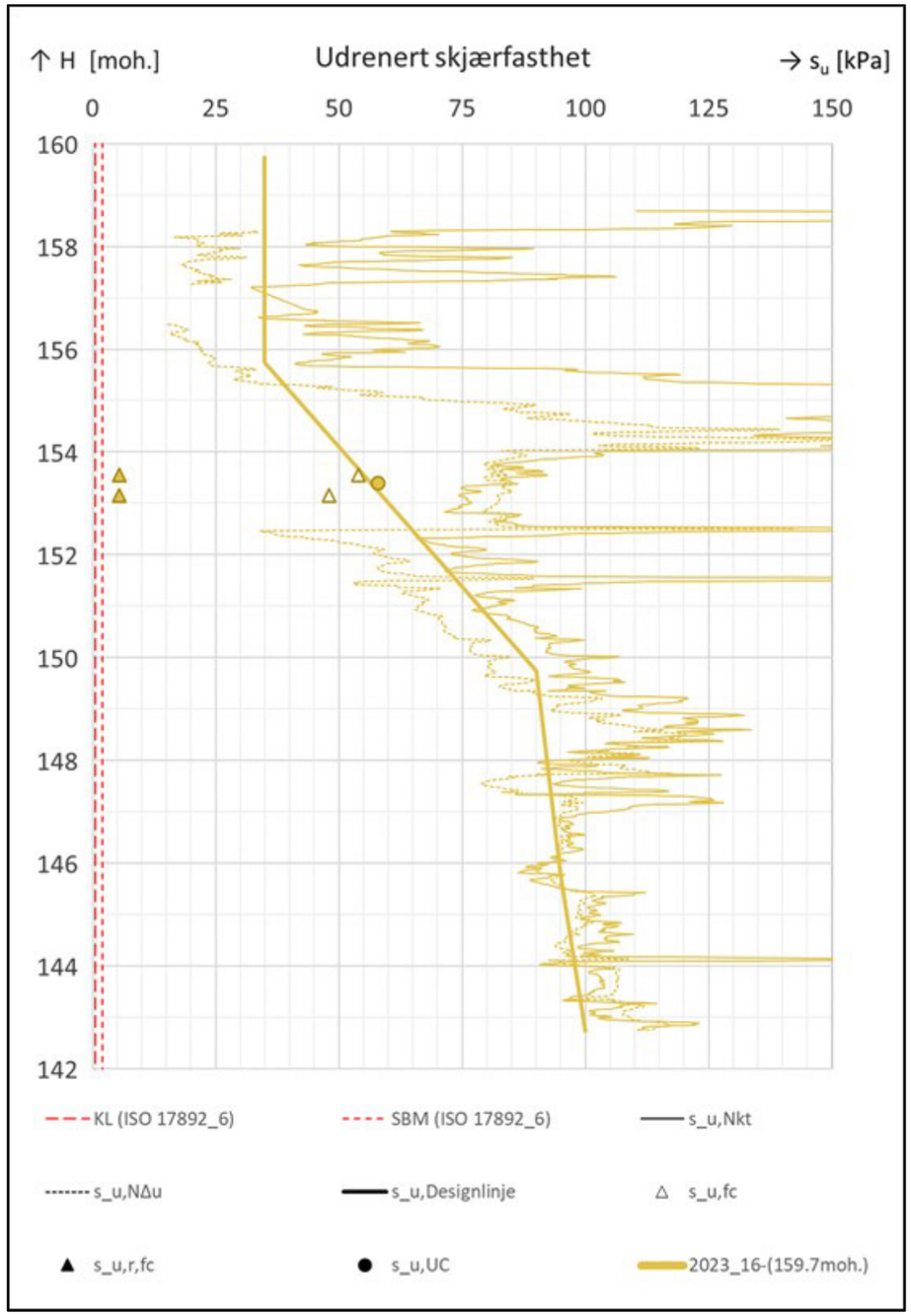
Figur 3-9 Samling CPTU-korrelasjoner og labresultater, nordøst i undersøkelsesområdet.



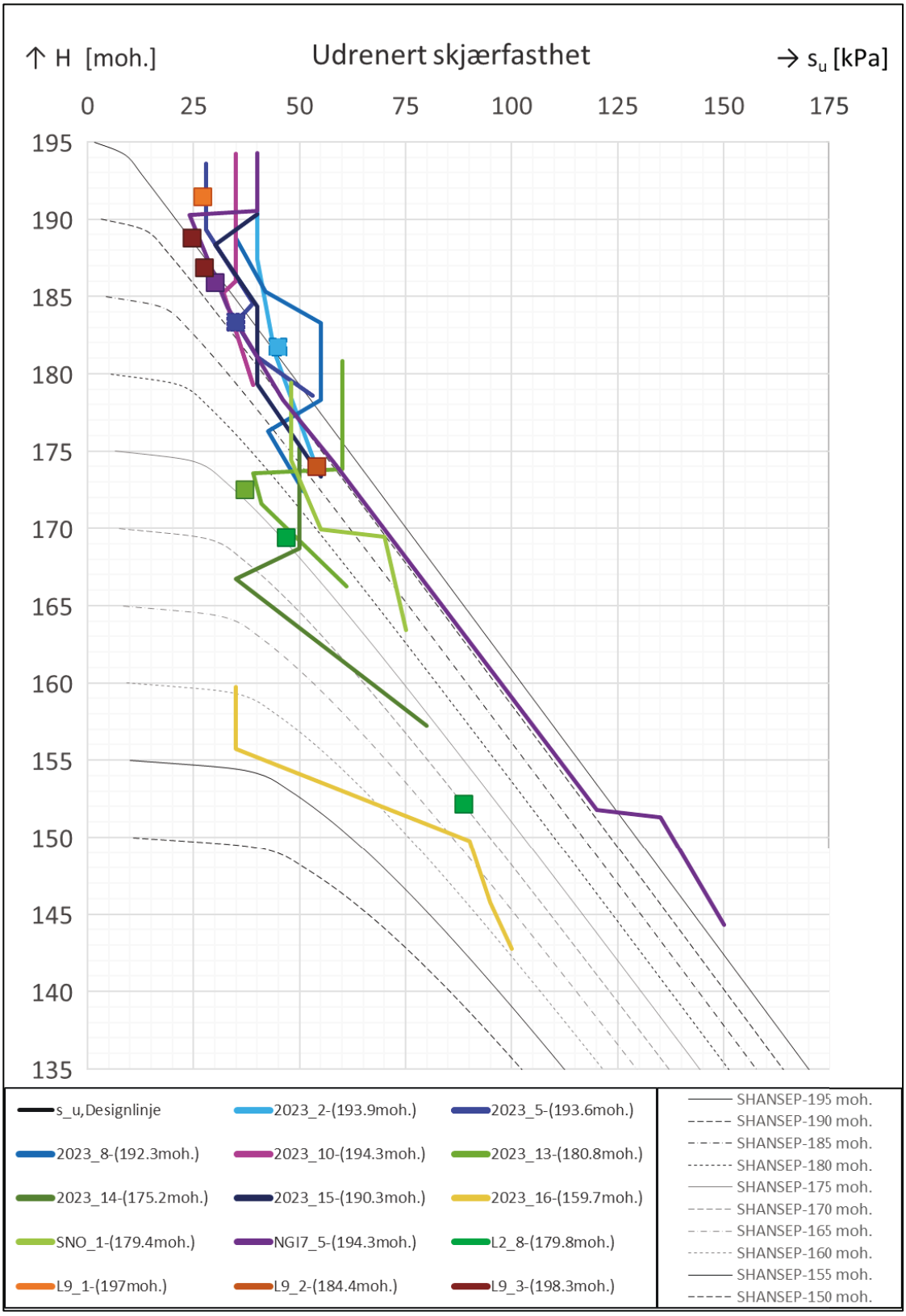
Figur 3-10 Samling CPTU-korrelasjoner og labresultater, nordøst i undersøkelsesområdet, inklusive NGI7_5.



Figur 3-11 Samling CPTU-korrelasjoner og labresultater, ved Bahus-anlegget.



Figur 3-12 CPTU-korrelasjoner og labresultater ved bekkelukkingen ned mot Leira.



Figur 3-13 Benyttede (s_u)-designlinjer og CAUA-resultater (fargede) og teoretisk beregnet (s_u) basert på historisk høydenivå (moh.) og referansenivåer for nåværende terreng (svarte).

A3.3.2 ADP-faktorer

Målte plastisitetsindekser (I_p) er lav både for leire med- og uten sprøbruddegenskaper. Faktorer for direkte- og passiv udrenert skjærfasthet er derfor satt lik hhv. 0.65 og 0.35 for all modellert leire, tilsvarende de nedre grenseverdiene i anbefalingene fra det nasjonale forskningsprosjektet NIFS /A20/.

Fra labresultater i/rundt undersøkelsesområdet fremgår det en tydelig sammenheng mellom leirens sensitivitet og konsistensegenskaper, hvor økende sensitivitet korrelerer med en liten reduksjon av w_p, en større reduksjon av w_L og tilhørende reduksjon av plastisitetsindeks, se Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Oppsummering over kartlagte konsistensegenskaper.

Jordmateriale	Plastisitetsgrense, w_P	Flytegrense, w_L	Plastisitetsindeks, I_p
Leire	22 (19-26) %	36 (34-39) %	14 (11-18) %
SBM	21 (19-24) %	31 (26-34) %	10 (7-13) %
KL	18 (16.5-20) %	25 (21-28.5) %	6.5 (4.5-8.5) %
[1] Verdier oppgis i formatet: «Gjennomsnitt (Intervall min-maks)»			

A4 Referanser

/A1/ Norges geotekniske institutt (NGI) (2021) *Forprosjekt: Geoteknisk og hydrologisk vurdering.* NGI rapport 20210599-01-R, dato: (05.11.2021).

/A2/ NGI (2023) *Geoteknisk datarapport, Teigebyen vest og Bahus, Nannestad*. NGI rapport 20210599-03-R, dato: (19.06.2023). **(Rapportprefiks = 2023)**

/A3/ NGI (2017) *Datarapport grunnundersøkelser Prestmosvegen, Nannestad.* NGI rapport 20170534-01-R, dato: (14.08.2017). **(Rapportprefiks = NGI7)**

/A4/ Løvlien Georåd AS (2015) *Geoteknisk datarapport: Fylling Bahus*. Løvlien rapport 14400 nr. 1, dato: (05.02.2015). **(Rapportprefiks = L2)**

/A5/ Løvlien Georåd AS (2014) *Geoteknisk rapport: Påbygg u-skole og kommunehus, Nannestad*. Løvlien rapport 14163 nr. 1, rev. 02, dato: (16.11.2015). **(Rapportprefiks = L6)**

/A6/ Løvlien Georåd AS (2018) *Geoteknisk datarapport, Bjørkmåsan Nannestad, Nannestad kommune*. Løvlien rapport 17210 nr.1, rev. 4, dato: (24.04.2019). **(Rapportprefiks = L9)**

/A7/ Løvlien Georåd AS (2020) *Geoteknisk datarapport, Bjørkåsen Nannestad*. Løvlien rapport 17210 nr.3, dato: (20.11.2020). **(Rapportprefiks = L12)**

/A8/ Løvlien Georåd AS (2020) *Geoteknisk datarapport, Prestmosvegen 1, Nannestad kommune*. Løvlien rapport 19197 nr.1, dato: (26.06.2020). **(Rapportprefiks = L13)**

/A9/ Norconsult AS (2015) *Områderegulering Nannestad sentrum: Grunnundersøkelser, datarapport*. Norconsult rapport 5152479-1, dato: (21.05.2019). **(Rapportprefiks = NC1)**

/A10/ VSO Consulting AS (2019) Nannestad Sentrum Sykehjem, Nannestad kommune: Geoteknisk undersøkelsesrapport. VSO rapport 19225, dato: (18.07.2019). **(Rapportprefiks = VSO3)**

/A11/ NGI (1954) *Rapport over törrskorpeleirens skjærfasthetsegenskaper*. NGI rapport F36-098, dato: (24.09.1954). Se bilag 19.

/A12/ NGI (1971) *A Review of the data on Shear Strength of the Upper Dried and Weathered Crust of Norwegian Normally Consolidated Marine Clays.* NGI rapport 50901-2, dato: (13.12.1971).

/A13/ Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) (2020) *Sikkerhet mot kvikkleireskred: Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper*. NVE veileder nr. 1/2019, dato: (12.2020). Tilgjengelig fra: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019_01.pdf.

/A14/ Statens vegvesen (SVV) (2022) *Geoteknikk i vegbygging.* SVV veiledning: Håndbok V220, dato: (07.2022). Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/v220-2022.pdf.

/A15/ Stark, T.D., Huvaj-Sarihan, N., Li, G. (2008) Shear strength of municipal solid waste for stability analyses. *Environmental Geology,* vol. **57**, s. 1911-1923. Tilgjengelig fra: https://link.springer.com/article/10.1007/s00254-008-1480-0.

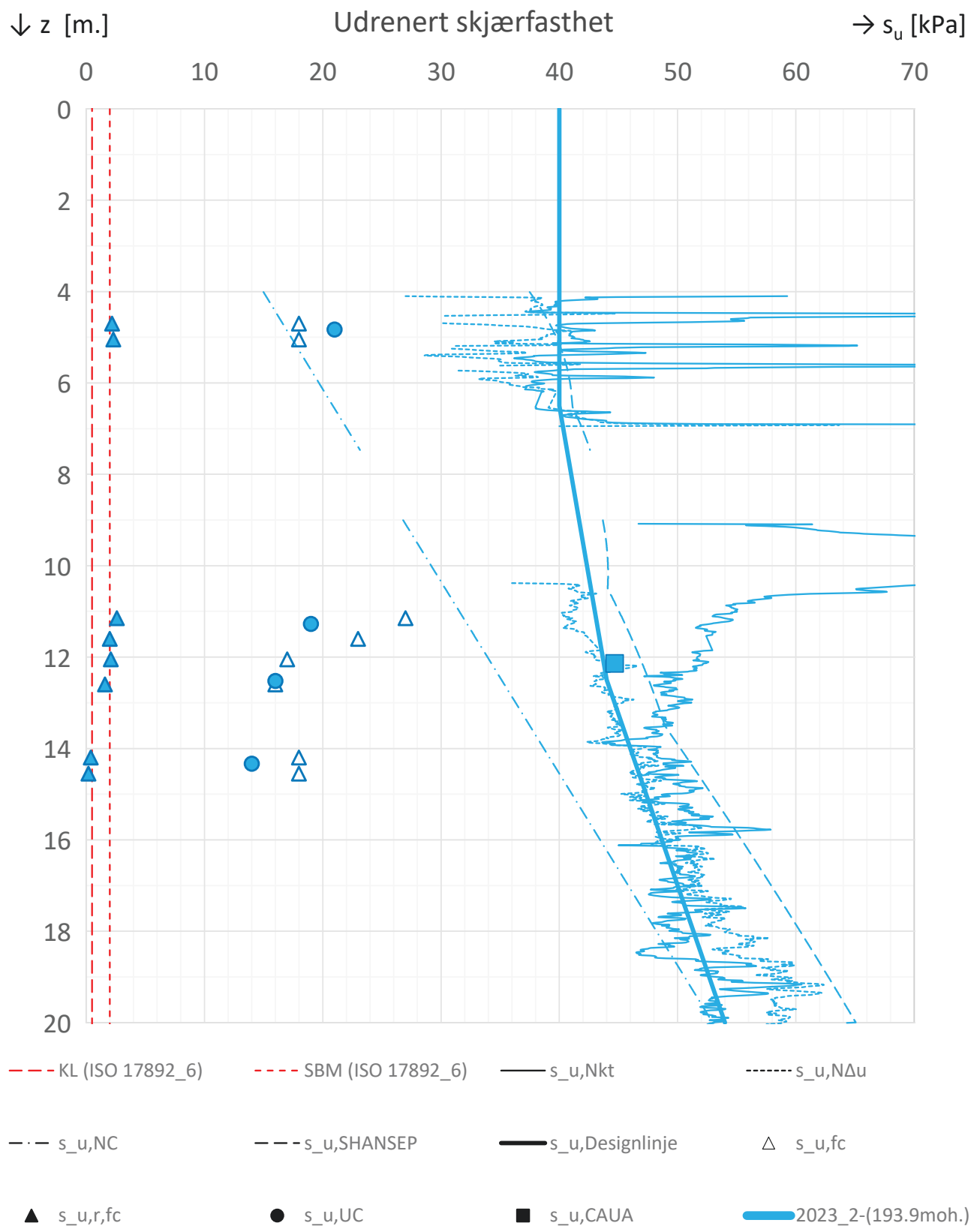
/A16/ Paniagua, P., D'lgnazio, M., L'Heureux, J.S., Lunne, T., Karlsrud, K. (NGI) (2019) CPTU correlations for Norwegian clays: an update. *AIMS Geosciences*, vol. **5**, nr. (2), s. 82–103. Tilgjengelig fra: https://www.aimspress.com/article/id/3650.

/A17/ Karlsrud, K., Lunne, T., Kort, D.A., Strandvik, S. (2005) CPTU correlations for Clays. Norwegian Geotechnical Institute (NGI). In proceedings: *16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Osaka, 2005, vol. **2**, s. 693-702. Tilgjengelig fra: https://www.issmge.org/publications/publication/cptu-correlations-for-clays.

/A18/ Norconsult AS (2019) *B18 Felt, Nannestad kommune: Geotekniske grunnundersøkelser, datarapport.* Norconsult rapport 039.19X-01, dato: (13.11.2019). **(Rapportprefiks = NC6)**

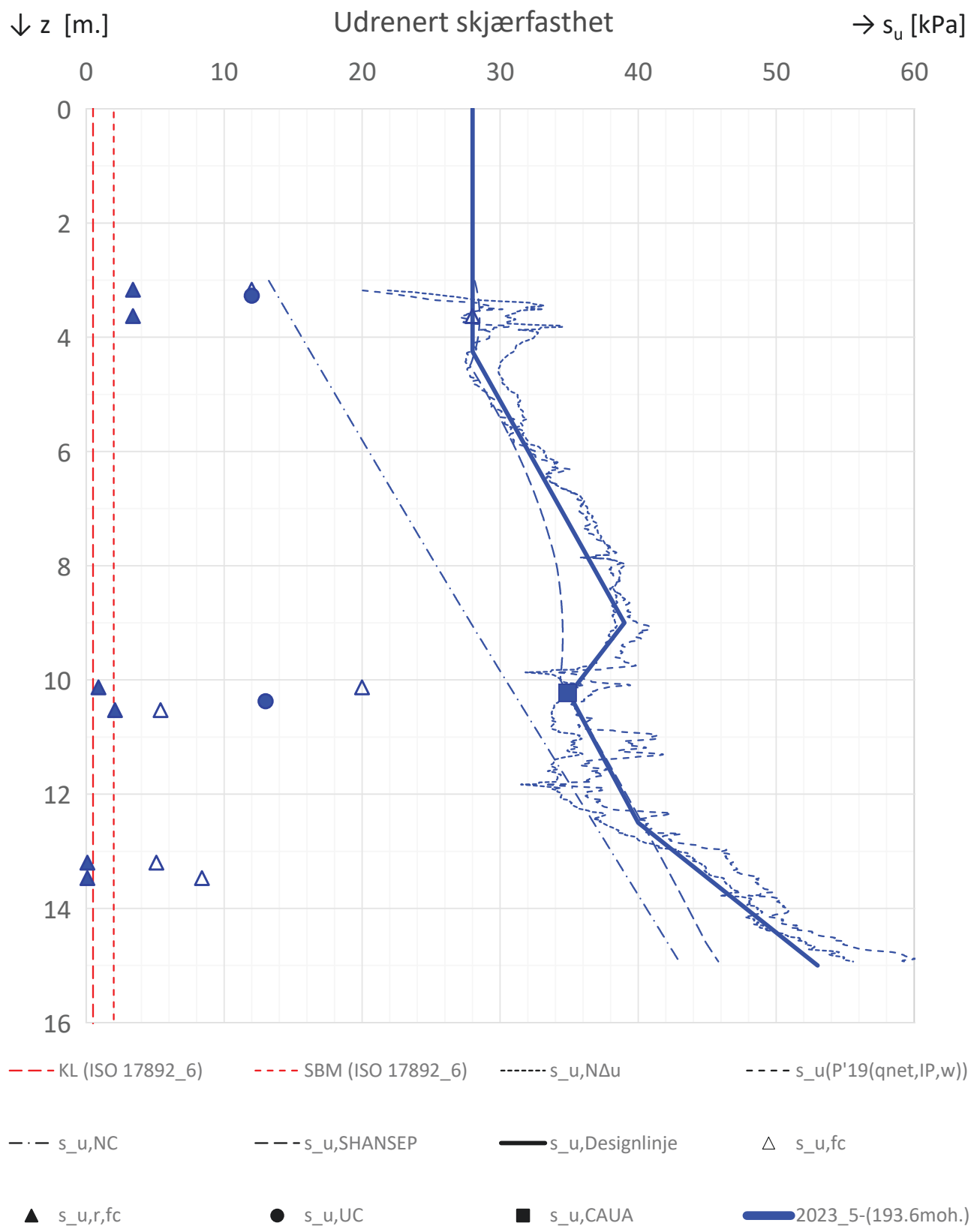
/A19/ Ladd, C. C. and Foott, R. 1974. New design procedure for stability of soft clays. *Journal of the geotechnical engineering division*, ASCE, vol. 100, nr. (7), s. 763-786. Tilgjengelig fra: https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/AJGEB6.0000066.

/A20/ NVE, SVV, JBV, Multiconsult AS, SINTEF, NGI (2014) *En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer*: *Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire*. NVE rapport nr. 14/2014, oppdrag NIFS (Naturfare – Infrastruktur – Flom – Skred). Tilgjengelig fra: https://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_14.pdf.



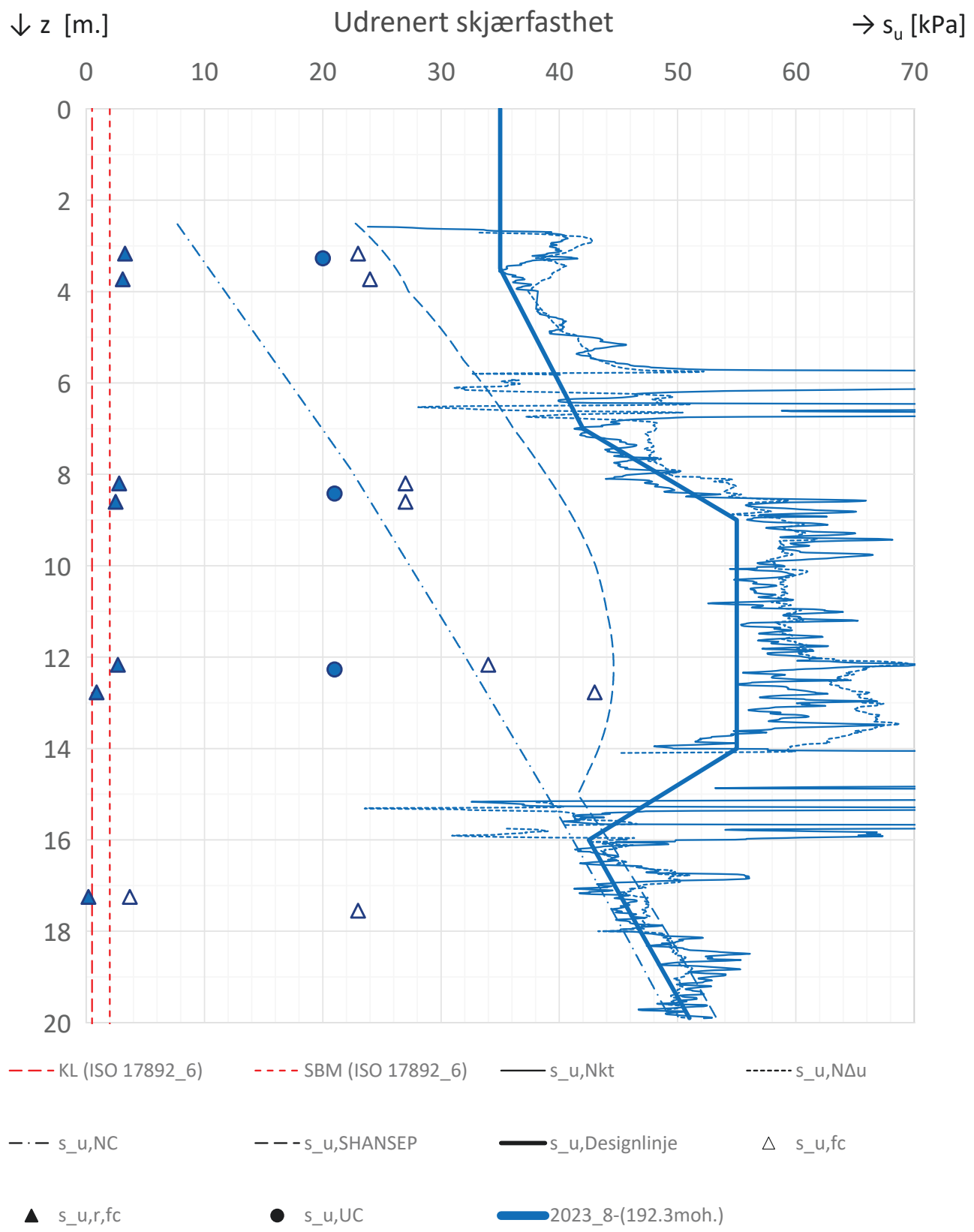
P:\2021\05\20210599\Calculations\Geoteknikk\Materialparametere\[su sammenstilling.xlsm]Compilation

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus Stabilitetsanalyser, vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus	Rapportnummer: 20210599-04-R	Figur: A1
CPTU, Piezocone penetration testing - Parametere	Tegnet: HSk	Dato: 2023-07-25
	Kontrollert: BGK	NGI
2023_2: 0.0 - 20.1 m, forboring = 4.0 m	Godkjent: HSk	



P:\2021\05\20210599\Calculations\Geoteknikk\Materialparametere\[su sammenstilling.xlsm]Compilation

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus Stabilitetsanalyser, vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus	Rapportnummer: 20210599-04-R	Figur: A2
CPTU, Piezocone penetration testing - Parametere	Tegnet: HSk	Dato: 2023-07-25
	Kontrollert: BGK	NGI
2023_5: 0.0 - 14.9 m, forboring = 3.0 m	Godkjent: HSk	

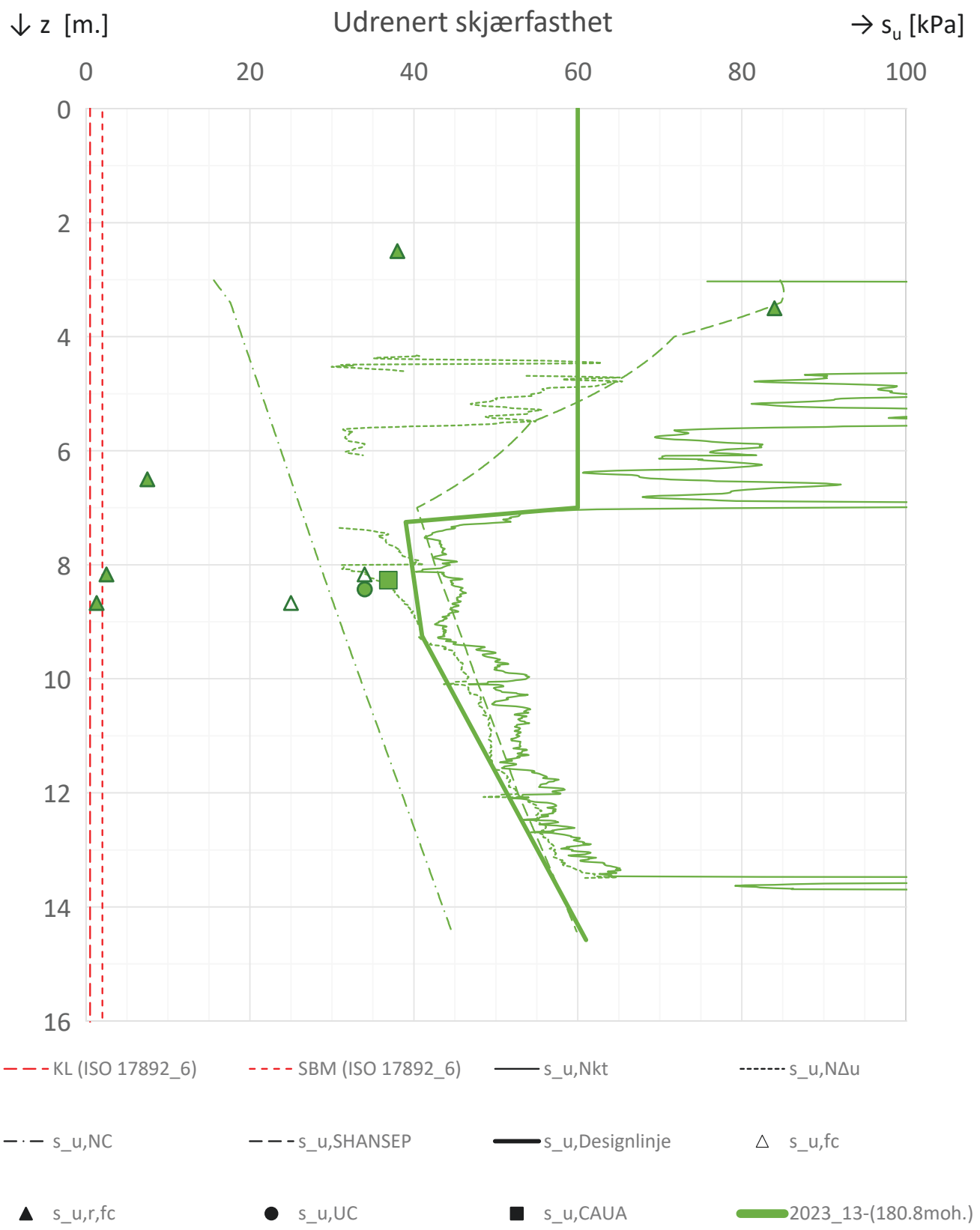


P:\2021\05\20210599\Calculations\Geoteknikk\Materialparametere\[su sammenstilling.xlsm]Compilation

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus Stabilitetsanalyser, vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus	Rapportnummer: 20210599-04-R	Figur: A3
CPTU, Piezocone penetration testing - Parametere	Tegnet: HSk	Dato: 2023-07-25
	Kontrollert: BGK	NGI
2023_8: 0.0 - 16.8 m, forboring = 2.5 m	Godkjent: HSk	

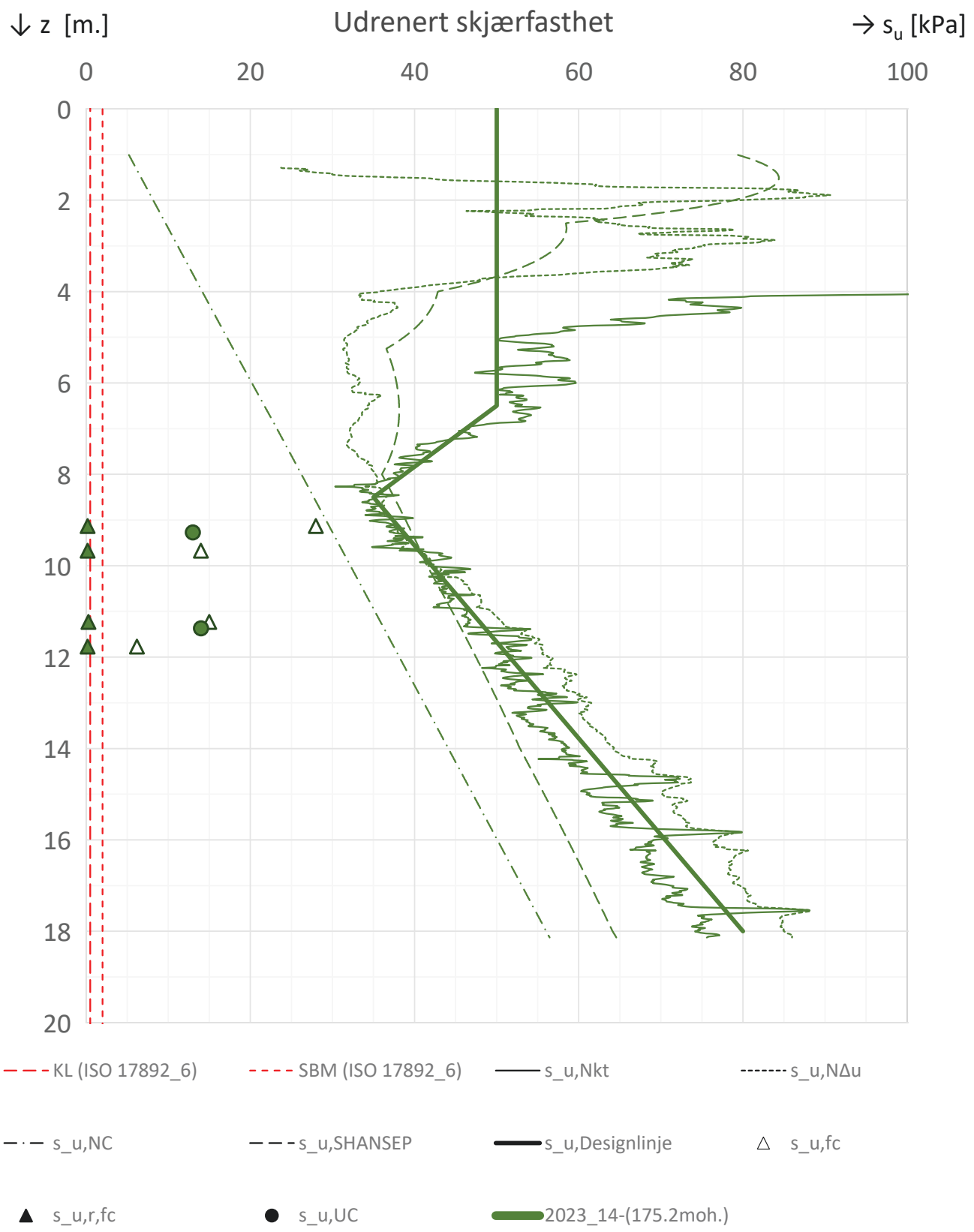
P:\2021\05\20210599\Calculations\Geoteknikk\Materialparametere\[su sammenstilling.xlsm]Compilation

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus Stabilitetsanalyser, vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus	Rapportnummer: 20210599-04-R	Figur: A4
CPTU, Piezocone penetration testing - Parametere	Tegnet: HSk	Dato: 2023-07-25
	Kontrollert: BGK	NGI
2023_10: 0.0 - 14.9 m, forboring = 2.0 m	Godkjent: HSk	



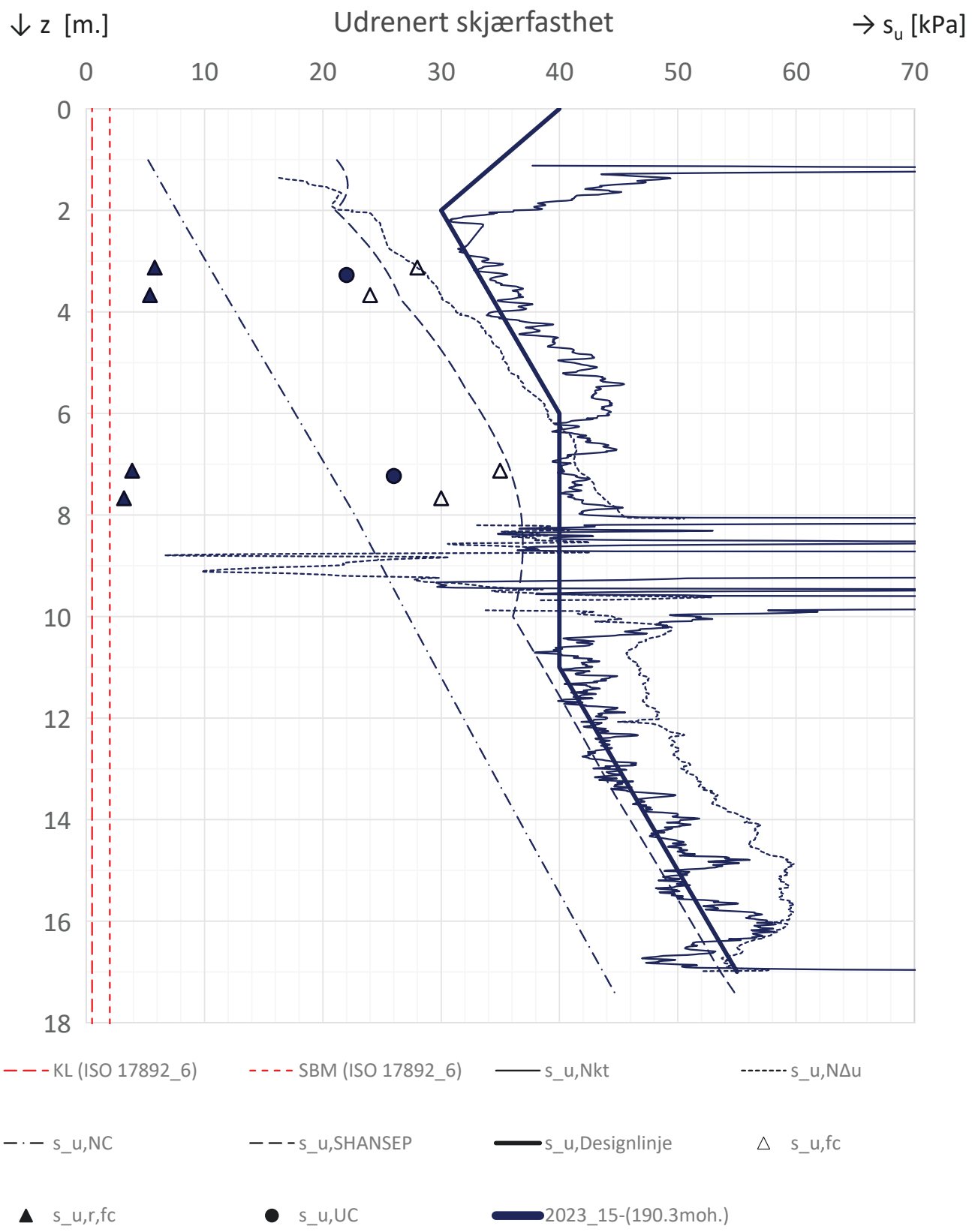
P:\2021\05\20210599\Calculations\Geoteknikk\Materialparametere\[su sammenstilling.xlsm]Compilation

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus Stabilitetsanalyser, vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus	Rapportnummer: 20210599-04-R	Figur: A5
CPTU, Piezocone penetration testing - Parametere	Tegnet: HSk	Dato: 2023-07-25
	Kontrollert: BGK	NGI
2023_13: 0.0 - 14.4 m, forboring = 3.0 m	Godkjent: HSk	



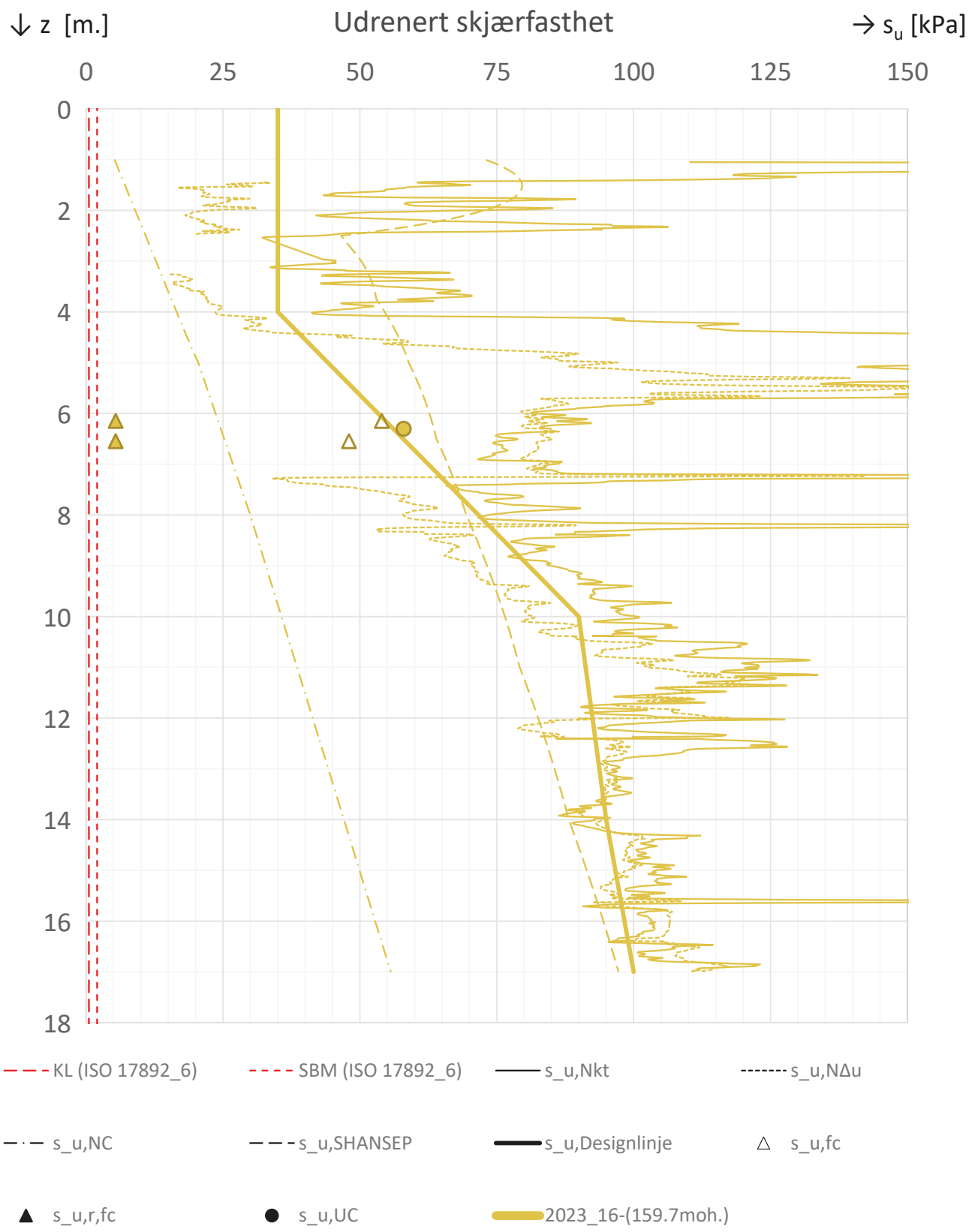
P:\2021\05\20210599\Calculations\Geoteknikk\Materialparametere\[su sammenstilling.xlsm]Compilation

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus Stabilitetsanalyser, vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus	Rapportnummer: 20210599-04-R	Figur: A6
CPTU, Piezocone penetration testing - Parametere	Tegnet: HSk	Dato: 2023-07-25
	Kontrollert: BGK	NGI
2023_14: 0.0 - 14.9 m, forboring = 1.0 m	Godkjent: HSk	



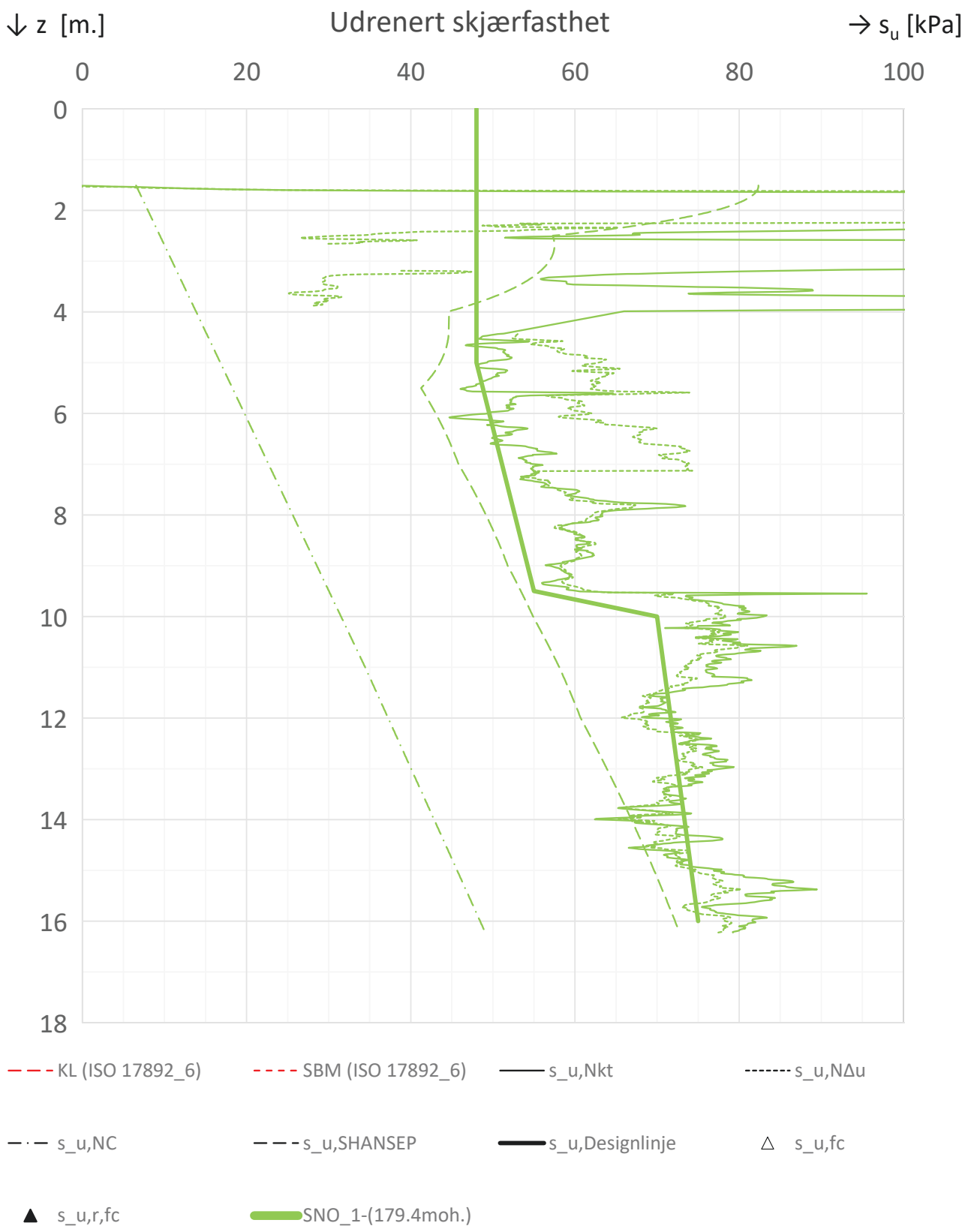
P:\2021\05\20210599\Calculations\Geoteknikk\Materialparametere\[su sammenstilling.xlsm]Compilation

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus Stabilitetsanalyser, vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus	Rapportnummer: 20210599-04-R	Figur: A7
CPTU, Piezocone penetration testing - Parametere	Tegnet: HSk	Dato: 2023-07-25
	Kontrollert: BGK	NGI
2023_15: 0.0 - 15.2 m, forboring = 1.0 m	Godkjent: HSk	



P:\2021\05\20210599\Calculations\Geoteknikk\Materialparametere\[su sammenstilling.xlsm]Compilation

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus Stabilitetsanalyser, vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus	Rapportnummer: 20210599-04-R	Figur: A8
CPTU, Piezocone penetration testing - Parametere	Tegnet: HSk	Dato: 2023-07-25
	Kontrollert: BGK	NGI
2023_16: 0.0 - 15.3 m, forboring = 1.0 m	Godkjent: HSk	



P:\2021\05\20210599\Calculations\Geoteknikk\Materialparametere\[su sammenstilling.xlsm]Compilation

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus Stabilitetsanalyser, vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus	Rapportnummer: 20210599-04-R	Figur: A9
CPTU, Piezocone penetration testing - Parametere	Tegnet: HSk	Dato: 2023-07-25
	Kontrollert: BGK	NGI
SNO_1: 0.0 - 15.9 m, forboring = 1.5 m	Godkjent: HSk	

P:\2021\05\20210599\Calculations\Geoteknikk\Materialparametere\[su sammenstilling.xlsm]Compilation

Vurdering av området Nannestad sentrum vest og Bahus Stabilitetsanalyser, vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus	Rapportnummer: 20210599-04-R	Figur: A10
CPTU, Piezocone penetration testing - Parametere	Tegnet: HSk	Dato: 2023-07-25
	Kontrollert: BGK	NGI
NGI7_5: 0.0 - 15.9 m, forboring = 2.0 m	Godkjent: HSk	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page

Dokumentinformasjon/*Document information*		
Dokumenttittel/*Document title* Vurdering av områdestabilitet Nannestad sentrum vest og Bahus		**Dokumentnr./*Document no.*** 20210599-04-R
Dokumenttype/*Type of document* Rapport / Report	**Oppdragsgiver/*Client*** Nannestad kommune	**Dato/*Date*** 2023-09-04
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ *Proprietary rights to the document according to contract* NGI		**Rev.nr.&dato/*Rev.no.&date*** 0 /
Distribusjon/*Distribution* BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/*Keywords* Geoteknikk, områdeskredskredfare, stabilitetsanalyser, materialparametere, kvikkleire, sprøbruddmateriale, ravine, ravinelandskap, marine avsetninger, erosjon		

Stedfesting/*Geographical information*	
Land, fylke/*Country* Norge, Viken	**Havområde/*Offshore area***
Kommune/*Municipality* Nannestad	**Feltnavn/*Field name***
Sted/*Location* Teigebyen og Bahus	**Sted/*Location***
Kartblad/*Map* Kart 10034 i Norges-serien	**Felt, blokknr./*Field, Block No.***
UTM-koordinater/*UTM-coordinates* **Sone:** 32 **Øst:** 611000 **Nord:** 6678000	**Koordinater/*Coordinates*** **Projeksjon, datum: Øst: Nord:**

Dokumentkontroll/*Document control*
Kvalitetssikring i henhold til/*Quality assurance according to NS-EN ISO9001*

Rev/ Rev.	***Revisjonsgrunnlag/Reason for revision***	**Egenkontroll av/ *Self review by:***	**Sidemanns-kontroll av/ *Colleague review by:***	**Uavhengig kontroll av/ Independent review by:**	**Tverrfaglig kontroll av/ *Inter-disciplinary review by:***
0	Originaldokument	2023-09-04 Hallvard Skrede	2023-09-04 Bjørn Kalsnes		

Dokument godkjent for utsendelse/ *Document approved for release*	**Dato/*Date***	**Prosjektleder/*Project Manager***
	4. september 2023	Hallvard Skrede

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: GeoMiljø – Offshore energi – Naturfare – GeoData og teknologi

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Geotechnics and Environment – Offshore energy – Natural Hazards – GeoData and Technology.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

OSLO
TRONDHEIM
HOUSTON
PERTH

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
NGI.NO

Hovedkontor Oslo
PB. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd. Trondheim
PB. 5687 Torgarden
7485 Trondheim

T 22 02 30 00
NGI@ngi.no

BANK
KONTO 5096 05 01281
ORG.NR 958 254 318MVA

ISO 9001/14001
CERTIFIED BY BSI
FS 32989/EMS 612006