

Til: Lillestrøm Kommune
v/ Kjersti Mikalsen, Solveig Tveter Bratlie
Kopi til:
Dato: 2024-05-03
Rev.nr. / Rev.dato: 2 / 2024-11-15
Dokumentnr.: 20230480-01-TN
Prosjekt: Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)
Prosjektleder: Laura Rødvand
Utarbeidet av: Laura Rødvand
Kontrollert av: Håkon Heyerdahl

Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet)

Innhold

1	Innledning	3
2	Regelverk og krav	4
3	Grunnlag	4
3.1	Tidligere utførte grunnundersøkelser	4
3.2	Kritiske skråninger	6
3.3	Tidligere skredaktivitet	6
3.4	Tidligere kartlagte kvikkleirefaresoner	9
3.5	Vernede raviner	10
4	Befaringer	11
5	Grunnundersøkelser	12
6	Kritiske skråningsprofiler	12
7	Materialparametere	14
7.1	Poretrykksforhold	14
7.2	Beregningsparametere	16
8	Skråningsstabilitet	19
8.1	Stabilitetsberegninger: dagens situasjon	19
8.2	Aktuelle skredmekanismer	20
8.3	Klassifisering av vurderingsområdet	21
8.4	Mulige sikringstiltak	21
8.5	Stabilitetsberegninger: stabiliserende tiltak	23
9	Vurdering av sprekkdannelse ved Skibakkveien 12	25
10	Sammendrag og konklusjoner	25
11	Referanser	26

Tegninger

Tegning nr. 010	Plantegning, plassering profiler og borpunkt
Tegning nr. 011	Lagdeling Profil S1
Tegning nr. 012	Lagdeling Profil S1
Tegning nr. 013	Lagdeling Profil S3
Tegning nr. 014	Lagdeling Profil S4
Tegning nr. 015	Lagdeling Profil S5
Tegning nr. 016	Lagdeling Profil S6
Tegning nr. 017	Tolkning av forekomst av kvikkleire

Vedlegg

Vedlegg A	Oppsummering av feltbefaringer
Vedlegg B	Tolkede aktive udrenerte skjærfasthetsprofiler fra CPTu-sonderinger
Vedlegg C	Stabilitetsberegninger
Vedlegg D	Vurdering av løsneområdet og utløpsområdet
Vedlegg E	Klassifisering av faresone

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Dette notatet vurderer kvikkleireskredfare i området mellom Hoelsveien og Holsbekken, se Figur 1-1, på Lørenfallet. NGI er engasjert av Lillestrøm kommune for å vurdere grunnforholdene i dette området og regne på skråningsstabilitet, basert på nye geotekniske grunnundersøkelser. Det ble funnet kvikkleire i vurderingsområdet, og prosjektet er blitt utvidet til utredning av områdestabilitet iht. NVE kvikkleireveileder 1/2019. Det er også gitt en vurdering av behovet for sikring, samt hvilke (realistiske) muligheter det er for sikring av bygningene/området.



Figur 1-1. Skredfare er utredet for det markerte området (spesifisert av Lillestrøm kommune)

Revisjon 1 av notatet gir en fullstendig vurdering av områdestabilitet. Endringene omfatter:

- Kartlegging av grunnforhold over et større område enn det opprinnelige vurderingsområdet.
- Vurdering av løsne- og utløpsområde for en ny kvikkleiresone.
- Befaring av Holsbekken.
- Stabilitetsberegninger av stabiliserende tiltak.

Revisjon 2 er utgitt etter uavhengig kvalitetssikring av notatet, utført av Romerike Geoteknikk (ref. /27/), og gir utdypning av noen detaljer ang. gamle grunnundersøkelser, valg av poretrykksparametere og størrelsen av løsneområdet. Det er ingen endringer i stabilitetsberegninger, foreslåtte tiltak eller i konklusjonene.

2 Regelverk og krav

Dette notatet gir en innledende vurdering av skråningsstabilitet og skredfare for eksisterende bebyggelse i vurderingsområdet. Sikkerhetskrav i lovverket som stilles ved bygging av nye bolighus er gitt som referanse, men disse kravene gjelder ikke for eldre eksisterende bebyggelse.

- Krav om lokalstabilitet iht. Eurokode 7: Materialfaktor for stabilitet av løsmasseskråninger skal være minimum $\gamma_m=1,25$ for effektivspenningsanalyser (drenert tilstand, dvs. langtidstilstand) og $\gamma_m=1,4$ for totalspenningsanalyser (udrenert tilstand, dvs. korttidstilstand).
- Krav om områdestabilitet iht. NVEs kvikkleireveileder 1/2019 (ref. /20/): Bygging av flere enn to boenheter innenfor en kvikkleiresone faller under tiltakskategori K4. Dette vil kreve en fullstendig utredning av områdestabiliteten, hvor det stilles følgende sikkerhetskrav:
 - «Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt (=1,15) i de udrenerte beregningene...».
 - «For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\phi}$ økes prosentvis...»

«For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$. Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal $F_{c\phi}$ og F_{cu} økes prosentvis...»

3 Grunnlag

3.1 Tidligere utførte grunnundersøkelser

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området i flere sammenhenger:

- NGI 1990, ref. /1/ og /2/: En dreietrykksondering ved Solveien 11 indikerer mulig sensitiv leire mellom kote +112 og +98.
- Rambøll 2021, ref. /4/: 3 totalsonderinger, 1 prøveserie og 1 poretrykksmålør på tomt 213/54 ved Holsbekken (ny pumpestasjon). Totalsonderingen på platået indikerer et mulig sensitivt leirlag mellom kote +109 og +102. Prøveserien i midten av skråningen inneholdt ikke kvikkleire/sprøbrudmateriale.
- Løvlien 2007, ref. /3/: Tre borpunkter som er relevante for dette prosjektet. Ved Skibakkveien 12 er det utført en dreietrykksondering, som indikerer mulig kvikkleire mellom kote +113 og +100. Litt nord for Egnerveien er det utført dreietrykksondering og CPTu, som er avsluttet i faste masser/fjell på ca. 7 m dybde. Det er ikke indikasjon på kvikkleire. Ved Lørenhagan 2 er det utført dreietrykksondering og CPTu. Begge indikerer kvikkleire fra 10-16 m dybde, hvor sonderingene avslutter i faste masser.

- VSO 2021, ref /5/: Ved Skibakkveien 12 ble det utført 3 totalsonderinger, 1 CPTu-sondering, 1 prøveserie og installert 1 poretrykksmåler. Ved huset er det påvist sprøbruddmateriale i prøve tatt ved kote +103.
- Haukelid 1972, ref. /6/: 9 dreiesonderinger og 1 prøveserie i ravinen langs Holsbekken. Prøveserien indikerer at topplaget (ned til 4 m dybde) kan bestå av gammelt skredmateriale. Sonderingene indikerer et bløtere lag under tørrskorpe/skredmaterialet (borstålet sank uten omdreininger og med redusert belastning), som kan indikere sensitiv leire.
- Løvlien 2003, ref. /7/: Nytt bolighus ved Egnerveien 7; utført 3 dreietrykks-sonderinger, 2 vingeboringer og 2 prøveserier. Påvist kvikkleire i prøver under kote +116.
- Løvlien 2017, ref. /8/: Ved Huseby boligfelt. Det er utført 11 totalsonderinger, 4 trykksonderinger, 5 prøveserier og installert 4 poretrykksmålere. Alle totalsonderingene indikerer kvikkleire. På plataet/løsmasseryggen er det indikasjon på kvikkleire fra kote +130 til +110. Prøveserier bekrefter kvikkleire.
- Løvlien 2019, ref. /9/: Supplerende grunnundersøkelser ved Huseby boligfelt. Det er utført 2 totalsonderinger, en CPTu, 9 prøveserier og installert 2 poretrykksmålere. Begge totalsonderingene indikerer kvikkleire mellom dybde ca. 5-15 m. og er avsluttet i bekreftet berg på hhv. 23 m og 36,5 m dybde. Det er kun utført sylindrerprøver ved to borpunkter, hvor begge påviser kvikkleire. Øvrige borpunkter har kun grunne poseprøver med tørrskorpe/ sand/silt/leire.
- SVV 1987, ref. /10/: Det er utført grunnundersøkelser langs Rv. 171, både nord i Lørenfallet ved bensinstasjonen, og i sør ved skredkanten ved Huseby. Ved bensinstasjonen er det utført prøvetaking ved to borpunkter og ingen sonderinger. Prøvene under 5 m dybde påviser siltig leire/leirig silt med svært lav omrørt styrke, og er tolket som kvikkleire. Ved Huseby er det utført 6 dreietrykks-sonderinger, prøvetaking ved 2 borhull og en vingeboring. Maks. prøvedybde var bare 6 m, og de fleste prøvene viste sand og silt, med overgang til leire i de dypeste prøvene. Alle de seks dreietrykks-sonderingene og vingeboringen indikerte kvikkleire under sand/silt laget ned til ca. 23 m dyp.
- Multiconsult 2005, ref. /11/: Grunnundersøkelser ved Solvegen 13. Det ble utført tre totalsonderinger, en vingeboring og en prøveserie (skovlboring). Totalsondering på toppen av skråningen indikerer mulig kvikkleire under 12 m, prøveserien fra samme borpunkt avslutter ved 11 m dybde. Prøveserien viser ca. 2 m tørrskorpe over silt til 8 m dybde, og deretter overgang til siltig leire. Totalsonderingene nedenfor skråningen til Solvegen 13 (på terrassen) avslutter i antatt fjell ved ca. 12 m dybde (men ikke bekreftet bergpåvisning). En av sonderingene indikerer kvikkleire mellom 7,5-11,5 m dybde.
- Løvlien 2013, ref. /12/: Nye bolighus ved Hoelsvegen. Det er utført en totalsondering og en vingeboring, som indikerer sensitive masser under 13 m dybde (ca. kote +108).

Tolkning av forekomst av kvikkleire i hvert borpunkt er presentert på Tegning 017.

3.2 Kritiske skråninger

Kritiske skråninger går fra plataået (boligområdet) og ned mot Holsbekken, og også fra plataået og ned mot skredgropa i sør (merket «3» på Figur 3-1). Holsbekken går langs bunnen av en ravine. På vestsiden av bekken er det en terrasse ca. 7 m over bekkenivået; terrassen er i dag brukt som tursti/skiløype.

Boligfeltet innenfor vurderingsområdet ligger oppe på plataået, og er sannsynligvis ikke berørt av tidligere skredaktivitet, dvs. boligene står på intakte havavsetninger. Langs Holsbekken finnes det flere sideraviner, og terrenget er kupert. Skråningshøyden fra bekken og opp til plataået varierer mellom ca. 18 m (i nord ved Solveien) til 25 m (ved Skibakkveien og Holsenga). Skråningshelningen er stedvis opp mot 1:1,5.

3.3 Tidligere skredaktivitet

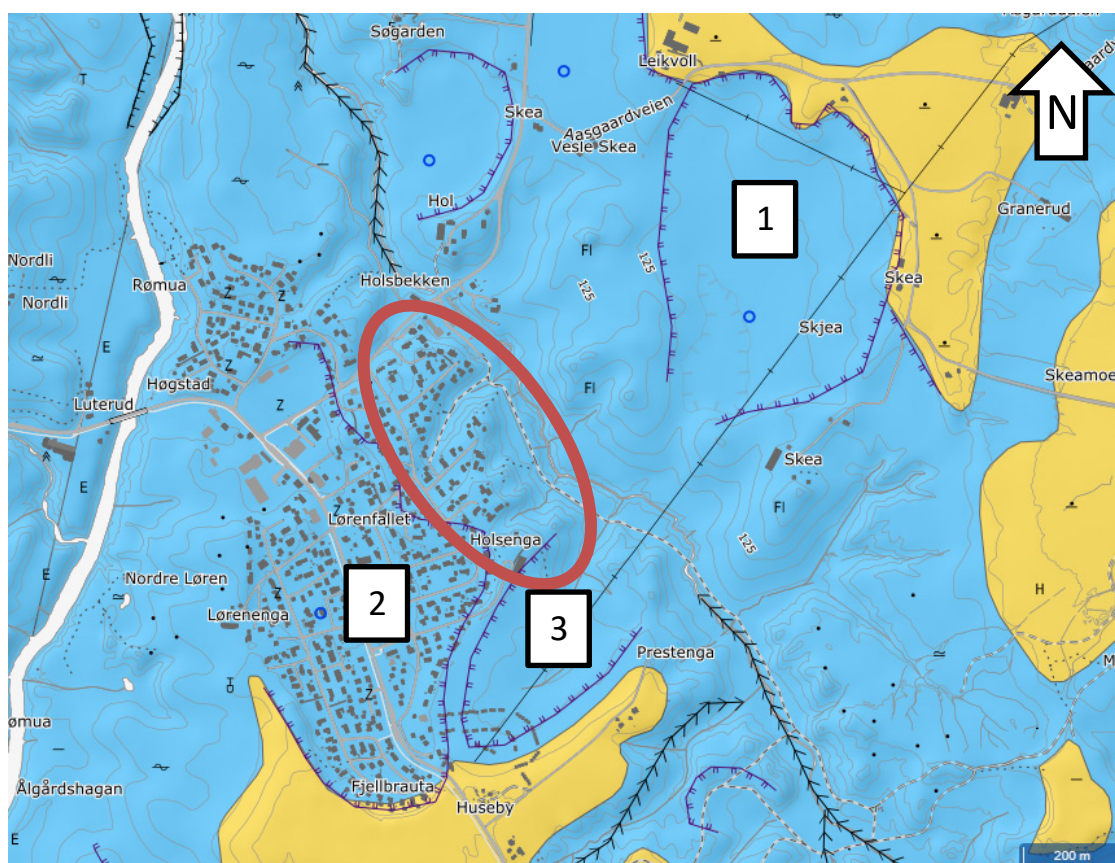
Løsmassekartet indikerer at Lørenfallet er dekket av hav- og fjordavsetninger (Figur 3-1), som normalt vil bestå av finkornige sedimenter (silt og leire). Hele området ligger under marin grense, dvs. øverste nivå havoverflaten har stått under siste istid. Gamle (antatte) kvikkleireskredgropor er vist med mørk blå linje; det er tre relevante skredgropor i området (og i tillegg en udatert skredgrop rett nord for området). Informasjon om skredene er hentet fra ref. /13/ og /14/. Disse skredene var sannsynligvis kvikkleireskred, basert på størrelsen av skredgropene og påvist forekomst av kvikkleire i området, samt historisk dokumentasjon.

1. **Skjeafallet** (Skjeaskredet), år 1768, ca. 300 mål. Skredgropa ligger ca. 800 m nord-vest for Lørenfallet, på østsiden av Holsbekken. Det er forventet at skredmateriale fra dette skredet ligger i ravinen langs Holsbekken.
2. **Lørenfallet** (Lørenskredet), år 1794. Skredet hadde utløp mot elva Rømua, og et estimert volum på 6 millioner m³. Hoveddelen av bebyggelsen i Lørenfallet ligger inne i denne skredgropen. Bakkanten av skredgropa ligger innenfor søndre del av vurderingsområdet. Det var flere «etterskred» i denne skredgropa i 1883 og 1899.
3. Skredet mellom **Holsenga** og **Prestenga**. Dato ukjent. Størrelse ca. 100 mål. Denne skredgropa grenser vurderingsområdet på søndre siden. Det er forventet at gammelt skredmateriale ligger i denne skredgropa og i ravinen langs Holsbekken.

Egnerveien 45

Det har også skjedd en utglidning i skråningen mellom Egnerveien 45 og Holsbekken (ref. /15/). Utglidningen ble befart av Sweco og kommunen 4. desember 2012, der det ble observert en 40 m lang utglidning mellom vaskehallen og bekken (Figur 3-2a). Notatet konkluderer at utglidningen «er forårsaket av poretrykksoppbygging i massene som følge av høy nedbør». Det ble anbefalt geotekniske grunnundersøkelser og erosjonssikring i bekken. Merk at notatet nevner at "Skråninga på nordsida av bekken er nylig utbedret og erosjonssikret»; Det refererer sannsynligvis til andre siden av bekken litt øst for vaskehallen (synlig på flybilde fra 2011: www.norgeibilder.no/). Basert på historiske flybilder, er plastring av skråningen mellom Egnerveien og vaskehallen utført mellom 2017 og 2019. Videre har steinfylling blitt plassert ved skråningstoppen

(observert under befarings i 2024, se avsnitt 4 og Vedlegg A), se Figur 3-2b. Store steiner i nedre del av skråningen er steinplastring, mens pukk på toppen av skråningen er den nye fyllingen. Det er ukjent om fyllingen er detaljprosjektet, dvs. om stabilitetsforholdene før og etter tiltak er vurdert i detalj.



Figur 3-1. Løsmassekart fra ngu.no. Blått indikerer «Hav- og fjordavsetninger», dvs. finkornige sedimenter av silt og leire. Gult indikerer «Flomavsetning fra bresjøtapping», sannsynligvis silt. Mørke blå linjer indikerer gamle skredgroper. Vurderingsområdet er omringet i rødt. De tre boksene 1-2-3, er de skredene som er omtalt i hovedteksten.



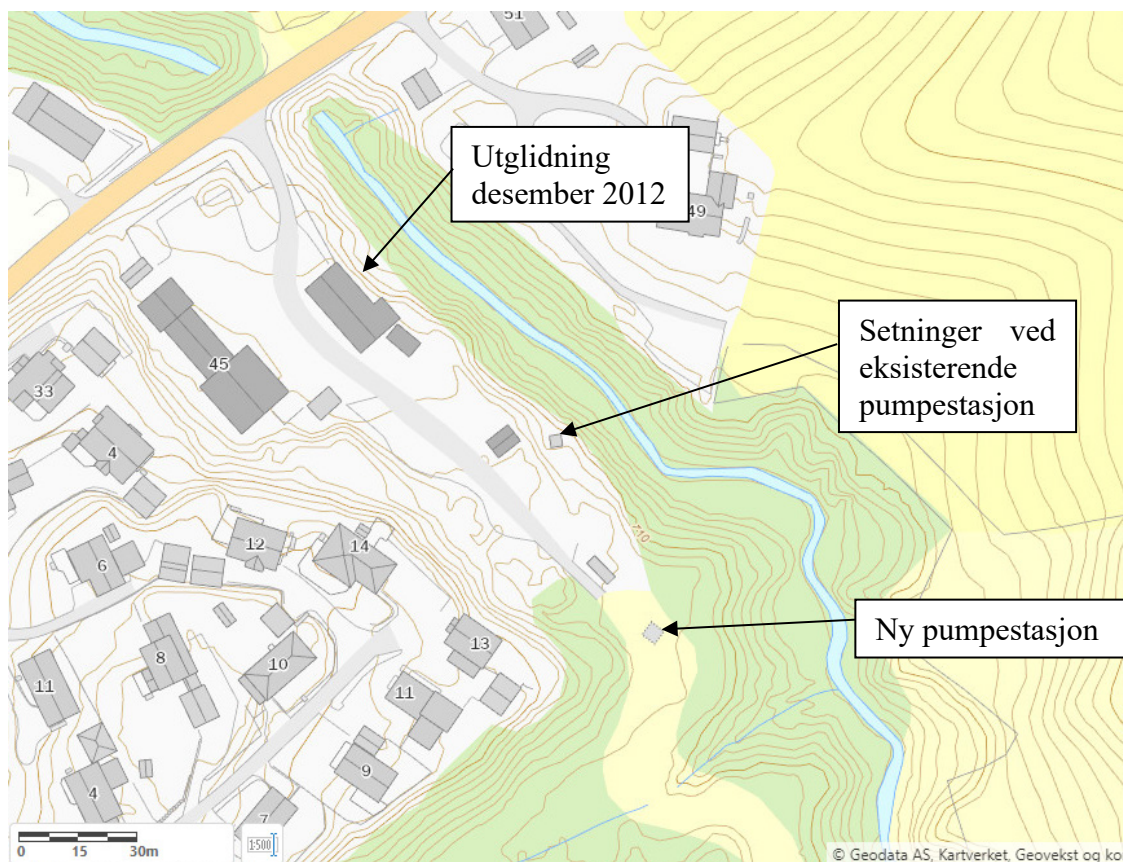
Figur 3-2 a) 04.12.2012: Utglidning sett fra øst - mot vaskehall og Egnerveien (ref. /15/), b) 16.04.2024 Steinplastring og fylling sett fra vest – mot vaskehallen.

Holsbekken pumpestasjon

Eksisterende pumpestasjon ved Holsbekken ligger i skråningen mellom terrassen og Holsbekken. Bygget har over lengre tid fått deformasjoner/setningsskader, og derfor har Lillestrøm kommune valgt å etablere ny pumpestasjon ca. 50 m sørøst for den eksisterende stasjonen, se Figur 3-3. Rambøll AS har prosjektert den nye pumpestasjonen (ref. /16/).

Skibakkveien 12

Det har tidligere vært meldt inn bevegelser i skråningen ved Skibakkveien 12 og sprekke-dannelser i eneboligen. NGI var i 2018 på akuttbefaring (ref. /17/) og VSO har senere utført geotekniske grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger (ref. /5/). Beregnet sikkerhetsfaktor var marginal, dvs. analysene resulterte i beregningsmessig dårlig skråningsstabilitet. Siden Skibakkveien 12 ligger innenfor vurderingsområdet, har kommunen også spurt om vurdering av denne saken kan inkluderes i dette notatet.

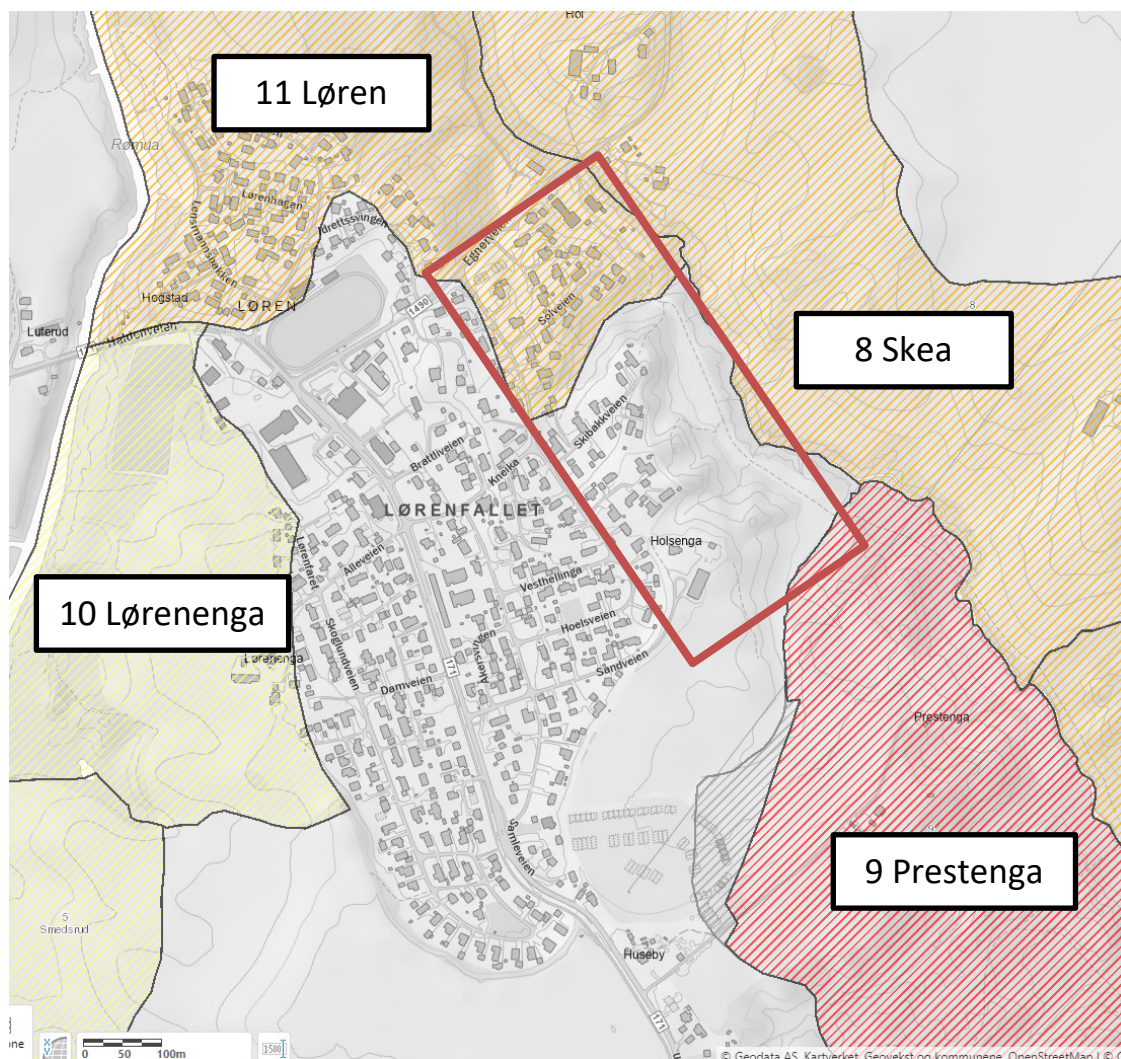


Figur 3-3. Lokasjoner av eksisterende og nye pumpestasjon, samt utglidning (desember 2012) ved Egnerveien 45.

3.4 Tidligere kartlagte kvikkleirefarezoner

Lørenfallet er omringet av kvikkleirefarezoner (Figur 3-4). Sonene 8 *Skea*, 10 *Lørenenga* og 11 *Løren* ble kartlagt i 1990 (ref. /1/ og /2/), som en del av nasjonal kartlegging av kvikkleireskredfare. Sone 9 *Prestenga* er utredet av Løvlien i 2020 (ref. /18/).

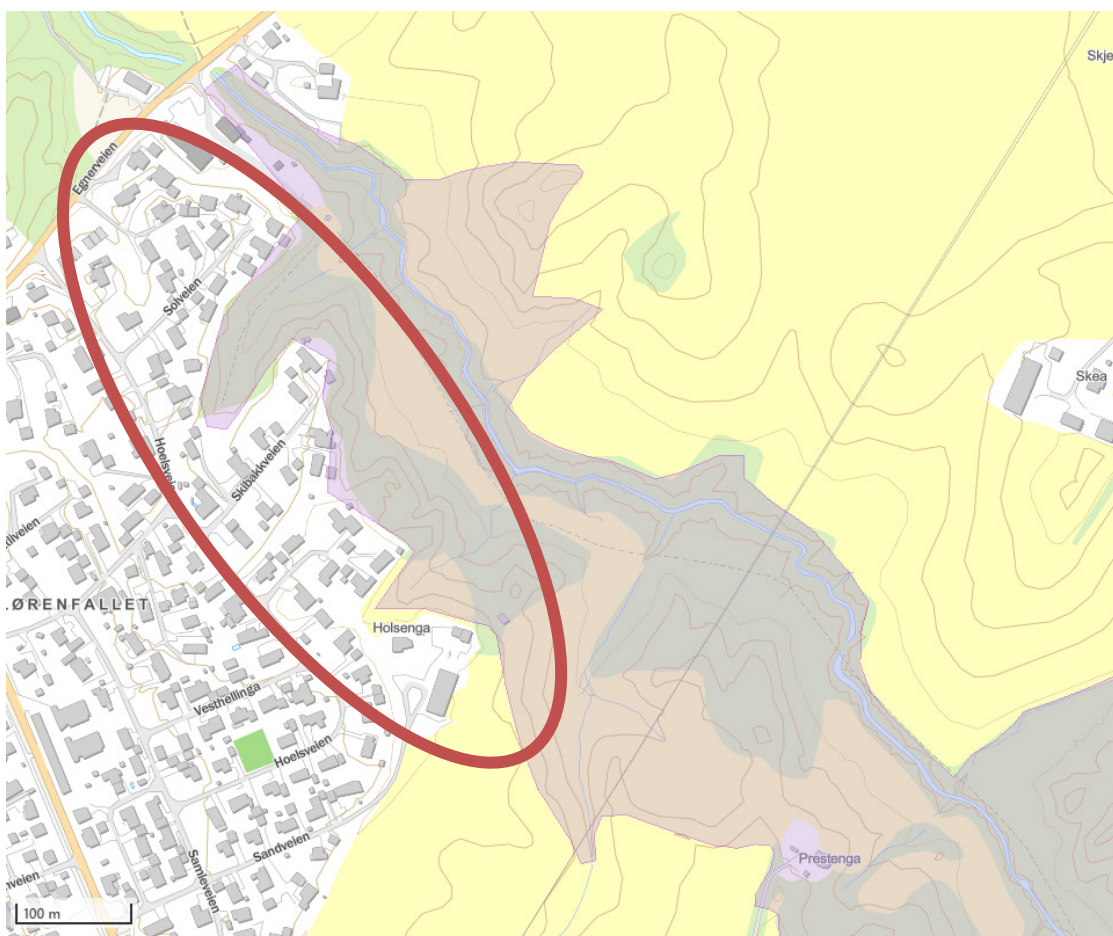
En del av vurderingsområdet i nord, mellom Egnerveien og Solveien, ligger innenfor sone 11 *Løren*. Vurderingsområdet sør for dette ligger ikke innenfor en eksisterende kvikkleiresone, men basert på nye geotekniske grunnundersøkelser, som bekrefter forekomst av kvikkleire, bør kvikkleireskredfare også utredes for den søndre delen av vurderingsområdet. Formålet med pågående oppdrag er imidlertid ikke å utføre en full kvikkleireutredning, men er avgrenset til å vurdere skråningsstabiliteten mellom Hoelsveien og Holsbekken.



Figur 3-4. Kartlagte kvikkleirefarezoner (www.atlas.nve.no) per idag. Fargene representerer faregraden for hver sone. Rød: høy faregrad, oransje: middels faregrad, gul: lav faregrad.

3.5 Vernede raviner

Lillestrøm kommune har kartlagt og verdsatt ravnedaler i kommunen. Skråningene mellom vurderingsområdet og ned mot Holsbekken ligger i en ravine som er klassifisert som A-ravine: se *lokalitet 66 Vall* i rapporten laget av BioFokus (ref. /19/).



Figur 3-5. Grå/lilla område er klassifisert som A-ravine (<https://lillestroem.kommunegis.no/>). Vurderingsområdet er omringet i rødt.

4 Befaringer

Befaring ved Skibakkveien 12 og skiløypen ved Holsbekken ble utført 28. september 2023. Med på befaringen var Lillestrøm kommune v/Kjersti Mikalsen, Ketil Matvik Foldal og Solveig Tveter Bratlie, og NGI v/Laura Rødvang. Huseierne fra Skibakkveien 12 var også til stede (Jon Haug og Sissel Tone Haug). Detaljer fra befaringen og befaringsbilder finnes i Vedlegg A. Det ble ikke observert tegn til bevegelser i skråningen nordvest for huset, men trærne i skråningen øst for huset har noe bøyde stammer (som er et tegn på mulig sig i skråningen over lang tid). Huseierne mente også at det ikke hadde skjedd videre bevegelser i skråningen nordvest for huset etter de utførte tiltak i 2018 (tiltaket skulle redusere infiltrasjon av nedbør i skråningen og inkluderte tildekking av toppen av skråningen med presenning og nedføring av takvann til bunnen av skråningen). Sprekkene i huset, i både underetasje og overetasje, var i cirka samme tilstand som 2018. Huseierne antydte at breddene av sprekkene varierer med årstid.

Befaring av Holsbekken ble utført 16. april 2024 av NGI v/Laura Rødvand og Lillestrøm kommune v/Solveig Tveter Bratlie. Det ble observert «litt» til «noe» erosjon i bekken (iht. kartleggingsmetodikk for kvikkleirefaresoner ref. /26/), hovedsakelig i sandig, siltig leire. Vannet var misfarget og grått, noe som kan indikere erosjon; dette kan også skyldes at snøsmelting fortsatt pågikk under befaringsstidspunktet. Det pågikk graving i spuntgropa i skiløypa nedenfor Solveien 13 ifm. konstruksjon av ny pumpestasjon: det var kun gravd opp faste masser, dvs. ikke kvikkleire (dybde for gravegropen var ca. 1,2 m). Det ble ikke observert berg i dagen i befaringsområdet. Bilder og kart fra befaring er presentert i Vedlegg A.

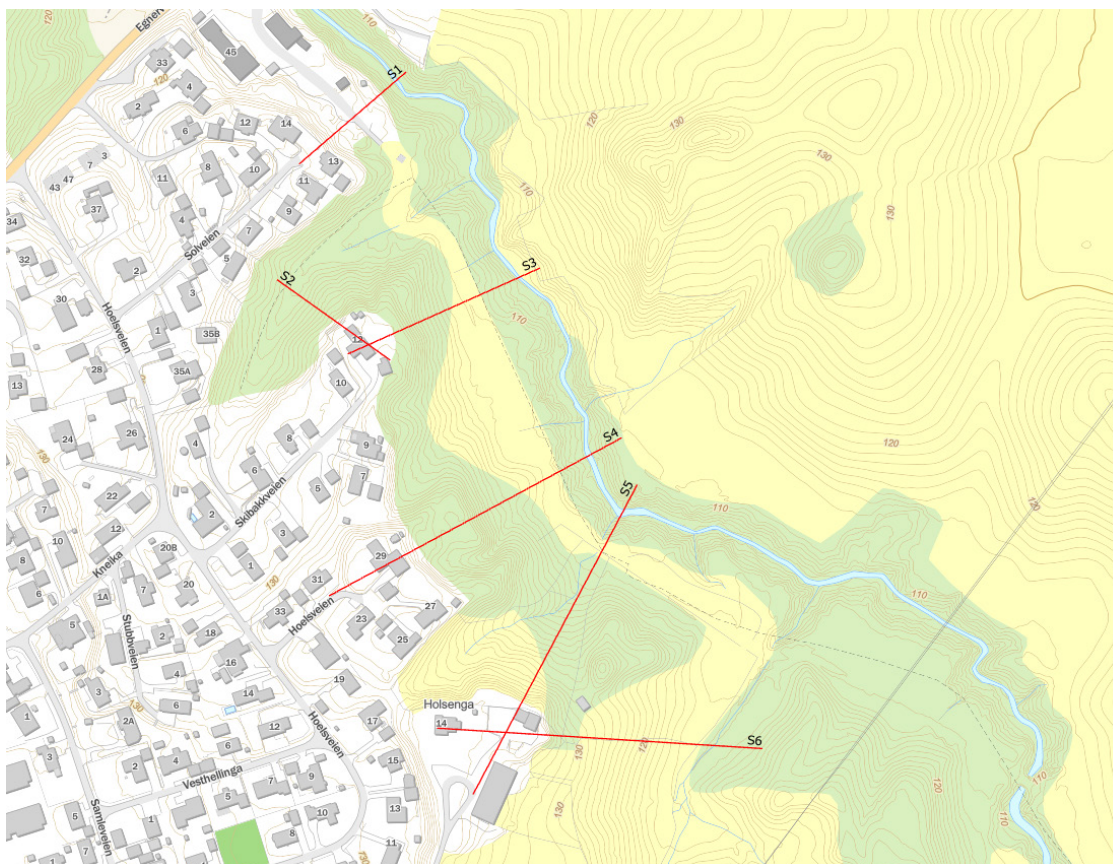
5 Grunnundersøkelser

Det er utført nye grunnundersøkelser i forbindelse med dette prosjektet, for å kartlegge lagdelingen og grunnens styrkeegenskaper. Grunnundersøkelsene består av 5 dreie-trykksonderinger, 4 CPTu-sonderinger og 4 prøveserier. I tillegg er det gjort avlesninger av to gamle poretrykksmålere. Nye borhull har prefix «NG23-». Det er også brukt data fra tidligere utførte grunnundersøkelser, og noen steder er det utført supplerende grunnundersøkelser ved gamle borhull; disse har prefix «RA20-» (ref. /4/) og «VS21-» (ref. /5/).

Borplan for de nye grunnundersøkelsene er utarbeidet av NGI i dialog med Lillestrøm kommune. Grunnundersøkelsene i felt og laboratorium ble utført av NGI. Resultatene er presentert i egen datarapport: ref. /21/.

6 Kritiske skråningsprofiler

Det er valgt ut seks antatt kritiske skråningsprofiler, for å vurdere stabilitetsforholdene langs skråningene i området. Beliggenhet av profilene er vist i Figur 6-1 og Tegning 010. Lagdeling er tolket for hvert av profilene basert på foreliggende data. Profilene med tolket lagdeling er presentert på Tegningene 011-016.



Figur 6-1. Plassering av (kritiske) skråningsprofiler.

Profil S1: Dette profilet ligger innenfor kvikkleirefarezone 11 Løren, og krysser den bratteste delen av skråningen fra Solveien og ned til Holsbekken.

Profil S2 og S3: Disse profilene starter begge på toppen av ryggen ved Skibakkveien 12. Profil S2 går ned mot ravinen i nord og profil S3 går ned mot Holsbekken.

Profil S4: Dette profilet krysser Hoelsveien 29 og går videre ned mot Holsbekken. Profilen ligger ca. 130 m sør for Profil S3.

Profil S5 og S6: Disse profilene krysser gjennom Holsenga. Profil S5 går ned mot Holsbekken og profil S6 mot den gamle skredgrova i øst.

Lagdelingen i alle profilene er relativ lik. På platået hvor bebyggelsen ligger, er det et topplag av tørrskorpe/silt/sand ned til ca. 5 m dybde. Grunnundersøkelsene indikerer et sammenhengende lag av kvikkleire under platået fra ca. 10 m dybde. Tykkelsen av kvikkleirelaget øker fra 9 m i nord til 18 m i sør.

Terrassen langs bekken (ca. kote +112) er sannsynligvis dannet av gammelt skredmateriale, dvs. materiale fra tidligere kvikkleireskred (se avsnitt 3), som ble avsatt i det gamle bekkleiet, og som har rekonsolidert over de siste 200 år. Merk at omrøring av

kvikkleire under skredhendelsene og påfølgende konsolideringsprosesser har endret strukturen av kvikkleira slik at den er lite sensitiv¹, og ikke lenger har kvikkleire-egenskaper. Sammensetningen av skredmassene kan også variere noe, med tegn på sand- og siltlag i tillegg til leire. Det er ikke indikasjon på kvikkleire i sonderingene/-prøvetaking utført på terrassen, og i stabilitetsberegningene er det ut fra dette antatt at det heller ikke ligger kvikkleire under bekken.

7 Materialparametere

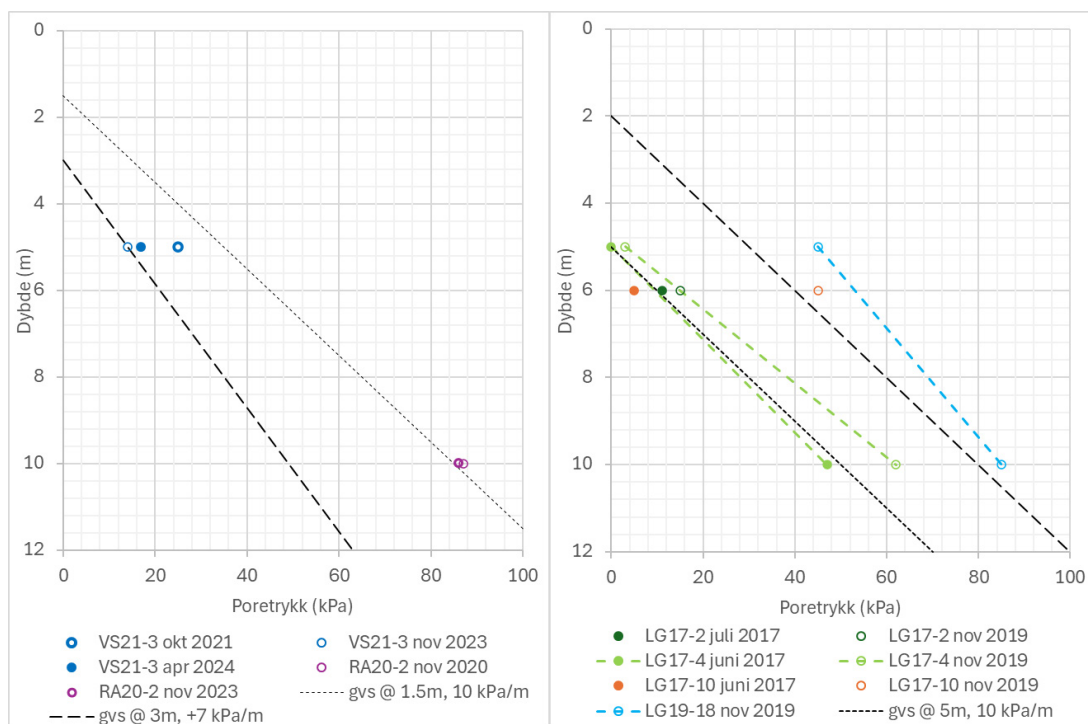
7.1 Poretrykksforhold

Det er ikke installert nye poretrykksmålere i dette prosjektet, men resultatene fra tidligere installerte poretrykksmålere er brukt (Tabell 7-1). Resultatene er også presentert i Figur 7-1, hvor poretrykksmålere i nord er presentert til venstre, og poretrykksmålere ved Huseby i sør er presentert til høyre. I rev01 av dette notatet er det lagt inn «nye» poretrykksavlesninger ved Huseby (ref. /9/), som viser endringer i poretrykk etter årstid.

Tabell 7-1. Målt poretrykk ved Lørenfallet

Borhull	Plassering	Dybde spiss (m)	Dato	Poretrykk (kPa)	Ref.
VS21-3	Kote +129.4, platå	5	Okt 2021	25	/5/
			Nov 2023	14	/21/
			April 2024	17	-
RA20-2	Kote +111.8, terrasse	10	Nov 2020	87	/4/
			Nov 2023	86	/21/
LG17-2	Kote +140.0, platå	6	04.07.2017	11	/8/
			27.11.2019	15	/9/
LG17-4	Kote +138.7, platå	5	14.06.2017	0 (tørr)	/8/
			27.11.2019	3	/9/
LG17-4	Kote +138.7, platå	10	14.06.2017	47	/8/
			27.11.2019	62	/9/
LG17-10	Kote +132.3, øverst i «Huseby» skredgrop	6	14.06.2017	5	/8/
			27.11.2019	45	/9/
LG19-18	Kote +127.5, ravinebunn i «Huseby» skredgrop	5	27.11.2019	45	/9/
		10	27.11.2019	85	/9/

¹ Sensitivitet S_t er definert som forholdet mellom leiras intakte styrke og styrken etter omrøring.



Figur 7-1. Poretrykk mot dybde. Poretrykksantagelsene brukt i stabilitetsberegningene er gitt med sorte stiplede linjer.

Ved terrassen (borhull RA20-2), indikerer poretrykksmåleren at poretrykket er hydrostatisk fordelt fra ca. 1.3 m under terrenget. Det er antatt hydrostatiske poretrykksforhold i dybden under bekken.

Poretrykksfordelingen er noe vanskeligere å tolke på plataet, der topplag av silt/sand/-leire går ned til inntil 10 m dybde, og det er ikke installert poretrykksmålere dypere enn dette. I profiler S2 og S3 (borhull VS21-3) antas det noe undertrykk (poretrykksøkning +7 kPa/m) til 20 m dybde, og deretter hydrostatisk poretrykksøkning. Det er valgt noe lavere poretrykksøkning i toppen fordi: i) plataet er det høyeste punktet på sørsiden av bekken (ingen tilførsel av vann fra høyereliggende terreng), og ii) antakelsen stemte med poretrykksavlesning ved 10 m dybde og underkanten av tørrskorpe/sand-laget. I profiler S5 og S6 er målingene fra borhull LG17-2 og LG17-4 lagt vekt på (punktene ligger på plataet, og er uberørt av tidligere skredaktivitet), og i beregningene er det brukt hydrostatisk poretrykksutvikling fra ca. 5 m dybde og videre nedover.

Det er målt stor endring i poretrykk (ca. 40 kPa) fra juni 2017 til november 2019 ved borhull LG17-10, som sannsynligvis er relatert til endring i årstid og mengde nedbør. LG17-10 ligger høyt i terrenget ved toppen av den gamle skredgropen på Huseby, men også bak (ovenfor) den bratte skredkanten til Lørenskredet. Piezometeret er installert med målespiss i 6 m dybde (rett under overgang til leire, under et topplag av sandig silt og siltig sand). Det er kun installert ett piezometer i borhullet, derfor er det vanskelig å vurdere poretrykksfordeling med dybden. Hvis poretrykket ved profiler P5 og P6

varierer like mye som LG17-10, vil også den drenerte sikkerhetsfaktoren variere med årstid, og i perioder med mye nedbør vil skråningens sikkerhet reduseres noe.

7.2 Beregningsparametere

Material- og styrkeparametere benyttet i stabilitetsberegninger er oppsummert i Tabell 7-2.

Romvekt er bestemt ut fra laboratorieforsøk på opptatte prøver (leire, kvikkleire og skredmasser), og førøvrig basert på erfaringsverdier (tørreskorpeleire/sand). Det er utført ett triaksialforsøk på opptatt leirprøve (bestående av sprøbruddmateriale). Drenerte styrkeparametere for leire/kvikkleire er basert på dette treaksialforsøket, og tolkning av effektive friksjonsparametere er vist i jfr. Figur 7-2. Tolket effektiv friksjonsvinkel er 28° , med null effektiv kohesjon c' . Kvaliteten på det utførte treaksialforsøket er vurdert til å være *meget god* iht. ref. /22/. Skredmassene antas å ha samme drenerte egenskaper som leire/kvikkleire (rekonsolidert kvikkleire/skredmateriale kan muligens ha noe bedre styrkeegenskaper enn intakt kvikkleire, men det er ikke gjort detaljerte undersøkelser av slike prøver).

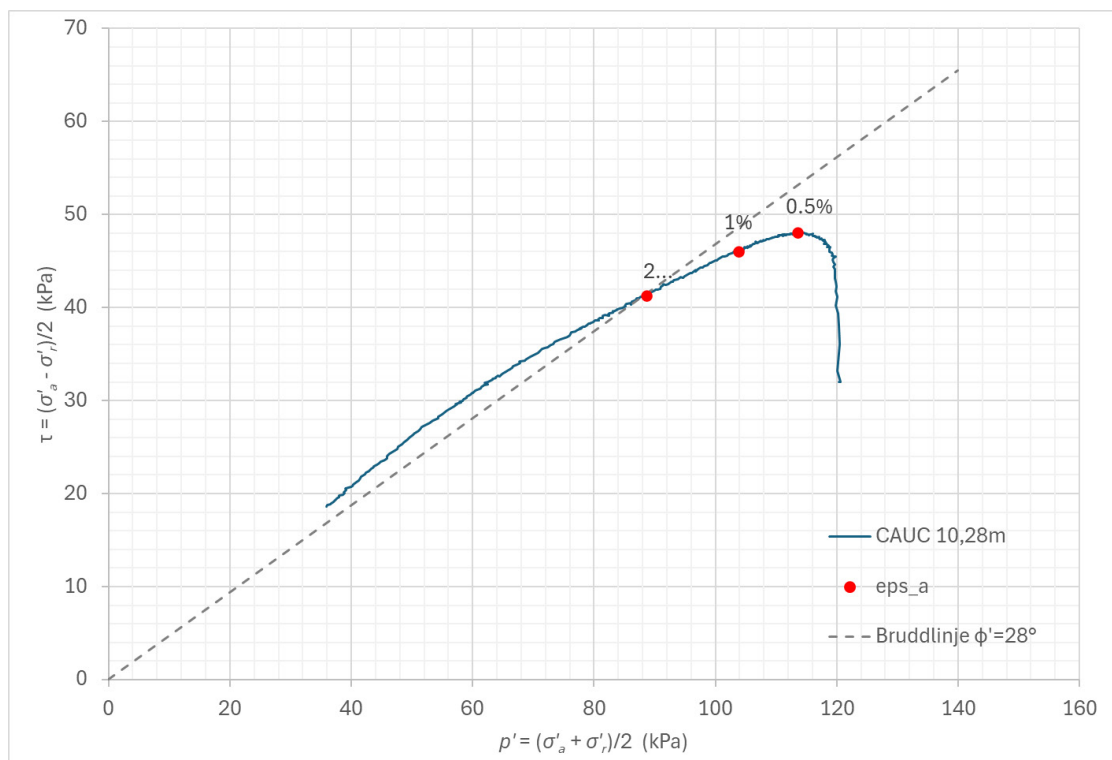
Tabell 7-2. Oppsummering av materialparametere anvendt i stabilitetsberegningene

Materiale	Romvekt (kN/m ³)	Friksjon- vinkel φ (°)	Kohesjon c' (kPa)	Udrenert skjærfasthet $s_{u,A}$ (kPa)	Anisotropifaktorer		
					A	D	P
Tørreskorpe/sand	19	32	0	-	-	-	-
Leire/silt	19	28	0	Vedlegg B	1	0,63	0,35
Skredmasser	19	28	0	Vedlegg B			
Kvikkleire	19 ⁽¹⁾ 17 ⁽²⁾	28	0	Vedlegg B	1	0,63	0,35
Leire	19.5	28	0	Vedlegg B	1	0,63	0,35
Merknader: ⁽¹⁾ brukt i profil S3 ⁽²⁾ brukt i profil S5							

Udrenert skjærfasthet for leire/kvikkleire er tolket ut fra CPTu-sonderingene (korrelasjoner fra ref. /23/), basert på laboratorieforsøk utført på opptatte prøver og antatt poretrykksfordeling som beskrevet i kapittel 7.1. Tolkede aktive skjærfasthetsprofiler er vist i Vedlegg B for alle CPTu-sonderinger. Figur 7-3 gir en sammenstilling av tolket aktiv udrenert skjærfasthet mot dybde for samtlige CPTu-sonderinger. En sammenstilling av tolket udrenert skjærfasthet fra CPTu-sonderinger plottet mot kotenivå er vist i Figur 7-4.

Tolkningen av udrenert skjærfasthet indikerer at leira på plataet er normalkonsolidert (delvis med uvanlig lav udrenert skjærfasthet), mens leira under de antatte skredmassene i ravinen er svakt overkonsolidert. Merk at selv i sonderingene som ble forboret gjennom

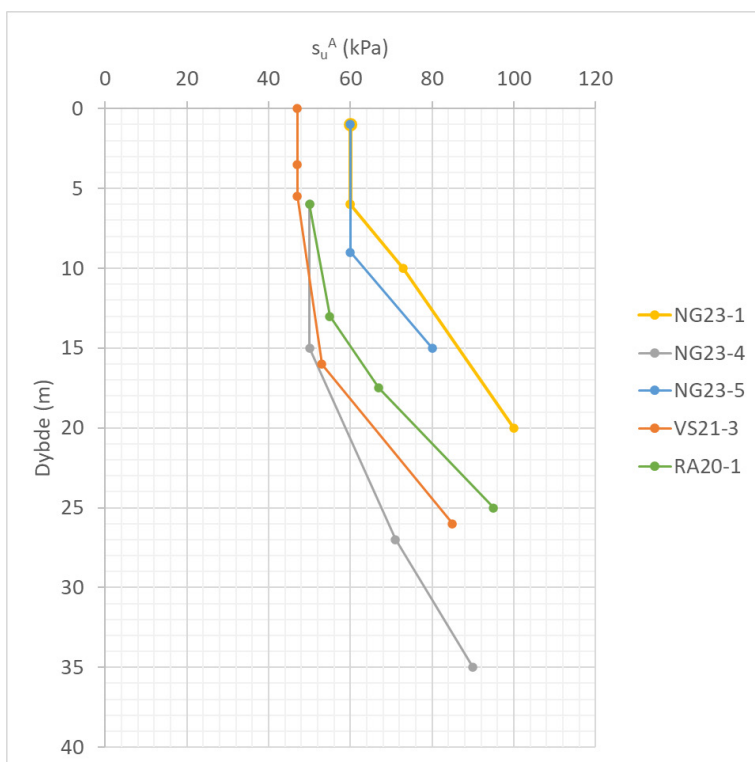
«tørrskorpen», er responsen i øvre del av sonderingsprofilen påvirket av sand/siltinnholdet (delvis drenert respons).



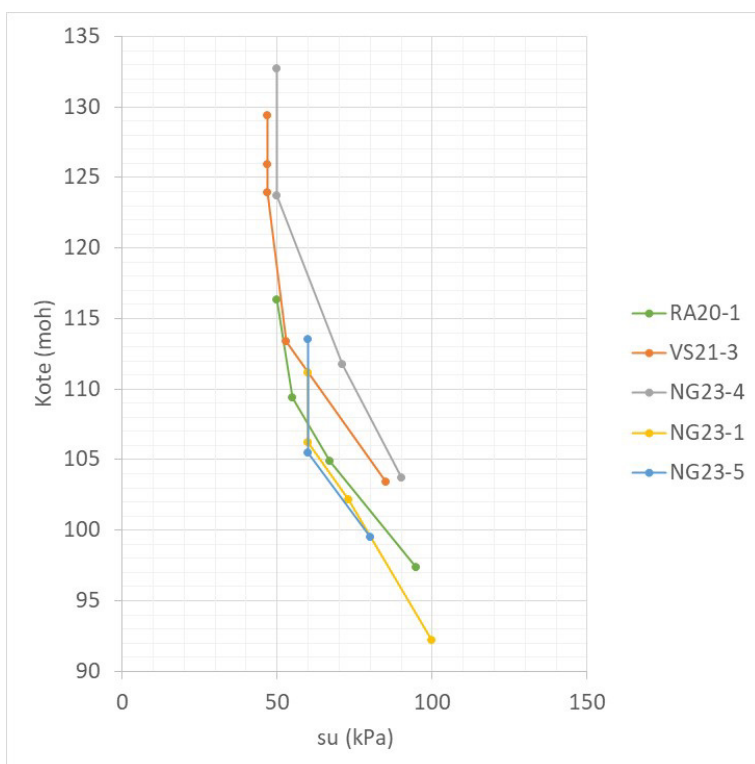
Figur 7-2. Tolkning av drenerte styrkeparametere fra treaksialforsøk på leire (sprøbruddmateriale) fra borpunkt NG23-4 (ref. /21/). Angitt bruddlinje tilsvarer effektiv friksjonsvinkel 28° (for effektiv kohesjon lik 0).

Tolkning av udrenert skjærfasthet for antatte skredmasser (ved borhull NG23-1 og NG23-5) indikerer stor variasjon av styrkeegenskaper, derfor er det valgt en middelerdi for udrenert skjærfasthet, som er konstant med dybden i skredmassene.

Leiras udrenerte skjærstyrke varierer med retning på skjærplanet. I stabilitetsanalysene er anisotropifaktorer benyttet (som vist i Tabell 7-2) ved udrenert analyse av skjærflater gjennom lag med leire/kvikkleire, iht. anbefalinger i ref. /10/. Plastisitetsindeks er målt til å variere mellom 6-21% (ref. /21/), men det er ingen merkbar forskjell mellom ikke-kvikkleire og kvikkleire.



Figur 7-3. Sammenstilling av s_u^A mot dybde, tolket fra CPTu-sonderinger



Figur 7-4. Sammenstilling av s_u^A mot kotenivå, tolket fra CPTu-sonderinger

SHANSEP-prinsippet (ref. /25/) er benyttet for å estimere udrenert skjærfasthet ved bekken basert på udrenert skjærfasthet tolket fra CPTu-sonderinger på toppen av skråningen. Metoden tar hensyn til antatt overlaging fra tidligere terreng over dagens terrengnivå (spenningshistorie, overkonsolidering), poretrykksforhold i dagens situasjon og romvekt av leira.

Udrenert aktiv skjærfasthet anslås således som følger:

$$s_u^A = \alpha \cdot \text{OCR}^m \cdot \sigma'_{v0}$$

der:

s_u^A = udrenert aktiv skjærfasthet (kPa)

α = normalisert styrke for $\text{OCR} = 1$ (α er valgt lik 0.3)

OCR = overkonsolideringsgrad, dvs. forholdet mellom tidligere og nåværende effektiv vertikalspenning i aktuell dybde

m = eksponent (m er valgt lik 0.8)

σ'_{v0} = vertikal effektivspenning i aktuell dybde

8 Skråningsstabilitet

8.1 Stabilitetsberegninger: dagens situasjon

Stabilitetsberegninger for dagens situasjon er utført for to av profilene presentert foran: S3 og S5, som er vurdert til å være de mest kritiske profiler med hensyn til skråningsstabilitet. Det geotekniske beregningsverktøyet GeoSuite Stability (Version 24.0.8.0) er brukt til stabilitetsberegningene. Stabilitet av skråninger uttrykkes ved en sikkerhetsfaktor, som indikerer hvor stor margin mot brudd skråningen har.

Sikkerhetsfaktorer er regnet for to tilstander, nemlig *udrenert* og *drenert*.

- Udrenert tilstand er representativ for korttidssituasjon: dvs. for raske belastningsøkninger/spenningsendringer. Slike spenningsendringer kan eksempelvis være utlegging av fyllmateriale eller graving i skråningsfoten.
- Drenert tilstand er representativ for langtidssituasjonen, dvs. den permanente situasjonen hvor skråningen ikke utsettes for raske belastningsendringer. Den drenerte tilstanden vil imidlertid påvirkes negativt av økninger i poretrykk som eksempelvis kan forekomme etter mye/langvarig nedbør, i forbindelse med snøsmelting, eller som resultat av heving av grunnvannstanden i bekken.

Stabilitetsberegningene er presentert i Vedlegg C1-C4, og beregningsresultatene er oppsummert i Tabell 8-1. Sikkerhetsfaktorene i begge profilene ligger under krav til ny utbygging, for både drenert og udrenert tilstand. Sirkulære glideflater viser seg å være mest kritisk i begge profilene, men plane glideflater er også vurdert for profil S5, for å sjekke sikkerhetsfaktor for en udrenert glideflate som starter ved bekken og avslutter på platået.

Tabell 8-1. Sikkerhetsfaktorer for stabilitetsanalyse av dagens situasjon

Profil	Beskrivelse av beregning	Sikkerhetsfaktor	
		Udrenert	Drenert
S3	Sirkulær glideflate: platå-terrasse	0.95	0.97
	Sirkulær glideflate: platå-bekk	1.00	1.31
	Sirkulær glideflate: terrasse-bekk	2.32	1.48
S5	Sirkulær glideflate: platå-terrasse	0.84	1.08
	Plan glideflate: platå-bekk	1.22	-
	Sirkulær glideflate: terrasse-bekk	1.87	1.12

Profil S3 er mest representativt for stabiliteten i nordre del av vurderingsområdet. Både udrenert og drenert skråningsstabilitet er beregningsmessig marginal. For udrenert sikkerhet (korttidstilstand) er det glideflaten mellom det øvre platået ved bebyggelsen og ned til terrassen med skiløypen som er kritisk, men også den store glideflaten fra toppen av skråningen og helt ned til bekken har veldig lav beregnet sikkerhet. Merk at det er brukt CPTU-tolking fra RA20-1 oppe på terrassen, da CPTU-sondering VS21-3 muligens er påvirket av penetrering gjennom silt/sandlag (ikke forboring gjennom dette laget). Det er også den øvre delen av skråningen som har lavest sikkerhetsfaktor i drenert tilstand, der beregnet sikkerhetsfaktor er marginal.

Profil S5 har veldig lav beregnet sikkerhetsfaktor (0.84) for udrenert tilstand (korttidstilstand). Sikkerhetsfaktor under 1.0 betyr at antagelsene for jordparameterne er noe konservative, eller det kan være stabiliserende 3D-effekter som bidrar til at reell sikkerhet er bedre enn beregningene viser. Uansett, også med noe oppjusterte udrenerte styrkeparametere må skråningsstabiliteten beregningsmessig forventes å være marginal for profilet, og den teoretiske (beregnete) glideflaten skjærer gjennom kvikkleirelaget.

For skråningen fra terrassen og ned til bekken er beregnet udrenert stabilitet god (sikkerhetsfaktor 1.87). Den kritiske glideflaten for drenert tilstand for skråningen ned mot bekken har imidlertid lav sikkerhetsfaktor (1.12). Merk at dette profilet er representativt for skråningene langs bekken i vurderingsområdet, med tanke på høydeforskjell og skråningshelning. Kritisk glideflate for øvre del av profilet, og som berører kvikkleire, har sikkerhetsfaktor 1.08. Denne glideflaten slår ut i skråningen ovenfor terrassen.

8.2 Aktuelle skredmekanismer

Siden det er påvist stor mektighet av kvikkleire i platået, er det fare for retrogressivt skred i vurderingsområdet, dersom et initialskred skulle inntreffe.

Det er positivt for skredfaren at ikke det ble funnet tegn på kvikkleire ved boringer på terrassen, og basert på disse undersøkelsene er det sannsynligvis heller ikke kvikkleire ved bekken. Dette kan bety at selv om evt. erosjon i bekken vil forverre stabiliteten, og evt. føre til utglidninger i terrassematerialet, er det mindre sannsynlig at erosjon vil utløse et kvikkleireskred umiddelbart. Merk at utglidninger fra «terrassen» dvs. langs skiløypa, likevel vil forverre stabiliteten i øvre del av skråningen, og glideflater som omfatter hele skråningen er beregningsmessig kritiske.

Det er gjort en vurdering av maksimal lengde av løsneområde (målt normalt på skråningen), der lagdeling og terrengoverflate er vurdert for flere profiler i vurderingsområdet, se Vedlegg D1-D5. Maksimal lengde av løsneområdet er vurdert iht. NVEs kvikkleireveileder (ref. /20/). Sammen med mulighet for sideveis utbredelse av skredet, gir dette grensene til den nye kvikkleiresonen «Holsenga»: Vedlegg D6. I vurderingen er det lagt mest vekt på profilene S4 og S5, som antas å ha retrogressiv skredmekanisme, og stor beregnet lengde på løsneområde, L . Dermed er det tegnet inn noe større løsneområde i nordre og søndre del av sonen enn det L -verdier for de nærmeste profilene tilsier.

Utløpsområdet er vurdert basert på NVEs kvikkleireveileder (ref. /20/), og tegnet opp i Vedlegg D6. Profil S5 er det kritiske profilet med tanke på utløpsområdet, med stort løsneområde og kanalisert terreng nedstrøms. Ut fra dette er utløpslengde lik $3 \cdot L$ fra profil S5 brukt som utgangspunkt. Det kan skje noe oppdemning av skredmateriale bak kulverten under Egnerveien, og det er antatt at bekken fylles opp til nivå med terrassen (ca. kote +110) før skredmaterialet flommer over veien og fortsetter videre ned bekkeløpet på nordsiden av Egnervegen.

8.3 Klassifisering av vurderingsområdet

Klassifisering av vurderingsområdet er utført i henhold til NVE rapport 9/2020 (ref. /26/). Vurderingen er vist i detalj i Vedlegg E.

- **Faregrad** er vurdert for kritiske skråninger i vurderingsområdet (profiler S3 og S5). De to profilene fikk lik poengsum ved evalueringen. Faresonen er vurdert til faregradsklasse «høy».
- **Skadekonsekvens** er vurdert for hele faresonen, dvs. både løsne- og utløpsområde. Konsekvensklasse er vurdert til «alvorlig».
- **Risiko** er lik skadekonsekvens x faregrad. Risiko er vurdert til «klasse 4».

8.4 Mulige sikringstiltak

8.4.1 Unngå forverring

Følgende tiltak kan forhindre forverring av skråningsstabiliteten:

- Erosjonssikring av bekken,
- unngå belastning på toppen av skråningene (dvs. det bør ikke legges masser ut mot skråningskanter),
- unngå graving i skråningen, i skiløypa og ved bekken (derunder grøftegraving i forbindelse med rørlegging o.l.) og andre anleggsarbeider uten forutgående geotekniske vurderinger og prosjektering.

8.4.2 Forbedring av skråningsstabilitet

Konvensjonelle tiltak for å **forbedre stabilitetsforholdene**, er å endre topografien på terrenget, enten ved avlastning på toppen, eller gjennom oppfylling i bunn av skråningen. Størrelse/omfang av tiltakene vil være avhengig av ønsket forbedring av skråningsstabiliteten. Det er ikke eksplisitte lovpålagte krav til skråningsstabilitet for eldre eksisterende bebyggelse, og sikringsmål for en evt. stabilitetsforbedring må derfor fastsettes av kommunen.

Motfylling langs (på) terrassen/skiløypa vil forbedre skråningsstabiliteten i øvre del av skråningen (ovenfor terrassen/skiløypa), men vil samtidig forverre stabiliteten for skråningen fra terrassen og ned mot bekken. Dersom det gjøres tiltak på terrassen, kan det derfor samtidig være nødvendig å legge ut motfylling i bekken, da stabiliteten mot bekken fra terrassen stedvis er dårlig. Bekken har lite fall langs ravinene, og helhetlige tiltak vil derfor være nødvendig for å unngå oppstuvning av vann.

Oppe på plataet (ved bebyggelsen) vil avlastning av terrenget, som fjerning av masser eller utskifting av jordmasser med lette masser, forbedre skråningsstabiliteten. Tiltak på plataet er imidlertid vanskelig å gjennomføre over sammenhengende områder, pga. eksisterende bygninger på toppen av skråningen med tilhørende infrastruktur.

8.4.3 Forbedring av datagrunnlag

Forbedring av datagrunnlaget kan oppnås ved utførelse av supplerende grunnundersøkelser, og vil forbedre datagrunnlaget for stabilitetsanalyser (og muligens resultere i høyere beregnede sikkerhetsfaktorer). Merk at det er usannsynlig at man kan heve sikkerhetsfaktorene slik at beregnet sikkerhet tilfredsstiller dagens krav for ny bebyggelse, men forbedret datagrunnlag kan redusere omfang/størrelse av eventuelle stabiliserende tiltak, muligens også redusere størrelse av selve kvikkleirefaresonen. Mer detaljert kjennskap til lagdeling og utbredelse av kvikkleire vil også være en fordel i videre vurdering av sikringsutforming/-behov.

Noen mulige suppleringer:

- Installere piezometere i flere punkter/nivåer, og dypere enn dagens piezometere; dette vil gi bedre kontroll på poretrykksfordelingen i skråningene. Kontinuerlig måling med elektriske piezometere vil gi bedre grunnlag for vurdering av endringer i poretrykket i grunnen med årstidene.
- Utføre avanserte styrkeforsøk (som treaksialforsøk) på flere prøver. Styrke fra konus- og enaksforsøk ligger generelt under tolkning av udrenert skjærfasthet basert på CPTU-sonderinger (noe som er vanlig for rutineforsøk på sensitiv leire), og gir dårlig grunnlag for stabilitetsberegninger. Treaksial- eller DSS-forsøk kan gi bedre bekreftelse på tolket in situ skjærfasthet (fra CPTu).
- Nye CPTu-sonderinger på plataet, der det forbores helt ned til leirlaget (for eksempel til 10 m dybde ved NG23-4, og 5 m dybde ved NG23-1). Dette bør gjøres for å sikre full metning av sonden under utførelse, og gi bedre data for tolkning av udrenert skjærfasthet.

8.5 Stabilitetsberegninger: stabiliserende tiltak

For eldre bebyggelse er det ikke eksplisitte krav til sikkerhet mot naturfarer, derunder krav til skråningsstabilitet og sikkerhet mot kvikkleireskred (se avsnitt 2).

Imidlertid, hvis kommunen vil utføre stabiliserende tiltak, kan man ta utgangspunkt i kvikkleireveilederens (ref. /26/) krav til sikkerhet for områder utenfor *influensområdet til tiltak*, siden det ikke er planlagt ny bebyggelse eller byggetiltak i området. Da er kravet til drenert sikkerhetsfaktor $F_{c\phi} \geq 1.25$, i tillegg til at det kreves «robusthet» gjennom udrenert sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1.20$. Som presentert i Tabell 8-1, ligger de beregnede sikkerhetsfaktorene under disse kravene. I slike tilfeller kan kravet om prosentvis forbedring brukes. Med tiltakskategori *K4* og *høy* faregrad, er kravet til forbedring av sikkerhetsfaktoren for eksisterende skråninger «*vesentlig forbedring*», dvs. inntil 15 % (for skråningen som teoretisk har sikkerhetsfaktor 1.0).

Det er utført beregninger for å vise muligheter for å oppnå *vesentlig forbedring* for profilene S3 og S5. Beregningsresultatene oppsummeres i Tabell 8-2, og beregningene er presentert i Vedlegg C5-C6.

Tabell 8-2. Beregningsprofiler S3 og S5. Dagens stabilitetsforhold, krav for å oppnå «*vesentlig forbedring*» av sikkerhetsfaktor iht. NVE veileder 1/2019 og resulterende sikkerhetsfaktor med stabiliserende tiltak.

Profil	Beskrivelse av beregning	Sikkerhetsfaktor					
		Dagens situasjon		Krav «vesentlig forbedring» iht. NVEs kvikkleire-veiledning		Med stabiliserende tiltak (vedlegg C5-C6)	
		Udrenert	Drenert	Udrenert	Drenert	Udrenert	Drenert
S3	Sirkulær glideflate: platå-terrasse	0.95	0.97	1.09	1.12	1.09	1.53
	Sirkulær glideflate: platå-bekk	1.00	1.31	1.15	*	1.15	*
	Sirkulær glideflate: terrasse-bekk	2.32	1.48	*	*	*	*
S5	Sirkulær glideflate: platå-terrasse	0.84	1.08	0.97	1.21	0.99	1.22
	Plan glideflate: platå-bekk	1.22	Ikke relevant	*	Ikke relevant	*	Ikke relevant
	Sirkulær glideflate: terrasse-bekk	1.87	1.12	*	1.24	*	1.24
Merknader: * Krav om absolutt sikkerhet er oppfylt, dvs. $F_{c\phi} \geq 1.25$ (drenert) og $F_{cu} \geq 1.20$ (udrenert)							

Profil S3

På toppen av skråningen, i hagen til Skibakkveien 12, er det skissert tiltak i form av avlastning (Vedlegg C5). Avlastningen forbedrer både drenert og udrenert stabilitet i skråningen mellom skiløypa og Skibakkveien 12. Avlastningen har positiv effekt stabilitetsmessig, fordi den både fjerner vekt (last) fra toppen av skråningen og reduserer skråningshelningen i øvre del av skråningen. Det stabiliserende tiltaket vist i Vedlegg C5 har helning 1V:3H og begynner ved kote +120, med tykkelse inntil 4 m.

Stabiliteten av hele skråningen (fra Skibakkveien 12 og ned til bekken) er også marginal for dagens situasjon (Vedlegg C1). For å sikre glideflater av denne typen iht. krav om «vesentlig forbedring», kreves det en motfylling i bekken, med tykkelse opp mot 4-5 m. Alternativt kan et større område avlastes på toppen av skråningen, men det er vanskelig å oppnå «vesentlig forbedring» for lange glideflater ned til bekken med kun avlastning, og uten å berøre eksisterende bebyggelse (bolighuset og annen infrastruktur).

Det anbefales å utføre flere grunnundersøkelser for å forbedre kunnskap om udrenert styrke (særlig for store dybder) på plataået ved Skibakkveien 12 før stabiliserende tiltak planlegges/prosjekteres.

Profil S5

For dette profilet er det, dersom ønsket forbedring av stabilitetsforholdene skal oppnås, nødvendig med en betydelig avlastning på toppen av skråningen (Vedlegg C6). Opp mot 2 m jord må fjernes fra et område som strekker seg over 30 m bakover fra skråningskanten og innover plataået. De avlastede jordmassene kan brukes som stabiliserende motfylling i nedre del av skråningen (forutsatt at massene ikke består av sensitiv leire).

Stabiliteten fra terrassen ved elva og ned til elveløpet for dagens situasjon er ikke like kritisk, og krever mindre stabiliserende tiltak. Kravet om «vesentlig forbedring» kan oppfylles ved erosjonssikring i bekken (som også fungerer som motfylling), mens den øvre delen av skråningen fra terrassen ned mot bekken kan flates ut slik at maks. helning blir 1V:3H.

Her er det også anbefalt å utføre flere grunnundersøkelser for å forbedre kunnskap om udrenert styrke i stor dybde under plataået og under midtre del av skråningen.

Forutsetninger for stabilitetsberegninger (stabiliserende tiltak):

- Ved avlastning: Det er ved denne vurderingen ikke gjort nedjustering av udrenert skjærstyrkeprofil (ikke tatt hensyn til potensiell effekt av svelling).
- Drenerte beregninger: Poretrykksprofil på toppen av skråningen er flyttet horisontalt innover på plataået ved avlastning ved skråningskant.
- Det er ikke antatt hevet vannivå ved bekken som følge av motfylling i bekken.

Merk: Det er flere mulige kombinasjoner av motfylling/avlastning (stabiliserende tiltak) som kan brukes for å oppnå ønsket forbedring av stabilitet. Løsningene i Vedlegg C5-C6 er resultat av en innledende vurdering, og løsningen må detaljprosjekteres før valg

av stabiliserende tiltak. Tiltak for området mellom profil S3 og S6 bør også vurderes nærmere og skråningssikkerhet forbedres samtidig som øvrige deler av skråningen. Terrenget og skråningshøyder varierer mye, og bolighus er stedvis plassert nært skråningskantene, noe som gjør at løsningene må justeres langs vurderingsområdet.

9 Vurdering av sprekkdannelse ved Skibakkveien 12

Huseierne ved Skibakkveien 12 har sendt bekymringsmelding til kommunen med bakgrunn i bevegelser i skråningen nær huset. Bevegelsene skal ha skjedd i 2018. Det skal ikke ha skjedd videre bevegelser i skråningen etter 2018, men huseierne melder at bredden av sprekke i huset varierer med årstid. Basert på lokasjon av sprekke, ser det ut til at det er bevegelser i den nordre delen av huset, som heves og senkes noe langs det oppsprukne området. NGI kjenner ikke til fundamenteringsmetoden for huset, men antar at huset er fundamentert på ringmur på «fast grunn» (antatt løsmasser). Heving/-senkning av nordre del av huset kan skyldes at huset er fundamentert på telefarlige masser, dvs. deler av huset løftes muligens når grunnen under fundamentet fryser, og synker i tineperioden. Tele kan også redusere grunnens bæreevne. Grunnundersøkelsene viser at det er mye silt i de øverste meterne av jorden: Kornfordelingsanalysen viser at prøven tatt fra 0-2 m dybde er «meget telefarlig» (borhull VS21-3, ved Skibakkveien 12). Silt har egenskaper som gjør at grunnvann kan suges opp til frysefronten, slik at det dannes islinser.

Dersom det forekommer telehiv i vinterhalvåret, kan dette forhindres ved at fundamentene sikres mot frost, for eksempel ved at det isoleres. En standard løsning er installasjon av markplater rundt huset og forbedring av drenering rundt huset. Merk at noe forbedring av skråningsstabilitet kan oppnås samtidig, ved evt. utskifting av konvensjonelle masser av jord/stein med lette masser (lettklinker).

Det er også utført en vurdering av setninger av huset i Skibakkveien 12, ved bruk av INSAR-data fra NGU (www.insar.ngu.no), dvs. radardata samlet inn av satellitter. Slike datasett kan (i noen tilfeller) avsløre om det skjer setninger av bygninger over lang tid. Data fra punkter på huset viser ikke tydelige/konsistente tegn på pågående setninger/-bevegelser innenfor måleperioden.

Problemet med sprekkdannelse i huset ved Skibakkveien 12 vurderes som et fundamenteringsproblem, som trolig kan utbedres ved å sikre fundamentene mot frost. At det også er dårlig skråningsstabilitet ved tomta, er et separat problem, og det vil kreve større tiltak for å forbedre sikkerhetsfaktor for skråningsstabilitet (se avsnitt 8.4.2).

10 Sammendrag og konklusjoner

Det er utført nye grunnundersøkelser og gjort en vurdering av områdestabilitet for et boligområde på Lørenfallet. Vurderingsområdet dekker området mellom Hoelsveien-Holsbekken og Engerveien-Holsenga. Det er påvist et antatt sammenhengende lag med

kvikkleire under plataet, og det er opprettet en ny kvikkleirefaresone i området. Sonen har fått navnet «Holsenga». Kvikkleirefaresonen er vurdert å ligge i faregradsklasse *høy*, konsekvensklasse *alvorlig* og risikoklasse 4.

Den nye kvikkleiresonen er meldt inn til NVE av NGI. Uavhengig kvalitetssikring av dette notatet er utført av Romerike Geoteknikk (ref. /27/).

Skråningsstabilitet

Skråningsstabiliteten er vurdert for både drenert og udrenert tilstand for to kritiske profiler. Beregnede sikkerhetsfaktorer for begge profiler er marginale, dvs. at basert på tilgjengelige data er teoretisk skråningsstabilitet dårlig, og langt under lovverkets krav til sikkerhet for nybygg i dag.

Sikringstiltak

Som minimumstiltak, anbefaler NGI erosjonssikring av Holsbekken. Dette vil forhindre gradvis forverring av skråningsstabilitet forårsaket av erosjon i bekkeløpet.

Mulige sikringstiltak for å forbedre stabilitetsforholdene vil i første rekke være avlastning av plataet/terreng på toppen av skråningen, og etablering av motfylling ved skråningsfot/i bekken. En kombinasjon av avlastning og motfylling kan være aktuelt, men løsninger må detaljprosjekteres for å ivareta eksisterende bebyggelse.

Supplerende data

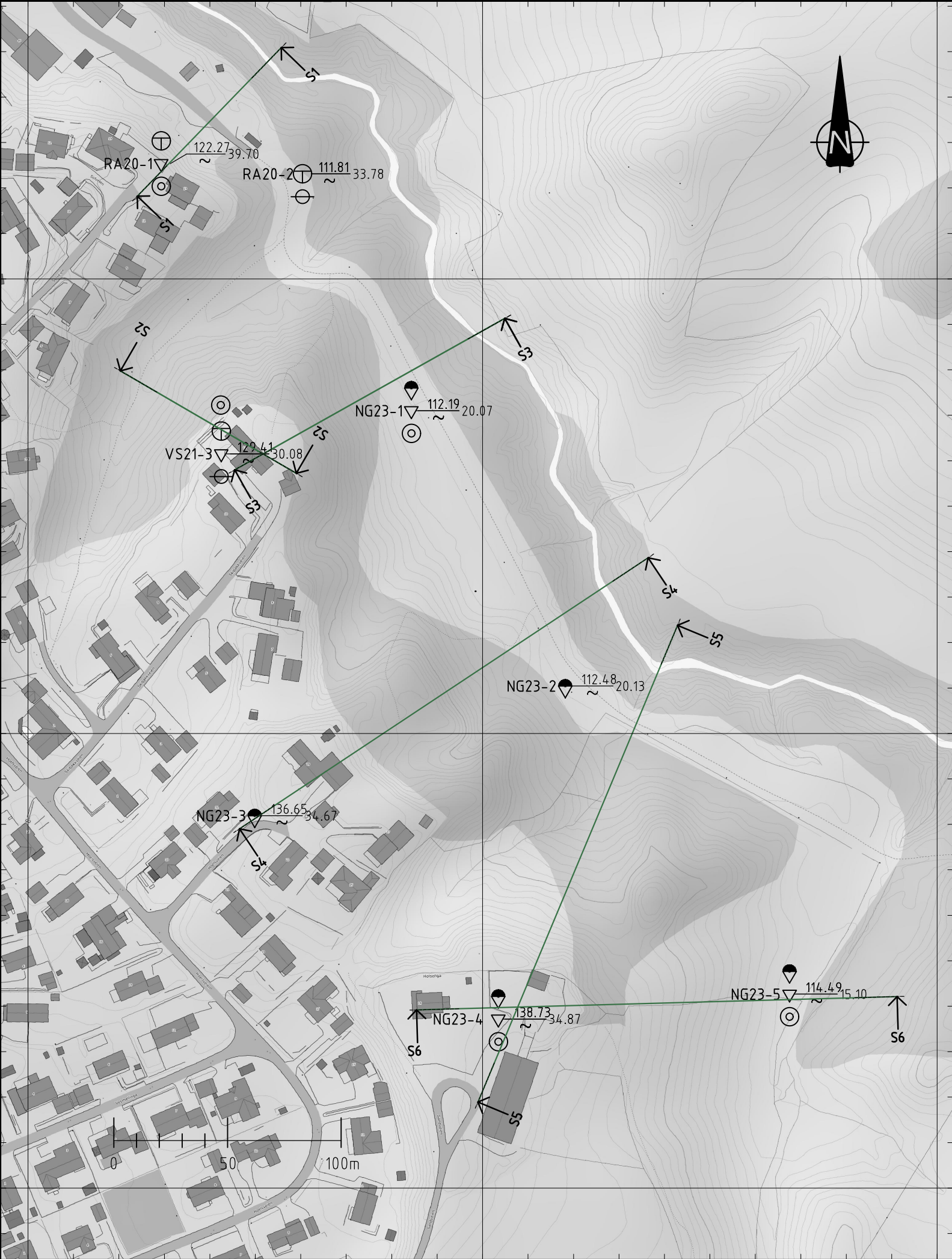
Nye grunnundersøkelser anbefales for å forbedre datagrunnlaget, særlig den udrenerte skjærstyrken i stordybde under boligområdet. Supplerende grunnundersøkelser kan evt. redusere omfanget av stabiliserende tiltak og muligens ha betydning for utbredelse av sonen.

11 Referanser

- /1/ NGI (1990) *Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Ullensaker*. Rapport nr. 860019-1, datert 31.05.1990
- /2/ NGI (1990) *Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Ullensaker*. Boreresultater. Rapport nr. 860019-2, datert 31.05.1990
- /3/ Løvlien Georåd (2007) *Kvikkleiresoner – Sørum. Grunnundersøkelser. Geoteknisk rapport 06-039 nr. 1*, datert 03.06.2007
- /4/ Rambøll (2021) *Datarapport fra grunnundersøkelse. Lillestrøm kommune PA715 Holsbekken*. Oppdragnr. 1350041635, rapport nr. 1, datert 17.03.2021.
- /5/ VSO Consulting (2021) *Skibakkveien 12, Lillestrøm kommune. Geoteknisk Undersøkelserapport*. Datert 08.11.2023.
- /6/ Haukelid A/S (1972) *Grunnundersøkelse for Industrifelt på Lørenfallet*. Datert 12.01.1972

- /7/ Løvlien Georåd (2003) *Trond Underhaug. Bygging av ny enebolig. Grunnundersøkelse. Geoteknisk rapport.* Prosjekt nr. 03-03. Datert 26.08.2003.
- /8/ Løvlien Georåd (2017) *Bakke AS Huseby Lørenfallet, Sørums kommun.* Geoteknisk datarapport 17108 nr. 1, datert 12.07.2017.
- /9/ Løvlien Georåd (2019) *Bakke Prosjekt AS. Huseby Lørenfallet, Sørums kommun.* Geoteknisk datarapport 17108 nr. 2, datert 28.11.2019.
- /10/ SVV (1987) *G/S-veg Lørenfallet grunnundersøkelser.* Notat datert 17.06.1987.
- /11/ Multiconsult (2005) Solvegen 13. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. Rapportnr. 810272-01, datert 28.10.2005.
- /12/ Løvlien Georåd (2013) *Geoteknisk vurderingsrapport 12-237 nr. 1 rev.1.* Seierhus AS, Bolighus Lørenfallet. Datert 24.09.2013.
- /13/ Løken, Jørstad og Heiberg (2021) *Gamle leirskred på Romerike.* Et utdrag fra Romerike Historielags Årbok 1970. Revidert 2021.
- /14/ NVE (2024) <https://atlas.nve.no/>
- /15/ Sweco (2013) Sørums kommun-vurdering av utglidning-Egnerveien. Doknr. 172710-RIG-01, datert 01.01.2013.
- /16/ Rambøll Norge AS (2024) Geoteknisk notat - PA715 Holsbekken. Doknr. 1350041635, datert 05.01.2024.
- /17/ NGI (2018) *Skibakkvegen 12, Lørenfallet. Vurdering av bevegelser. Innledende vurdering og forslag til videre arbeid.* Dokumentnr. 20180928-01-TN, datert 27.11.2018.
- /18/ Løvlien Georåd (2020) *Huseby Lørenfallet.* Prosjekt 17108, Notat RIG02 rev03, datert 08.05.2020.
- /19/ BioFokus (2016) *Ravinekartlegging i Sørums kommun 2014-2015.* Dokumentnr. 2016-1, datert 15.02.2016.
- /20/ NVE (2020) Veileder 1/2019 *Sikkerhet mot kvikkleireskred: vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.*
- /21/ NGI (2023) *Geoteknisk datarapport, Skibakkveien, Lørenfallet.* Doknr. 20230480-01-R, datert 19.12.2023.
- /22/ Lunne et al. (1997). *Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay.* Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics. Balkema, Rotterdam. S. 81-102.
- /23/ Karlsrud K. (2005). *CPTU correlations for clays.* International conference on soil mechanics and geotechnical engineering, 16. Osaka 2005. Proceedings, Vol. 2, pp. 693-702.
- /24/ NVE, Jernbaneverket og Statens vegvesen . (2014). *NIFS 14/2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i norske leirer.*
- /25/ Ladd, C. C., & Foott, R. (1974). *New design procedure for stability of soft clays.* Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 100 (Proc Paper 10064).
- /26/ NVE (2020) Ekstern rapport 9/2020: *Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred – Metodebeskrivelse.*
- /27/ Romerike Geoteknikk (2024) Kvalitetssikring iht. NVE-veileder 1/2019: *Vurdering av områdestabilitet Skibakkveien.* Doknr. 50639-01-R, datert 07.10.2024.

Tegninger



FORKLARINGER:

- Dreiesondering

○ Enkel sondering

▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring

◐ Dreietrykksondering

⊖ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie

□ Prøvegrop

+ Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling

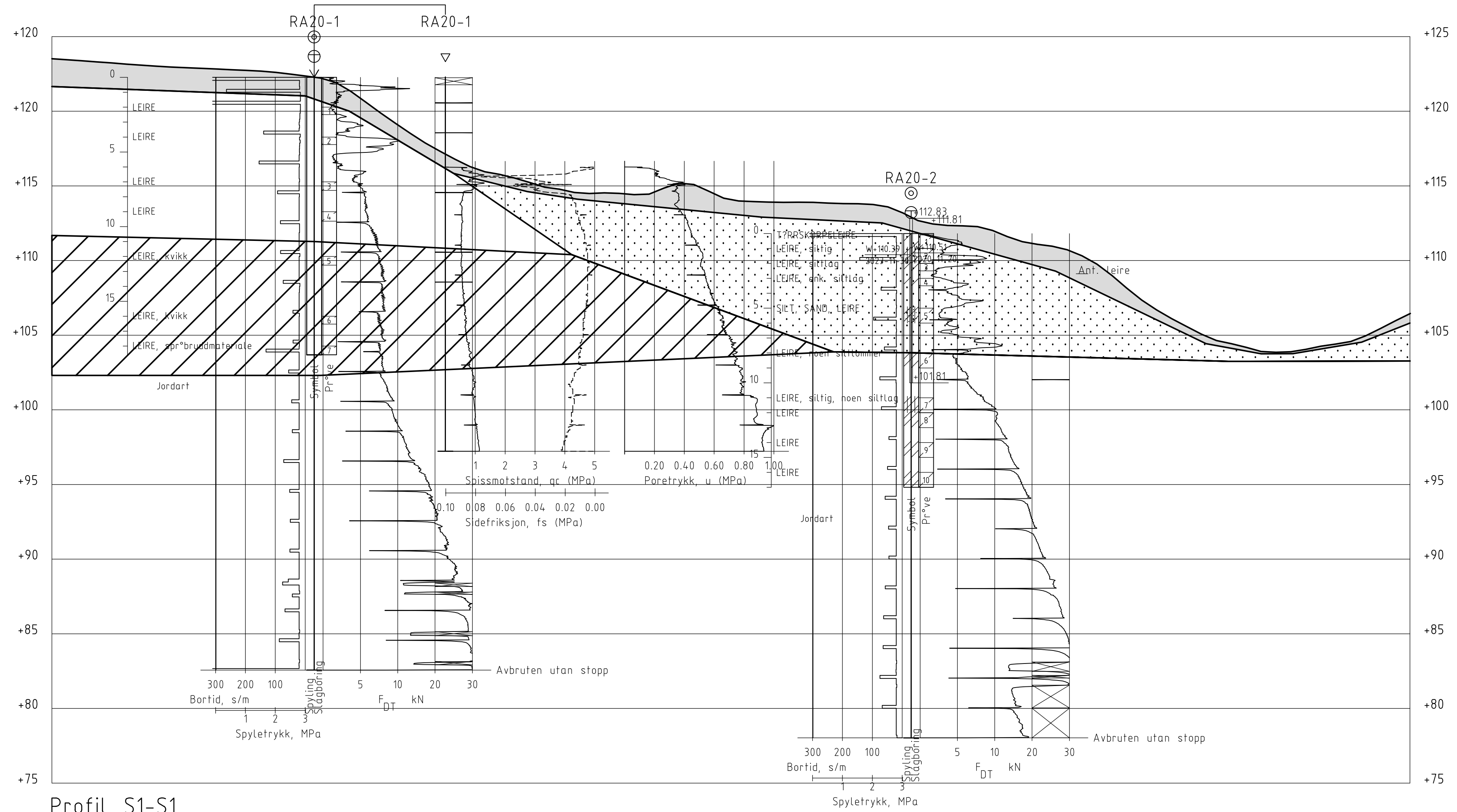
^^ Fjell i dagen

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

HENVISNINGER:

- Datarapporter:
- NGI (2023) Geoteknisk Datarapport, Skibakkveien, Lørenfallet. Doknr. 20230480-01-R, datert 19-12-2023
 - Rambøll (2021) Datarapport fra grunnundersøkelse. Lillestrøm kommune PA715 Holsbekken. Oppdragnr. 1350041635, rapport nr. 1, datert 17.03.2021.
 - VSO Consulting (2021) Skibakkveien 12, Lillestrøm kommune. Geoteknisk Undersøkelsesrapport. Datert 08.11.2023.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status			
		Original format A3			
		Tegningens filsti G:\geoarkiv\20230480\AUTOGRAF\RT\12 - Plantegninger\Borplan\20230480-01-R Skibakkveien.dwg			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner) Plantegning, plassering av profiler og borpunkt		Målestokk 1:2000		NGI	
		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 26.02.2024 Oppdragsnr. 20230480	Konstr./Tegnet HSk/LaH Tegningsnr. 010	Kontrollert HHe Godkjent LaH Rev. 00



Profil S1-S1

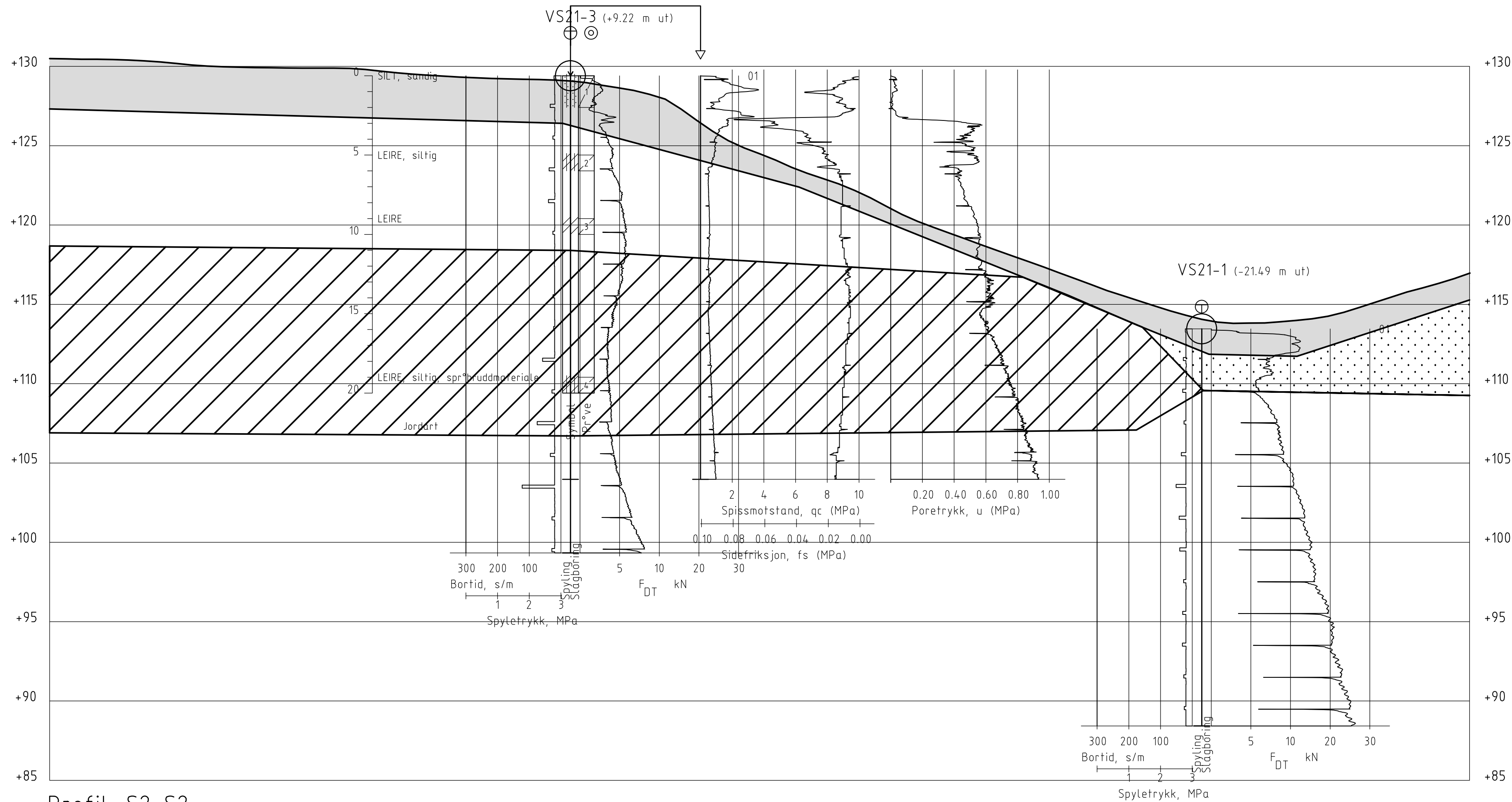
FORKLARINGER:

- Tørsskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammel skredmasser

HENVISNINGER:

- Tegning 010 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt
- Teknisk notat 20230480-01-TN: Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet)

-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status			
		—			
		Original format			
		A30			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frognar) Lagdeling Profil S1		Tegningens filnavn			
		Profil S1.dwg			
		Målestokk			
		1:200			
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
		15.02.2024	LaH	HHe	LaH
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20230480	011	00	



Profil S2-S2

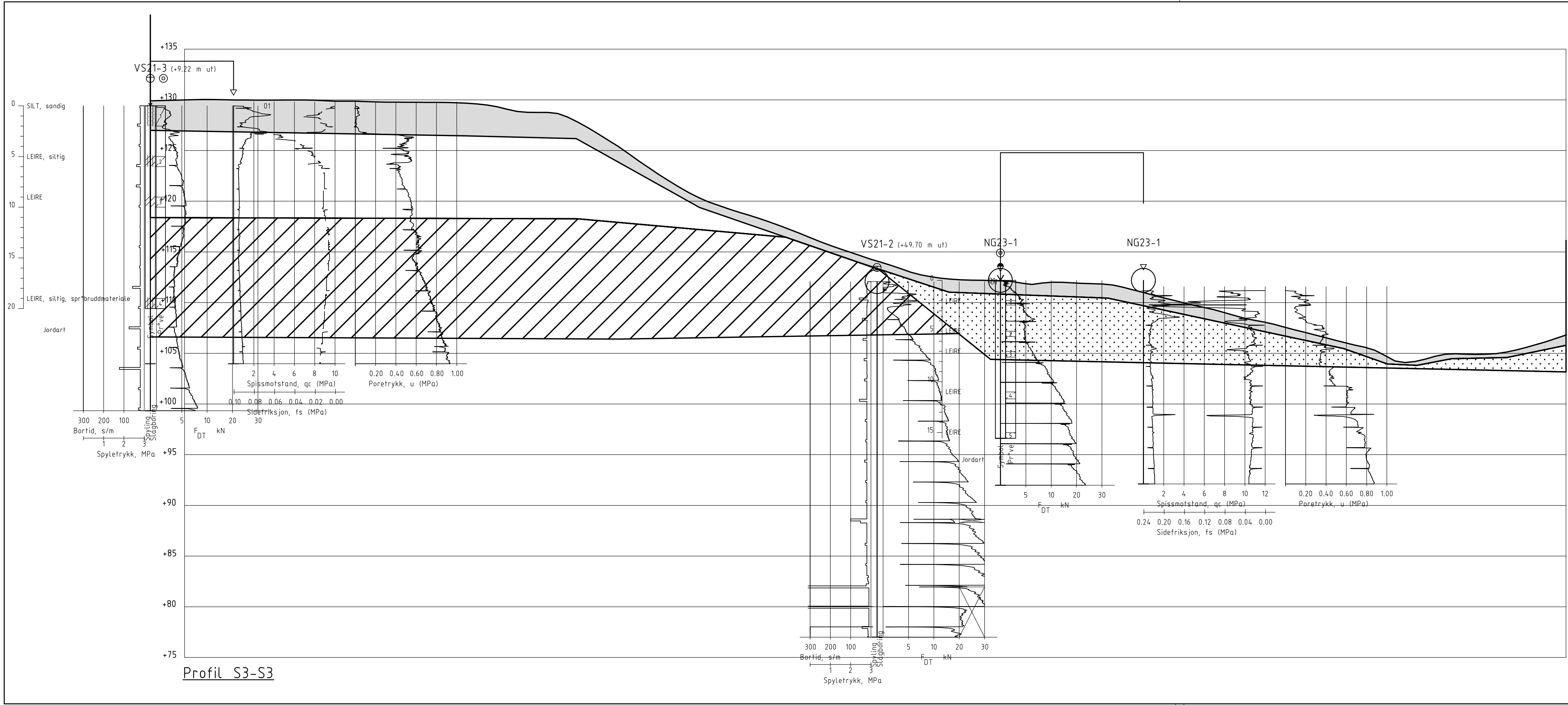
FORKLARINGER:

- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammel skredmasser

HENVISNINGER:

- Tegning 010 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt
- Teknisk notat 20230480-01-TN: Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet)

-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status			
		Original format			
		A30			
		Tegningens filnavn			
Utredning av skredfare for		Profil_S2.dwg			
		Målestokk			
		1:200			
Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frognar)					
Lagdeling Profil S2					
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		15.02.2024	LaH	HHe	LaH
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20230480	012		00
www.ngi.no					



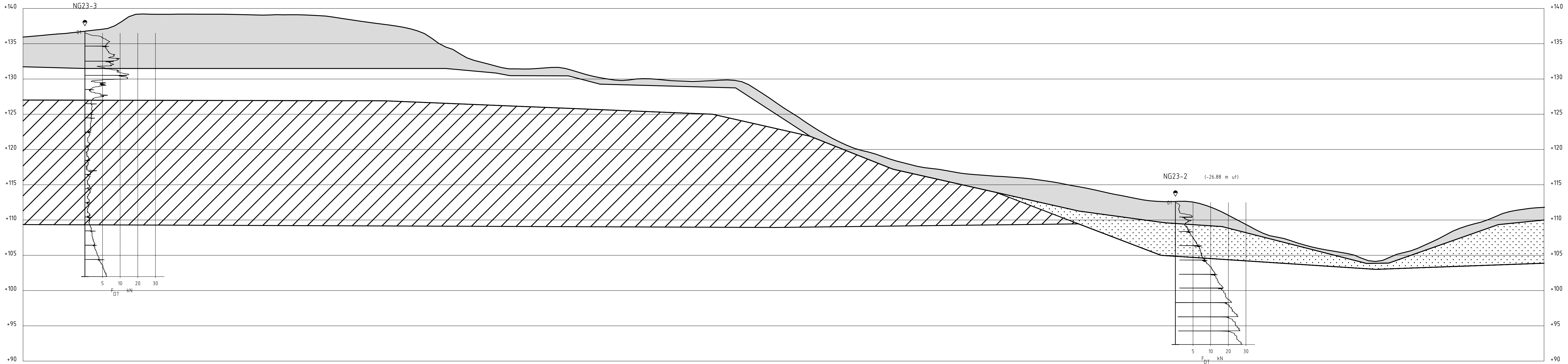
FORKLARINGER:

- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammel skredmasser

HENVISNINGER:

- Tegning 010 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt
- Teknisk notat 20230480-01-TN: Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet)

-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status			
		Original format			
		A3.0			
		Tegningens filnavn			
Utredning av skredfare for		Profil_S3.dwg			
		Målestokk			
		1:250			
Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)					
Lagdeling Profil S3					
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
		15.02.2024	LaH	HHe	LaH
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
		20230480	013		00



Profil S4-S4

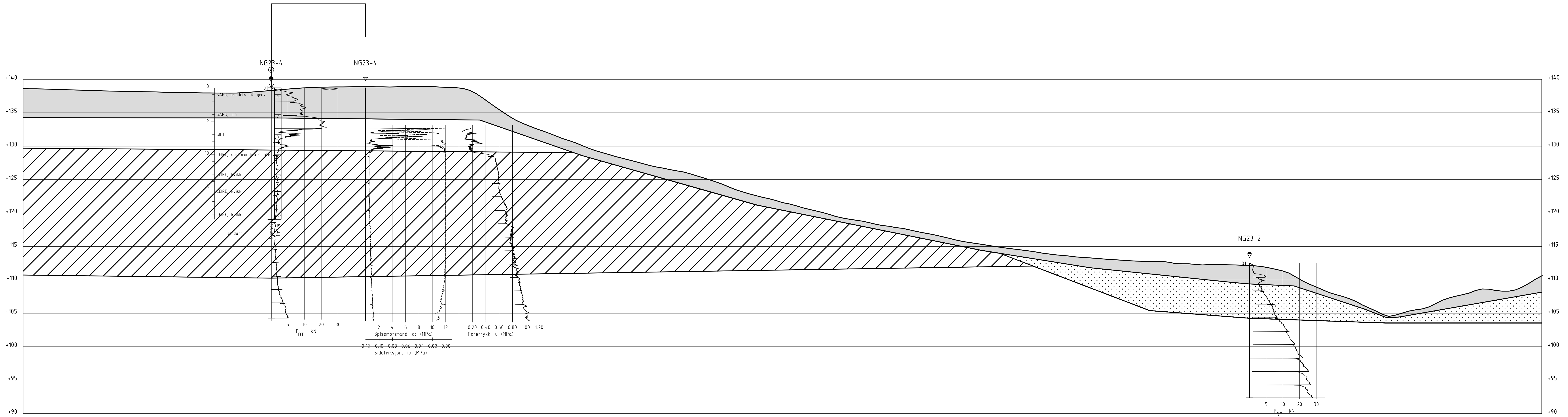
FORKLARINGER:

- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammel skredmasser

HENVISNINGER:

- Tegning 010 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt
- Teknisk notat 20230480-01-TN: Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet)

-	-			-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato		Tegn.	Kontr.	Godkj.	
Lillestrøm kommune				Status			
				—			
				Original format			
				A3.0			
				Tegningens filnavn			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)				Profil S4.dwg			
				Målestokk			
				1:250			
Lagdeling Profil S4							
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		
		15.02.2024	LaH	HHe	LaH		
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.			
		20230480	014	00			



Profil S5-S5

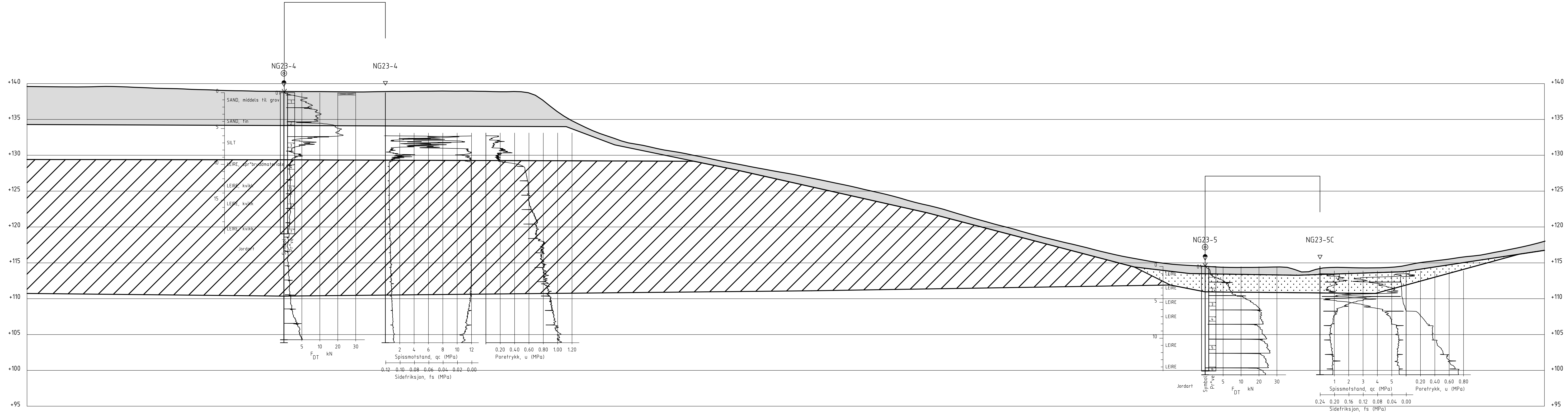
FORKLARINGER:

- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammel skredmasser

HENVISNINGER:

- Tegning 010 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt
- Teknisk notat 20230480-01-TN: Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet)

-	-	-	-	-
Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune	Status			
	Original format			
	A3.0			
	Tegningens filnavn			
Utredning av skredfare for	Profil_S5.dwg			
	Målestokk			
	1:250			
Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)				
Lagdeling Profil_S5				
NGI	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion	15.02.2024	LaH	HHE	LaH
NO-0806 Oslo, Norway	Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48	20230480	015		00
www.ngi.no				



Profil S6-S6

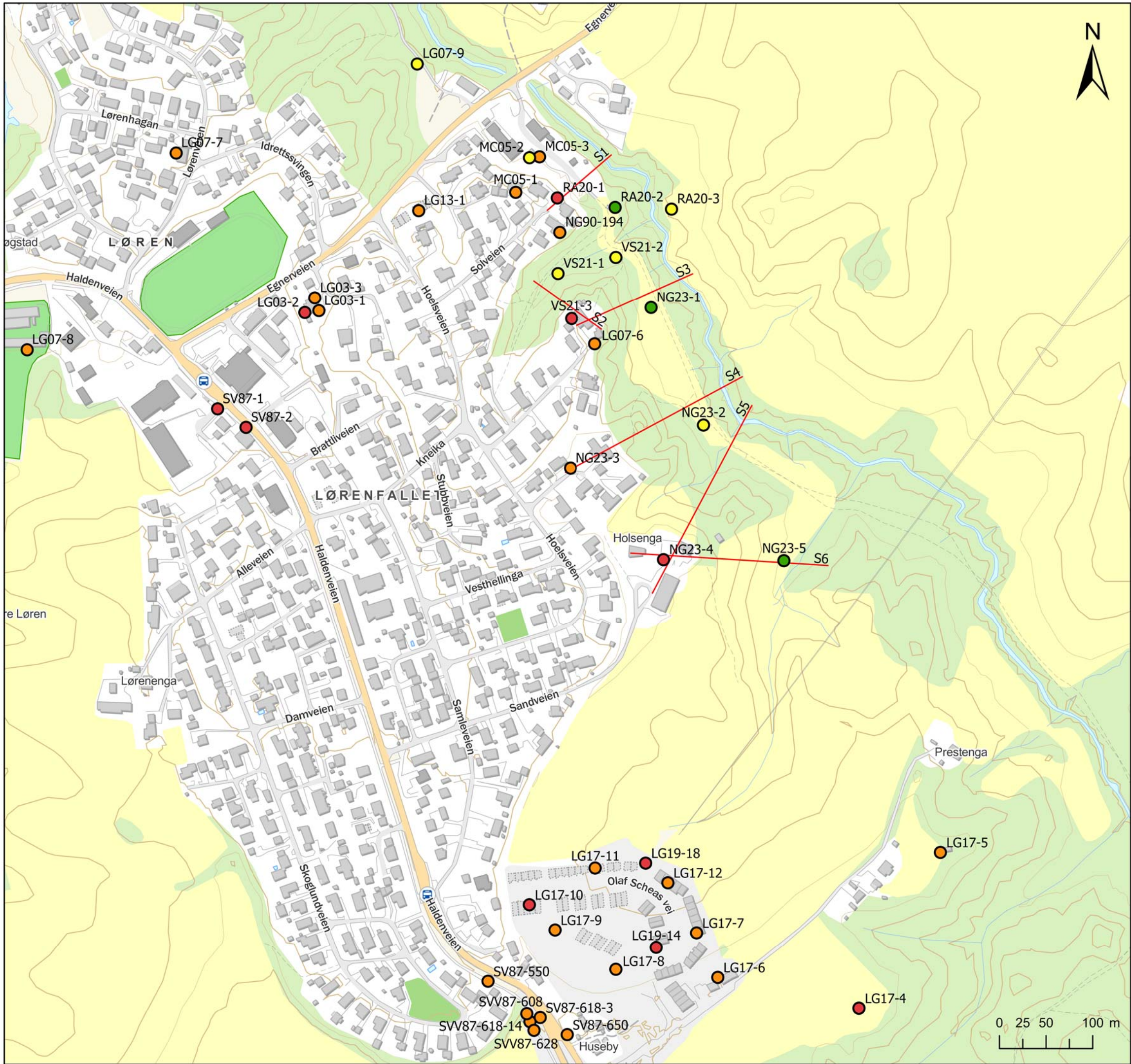
FORKLARINGER:

- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammel skredmasser

HENVISNINGER:

- Tegning 010 - Plantegning, plassering profiler og borpunkt
- Teknisk notat 20230480-01-TN: Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet)

-	-	-	-	-	-
Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
Lillestrøm kommune	Status				
	Original format				
	A3.0				
	Tegningens filnavn				
	Profil_S6.dwg				
Utredning av skredfare for	Målestokk				
	1:250				
Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)					
Lagdeling Profil_S6					
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	
	15.02.2024	LaH	HHe	LaH	
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.	
	20230480	016			00



Tegnforklaring

Tolking av kvikkleire

Tolking

- Påvist kvikkleire
- Tolket kvikkleire
- Tolket ikke kvikkleire
- Påvist ikke kvikkleire
- NGI profiler

Referanser (grunnundersøkelser)

- LG03-** Løvlien Georåd (2003) Trond Underhaug. Bygging av ny enebolig. Grunnundersøkelse. Geoteknisk rapport. Prosjekt nr. 03-03. Datert 26.08.2003.
- LG07-** Løvlien Georåd (2007) Kvikkleiresoner – Sørumsund. Grunnundersøkelser. Geoteknisk rapport 06-039 nr. 1, datert 03.06.2007
- LG13-** Løvlien Georåd (2013) Geoteknisk vurderingsrapport 12-237 nr. 1 rev.1. Seierhus AS, Bolighus Lørenfallet. Datert 24.09.2013.
- LG17-** Løvlien Georåd (2017) Bakke AS Huseby Lørenfallet, Sørumsund. Geoteknisk datarapport 17108 nr. 1, datert 12.07.2017.
- LG19-** Løvlien Georåd (2019) Bakke Prosjekt AS. Huseby Lørenfallet, Sørumsund kommune. Geoteknisk datarapport 17108 nr. 2, datert 28.11.2019.
- MC05-** Multiconsult (2005) Solvegen 13. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. Rapportnr. 810272-01, datert 28.10.2005.
- NG90-** NGI (1990) Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Ullensaker. Boreresultater. Rapport nr. 860019-2, datert 31.05.1990
- NG23-** NGI (2023) Geoteknisk datarapport, Skibakkveien, Lørenfallet. Doknr. 20230480-01-R, datert 19.12.2023.
- RA21-** Rambøll (2021) Datarapport fra grunnundersøkelse. Lillestrøm kommune PA715 Holsbekken. Oppdragnr. 1350041635, rapport nr. 1, datert 17.03.2021.
- SV87-** SVV (1987) G/S-veg Lørenfallet grunnundersøkelser. Notat datert 17.06.1987. Merk: plasseringen av borhullene er omtrentlig.
- VS21-** VSO Consulting (2021) Skibakkveien 12, Lillestrøm kommune. Geoteknisk Undersøkelserapport. Datert 08.11.2023.

Lillestrøm kommune

Utredning av skredfare for Skibakkveien og Tømmereggen

Tolking av forekomst av kvikkleire

Dato	2024-11-13	Utført	LaH	Kontrollert	HHe	Godkjent	LaH
Original format og målestokk	A3 1:4 000	Kartprojeksjon	ETRS 1989 UTM Zone 33N				
Prosjektnr.	20230480	Dokumentnr.	20230480-01-TN	Kartnr.	017	Rev.	01

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT



Tlf: 22 02 30 00
www.ngi.no

Vedlegg A

OPPSUMMERING AV FELTBEFARINGER

Innhold

A1	Innledning	2
A2	Bilder og beskrivelse fra befaring Skibakkveien 12 (28.09.2023)	2
A3	Sammenstilling fra befaringer: 13.11.2018 vs. 28.09.2023	5
A4	Befaring Holsbekken (16.04.2024)	8
A5	Referanser	13

A1 Innledning

To befaringer har blitt utført i dette prosjektet. Den første befaringen, utført september 2023, hadde mål om å kartlegge forholdene rundt Skibakkveien 12. Den andre befaringen ble utført i april 2024, og hadde som formål å kartlegge erosjon langs Holsbekken.

A2 Bilder og beskrivelse fra befaring Skibakkveien 12 (28.09.2023)

Befaring ved Skibakkveien 12 ble utført 28. september 2023 for å kartlegge bl.a. grunnforhold, evt. bergblotninger, tidligere skredaktivitet og pågående erosjon, i tillegg til vurdering av mulige lokasjoner og adkomstveier for supplerende grunnundersøkelser. Kun området ved Skibakkveien 12 og skiløypen nedenfor ble befart, og huseierne forklarte problemstillingen og beskrev situasjonen. Det har ikke vært videre bevegelser i skråningen nordvest for huset siden tidligere befaring i 2018 (se sammenstillingen i avsnitt A3), men sprekkene inne i huset åpner og lukker seg (avhengig av årstid). Sprekkene ble ikke målt, men det var ikke synlig endring i sprekkene mellom 2018 og 2023.



Bilde 1. Ravine mellom Skibakkveien og Solveien. Ingen bekk, men bløtt og vått.



Bilde 2. Skråning opp mot Solveien 5 og 7.



Bilde 3. Skråning mot Skibakkveien 12, sett mot sørøst



Bilde 4. Skiløype ved Holsbekken, bilde tatt på terrasse nedenfor Skibakkveien12, mot sør.



Bilde 5. Plenen nordvest for Skibakkveien 12 har vært tildekket av plast siden 2018. Takvann ledes ned til skråningsbunn i rør.



Bilde 6. Skråningen nordvest for Skibakkveien 12, sett fra toppen. Ingen tegn på bevegelser i skråningen.



Bilde 7. Noe tegn på sig i skråningen øst for Skibakkveien 12 (bøyde trestammer).

A3 Sammenstilling fra befaringer: 13.11.2018 vs. 28.09.2023

Sprekkene i huset går i retning sørvest-nordøst, og ser ut til å oppstå i overgangen mellom bygningsdelene: se Figur 1. Sprekken på Bilde 8 og Bilde 9 er en fortsettelse av sprekken som er synlig på Bilde 10 og Bilde 11 (sprekken krysser hele bredden av huset). Sprekken på Bilde 14/Bilde 15 og Bilde 16/ Bilde 17 viser sprekker i samme del av bygget, men i overetasjen. Befaring i 2018 er dokumentert i eget NGI notat: ref. /1/.



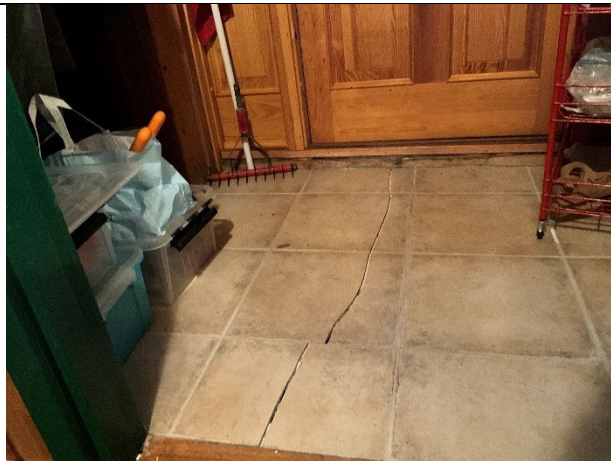
Figur 1. Lokasjon av sprekkene i huset markert med rød linje.

2018



Bilde 8: Sprekk i flis i gangen i underetasje. 2018.

2023



Bilde 9: Sprekk i flis i gangen i underetasje. 2023.



Bilde 10: Sprekk mellom flis i badet i underetasje. 2018.



Bilde 11: Sprekk mellom flis i badet i underetasje. 2023.



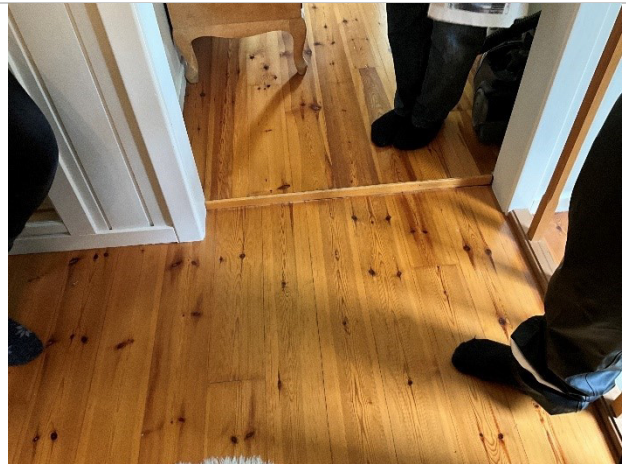
Bilde 12: Plen nordvest for Skibakkveien 12. 2018.



Bilde 13: Tildekket plen nordvest for Skibakkveien 12. 2023.



Bilde 14: Sprekk i gulvet mellom opprinnelig hus og tilbygg, i overetasje. 2018.



Bilde 15: Sprekk i gulvet mellom opprinnelig hus og tilbygg, i overetasje. 2023.



Bilde 16: Sprekk i konstruksjon mellom opprinnelig hus og tilbygg. 2018.



Bilde 17: Sprekk i konstruksjon mellom opprinnelig hus og tilbygg. 2023.

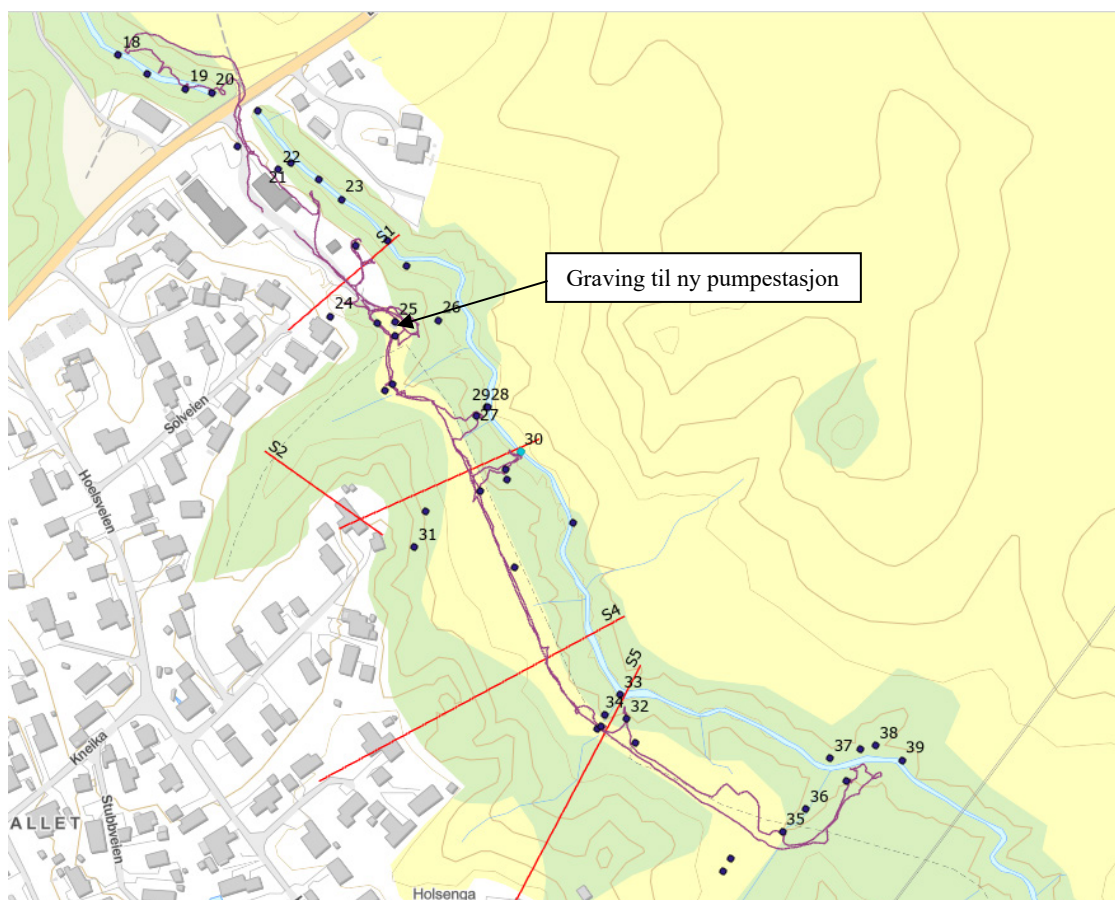
A4 Befaring Holsbekken (16.04.2024)

Befaring av Holsbekken ble utført 16. april 2024 for å kartlegge bl.a. grunnforhold, evt. bergblotninger, tidligere skredaktivitet og pågående erosjon, i tillegg til vurdering av mulige lokasjoner og adkomstveier for supplerende grunnundersøkelser.

Holsbekken strømmer nordvestover, før den svinger mot sørvest og har utløp i elva Rømua. Bekken er karakterisert av bratte elvekanter (ca. 1 m høyde), som indikerer at bekken muligens graver seg nedover og/eller sideveis. Nederste delen av ravinen med bekken, er en flomslette. På befaringen var det avsetninger av silt/leire oppå vegetasjon/-bakken. Flomavsetningene var mest merkbare i nordre del av det befarte området, dvs. nærmest Rømua. Vannet i bekken var misfarget (grått). Det ble observert «litt» til «noe» erosjon i bekken (iht. kvikkleirekartleggingsmetodikk ref. /2/), med mest erosjon i ytter-svingene. Erosjonen var kraftigst på nordøstsiden av bekken, dvs. motsatt side av bekken fra vurderingsområdet for dette prosjektet. Jorda langs bekken var sandig, siltig leire eller sandig silt (med finsand).

Konstruksjon av en ny pumpestasjon pågår nedenfor Solveien 13, på terrassen ovenfor bekken. Ved befaringen hadde entreprenøren installert spuntvegg og gravd ned ca. 1,2 m, og i tillegg lagt ut en motfylling av stein mot bekken. Under befaringen sa sjåføren av gravemaskinen at de bare har gravd opp «faste» masser fra spuntgropa (dvs. ikke kvikkleire). Når de begynte å grave litt i skråningen ovenfor pumpestasjon, fant de en annen jordtype, som var mer gulaktig og «rant ut»; vi tolker det som mer siltige avsetninger, sannsynligvis Romerikssilt.

Kart med befaringsspor er presentert i Figur 2, og utvalgte bilder er presentert i Bilde 19 -Bilde 39. Befaringen begynte i nord og fulgte skisporet/bekken sørover; bildene presenteres i samme rekkefølge, dvs. fra nord til sør.



Figur 2. Kart som viser området som ble befart («spor» med lilla linje), lokasjon av utvalgte bilder (med bildenummer). Lokasjon av profilene er også vist.



Bilde 18: Mot vest, litt erosjon i bratt bekkekannt. Veltede trær



Bilde 19: Oppstrøms (nord) for veikulverten. Litt erosjon (flomslette).



Bilde 20: Kulvert under Egnerveien, utløpet i nord. Flere rør ble observert nord for kulverten (fører overvann til bekken?)



Bilde 21: Steinfylling og plastring i skråningen nedfor driftsbygget ved Egnerveien 45. Sett mot nord/veikulvert.



Bilde 22: Steinfylling og plastring i skråningen nedfor driftsbygget. Sett mot sør.



Bilde 23: Bekken rett sør for plastret område ved driftsbygget.



Bilde 24: Skråningen nedenfor Solveien 13 og 14. Ingen tegn på bevegelser. Mye hageavfall ved skråningskanten.



Bilde 25: Ny pumpestasjon under bygging.



Bilde 26: Det er lagt ut stabiliserende motfylling mellom pumpestasjon og bekken.



Bilde 27: Bøye trestammer tyder på sig i skråningen.



Bilde 28: Veltede trær og litt erosjon på vest kanten av bekken. Sett mot nord.



Bilde 29: Litt erosjon på vest kanten av bekken. Sett mot sør.



Bilde 30: Det er plassert tømmer i bekken (ligger også mange stokker oppå kanten), kanskje det var en provisorisk bro her tidligere. Det ligger også et stort rør i bekken, delvis tildekket av jord/busker. Bekken har erodert langs vestre bredd.



Bilde 31: Trærne i skråningen mot bekken øst for Skibakkveien 12 er nylig hogd.



Bilde 32: Liten grop - sannsynligvis dannet av grunnvannsutstrømning. Ikke synlig vann ved befaring.



Bilde 33: Litt erosjon i bekken. Sett mot nord.



Bilde 34: Overflateglidning i sideravine; eksponert leire.



Bilde 35: Sideravine, med rør under skiløypa. Plastret med store stein nedenfor utløp av røret.



Bilde 36: Samme sideravine litt nedstrøms (ikke plastret). Sig i skråningen, litt erosjon.



Bilde 37: Litt erosjon langs vestre bredd. Mange veltede trær. Også bøyd trestammer nederst i skråningen (sig). Sett mot nordøst.



Bilde 38: Avslutning av oppfylt (sikret) ravine. Stor steinplastret skråning; to rør med rennende vann på østsiden av bekken. Merk: eksponert leire (overflateglidning) på venstre side av bildet. Sett mot øst.



Bilde 39: Overflateglidning og noe erosjon i yttersving av bekken, på østsiden. Eksponert leire.

A5 Referanser

- /1/ NGI (2018) Skibakkvegen 12, Lørenfallet. Vurdering av bevegelser. Innledende vurdering og forslag til videre arbeid. Dokumentnr. 20180928-01-TN, datert 27.11.2018.
- /2/ NVE (2020) Ekstern rapport 9/2020: *Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred – Metodebeskrivelse.*

Vedlegg B

TOLKEDE AKTIVE UDRENERTE
SKJÆRFATHETSPROFILER FRA CPTU-
SONDERINGER

Innhold

B1	Profiler for aktiv udrenert skjærfasthet	2
B2	Referanser	2

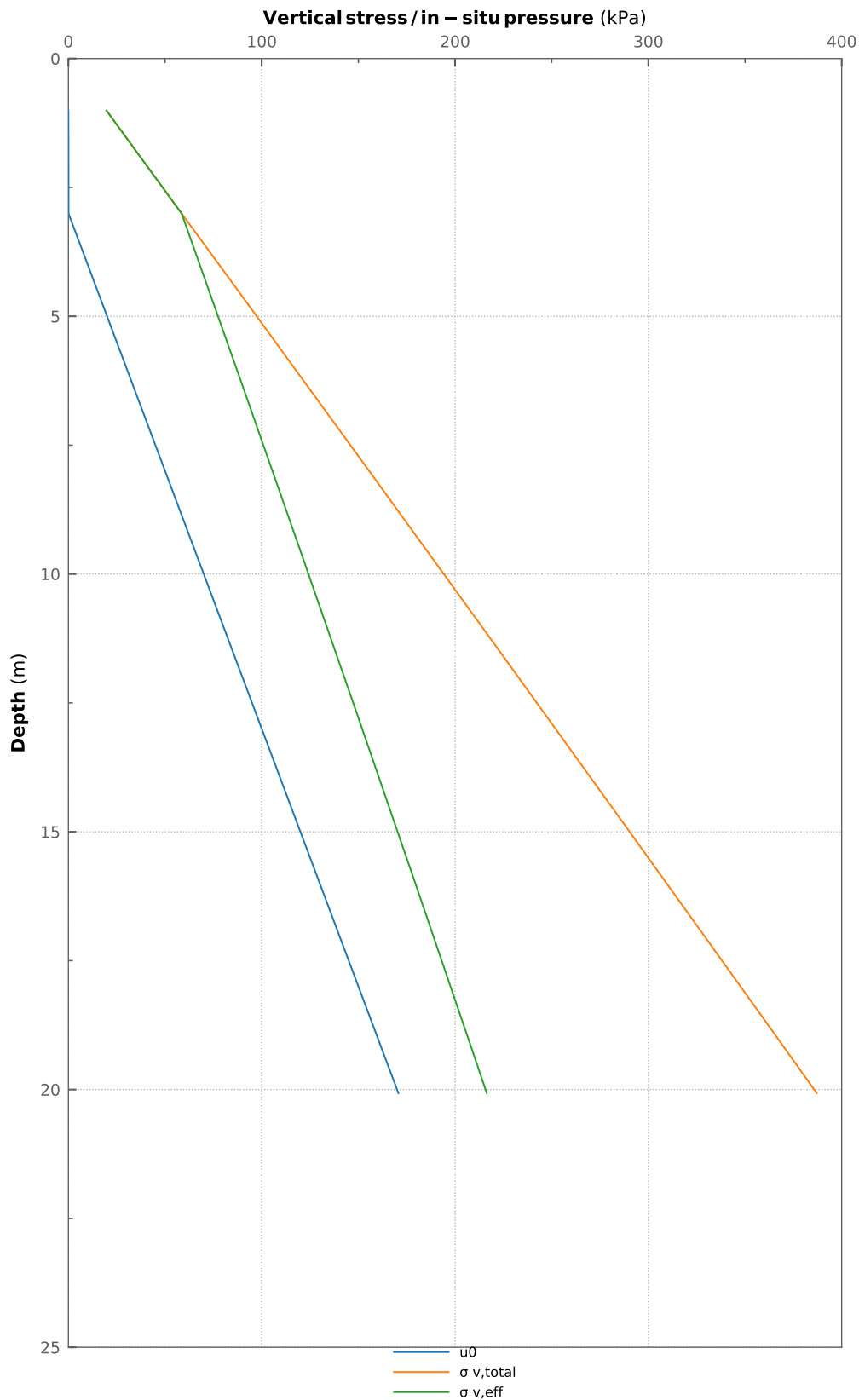
B1 Profiler for aktiv udrenert skjærfasthet

Det er utført tolkning av skjærstyrkeprofiler ved trykksondering (CPTU) iht. korrelasjoner i ref. /B1/. Disse er sammenstilt med laboratorieundersøkelser der det er tilgjengelig, supplert av en linje som viser normalkonsolidert skjærfasthet ("NC"-linje) og tolkning basert på "SHANSEP"-metoden som tar hensyn til tidligere historisk belastning, ref. /B2/.

Med grunnlag i ovennevnte metoder er det valgt en foreslått designlinje for aktiv udrenert skjærstyrke. Resultater er vist i figur B1-B20.

B2 Referanser

- /B1/ Karlstad, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Prov. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.
- /B2/ Ladd, C. C. and Foott, R. (1974): New design procedure for stability of soft clays. Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, July, pp. 763-786.



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | NG23-1

rapportnummer:
20230480--01-TN

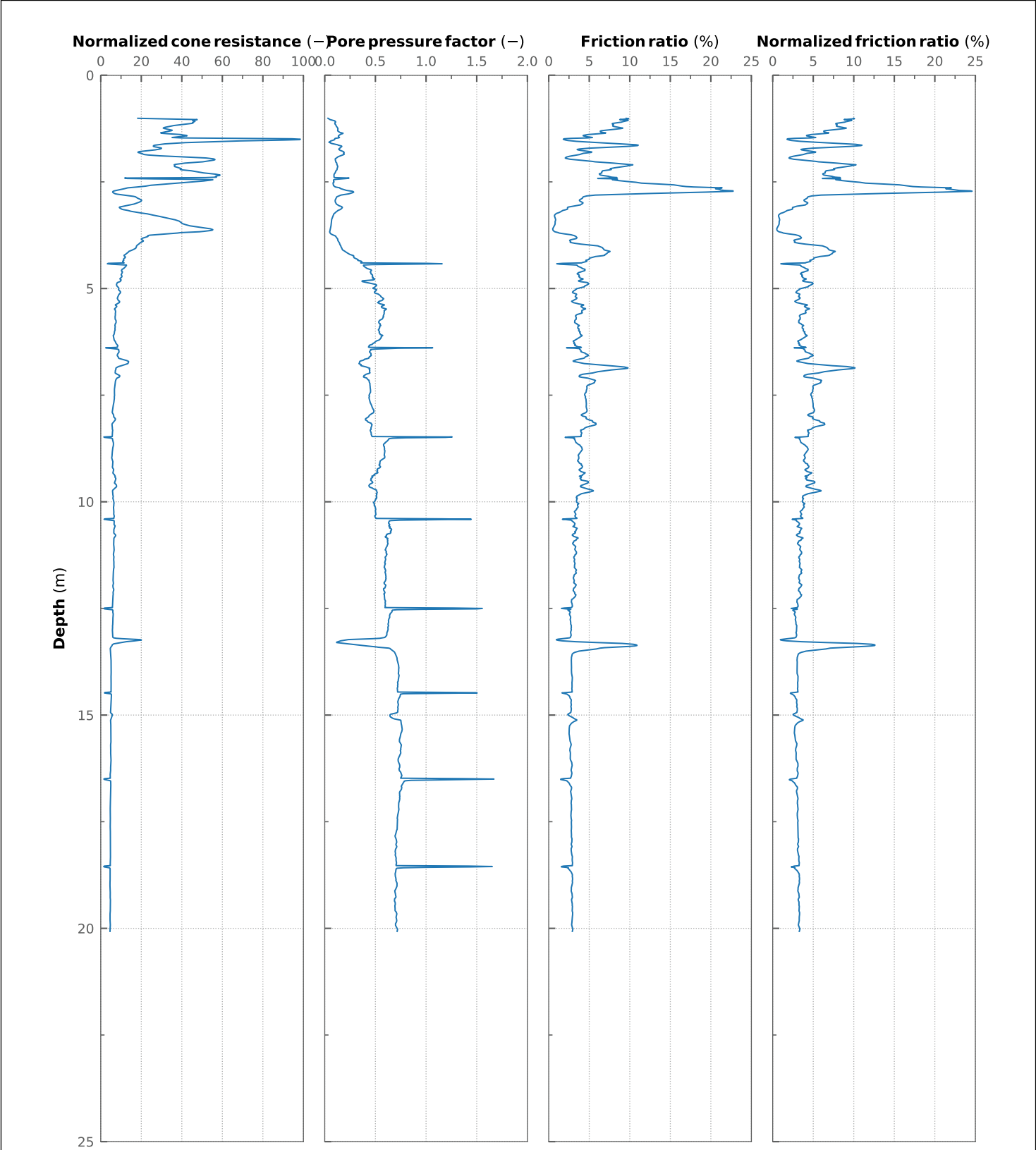
figurnummer:
B1

dato:
2024-02-22

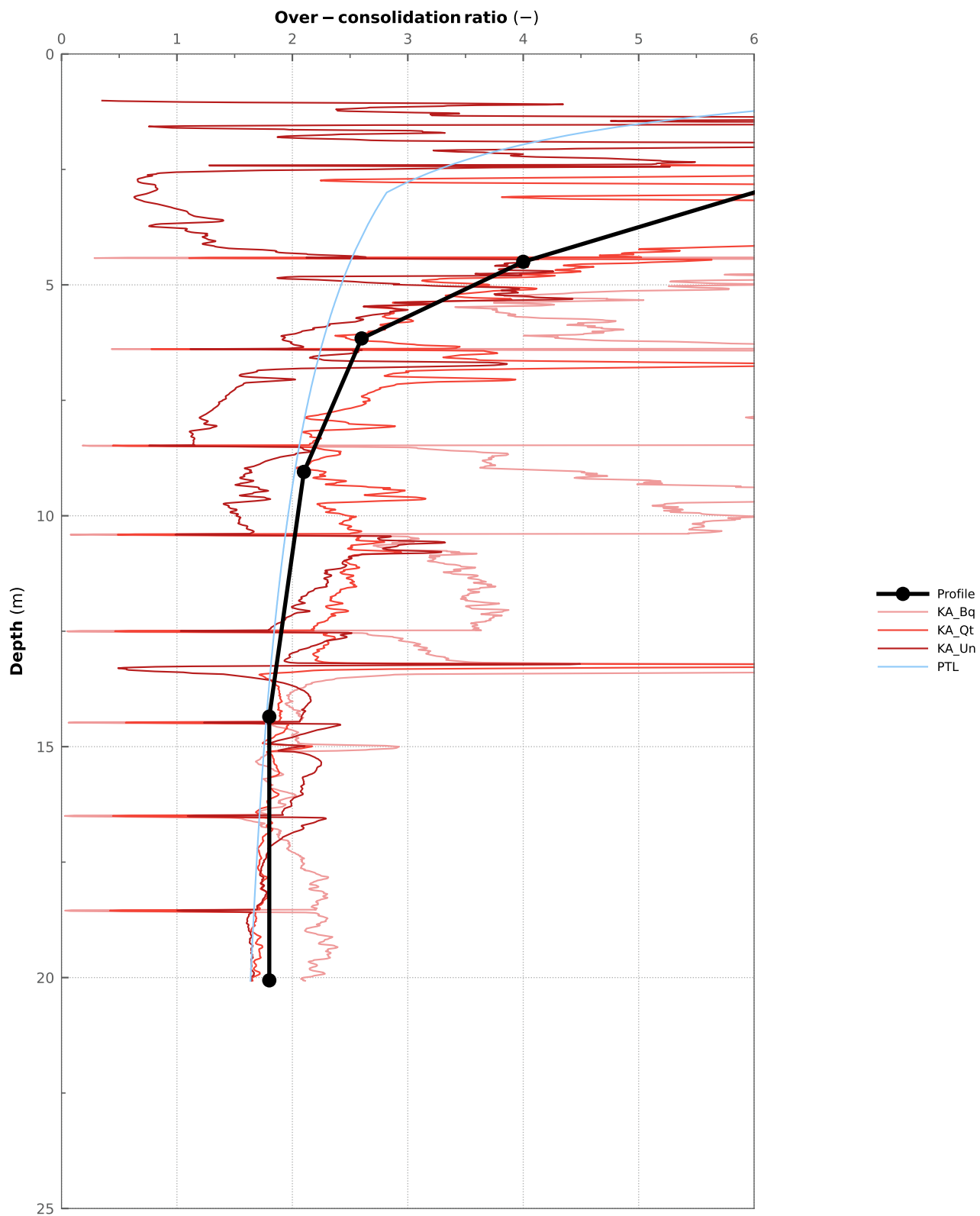
tegnet av:
LaH

Godkjent av::
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm NG23-1	rapportnummer: 20230480--01-TN	
	figurnummer: B2	dato: 2024-02-22
	tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | NG23-1

rapportnummer:
20230480--01-TN

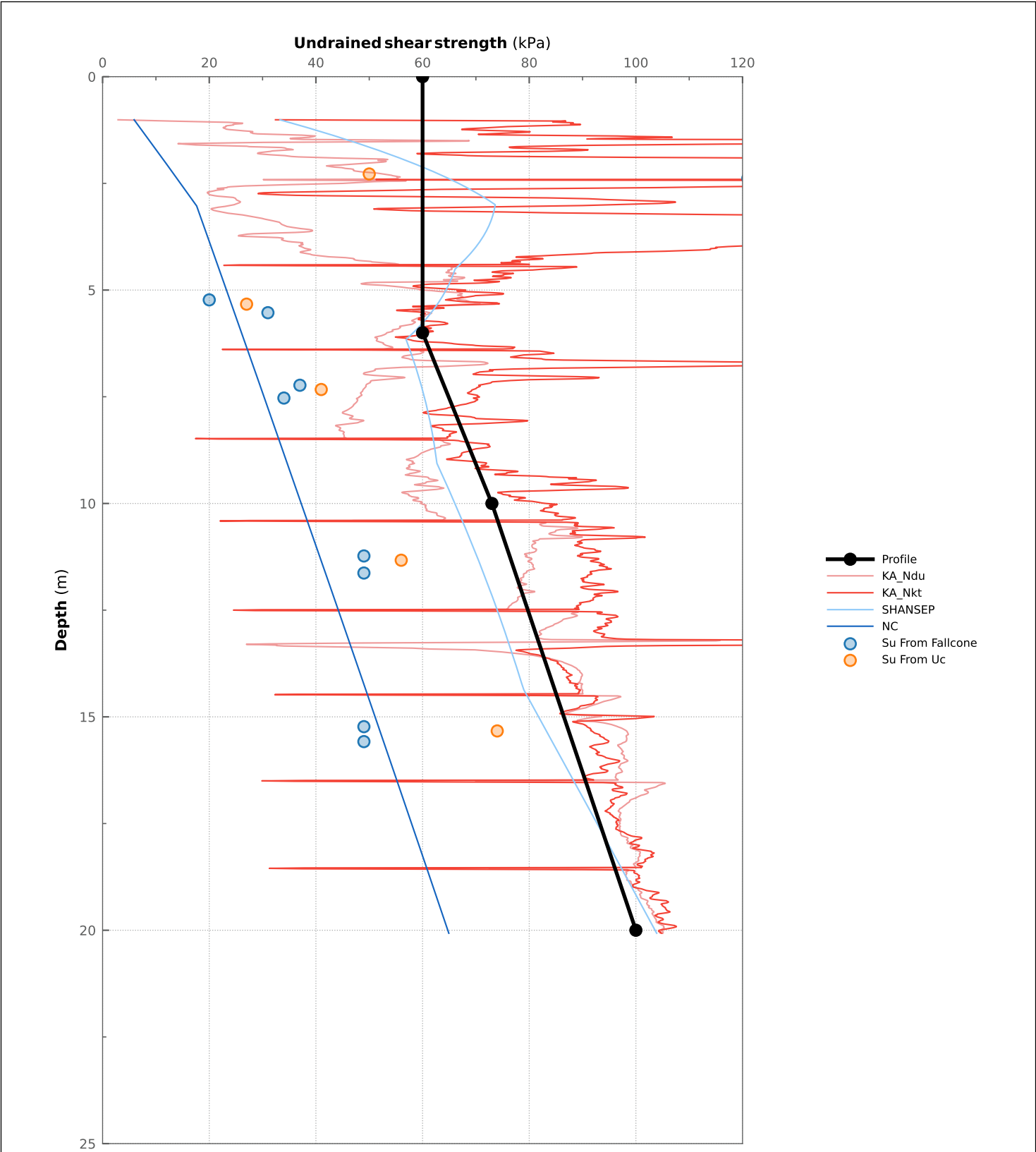
figurnummer:
B3

dato:
2024-02-22

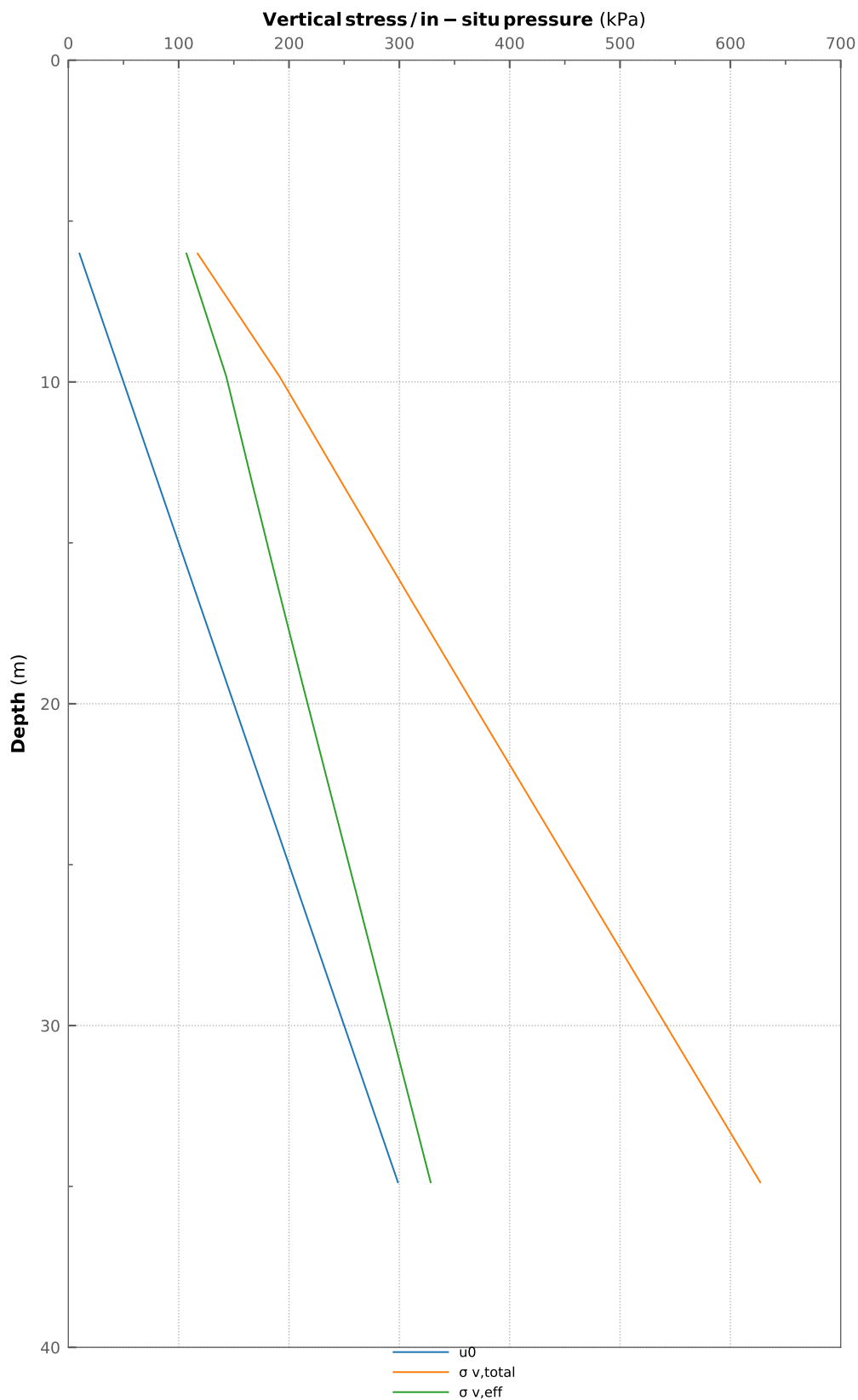
tegnet av:
LaH

Godkjent av::
HHe





	20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm NG23-1		rapportnummer: 20230480--01-TN	
			figurnummer: B4	dato: 2024-02-22
			tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | NG23-4

rapportnummer:
20230480--01-TN

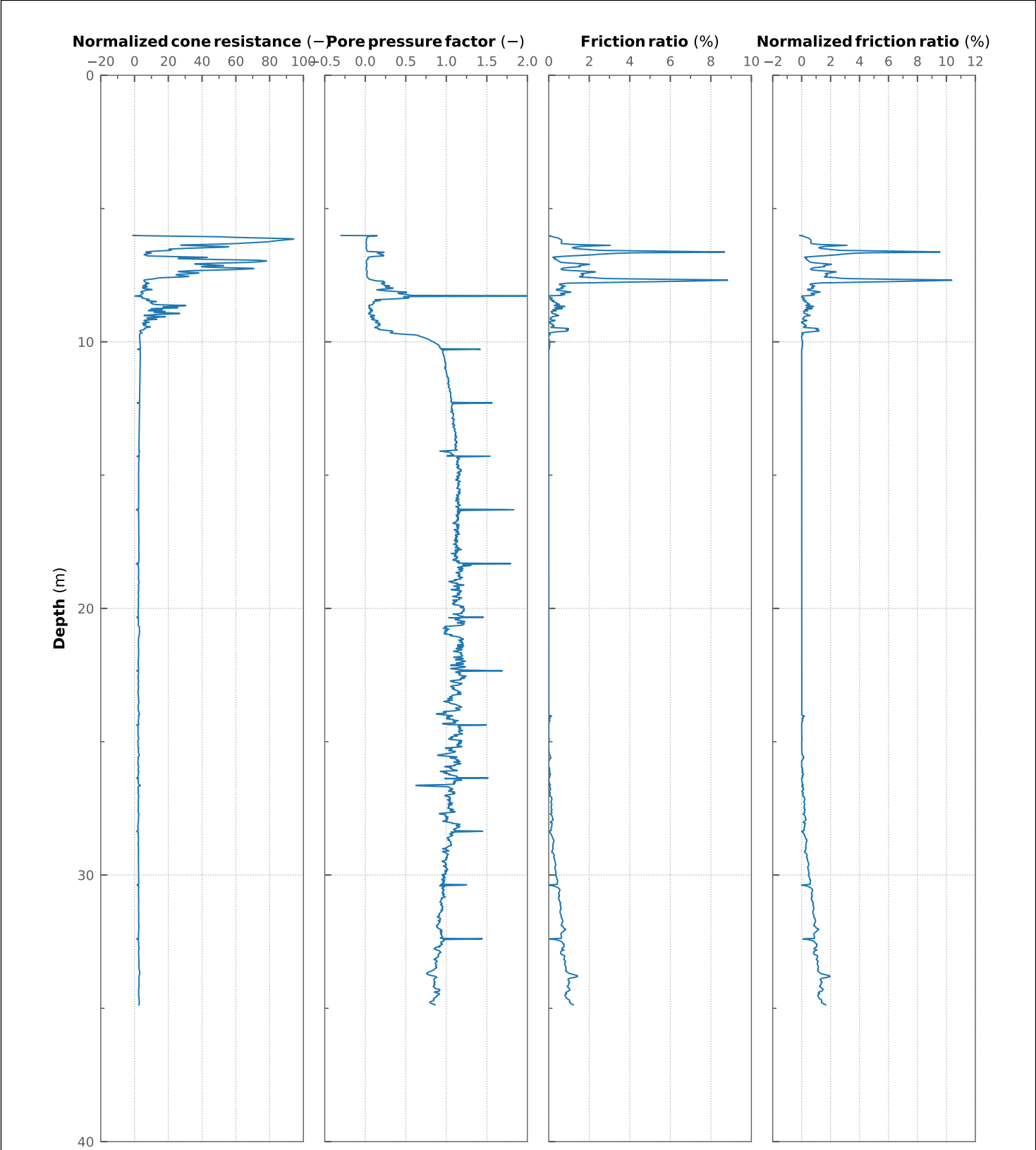
figurnummer:
B5

dato:
2024-02-22

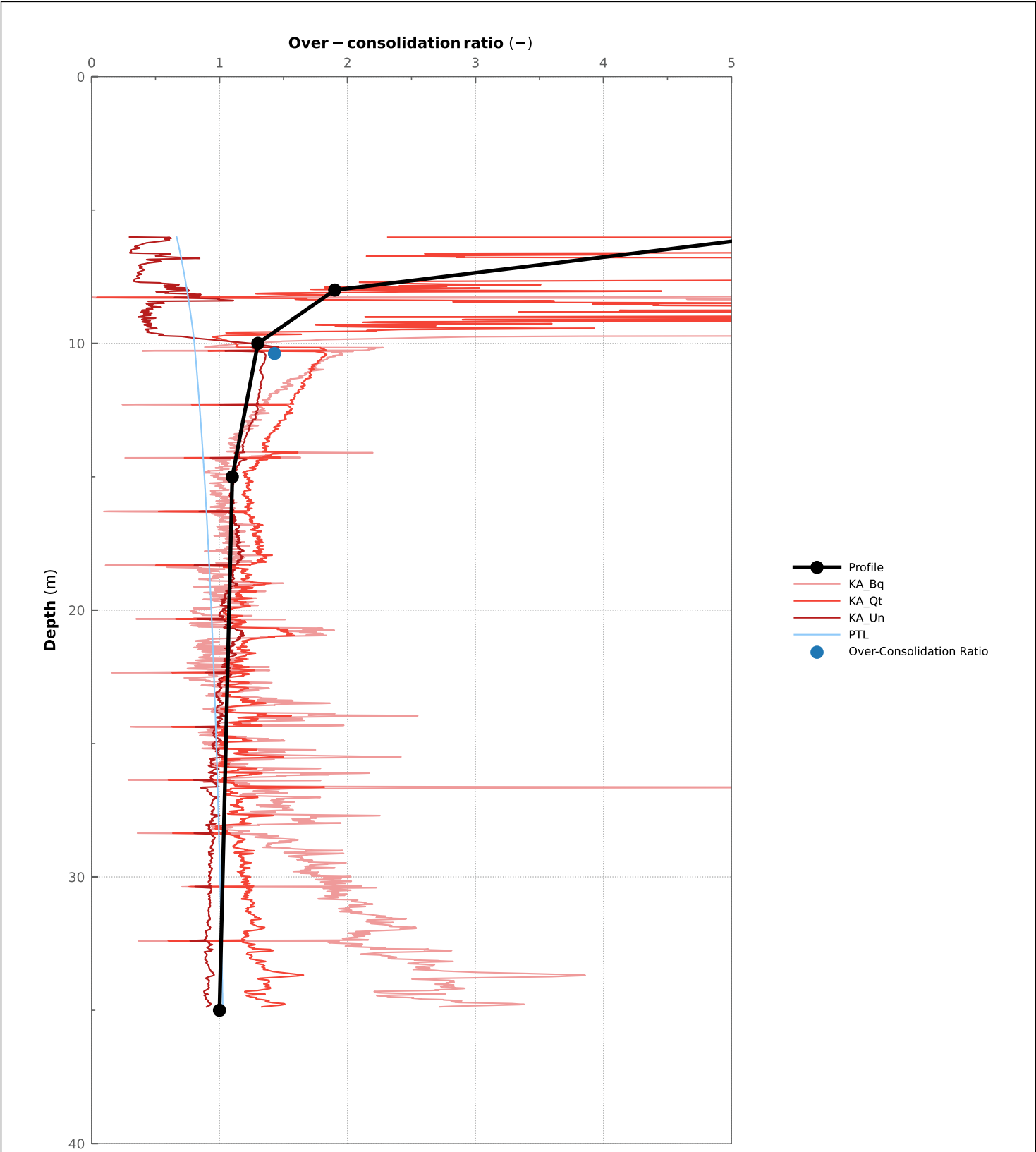
tegnet av:
LaH

Godkjent av::
HHe

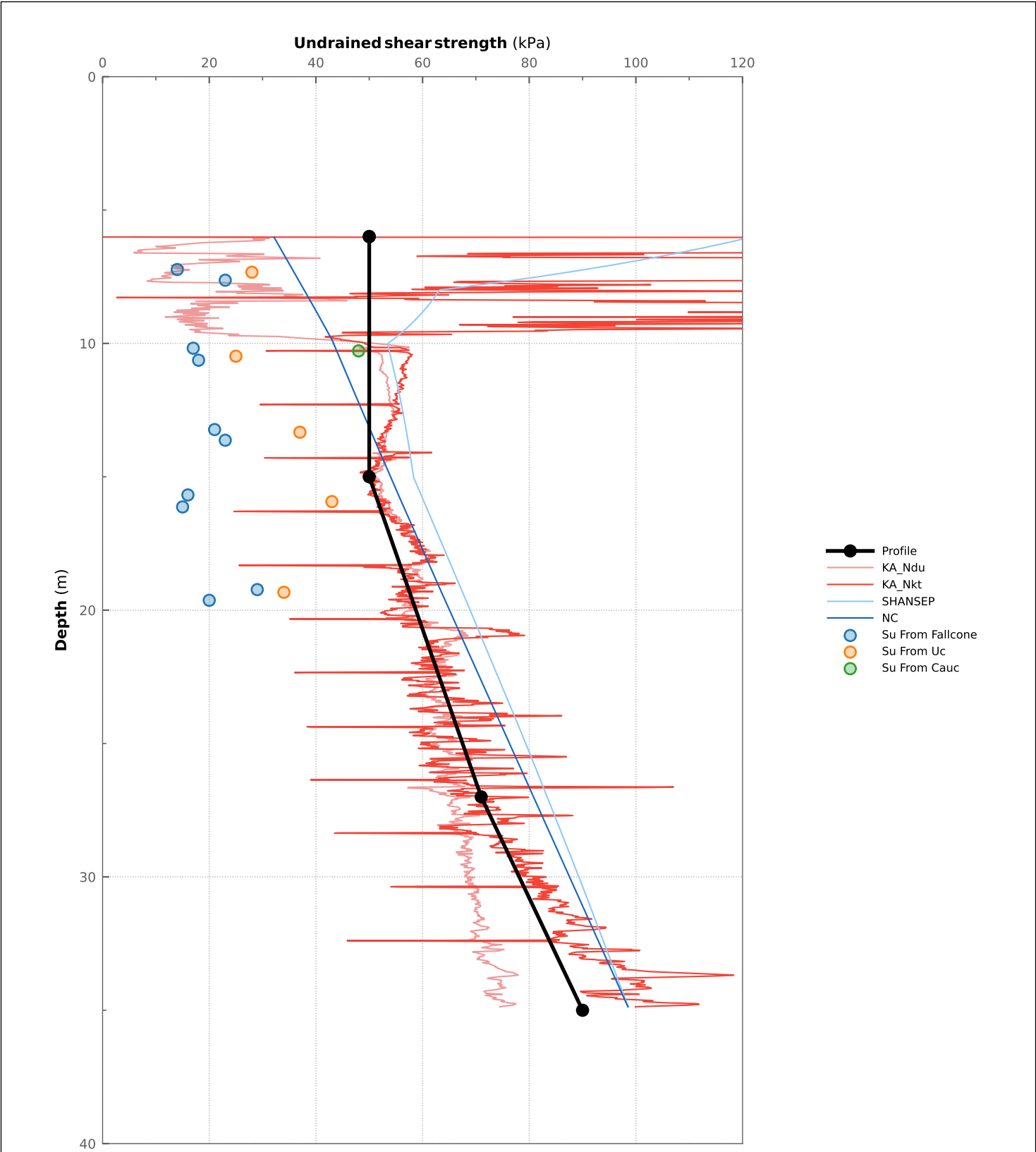




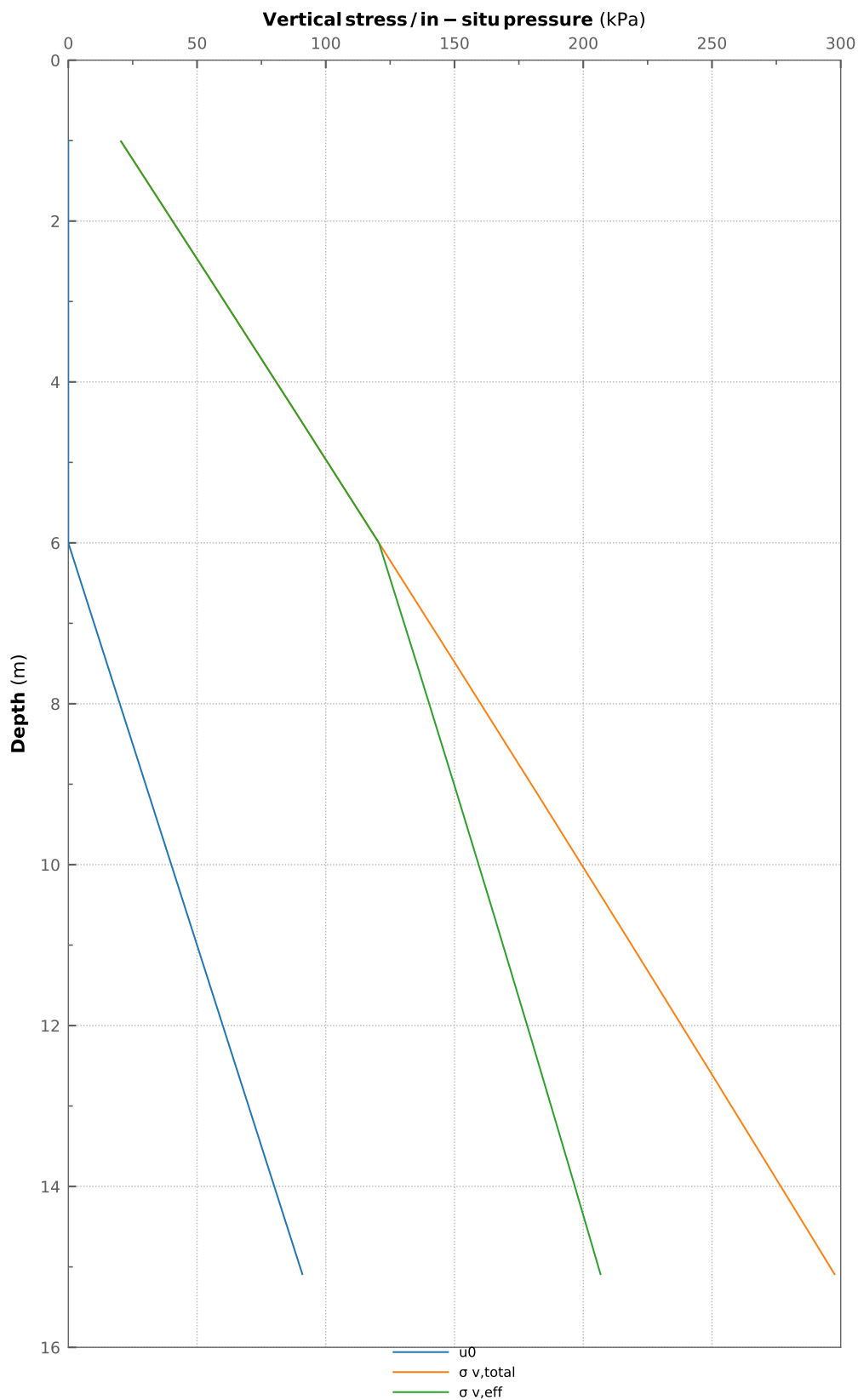
	20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm NG23-4		rapportnummer: 20230480--01-TN	
			figurnummer: B6	dato: 2024-02-22
			tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm NG23-4	rapportnummer: 20230480--01-TN	
	figurnummer: B7	dato: 2024-02-22
	tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm NG23-4	rapportnummer: 20230480--01-TN	
	figurnummer: B8	dato: 2024-02-22
	tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | NG23-5

rapportnummer:
20230480--01-TN

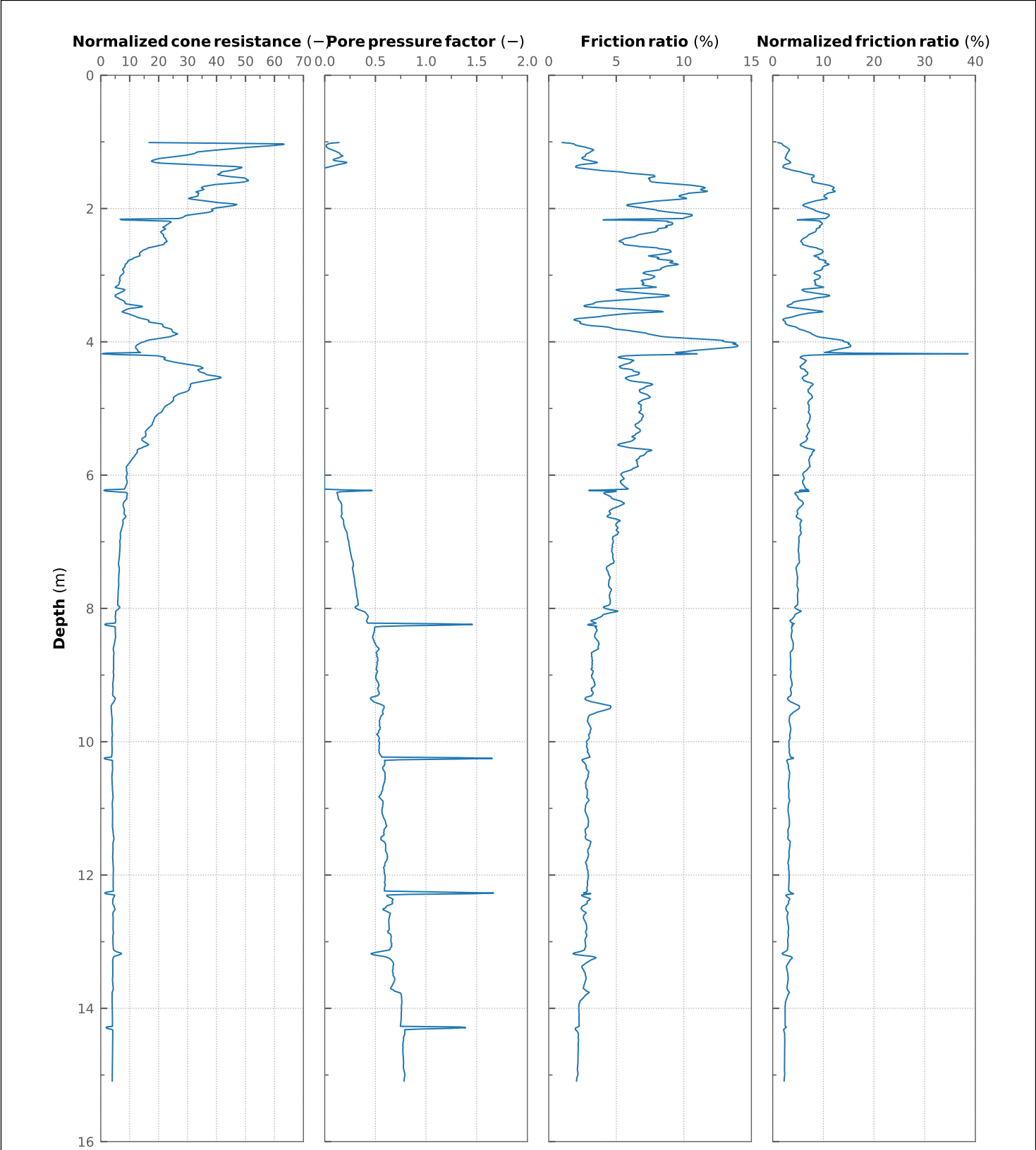
figurnummer:
B9

dato:
2024-02-22

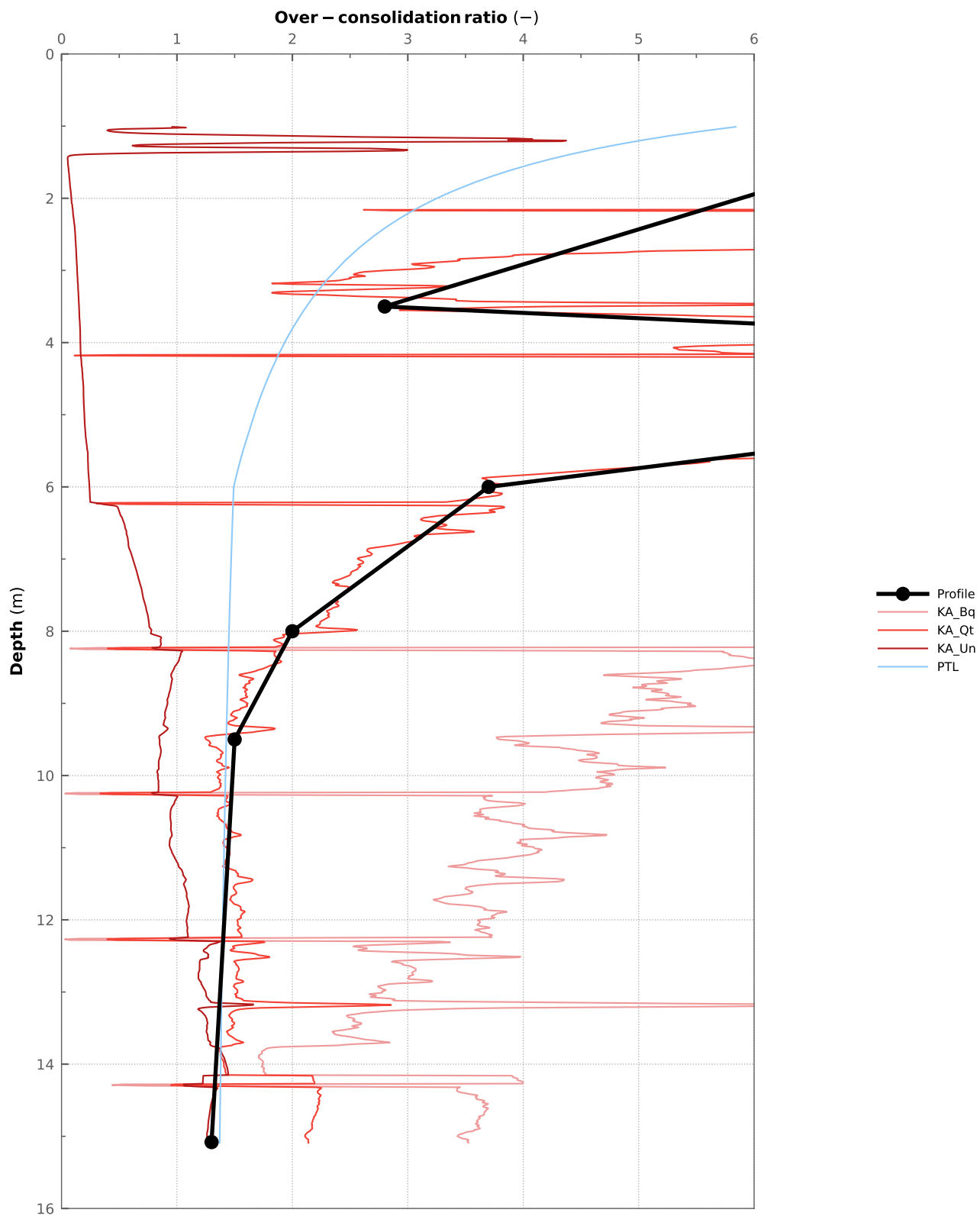
tegnet av:
LaH

Godkjent av::
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm NG23-5	rapportnummer: 20230480--01-TN	
	figurnummer: B10	dato: 2024-02-22
	tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | NG23-5

rapportnummer:
20230480--01-TN

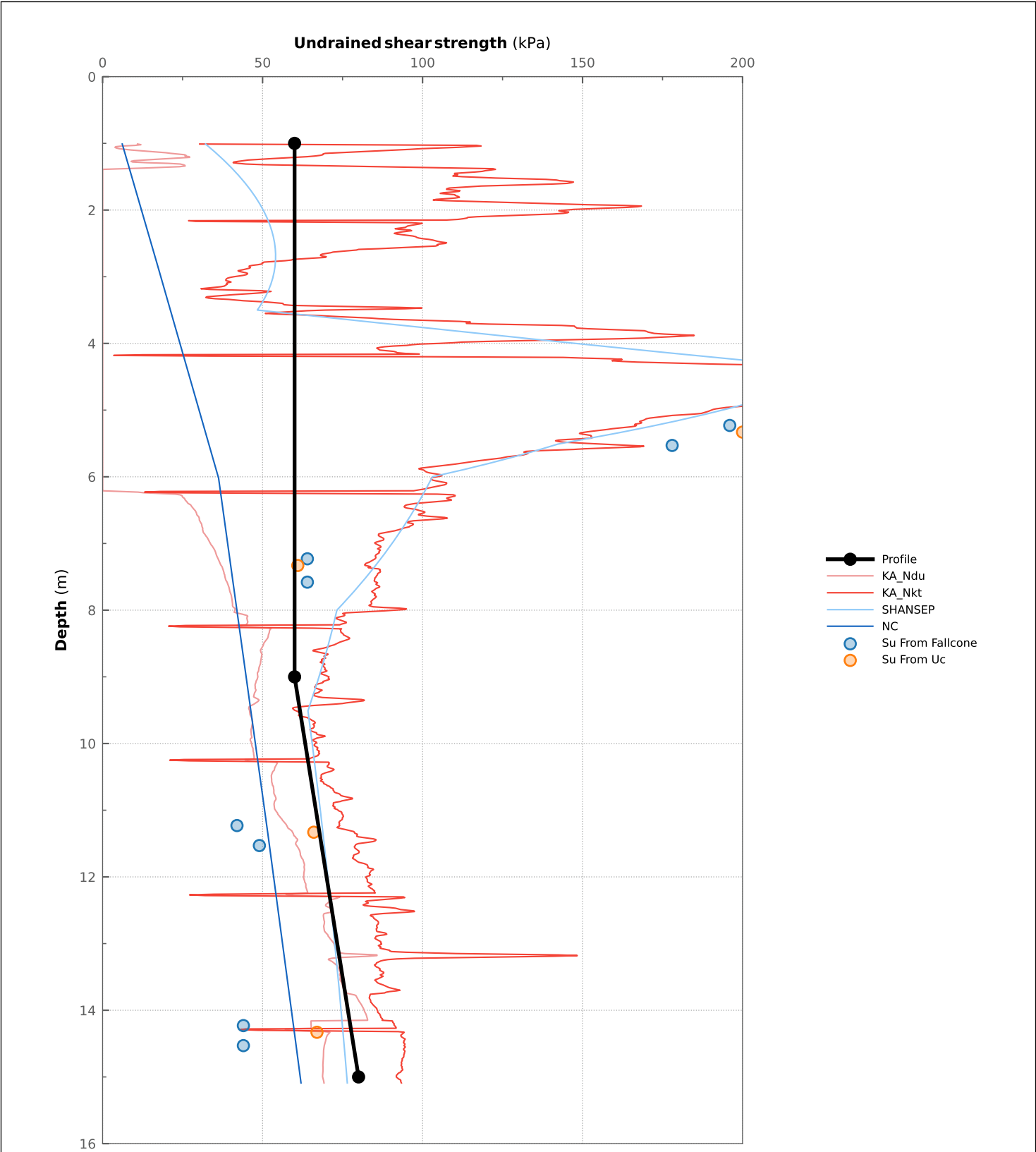
figurnummer:
B11

dato:
2024-02-22

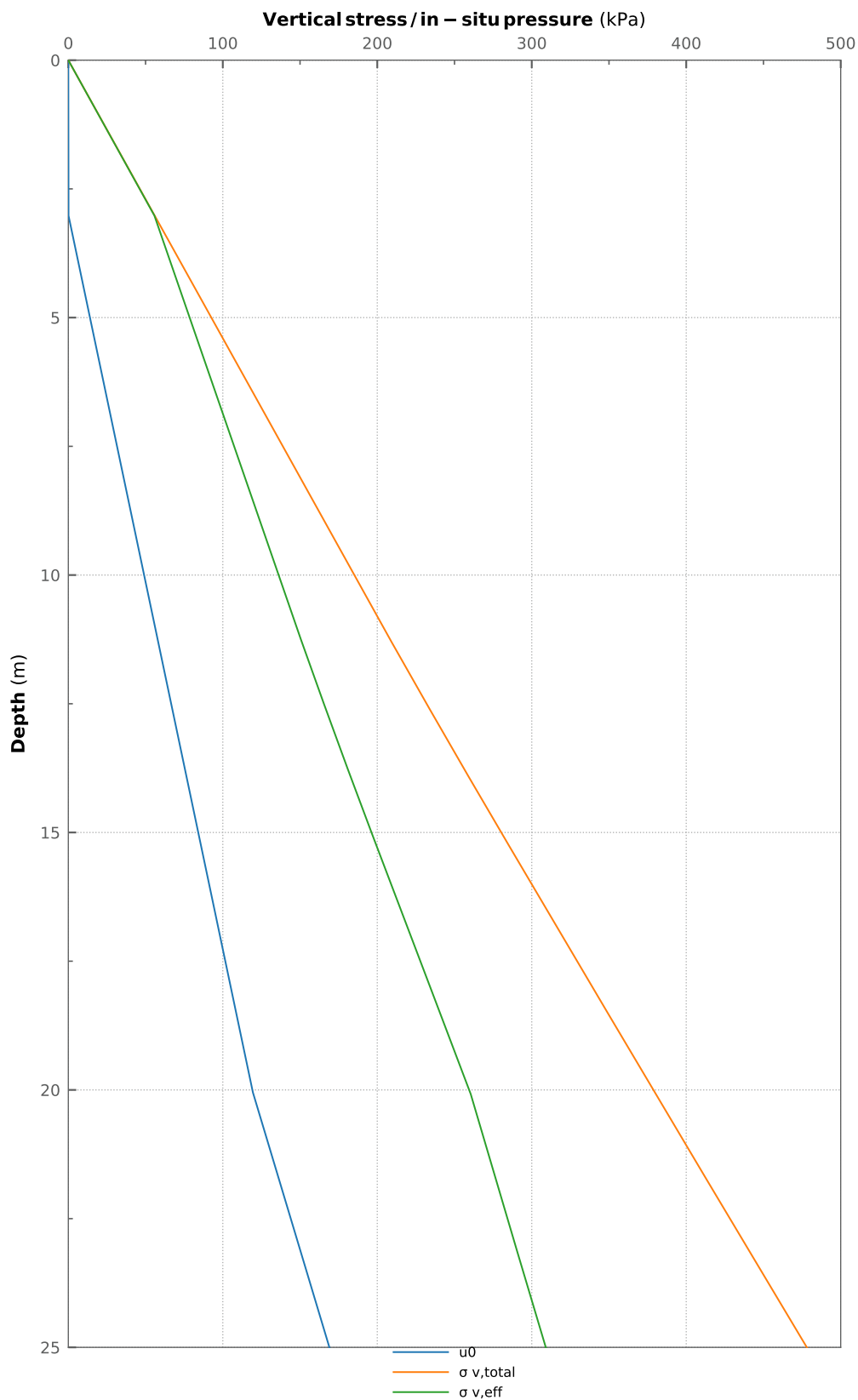
tegnet av:
LaH

Godkjent av::
HHe





	20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm NG23-5		rapportnummer: 20230480--01-TN	
			figurnummer: B12	dato: 2024-02-22
			tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | VS21-3

rapportnummer:
20230480--01-TN

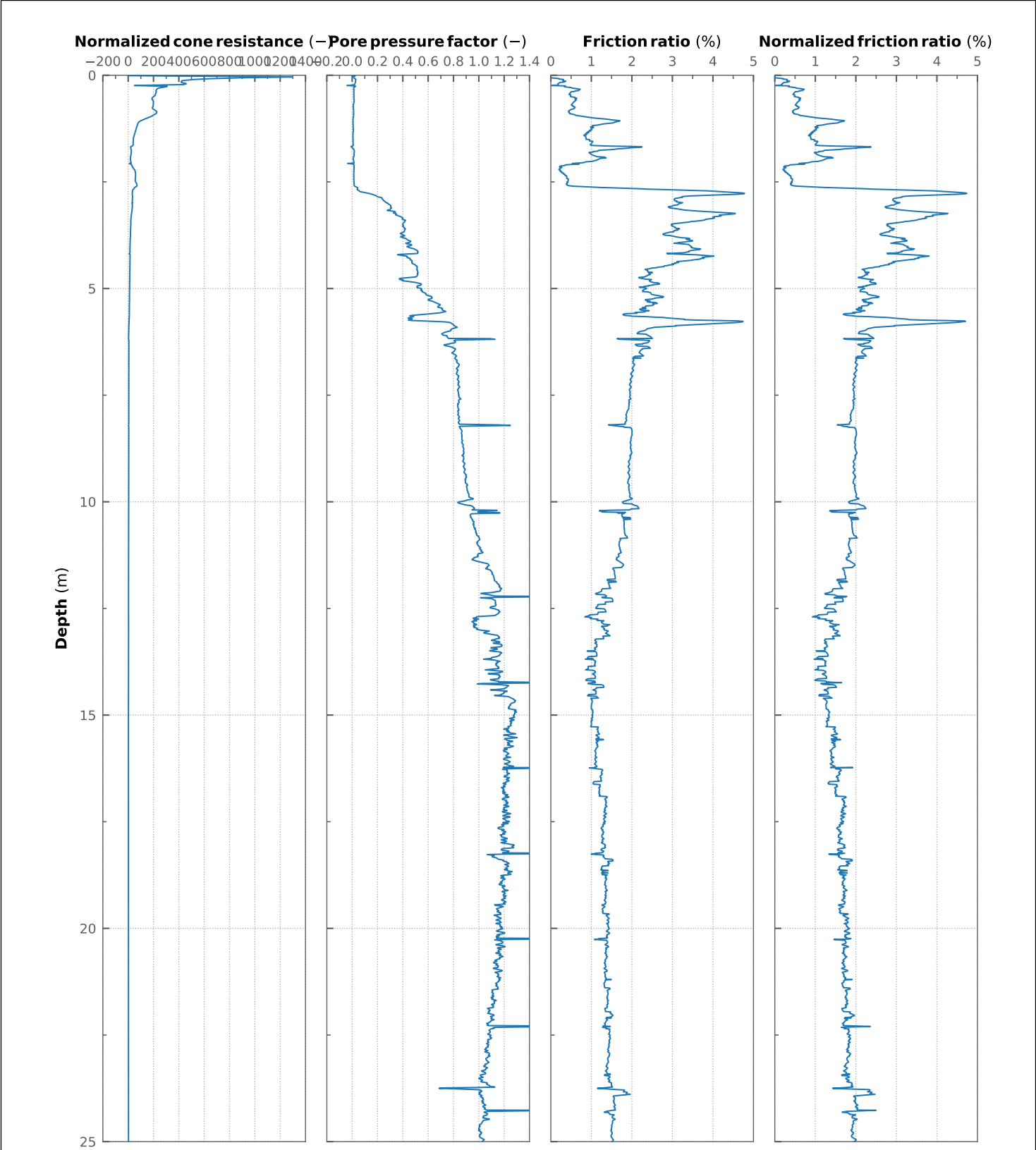
figurnummer:
B13

dato:
2024-02-22

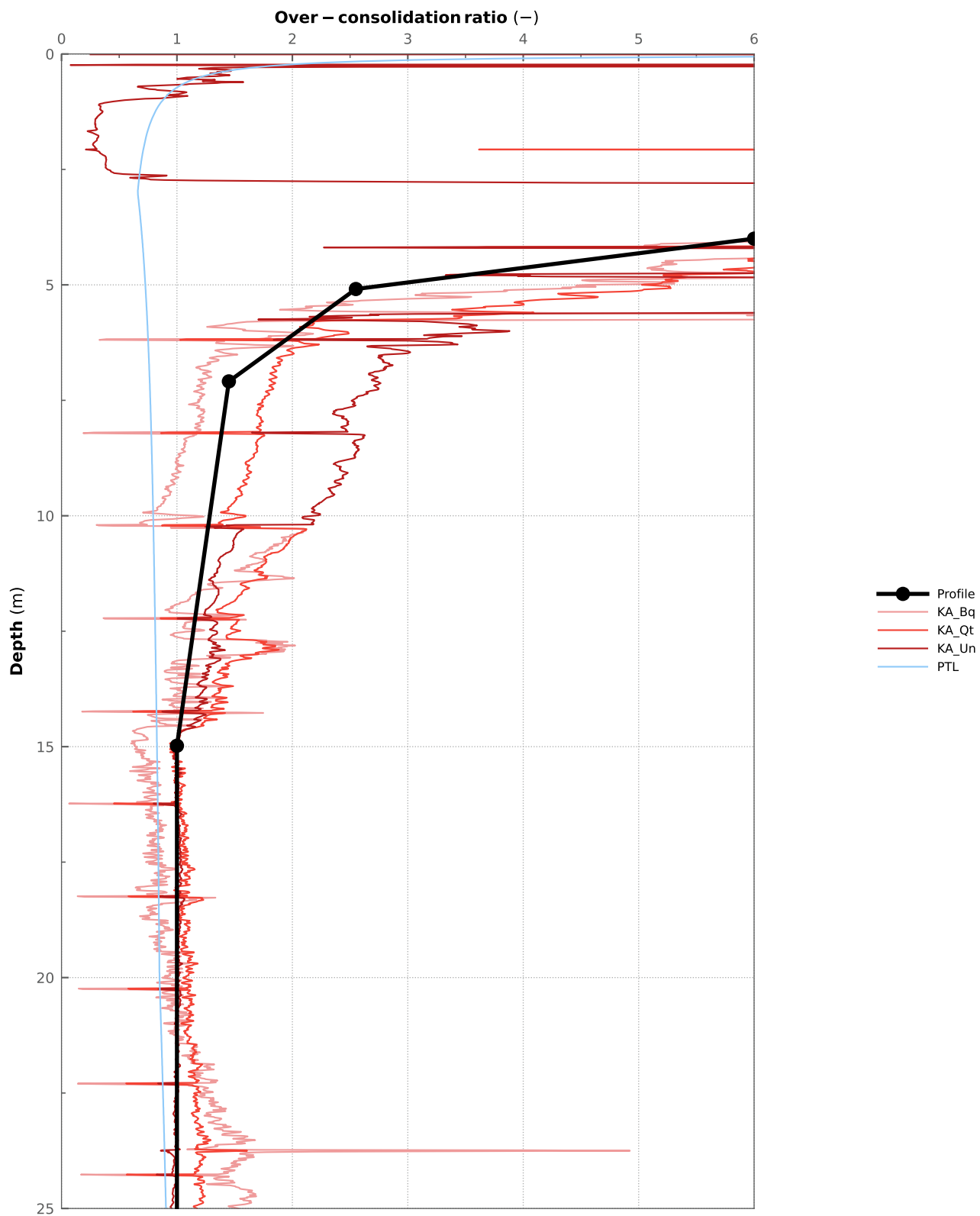
tegnet av:
LaH

Godkjent av::
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm VS21-3	rapportnummer: 20230480--01-TN	
	figurnummer: B14	dato: 2024-02-22
	tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | VS21-3

rapportnummer:
20230480--01-TN

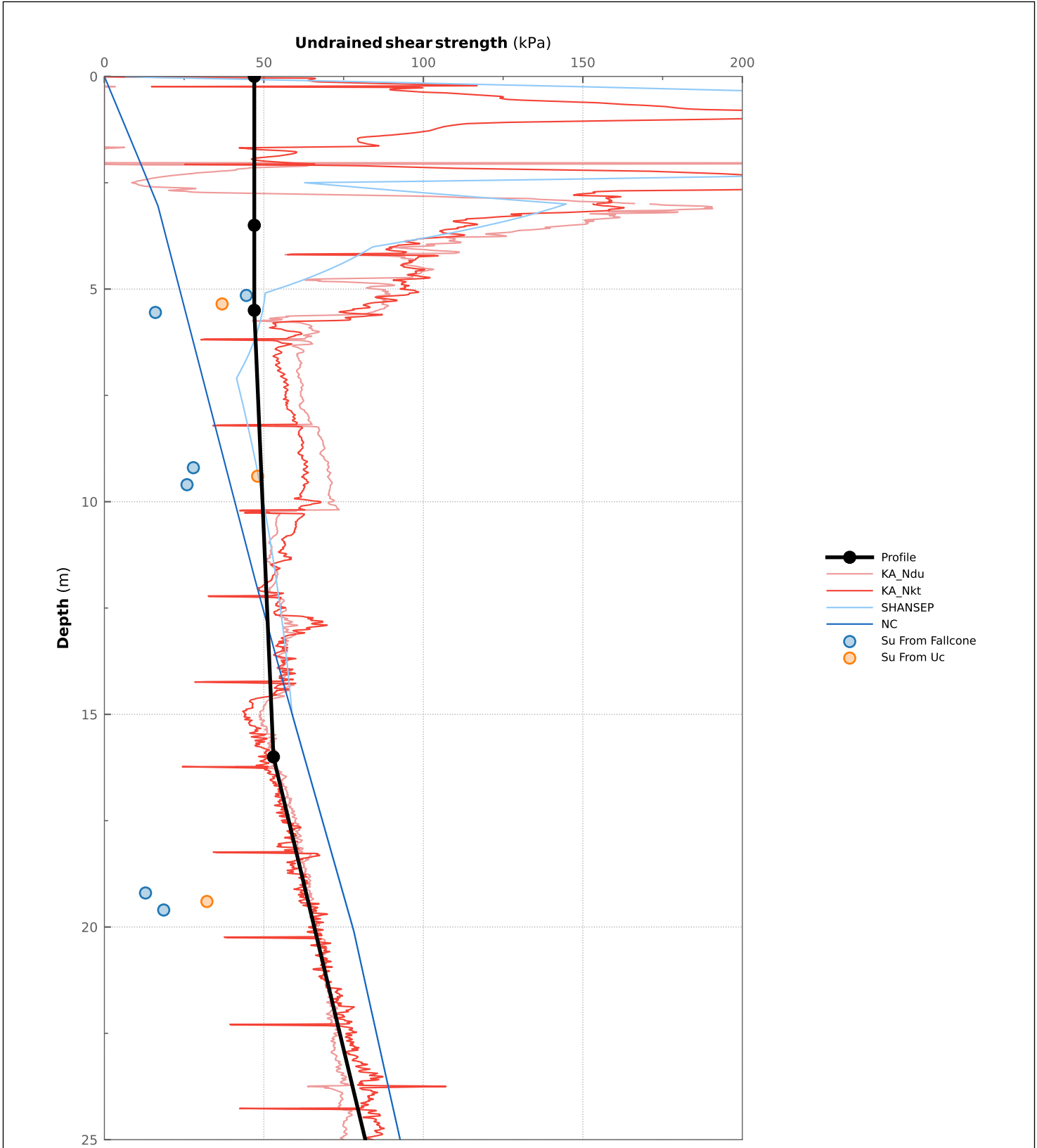
figurnummer:
B15

dato:
2024-02-22

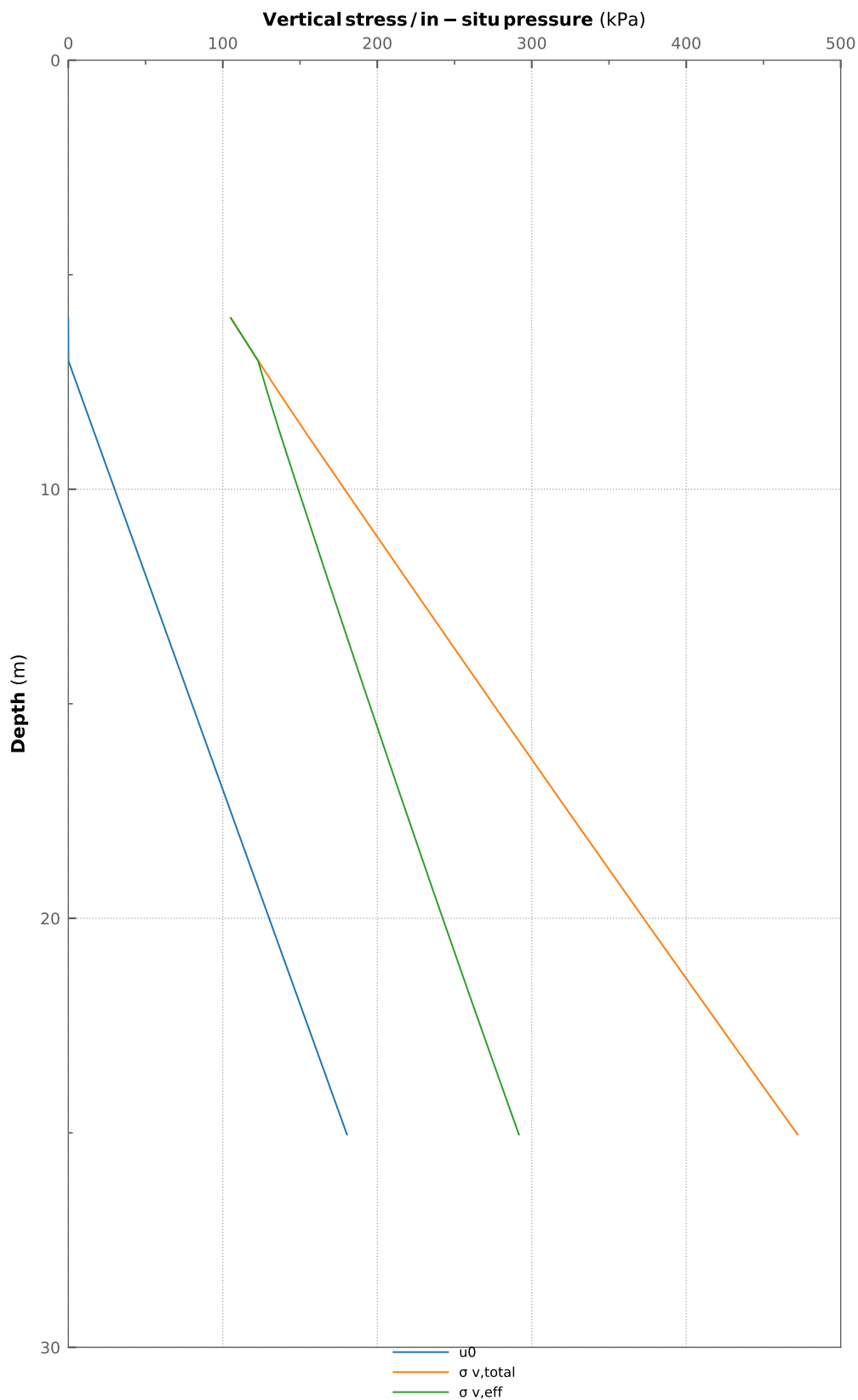
tegnet av:
LaH

Godkjent av::
HHe





20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm VS21-3	rapportnummer: 20230480--01-TN	
	figurnummer: B16	dato: 2024-02-22
	tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | RA20-1

rapportnummer:
20230480--01-TN

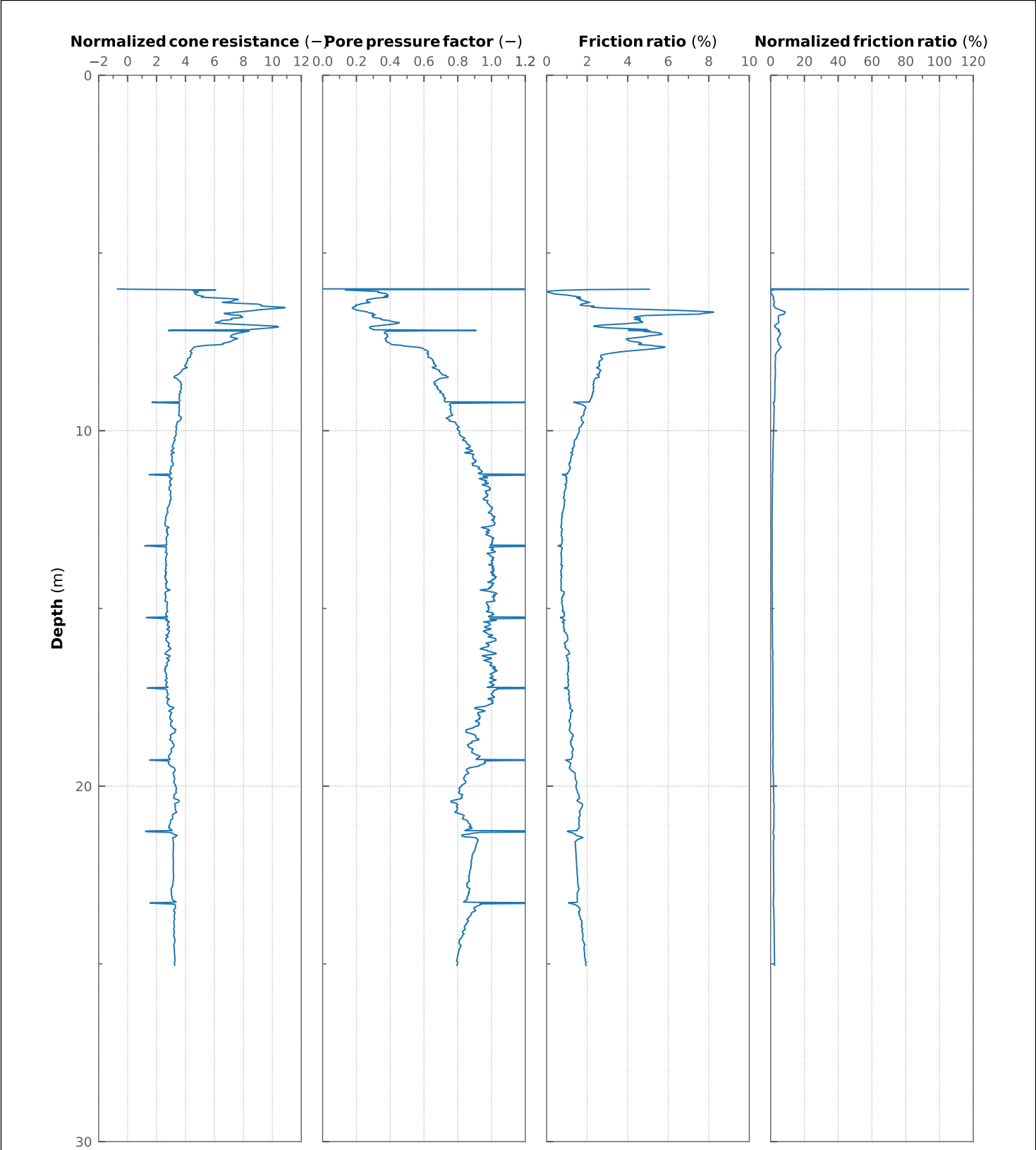
figurnummer:
B17

dato:
2024-02-22

tegnet av:
LaH

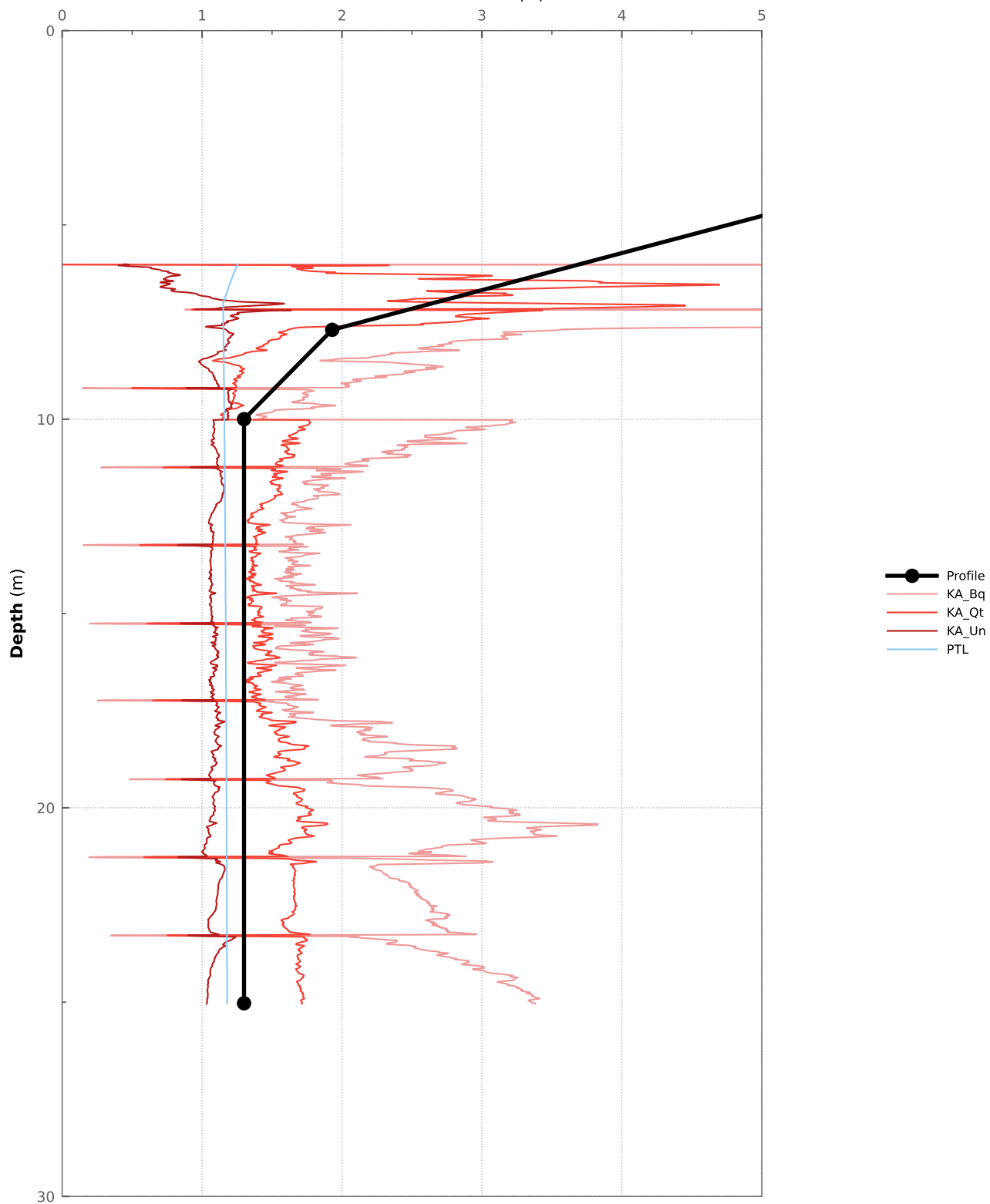
Godkjent av::
HHe





	20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm RA20-1		rapportnummer: 20230480--01-TN	
			figurnummer: B18	dato: 2024-02-22
			tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe

Over – consolidation ratio (-)



20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm | RA20-1

rapportnummer:
20230480--01-TN

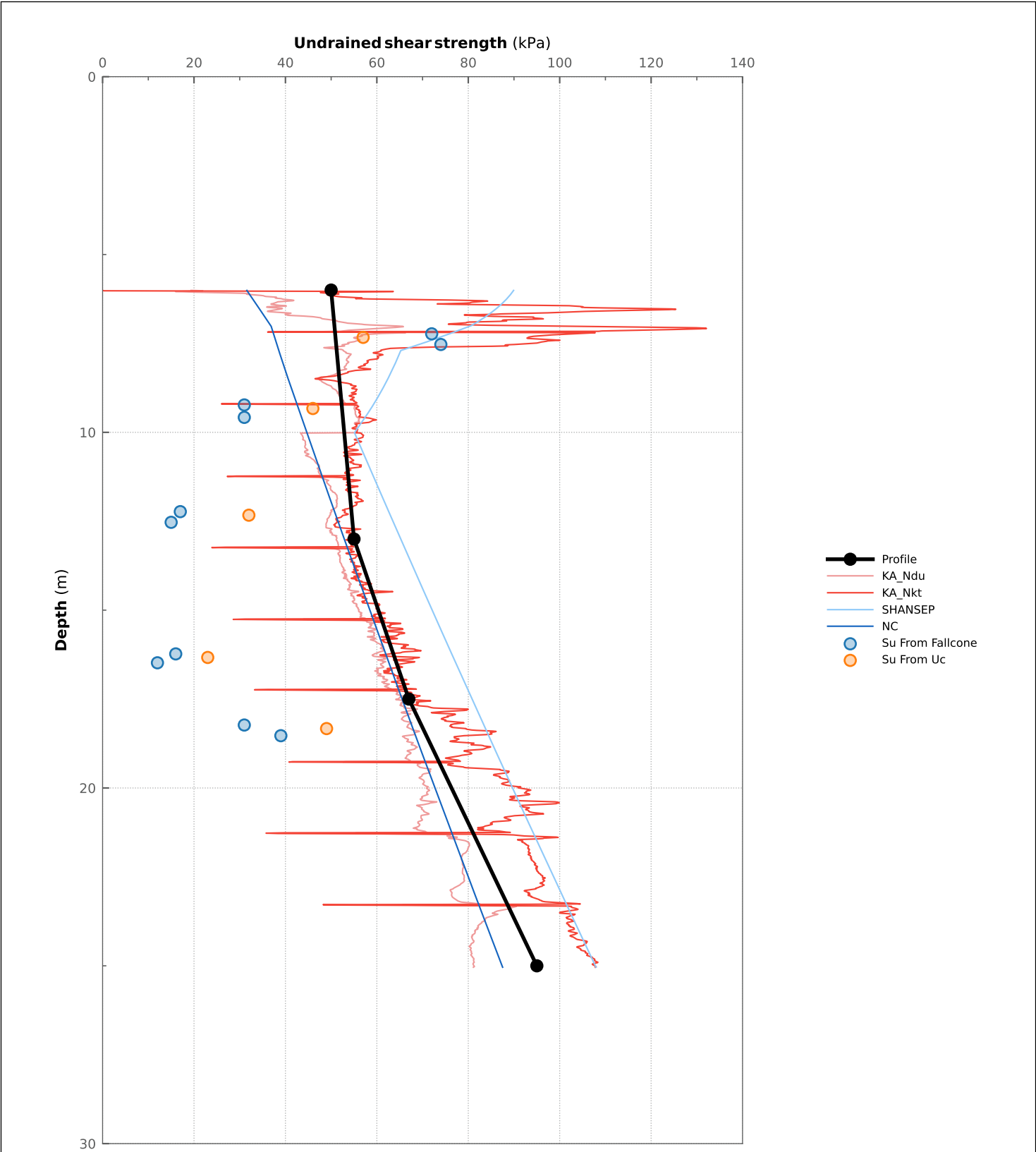
figurnummer:
B19

dato:
2024-02-22

tegnet av:
LaH

Godkjent av::
HHe





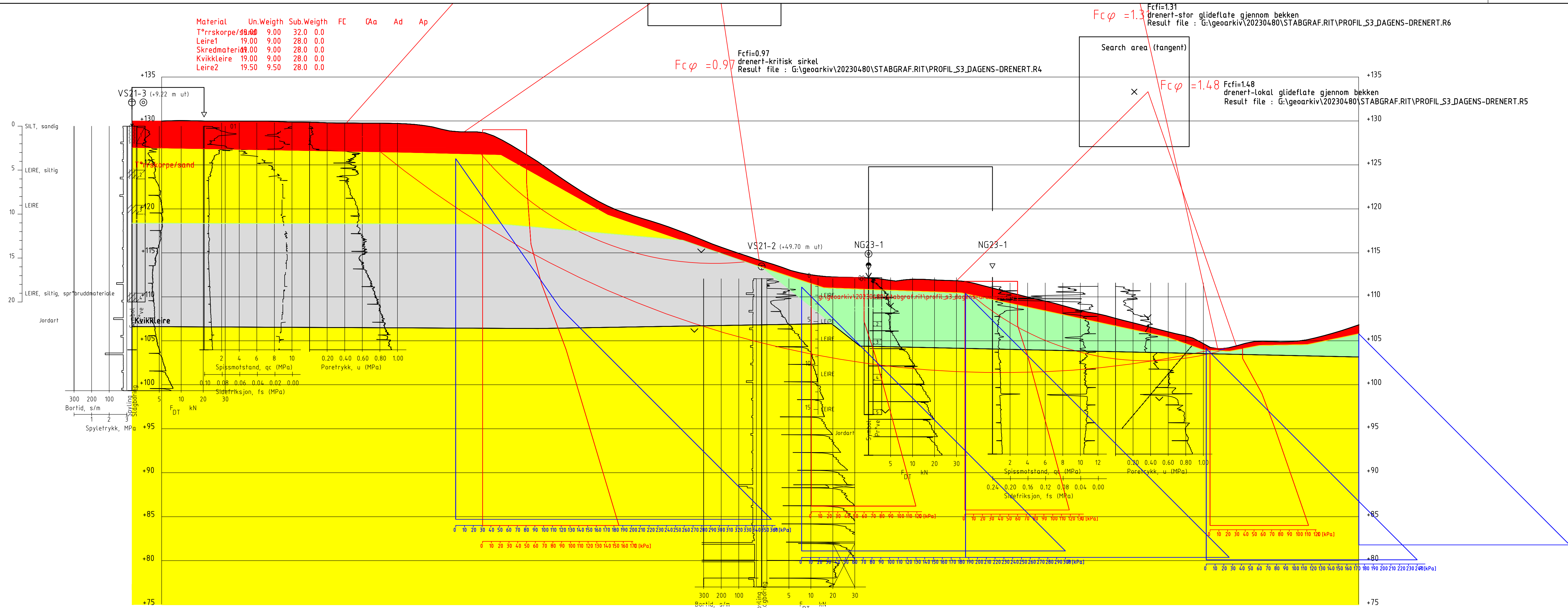
20230480 - Skibakkveien og Tømmereggen, Lillestrøm RA20-1	rapportnummer: 20230480--01-TN	
	figurnummer: B20	dato: 2024-02-22
	tegnet av: LaH	Godkjent av:: HHe

Vedlegg C

STABILITETSBEREGNINGER

Innhold

- C1: Profil S3, dagens situasjon, udrenert tilstand**
- C2: Profil S3, dagens situasjon, drenert tilstand**
- C3: Profil S5, dagens situasjon, udrenert tilstand**
- C4: Profil S5, dagens situasjon, drenert tilstand**
- C5: Profil S3, stabiliserende tiltak, udrenert og drenert tilstand**
- C6: Profil S5, stabiliserende tiltak, udrenert og drenert tilstand**



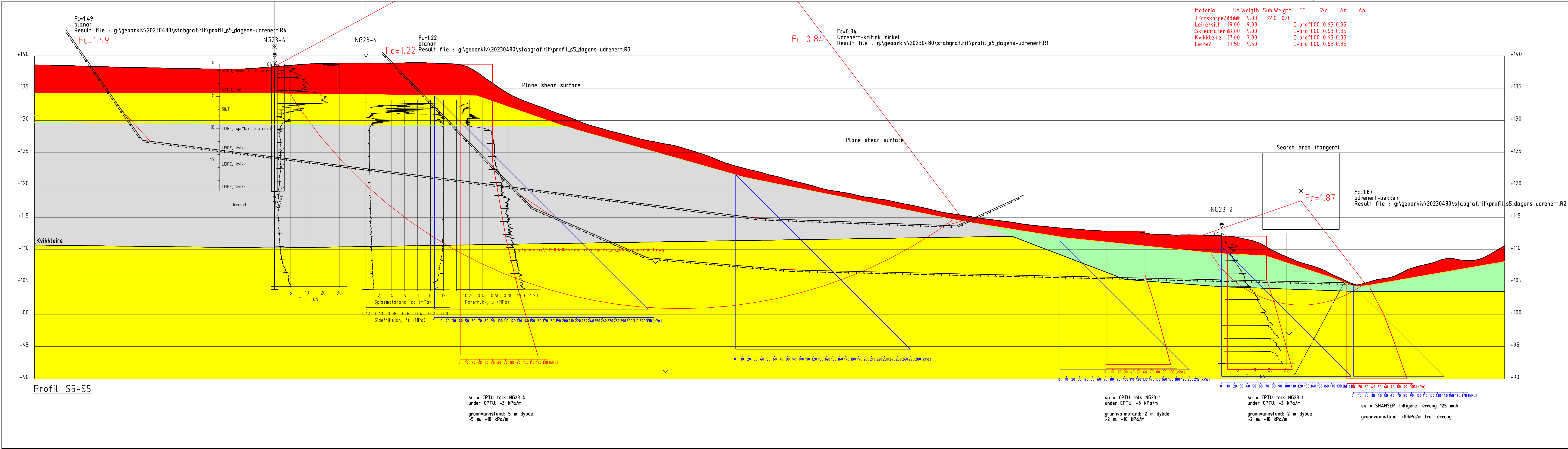
FORKLARINGER:

- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammelt skredmateriale

HENVISNINGER:

Tegning 010 - Plantegning, plasing profiler og borpunkt

-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status			
		Original format			
		A30			
		Tegningens filnavn			
		C2_Profil_S3_dagens_drenert.dwg			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner) Stabilitetsberegninger Profil S3 Drenert		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 15.02.2024 Oppdragsnr.	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr.	Kontrollert HHe Rev.	Godkjent LaH 00
		20230480	Vedlegg C2		



FORKLARINGER:

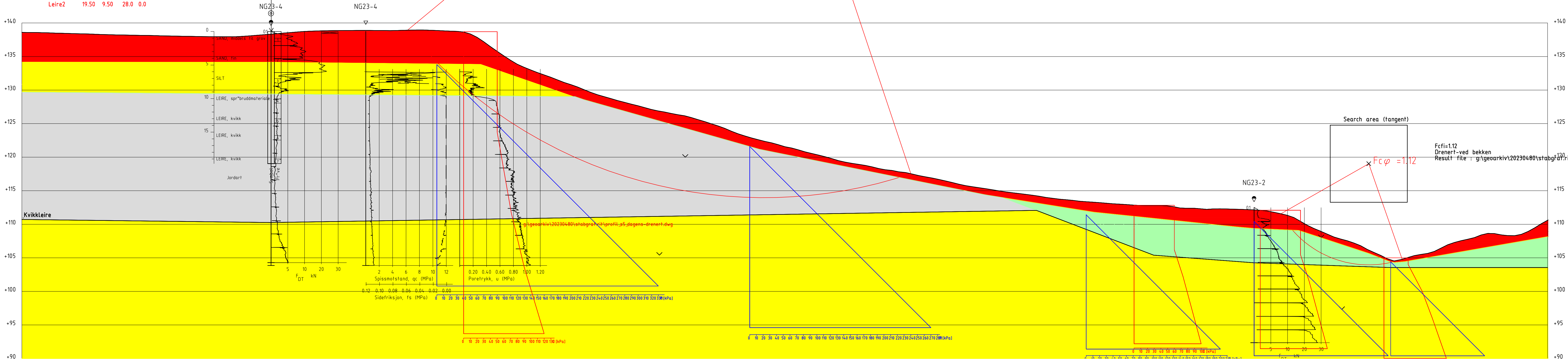
- Tørrskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammelt skredmateriale

HENVISNINGER:

Tegning 010 - Plantegning, plasing profiler og borpunkt

-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status			
		—			
		Original format			
		A3.0			
		Tegningens filnavn			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner) Stabilitetsberegninger Profil S5 Udrenert		C3 Profil S5 dagens-udrenert.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 15.02.2024 Oppdragsnr.	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr.	Kontrollert HHe Rev.	Godkjent LaH
		20230480	Vedlegg C3	00	

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	FC	CAa	Ad	Ap
Tørskorpe/9.00	9.00	32.0	0.0			
Leire/silt	19.00	9.00	28.0	0.0		
Skredmateriale	9.00	28.0	0.0			
Kvikkleire	17.00	7.00	28.0	0.0		
Leire2	19.50	9.50	28.0	0.0		



Profil S5-S5

su = CPTU tolk
NG23-4
under CPTU: +3
kPa/m

grunnvannstand: 5 m
dybde
>2 m: +10 kPa/m

su = CPTU tolk
NG23-1
under CPTU: +3
kPa/m

grunnvannstand: 2 m
dybde
>2 m: +10 kPa/m

su = CPTU tolk
NG23-1
under CPTU: +3
kPa/m

grunnvannstand: 2 m
dybde
>2 m: +10 kPa/m

su = SHANSEP tidligere terreng 125 moh
grunnvannstand: +10kPa/m fra terreng

$F_c \phi = 1.08$

Fcfi=1.08
drenert-kritisk sirkel
Result file : g:\geoarkiv\20230480\stabgraf.rit\profil_s5_dagens-drenert.R8

$F_c \phi = 1.12$

Fcfi=1.12
Drenert-ved bekken
Result file : g:\geoarkiv\20230480\stabgraf.rit\profil_s5_dagens-dr

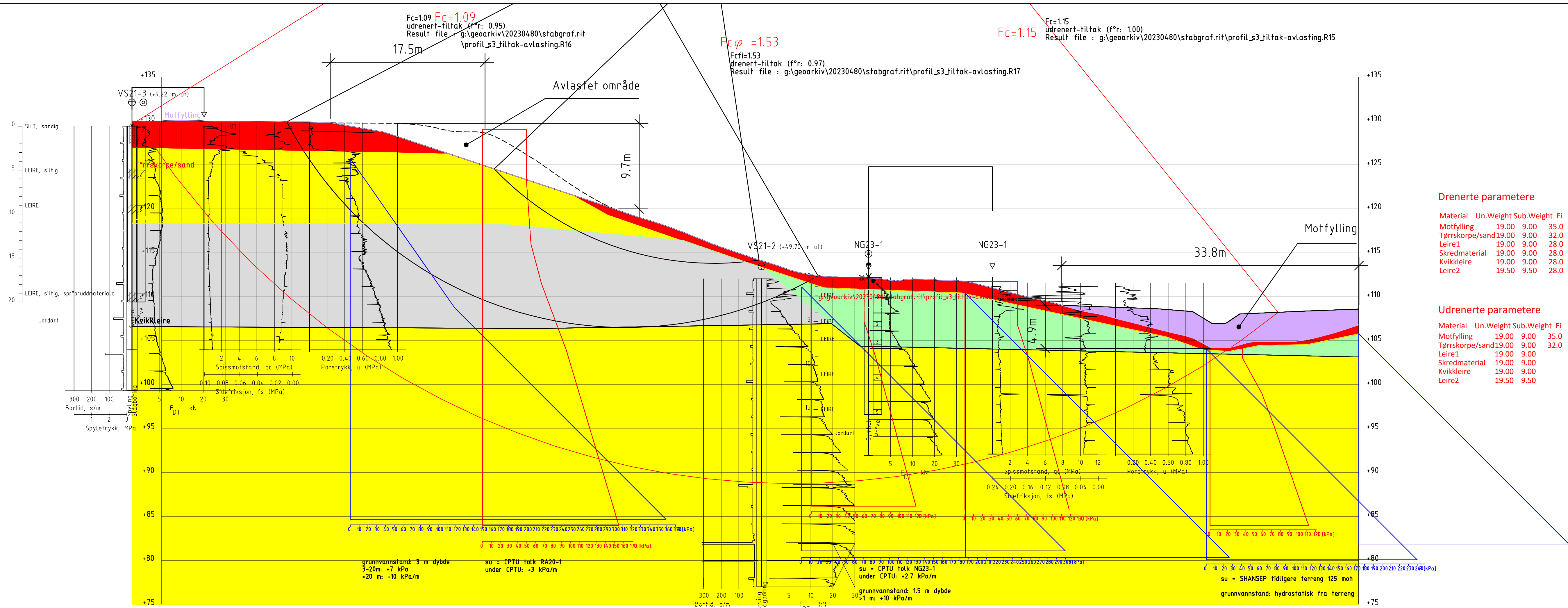
FORKLARINGER:

- Tørskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammelt skredmateriale

HENVISNINGER:

Tegning 010 - Plantegning, plasing profiler og borpunkt

	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status			
		Original format			
		A3.0			
		Tegningens filnavn			
		C4_Profil_S5_dagens_drenert.dwg			
		Målestokk	1:250		
Lillestrøm kommune					
Utredning av skredfare for					
Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)					
Stabilitetsberegninger Profil S5 Drenert					
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 15.02.2024 Oppdragsnr. 20230480	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. Vedlegg C4	Kontrollert HHe Rev. 00	Godkjent LaH



Drenerte parametere

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	19.00	9.00	35.0	0.0				
Tørreskorpe/sand	19.00	9.00	32.0	0.0				
Leire1	19.00	9.00	28.0	0.0				
Skredmateriale	19.00	9.00	28.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	28.0	0.0				
Leire2	19.50	9.50	28.0	0.0				

Udrenerte parametere

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	19.00	9.00	35.0	0.0				
Tørreskorpe/sand	19.00	9.00	32.0	0.0				
Leire1	19.00	9.00			C-prof 1.00	0.63	0.35	
Skredmateriale	19.00	9.00			C-prof 1.00	0.63	0.35	
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof 1.00	0.63	0.35	
Leire2	19.50	9.50			C-prof 1.00	0.63	0.35	

FORKLARINGER:

- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammelt skredmateriale
- Motfylling (stein)

HENVISNINGER:

Tegning 010 - Plantegning, plasing profiler og borpunkt

Lillestrøm kommune		Original format	
Tegningens filnavn		A30	
Molestokk		C5_Profil_S3_tiltak.dwg	
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner). Stabilitetsberegninger Profil S3 Udrenert og drenert. Stabiliserende tiltak.		1:250	NGI
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		Date 29.04.2024 Oppdragsnr. 20230480	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. Vedlegg C5
		Kontrollert HHe	Godkjent LaH
		Rev.	00

Drenerte parametere

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	9.00	35.0	0.0				
Fyllmateriale	18.00	18.00	28.0	0.0				
Tørreskorpe/sand	19.00	9.00	32.0	0.0				
Leire/silt	19.00	9.00	28.0	0.0				
Skredmateriale	19.00	9.00	28.0	0.0				
Kvikkleire	17.00	7.00	28.0	0.0				
Leire2	19.50	9.50	28.0	0.0				

Udrenerte parametere

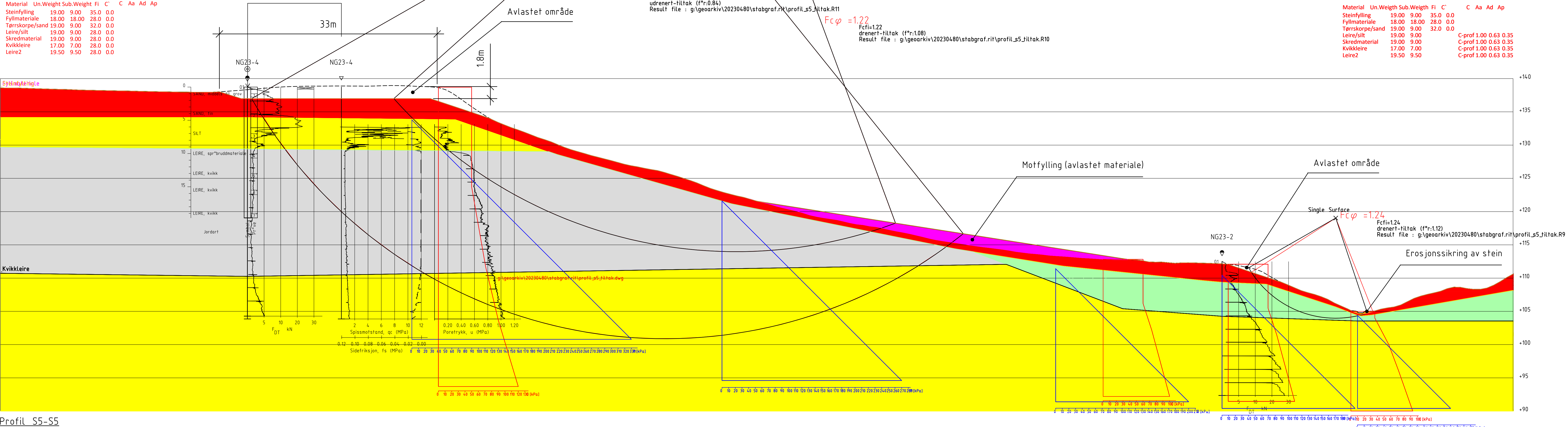
Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	9.00	35.0	0.0				
Fyllmateriale	18.00	18.00	28.0	0.0				
Tørreskorpe/sand	19.00	9.00	32.0	0.0				
Leire/silt	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Skredmateriale	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	17.00	7.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire2	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35

FORKLARINGER:

- Tørreskorpe
- Leire
- Kvikkleire
- Gammelt skredmateriale
- Motfylling (avlastet materiale fra toppen av skrånningen)
- Steinfylling/erosjonsikring

HENVISNINGER:

Tegning 010 - Plantegning, plasing profiler og borpunkt



Profil S5-S5

Lillestrøm kommune

Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner). Stabilitetsberegninger Profil S5 Udrenert og drenert. Stabiliserende tiltak.



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 29.04.2024 Oppdragsnr. 20230480	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. Vedlegg C6	Kontrollert HHe Rev. 00	Godkjent LaH
---	---	--	----------------------------------	-----------------

Vedlegg D

VURDERING AV LØSNEOMRÅDET OG UTLØPSOMRÅDET

Innhold

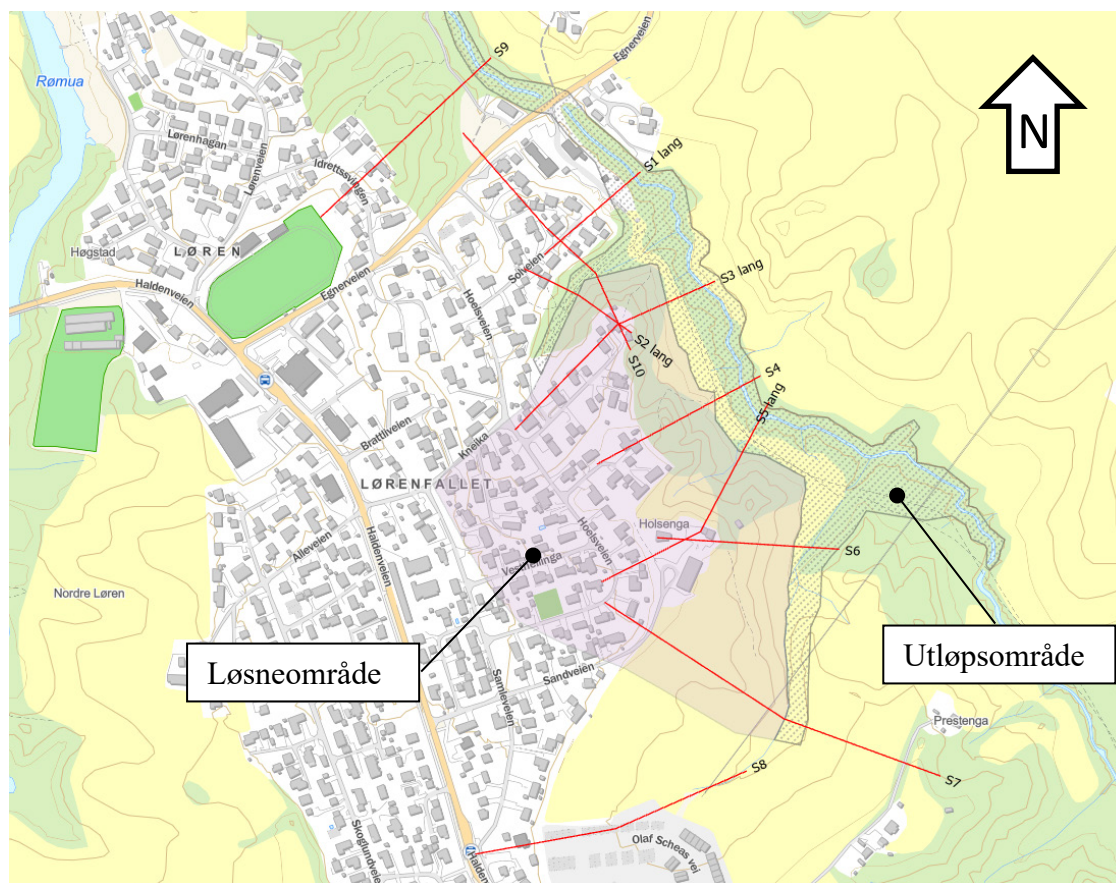
D1	Vurdering	2
D2	Referanser	4

D1 Vurdering

Det er opprettet en ny kvikkleirefaresone «Holsenga» i vurderingsområdet. En sone består av løsneområde og utløpsområde. Løsneområdets utbredelse er vurdert etter metoden i NVE kvikkleireveileder 1/2019 (ref. /D1/). Det er ikke gjort endringer på sonegrensene til eksisterende faresone «Løren», selv om en del av vurderingsområdet ligger innenfor denne sonen.

For å vurdere maksimal lengde av løsneområder, er noen av de kritiske profilene (fra hovedrapport) forlenget i tillegg til at ytterligere noen profiler er tegnet opp. Plassering av profilene vises i Figur 1-1. Lengde av løsneområder vurdert for de enkelte profilene er vist i Vedlegg D1-D5.

Kart med løsne- og utløpsområde er vist i Figur 1-1 og Vedlegg D6.



Figur 1-1. Kart med løsne- og utløpsområder, også plassering av profiler brukt ved vurdering av løsneområdets utbredelse.

Vurdering av aktuell skredmekanisme for hvert profil er oppsummert i Tabell 1-1. Aktuell skredmekanisme er vurdert i høyre kolonne av tabellen basert på andel kvikkleire av total høyde av glideflaten.

Maksimal lengde av løsneområdet, L , er vurdert, iht. NVEs kvikkleireveileder (ref. /1/). Sammen med mulighet for sideveis utbredelse av skredet, gir dette grensene til den nye kvikkleiresonen «Holsenga»: Vedlegg D6. I vurderingen er det lagt mest vekt på profilene S4 og S5, som antas å ha retrogressiv skredmekanisme, og stor beregnet lengde på løsneområde, L . Dermed er det tegnet inn noe større løsneområde i nordre og søndre del av sonen enn det L -verdier for de nærmeste profilene tilsier.

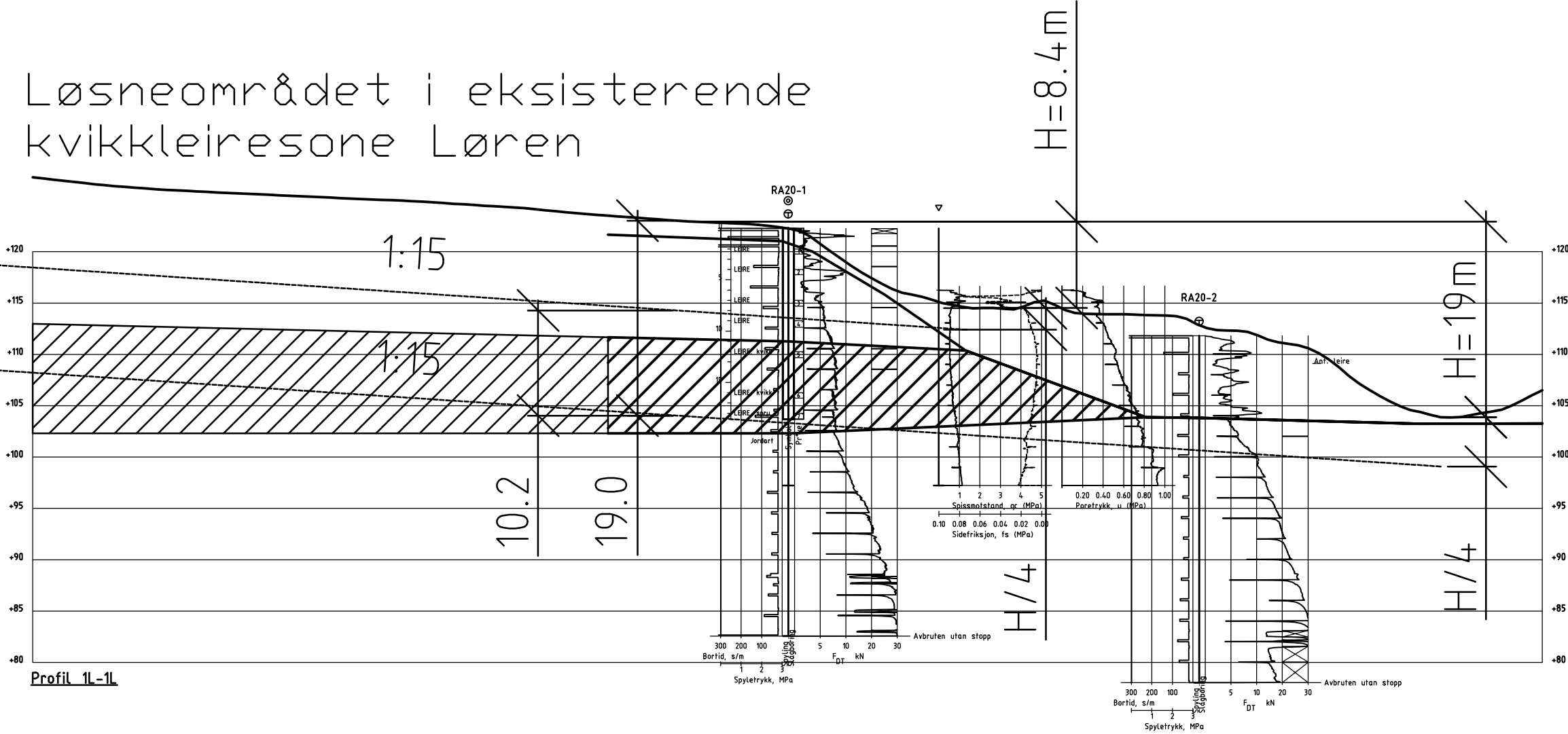
Tabell 1-1. Grunnlag for vurdering av aktuell skredmekanisme og resulterende lengde av løsneområdet.

Profil	Funn av kvikkleire i prøver	Skredmekanisme	Løsneområdets lengde, L (m)
S1	RA20-1: påvist kvikkleire 12-13 m og 16-17 m. Påvist sprøbruddmateriale 18-19m.	Platå-bekk: $b/D > 40\%$. Retrogressivt skred. $b=0$ for platå-terrasse	Ligger i eksisterende kvikkleiresone «Løren»
S3	VS21-3: påvist sprøbruddmateriale, men få prøver. Antatt kvikkleire i borpunktet mellom 11-23 m.	Platå-terrasse: $b/D < 40\%$. Rotasjonsskred.	$L = 88$ m
S4	Ingen prøver.	Platå-terrasse: $b/D > 40\%$. Retrogressivt skred.	$L = 299$ m
S5	NG23-4: påvist kvikkleire 13-14 m, 15,5-16,5 m og 19-20 m. Påvist sprøbruddmateriale 10-11 m.	Platå-terrasse: $b/D > 40\%$. Retrogressivt skred.	$L = 266$ m
S7	Ingen grunnundersøkelser.	Antatt $b/D < 40\%$. Rotasjonsskred.	$L = 46$ m
S8	LG17-10: påvist kvikkleire 9-10 m, 12-13 m, 15-16 m. Påvist sprøbruddmateriale 7-8 m. LG19-18: påvist kvikkleire 5,5-6 m, 7-8 m, 10-11 m.	Terrenghelning $< 1:15$. Ingen utløsningsmekanisme i dette profilet.	Intet løsneområde for kvikkleireskred
S9	Ingen prøver.	Antatt $b/D > 40\%$. Retrogressivt skred.	Ligger i eksisterende kvikkleiresone «Løren»
S10	VS21-3: påvist sprøbruddmateriale, men få prøver. Antatt kvikkleire ved borpunktet.	$b/D < 40\%$ i sideravinen. Rotasjonsskred.	$L = 83$ m

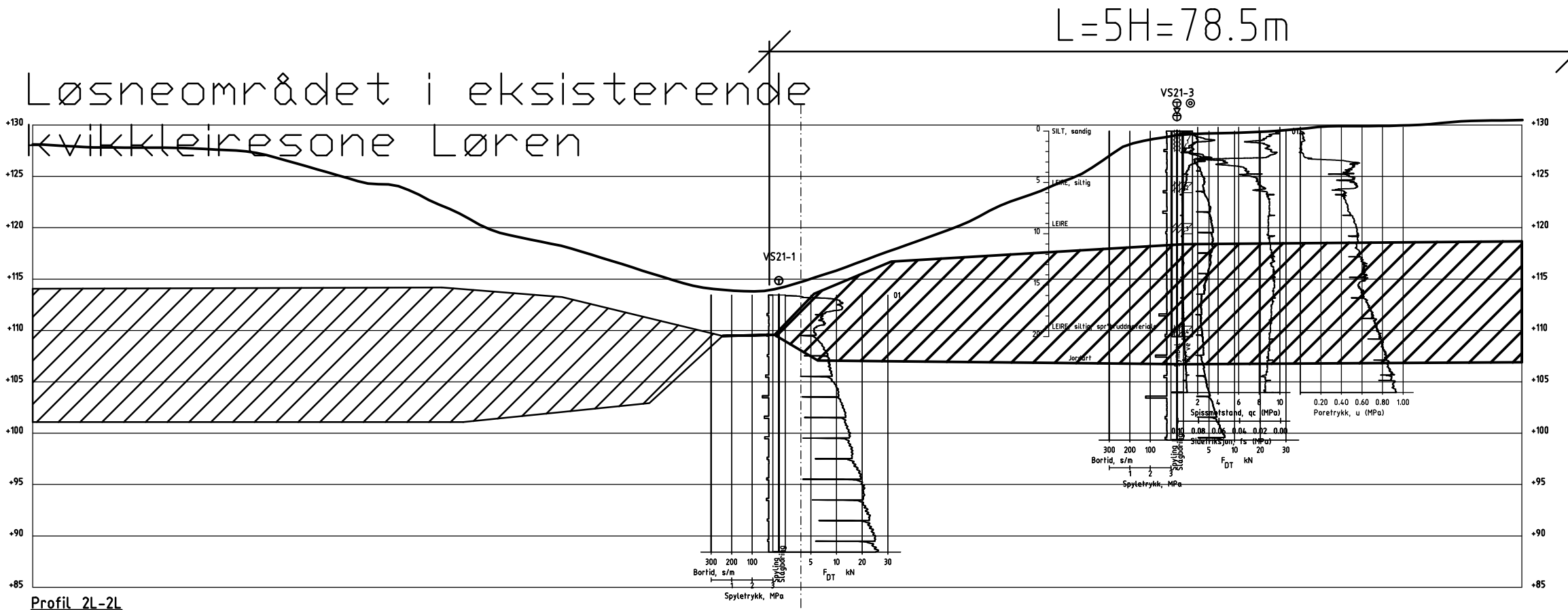
D2 Referanser

- /1/ NVE (2020) Veileder 1/2019 *Sikkerhet mot kvikkleireskred: vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.*

Løsneområdet i eksisterende kvikkleiresone Løren



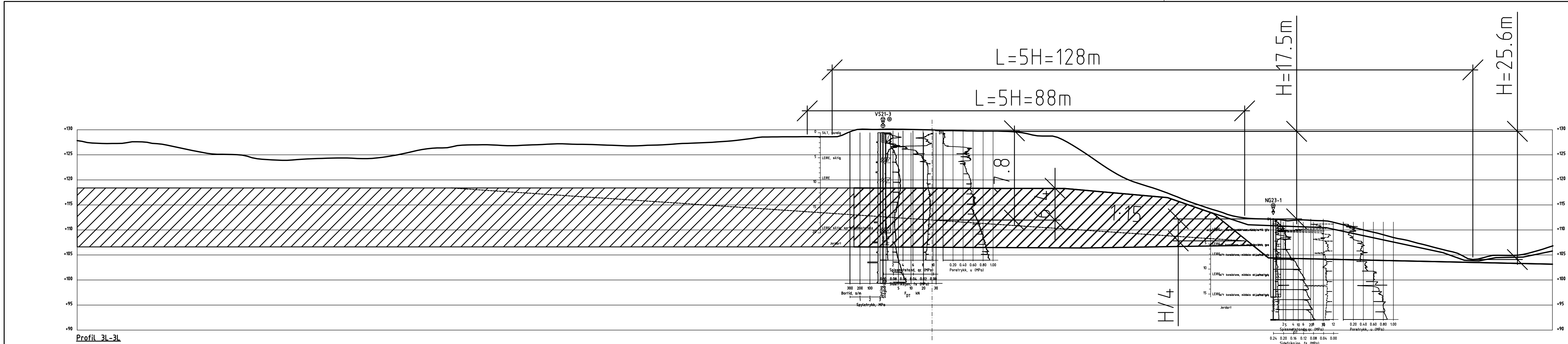
Løsneområdet i eksisterende kvikkleiresone Løren



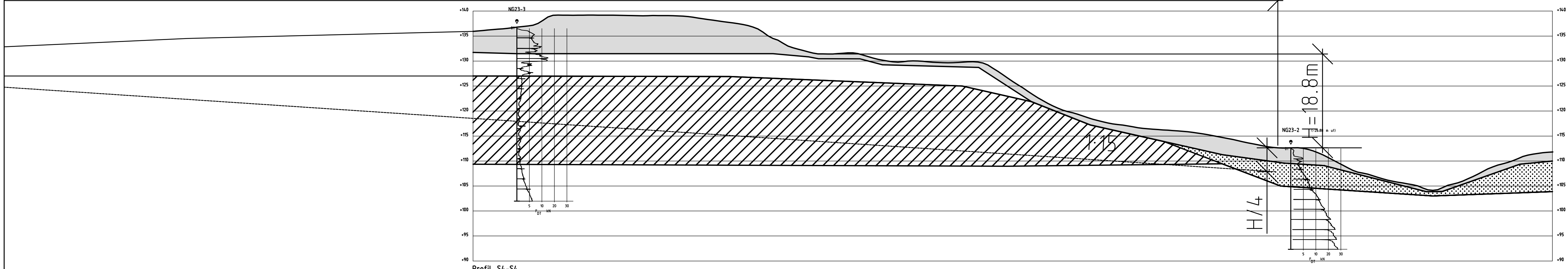
FORKLARINGER:

 Kvikkleire

-		-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status			
		Original format			
		A30			
		Tegningens filnavn			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner). Vurdering av løsneområdet. Profiler S1 lang og S2 lang		Målestokk		NGI	
		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
		07.05.2024	LaH	HHe	LaH
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.	
20230480		Vedlegg D1		00	



Profil 3L-3L

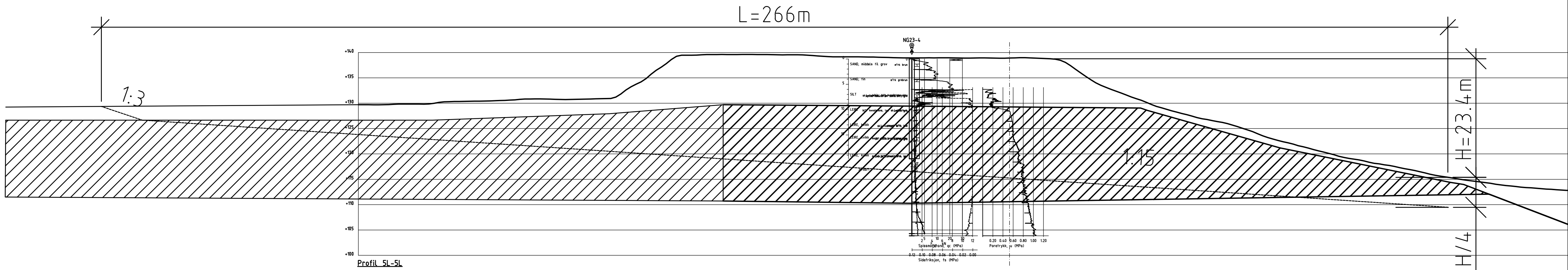


Profil S4-S4

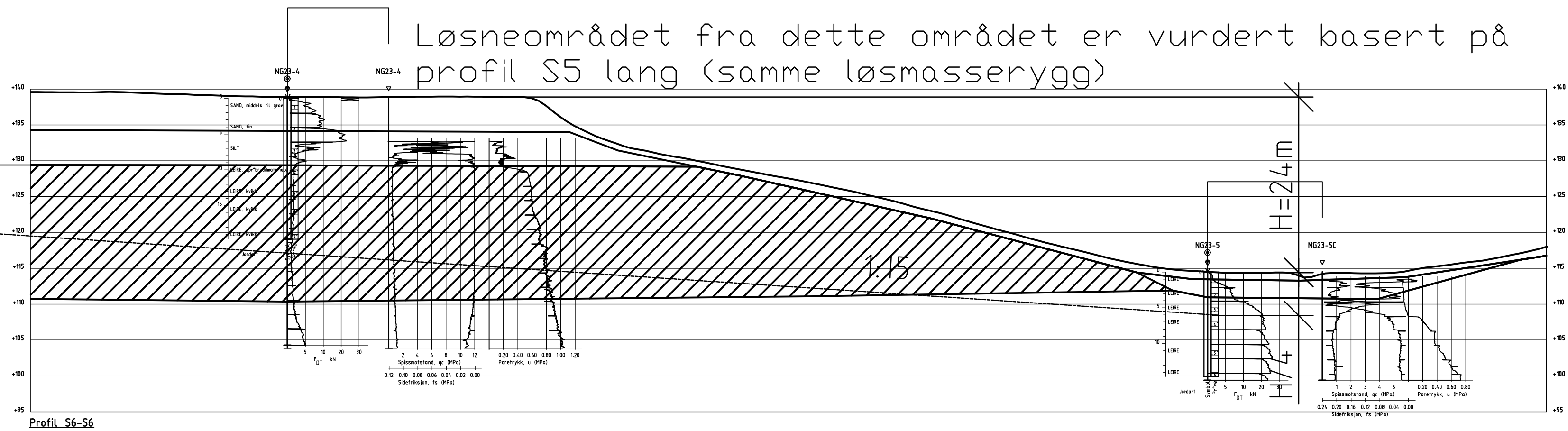
FORKLARINGER:

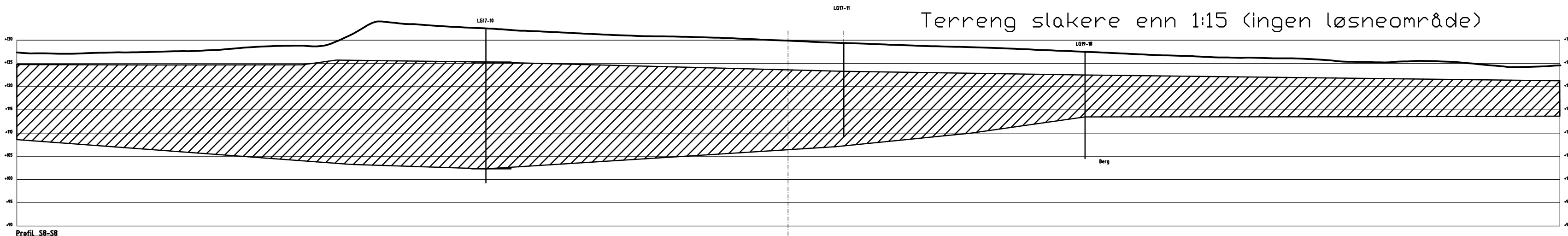
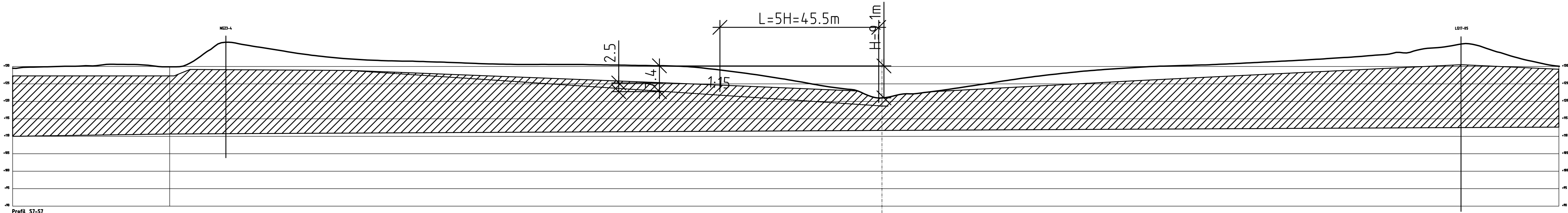
 Kvikkleire

-		-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status			
		Original format			
		A30			
		Tegningens filnavn			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frognar). Vurdering av løseområdet. Profiler S3 lang og S4		Målestokk		1:500	
		NGI			
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 07.05.2024	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert HHe	Godkjent LaH
Oppdragsnr. 20230480		Tegningsnr. Vedlegg D2		Rev. 00	



Løsneområdet fra dette området er vurdert basert på profil S5 lang (samme løsmasserygg)

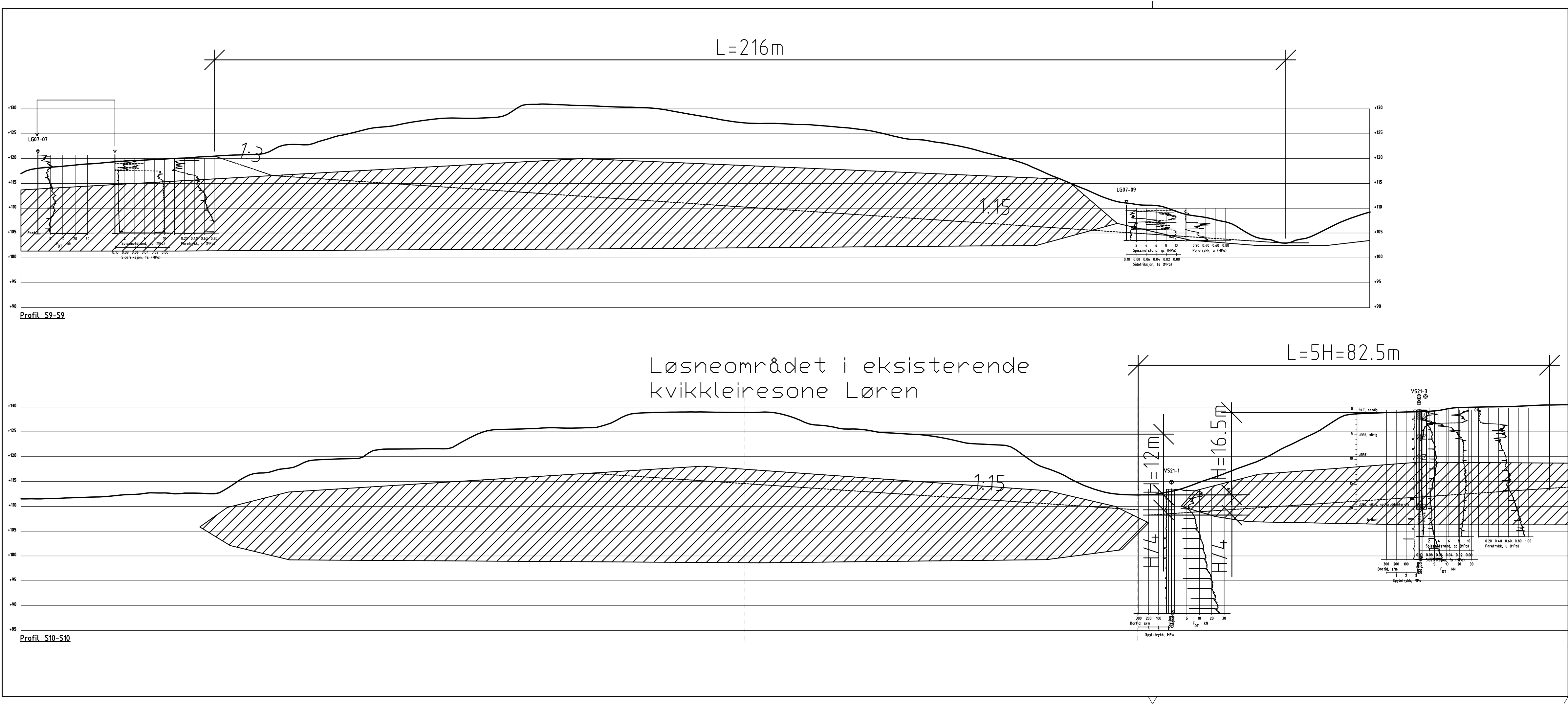




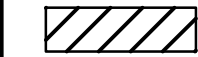
FORKLARINGER:

 Kvikkleire

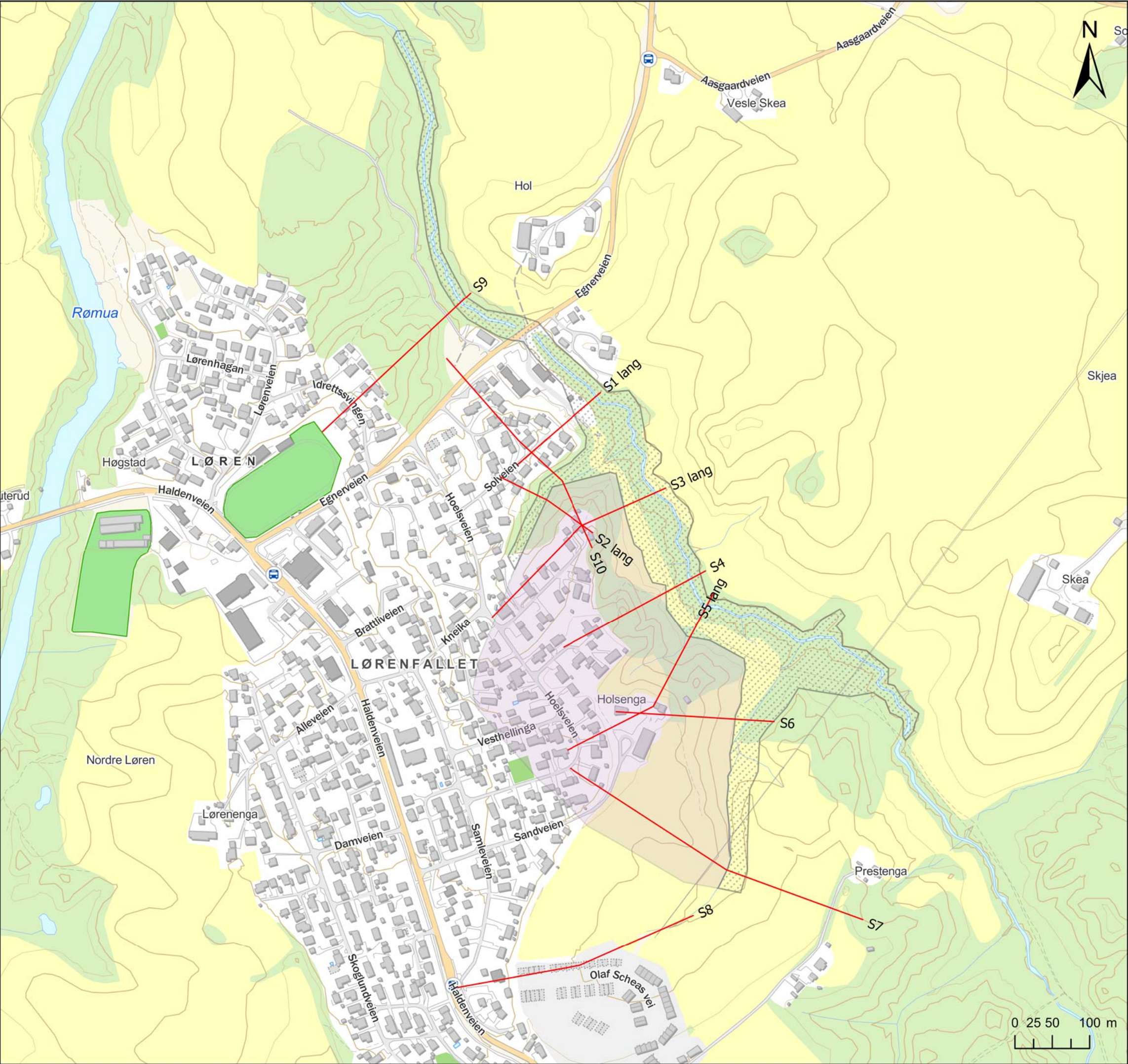
-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Lillestrøm kommune		Status			
		Original format			
		A30			
		Tegningens filnavn			
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner). Vurdering av løsneområdet. Profiler S7 og S8		Løsneområder.dwg		Molestakk	
		1:750		NGI	
		NGI		Dato	
		Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		07.05.2024	
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.		Konstr./Tegnet	
		T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		LaH	
www.ngi.no		Tegningsnr.		HHe	
		20230480		Rev.	
		Vedlegg D4		LaH	
				00	



FORKLARINGER:

 Kvikkleire

-	-		-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
Lillestrøm kommune		Status				
		Original format				
		A3.0				
		Tegningens filnavn				
		Løsneområder.dwg				
Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frognar). Vurdering av løsneområdet. Profiler S9 og S10		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 07.05.2024	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert HHe	Godkjent LaH	
		Oppdragsnr. 20230480	Tegningsnr. Vedlegg D5		Rev. 00	



Tegnforklaring

- Utløpsområde
- Løsneområde

Lillestrøm kommune

Utredning av skredfare for Skibakkveien og Tømmereggen

Kart med løsneområde og utløpsområde

Dato	2024-05-08	Utført	LaH	Kontrollert	HHe	Godkjent	LaH
Original format og målestokk	A3 1:5 000	Kartprojeksjon	ETRS 1989 UTM Zone 33N				
Prosjektnr.	20230480	Dokumentnr.	20230480-01-TN	Kartnr.	Vedlegg D6	Rev.	00

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

NGI

Tlf: 22 02 30 00

www.ngi.no

Vedlegg E

KLASSIFISERING AV FARESONE
«HOLSENGA»

FAREGRAD (profil S3)

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score	Vektet faregrad	Kommentarer
Tidligere skredaktivitet	1	2	2	Flere store, gamle skred i området
Skråningshøyde, meter	2	3	6	Høyde: platå-bekk: 31 m. Høyde platå til terrasse (kritisk glideflate): 18 m
OCR	2	2	4	1.5H (kritisk glideflate) ligger ved bakkant av kritisk glideflate i sand/tørreskorpe. OCR under sand/silt (ved 7 m) er ca. 1.4.
Poretrykk overtrykk	3	0	0	1.5H (kritisk glideflate) ligger ved bakkant av kritisk glideflate i sand/tørreskorpe, antatt null poretrykk. Antatt noe poreundertrykk i skråningen.
Poretrykk undertrykk	-3	0	0	
Kvikkleiremektighet	2	3	6	11 m kvikkleire ved VS21-3
Sensitivitet	1	2	2	Målt St=37 ved 19 m dybde (VS23-3).
Erosjon	3	1	3	Litt erosjon i siltig, sandig leire.
Terrenginngrep: Forverring	3	1	3	Det ligger tømmer i bekken oppstrøms profil P3. Også et stort rør (diameter>1m). Det fører til ekstra erosjon lokalt. Liten forverring.
Terrenginngrep: Forbedring	-3	0	0	
Sum poeng			26	
% av maksimal poengverdi			50.98	

Faregradklasse: **HØY**

PROFIL S5

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score	Vektet faregrad	Kommentarer
Tidligere skredaktivitet	1	2	2	Flere store, gamle skred i området
Skråningshøyde, meter	2	3	6	platå-bekk: 34 m
OCR	2	3	6	1.5H (kritisk glideflate) ligger bak den kritiske glideflaten. OCR under sand/silt (ved 10 m) er ca. 1.2.
Poretrykk overtrykk	3	0	0	Antatt grunnvannstand ved 5 m dybde, og hydrostatisk utvikling.
Poretrykk undertrykk	-3	1	-3	
Kvikkleiremektighet	2	3	6	18 m kvikkleire
Sensitivitet	1	3	3	St opp til 290 ved NG23-4.
Erosjon	3	2	6	Noe erosjon og veltede trær i bekken. Også overflateglidninger i sideravinen.
Terrenginngrep: Forverring	3	0	0	Ingen
Terrenginngrep: Forbedring	-3	0	0	Ingen
Sum poeng			26	
% av maksimal poengverdi			50.98	

Faregradklasse: **HØY**

SKADEKONSEKVENNS.

Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score	Vektet konsekvens	Kommentarer
Boligheter	4	3	12	tett >5
Næringsbygg	3	1	3	To små bygg i utløpsområdet
Annen bebyggelse, verdi	1	1	1	Holsbekken pumpestasjon ligger i utløpsområdet
Veier	2	1	2	Lokale veier (boligområde) innfor løseområdet. Utløpsområdet krysser Egnerveien (ÅDT=1000)
Toglinje	2	0	0	Ingen
Kraftnett	1	0	0	Lokal
Oppdemning	2	1	2	Oppdemning i bekken
Sum			20	
% av maksimal poengverdi			44.44	

Konsekvensklasse: **ALVORLIG**

RISIKO. Må oppdateres for evt. kvikkleireområde.

	Score	Risikoklasse
skadekonsekvens x faregrad =	2266	4



Kontroll- og referanseside/ Review and reference page

Dokumentinformasjon/ <i>Document information</i>		
Dokumenttittel/<i>Document title</i> Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet)		Dokumentnr./<i>Document no.</i> 20230480-01-TN
Dokumenttype/<i>Type of document</i> Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/<i>Client</i> Lillestrøm kommune	Dato/<i>Date</i> 2024-05-03
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/<i>Proprietary rights to the document according to contract</i> NGI		Rev.nr. & dato/<i>Rev.no. & date</i> 2 / 2024-11-15
Distribusjon/<i>Distribution</i> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/<i>Keywords</i> skråningsstabilitet, utglidning, tele, kvikkleire		

Stedfesting/ <i>Geographical information</i>	
Land, fylke/<i>Country</i> Norge, Viken	Havområde/<i>Offshore area</i>
Kommune/<i>Municipality</i> Lillestrøm	Feltnavn/<i>Field name</i>
Sted/<i>Location</i> Tømmereggen, Frogner	Sted/<i>Location</i>
Kartblad/<i>Map</i>	Felt, blokknr./<i>Field, Block No.</i>
UTM-koordinater/<i>UTM-coordinates</i> Sone: Øst: Nord:	Koordinater/<i>Coordinates</i> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/ <i>Document control</i> Kvalitetssikring i henhold til/ <i>Quality assurance according to NS-EN ISO9001</i>					
<i>Rev/</i> Rev.	<i>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</i>	<i>Egenkontroll av/</i> <i>Self review by:</i>	<i>Sidemanns-</i> <i>kontroll av/</i> <i>Colleague</i> <i>review by:</i>	<i>Uavhengig</i> <i>kontroll av/</i> <i>Independent</i> <i>review by:</i>	<i>Tverrfaglig</i> <i>kontroll av/</i> <i>Inter-</i> <i>disciplinary</i> <i>review by:</i>
0	Originaldokument	2024-02-26 Laura Rødvand	2024-02-28 Håkon Heyerdahl		
1	Fullstendig vurdering av områdestabilitet	2024-05-21 Laura Rødvand	2024-05-21 Håkon Heyerdahl		
2	Små endringer som følge av kommentarer fra uavhengig kvalitetssikring.	2024-11-06 Laura Rødvand	2024-11-12 Håkon Heyerdahl		

Dokument godkjent for utsendelse/<i>Document approved for release</i>	Dato/<i>Date</i> 15. november 2024	Prosjektleder/<i>Project Manager</i> Laura Rødvand
--	--	--

2015-10-16, 043 n/e, rev.03

NGI – Norges Geotekniske Institutt - er et uavhengig forskningsinstitutt innen geoteknikk og andre ingeniørrettede geofag.

Vi kombinerer geokunnskap og teknologi for å utvikle smarte og bærekraftige løsninger innen infrastruktur på land og til havs, innen miljøteknologi, forurensset grunn og naturfarer som jord- og snøskred. Forskningen vår leverer kunnskap som bidrar til å løse noen av de viktigste utfordringene verden står overfor innenfor klima, miljø, energi og samfunnssikkerhet.

Samfunnsoppgaven vår er å utvikle geofagene og fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for å bygge, bo og ferdes på sikker grunn. Dette løser vi ved å la forskning og rådgivning gå "hånd i hånd" og være brobygger mellom akademia, næringsliv og det offentlige.

Vi har kontorer i Norge, USA og Australia og vi har internasjonalt anerkjente laboratorier.

www.ngi.no

NGI – The Norwegian Geotechnical Institute – is an independent research centre in the field of geotechnical engineering and the engineering geosciences.

We combine geotechnical knowledge and technology to develop smart and sustainable solutions in infrastructure on land and at sea, in environmental technology, contaminated soil and natural hazards such as landslides and avalanches. Our research provides knowledge that contributes to solve some of the most important challenges the world faces with regards to climate, the environment, energy and societal security.

Our societal mission is to develop the geosciences and produce the knowledge basis to build, live and travel on safe ground. We solve this by combining research and consulting hand-in-hand and being a bridge-builder between academia, industry and the public sector.

We have offices in Norway, the US and Australia, including internationally recognised laboratories.

www.ngi.no

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.

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.

