

Støllia

Geoteknisk vurdering av områdestabilitet

Detaljprosjekt

Dokumentnr. 23314-RIG03

Versjon 3

26.9.2024



Prosjekt

Prosjektnavn: Støllia
Prosjektfase: Detaljprosjekt
Oppdragsgiver: HEIM KOMMUNE
Kontaktperson: Øyvind Engvik

Vårt oppdrag

Oppdragsnummer: 23314
Oppdragsleder: Mats Emil Mossefin
Fagansvarlig: Sigurd Holo Leikarnes

Dokument

Dokumenttype: Geoteknisk vurdering av områdestabilitet

Versjoner

Indeks	Dato	Beskrivelse	Ansvarlig	Kontroll
1	26.4.2024	Til uavhengig kvalitetssikring	Mats Emil Mossefin	Sigurd Holo Leikarnes
2	03.07.2024	Revisjon etter diskusjon uavhengig kontrollør	Mats Emil Mossefin	Sigurd Holo Leikarnes
3	26.9.2024	Endelig versjon - Revisjon etter godkjent kvalitetssikring	Mats Emil Mossefin	Sigurd Holo Leikarnes

Sammendrag

Det er tidligere utført gravearbeider på en tomt på Mekkelssvingen 10 i Heim kommune. På grunn av meget bløte masser ble geotekniker kontaktet og det ble påvist kvikkleire på tomten. I den forbindelse har Heim kommune et ønske om å kartlegge utbredelsen av kvikkleire/sprøbruddmateriale, for etablering av flere boliger i det aktuelle området.

Det er gjennomført grunnundersøkelser for avgrensning av kvikkleireforekomsten. Det er i denne rapporten gjennomført utredning av sonene etter NVE 1/2019. Kvikkleiresonen er vurdert til lav faregrad, alvorlig konsekvens, og en total risikoklasse 3.

Det er beregnet lav stabilitet i midtre del av sonen. Mot sør og vest er det beregnet god stabilitet, mens det mot øst er utført lite undersøkelser. Det antas at sonen kan snevres inn mot nord og øst ved å utføre supplerende undersøkelser.

Det er vurdert tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred for planlagt tiltak på Mekkelssvingen 10 i henhold til NVE 1/2019. Det er med forbehold om at grunnarbeider er utført og det kun skal gjøres pålastning på tomten.

Det er ikke dokumentert erosjon som kan påvirke sonen.

Med faregrad lav åpner veilederen for at K3 tiltak kan gjennomføres etter krav for tiltakskategori K1. Det betyr at områdestabilitet vil være ivarettatt for K0-K3 tiltak dersom det kan dokumenteres at tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Det vil i deler av sonen være mulig å gjennomføre K4-tiltak og tiltak som forverrer sikkerheten avhengig av plassering i sonen.

K0-tiltak som kan gjennomføres iht. vedlegg 2 i NVE 1/2019 trenger ikke vurdering av geotekniker. Kvalitetssikring av denne typen vurderinger må fortsatt gjennomføres av uavhengig foretak iht. kapittel 3.3.6 i NVE 1/2019.

Det er i kapittel 8.1 og 8.2 beskrevet betydning av soneavgrensninger og gitt retningslinjer for tiltak i ulike deler av sonen.

Denne rapporten har gjennomgått uavhengig kvalitetssikring av Dr. Techn Olav Olsen.

Kategorisering

Tiltakskategori etter NVE-veilederen: K3/K4

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	5
2	Beskrivelse av tiltaket og tomten	5
3	Grunnforhold	6
3.1	Grunnvann	8
4	Regelverk, laster og faktorer	10
4.1	NVEs kvikkleireveileder 1/2019	10
4.2	Laster	13
5	Utredning av områdestabilitet	13
5.1	Befaring	14
5.2	Skredmekanismer, løsne- og utløpsområde	17
6	Klassifisering av sonen	22
6.1	Faregradsklassifisering	22
6.2	Konsekvens	23
6.3	Risikoklasser	24
7	Stabilitetsberegninger	24
7.1	Beregningsparametere	24
7.2	Tolkning av skjærfasthet	30
7.3	Laster	31
7.4	Beregningsverktøy	32
7.5	Stabilitet	32
8	Betydning av soneutredning og videre arbeider	35
8.1	Utløpsområde:	35
8.2	Løsneområde	37
8.3	Generell veiledning for K0-, K1-, K2- og K3-tiltak	38
8.4	Forslag til videre arbeider	39
9	Konklusjon	39
10	Referanser	40

Vedlegg

V101 – situasjonsplan relevante boringer
V102 – Avgrensning kvikkleireforekomst
V103 – Stabilitetssnitt
V104 – Løsne- og utløpsområde
V105 – Veiledning og videre arbeider
V201-V206 - Stabilitetssnitt
Vedlegg A – Uavhengig kvalitetssikring

Foreliggende rapport er utarbeidet av ERA Geo AS, som har opphavsrett til hele og deler av rapporten. Rapporten er utarbeidet for gitt prosjekt basert på en konkret problemstilling. Geoteknikere fra andre selskaper og andre som evt. bruker rapporten videre må være kritisk til innholdet og står selv ansvarlig for egne vurderinger. Rapporten kan ikke endres uten vårt samtykke.

1 Innledning

Det er tidligere utført gravearbeider på en tomt på Mekkelsvingen 10 i Heim kommune. På grunn av meget bløte masser ble geotekniker kontaktet og det ble påvist kvikkleire på tomten. I den forbindelse har Heim kommune et ønske om å kartlegge utbredelsen av kvikkleire/sprøbruddmateriale da det er ønske om å tilrettelegge for etablering av flere boliger i det aktuelle området.

ERA Geo er i den forbindelse engasjert for å følge opp geotekniske grunnundersøkelser, laboratorieundersøkelser, rapportering av felt- og labundersøkelser og utredning av områdestabilitet iht. NVE 1/2019 i det aktuelle området. Grunnundersøkelser er utført av Lingen Grunnboring.

Dr. Techn. Olav Olsen er engasjert for uavhengig kvalitetssikring av utførte vurderinger i henhold til NVE 1/2019, og har vært med i prosessen før grunnundersøkelser ble utført.

2 Beskrivelse av tiltaket og tomten

Det er planlagt å bygge bolig på Mekkelsvingen 10 gnr./bnr 102/615 i Heim kommune. Som følge av funn av sprøbruddmateriale ved befaring på tomten er det utført grunnundersøkelser for å utrede utbredelsen av kvikkleira/sprøbruddmateriale. Tomten og aktuelt område er vist i Figur 1.



Figur 1: Tiltakets beliggenhet i Heim kommune (Kilde: norgeskart, hentet: 8.4.2024)

Kart med helninger viser at store deler av området har terreng brattere enn 1:15, og er tilstrekkelig bratt til at det kan gå skred. Gjennomsnittlig helning gjennom boligområdet er omkring 1:10. Terreng med helninger er vist i Figur 3.

Fra topografisk kart med skyggerelieff og bratthetskart er det gjort identifisering av relevante kritiske skråninger. Topografisk kart med skyggerelieff er vist i Figur 2, og viser tydelig at det er gjort terrengtilpasninger med graving og fylling i området. En nærmere avgrensning av skråninger som må vurderes gis i kapittel 5.2.2.



Figur 2: Relieffkart. Plassering av tomt med utførte gravearbeider markert i rødt (Kilde: hoydedata.no, hentet 09.04.2024).



Figur 3: Kart med helning der terren med farge er brattere enn 1:15. Plassering av tomt med utførte gravearbeider markert i rødt (Kilde: atlas.nve.no, hentet: 8.4.2024)

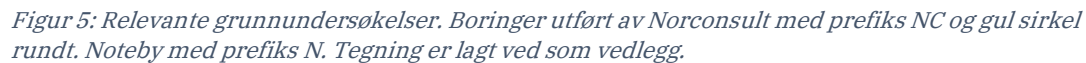
3 Grunnforhold

NGU sitt løsmassekart viser at det er forventet varierende løsmasseflater i områdene. Det er fra løsmassekartet registrert tykk morene, torv- og myravsetninger, elve- og bekkeavsetninger og fyllmasser i det store området i nord-øst. I det lille området i sør-øst er det forventet elve- og bekkeavsetninger. Løsmassekart er vist i Figur 4. Det gjøres oppmerksom på at løsmassekartet kun viser hvilken jordart som er forventet å dominere i de

[illegible]

Det er rundt det aktuelle området utført grunnundersøkelser:

- Figur 5 viser plassering av relevante grunnundersøkelser rundt det vurderte området. Boringer utført av Norconsult har prefiks NC og er markert innenfor gul sirkel. Boringer utført av Noteby er spredt ut over hele området og har prefiks N.

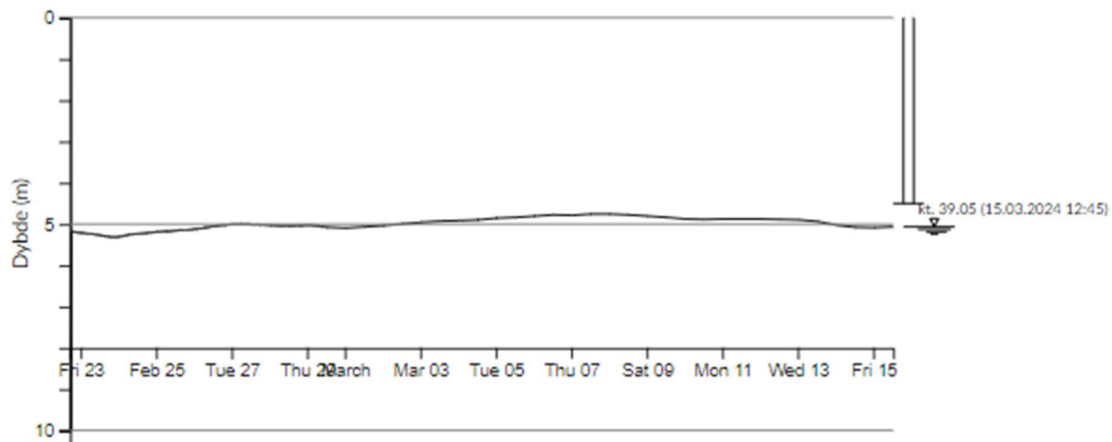


Videre i rapporten vil kvikkleire bli brukt som samlebetegnelse for både kvikkleire og leire med sprøbruddoppførsel, altså materiale med omrørt skjærfasthet $c_{u,r} < 1,27$ kPa iht. ISO 17892-6:2017 som definert i NVE rapport 1/2019 (5).

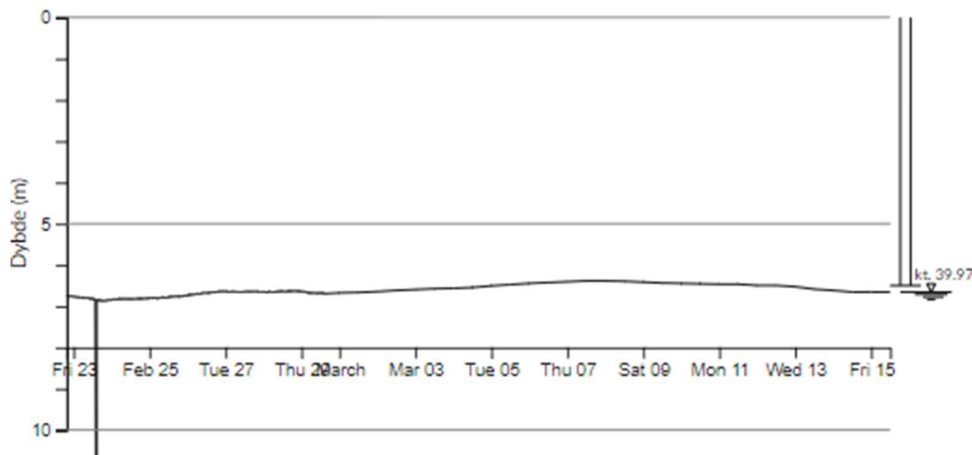
Det er installert poretrykksmålere i posisjon F7 og F4. Det er i posisjon F7 installert ett elektrisk piezometer på 6,5 m dybde, mens det i F4 er installert ett elektrisk piezometer på 4,5 meters dybde. Plassering av piezometere er vist i Figur 6. Målerne ble installert 22. februar 2022. Målerne er satt til å logge poretrykket hver 12. time.



Figur 6: Plassering av piezometere.



Figur 7: Poretrykksmåling F4, registrert fra 22.2 til 15.3. Terreng er på kote +44,1.



Figur 8: Poretrykksmåling F7, registrert fra 22.2 til 15.3. Terrenget er på kote +46,6.

Basert på de to utførte poretrykksmålingene ser det ut til at grunnvannsnivået ligger rett i overkant av den antatte morena. Fra avlesninger er det respons på variasjon i hydrostatisk trykk, noe som indikerer at spissen er mettet og det er respons på målerne.

Vanninnhold fra laboratorieundersøkelser i posisjon F7 viser leire/silt fra 2,2 m med vanninnhold rundt 30 %. Basert på erfaring og vurdering av prøver i laboratorium er det antatt at prøver er mettet med vann. Med en mettet prøve vil det si at grunnvannet antageligvis står høyere enn det piezometerene antyder.

Det er observert i felt at det står vann 28 cm under overflaten i borhull F19. Dette er dokumentert i rapport 23314-RIG02 (4). Borhull F19 har dokumentert torv med 340-351 % vanninnhold ned til 1,5 m dybde. Det er ikke rapportert observasjon om grunnvann i andre borehull fra feltarbeidet.

4 Regelverk, laster og faktorer

4.1 NVEs kvikkleireveileder 1/2019

Faren for kvikkleirskred er utredet i henhold til NVE rapport 1/2019 (5).

Kapittel 3.3 i denne veilederen angir krav til sikkerhetsfaktor for områdestabilitet for tiltak i kvikkleiresoner basert på tiltakskategori og faregrad før utbygging.

4.1.1 Tiltakskategori – Flere enn 2 boenheter.

Oppføring av flere enn 2 boenheter kategoriseres som tiltakskategori K4, etter tabell 3.2 fra NVEs veileder 1/2019 (5).

Tabell 3.2 Tiltakskategori med eksempler på type tiltak

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

Figur 9 Tiltakskategorier.

Ved tiltakskategori K3 og K4 gjelder følgende (5):

Faresone som kan berøre tiltaket må avgrenses og utredes for områdeskredfare. Krav til utredning gjelder også hvis tiltaket ligger i et utløpsområde. Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges. For tiltakskategori K3 ved lav faregrad er kravene til sikkerhet lik som for tiltakskategori K1.

*Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 * fs$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor fs er sprøhetsforholdet (1,15) som korrigerer for sprøbruddeffekt 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 iht. Tabell 1 og Figur 10.

Tabell 1 Krav til forbedring av sikkerhetsfaktor.

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

fagansvarlig ha formell kompetanse innenfor geoteknikk, samt referanser for utredning av områdestabilitet. Med formell kompetanse menes ingeniørutdanning med fordypning (tilsvarende MSc) i geoteknikk. Det kreves at ansvarlig foretak fremviser referanseprosjekter. Fagansvarlig for utredningen må ha minimum 5 års erfaring som geotekniker og kunne fremvise relevante referanser.

Soneutredning er utført av siv.ing. Mats Emil Mossefin, og kontrollert av fagansvarlig i oppdraget siv.ing. Sigurd Holo Leikarnes. Det bekreftes med dette at Holo Leikarnes har mer enn 5 års erfaring med å jobbe med fagområdet geoteknikk, innehar den formelle kompetansen beskrevet i NVE 1/2019 kap 3,1 og har jobbet med relevante kvikkleireutredninger tidligere.

Kompetansekravet for å kunne gjennomføre utredning av områdeskred er ivarettatt.

4.2 Laster

Iht. NVE 1/2019 (5) skal det ikke benyttes snølast eller generelle terrenglaster i vurdering av områdestabilitet. Det er derfor kun inkludert laster fra bygg og veg.

Eneboliger er vurdert å ha en jevnt fordelt karakteristisk last på 10 kPa. Det gjøres vurdering av om bygget har kjeller, da vil bygget være kompensert mot terrengmodellen.

I henhold til Eurokode 7-1 (6) skal det benyttes en partialfaktor for variable laster fra Tabell NA.A1.2(C), Eurokode 0 (7), ved analyse av skråninger og områdestabilitet. Det betyr at det benyttes partialfaktor for laster $\gamma_Q = 1,3$ (eller 0 hvis lasten er gunstig).

Det er for beregningssnitt B benyttet 13 kPa, inkl. lastfaktor, last for hus i når last virker drivende. Det er også gjort vurderinger uten last fra hus for å vurdere om lasten er drivende eller stabiliserende.

4.2.1 Seismiske laster

Iht. Kapittel 5.2 i NVE 1/19 har det ikke vært vanlig å inkludere jordskjelvlaster for vurdering av områdestabilitet, men det er angitt at for byggetiltak som senere skal detaljprosjekteres og dimensjoneres for jordskjelv bør det så tidlig som mulig vurderes om jordskjelv vil kunne påvirke områdestabiliteten negativt.

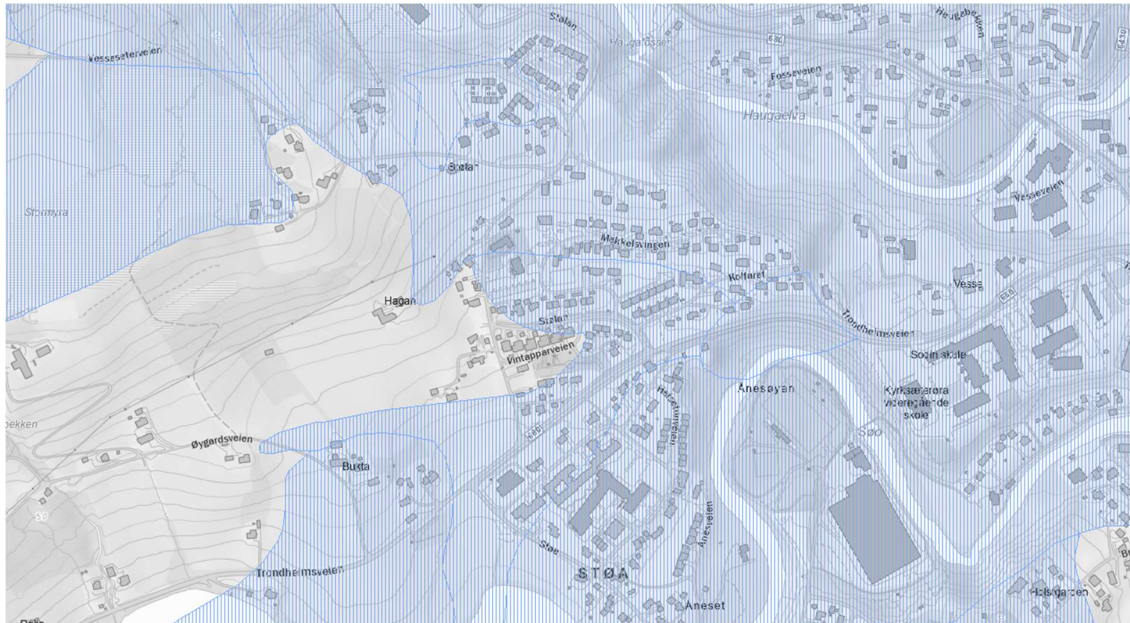
ERA Geo har stilt spørsmål vedrørende dette avsnittet til NVE, som har svart at «..og når det gjelder områdestabilitet og kravene til det, så er det ikke behov for å inkludere jordskjelvlaster i beregningene. For lokalstabilitet (konstruksjonen/tiltaket) er det opp til den prosjekterende å vurdere om det er relevant, og om det vil ha betydning for hvilke løsninger de går for, altså for gjennomførbarheten til tiltaket.»

Med bakgrunn i svaret til NVE er det ikke tatt med jordskjelvkrefter ved kontroll av områdestabiliteten.

5 Utredning av områdestabilitet

Marin grense på Kyrksæterøra ligger omkring kt. + 130. Figur 11 viser at store deler av området rundt Støllia ligger innenfor NVE sitt område for «mulig sammenhengende forekomst av marin leire». Som vist i Figur 3 er terrenget her brattere enn 1:20. Dette medfører at det er mulig fare for områdeskred.

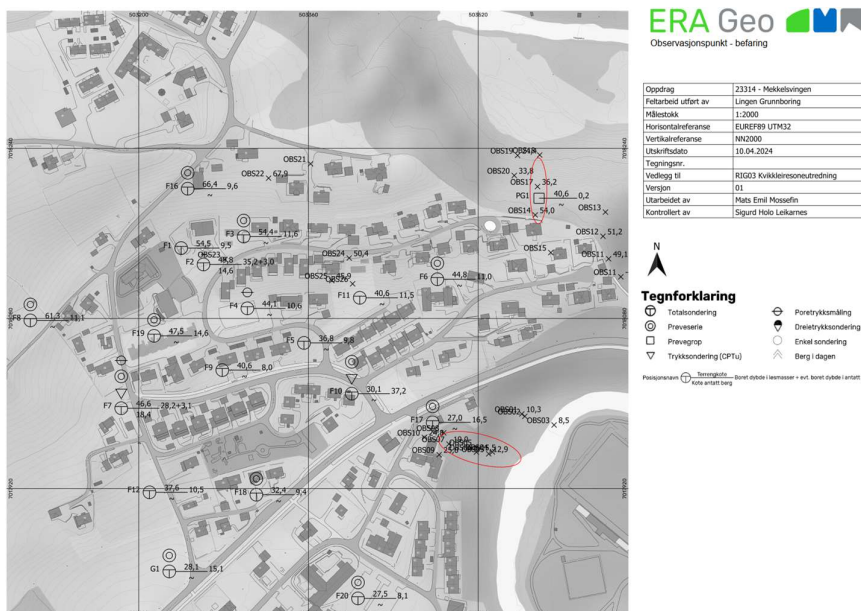
Det er ikke registrert eksisterende kvikkleiresoner i nærheten av det undersøkte området.



Figur 11: Utklipp fra NVE-Atlas med «Mulighet for sammenhengende forekomster av marin leire».

5.1 Befaring

Befaring av hele kvikkleiresonen ble utført av geoteknikere Sigurd Holo Leikarnes og Mats Emil Mossefin den 15.3.2024. Bilder fra utført befaring er ikke lagt ved, men det er registrert observasjonspunkt i forbindelse med befaringen. Det er kun valgt å presentere relevante bilder. Det er registrert to områder med mulig erosjon. Ett i sør og ett i nord-øst. Observasjonspunkt sammen med boringer er presentert i Figur 12.



Figur 12: Observasjonspunkter fra befaring presentert med utførte boringer. Punkter med registrert erosjon markert i rødt. Ett område i sør og ett i nord-øst.

5.1.1 Registrert erosjon - sør

Det er registrert erosjon rett sør for soneavgrensningen. Bilder fra det registrerte området er vist i Figur 13 og Figur 14.

Det anbefales å gjøre tiltak, men det er vurdert at erosjon ikke vil påvirke stabilitet av sonen.



Figur 13: Pågående erosjon.



Figur 14: Pågående erosjon.

5.1.2 Registrert erosjon - nordøst

Det er registrert erosjon i ravinedal som avgrenser sone mot nordøst. Ved befaring ble det registrert overflatemasser som raste ut. Det var nedbør når det ble utført befaring som gjorde at det var overflatevann som påvirket massene.

For å vurdere om massene hadde sprøbruddkarakter ble det gravd slik at materialet ikke var vannpåvirket og tatt med representativ prøve tilbake i laboratorium. Prøvematerialet ble dokumentert å være silt som primærfraksjon med laveste omrørte skjærfasthet på 5,8 kPa. Det er ikke påvist sprøbruddmateriale.

Billedokumentasjon fra pågående erosjon og utglidning er vist i Figur 15 og Figur 16.



Figur 15: Pågående erosjon i ravine.



Figur 16: Utglidning.

5.2 Skredmekanismer, løsne- og utløpsområde

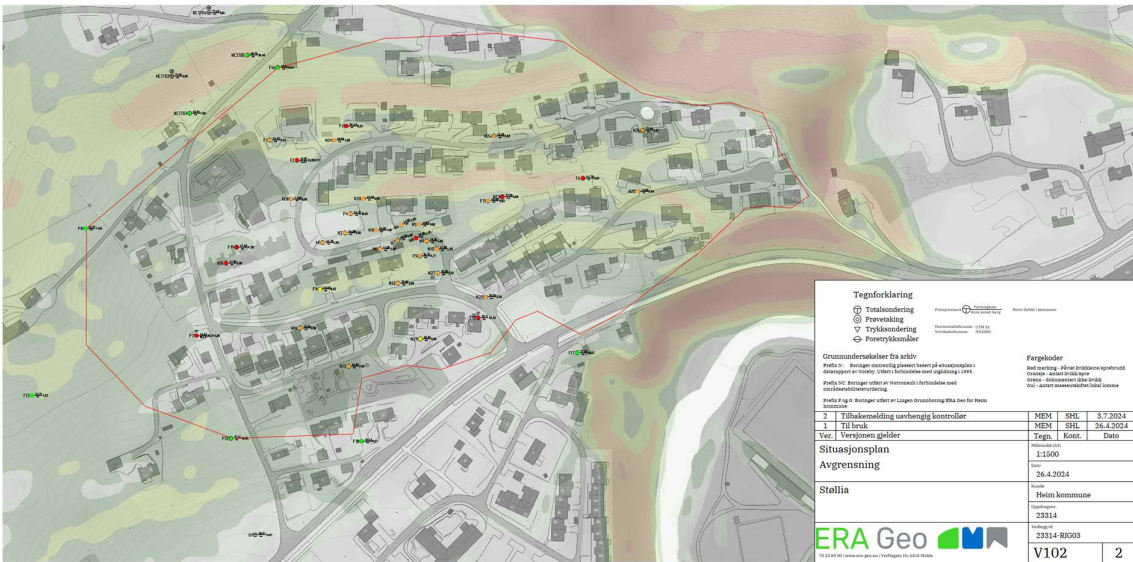
5.2.1 Løsneområde

Tabell 2 viser grunnlag for utført avgrensning av kvikkleireforekomsten, mens Figur 17 viser avgrensningen på en plantegning.

Tabell 2: Aktuelle avgrensninger.

Nr.	Retning	Grunnlag	Kommentar	Referanse- nummer
1	Nord	Flatt terreng og boringer Rapport 23314-RIG02 og dokumentnr. 3010324-01	Avgrensning mot nord langs veien «Stølan» gjøres basert på flatt terreng. Det er også dokumentert at det ikke er kvikkleire på denne høydekoten mot vest. Avgrensning basert på topografi og avgrensning med boring.	Figur 3, (4), (2)
2	Nordvest	Boringer - Rapport 23314-RIG02	Det er dokumentert med felt- og labundersøkelser at det ikke er påvist kvikkleire i boringer F8 og F16.	(4)
3	vest	Boring - Rapport 23314-RIG02	Boring F13 viser høy motstand og ingen tegn på sprøbruddmateriale. Det er naturlig at skillet går mellom F13 og F7 med bakgrunn i at posisjon F8 i nord-vest og F12 i sør-vest også er vurdert «Ikke kvikk».	(4)
4	Sør-sørvest	Boring - Rapport 23314-RIG02	Boring F12 og F18 viser generelt høy motstand. Prøver fra F18 dokumenterer at det ikke er sprø oppførsel. Boring F17 har lagvis lav motstand. Det er dokumentert at det ikke er sprøbruddmateriale i det bløteste laget.	(4)

5	Sør	Topografi	Fra topografiske kart er det avgrenset i sør med helning slakere enn 1:15.	
6	Sørøst	Topografi, Boringer 23314-RIG02 og rapport Noteby	Meget bratt skråning. Her er det vurdert at det ikke er mulig at det er forekomst av kvikkleire på grunn av topografi og kjennskap til styrken på leira i området. Boringer viser mindre mektighet med bløte masser mot øst. Den aktuelle skråningen ville ikke ha stått dersom det var et gjennomgående kvikkleirelag med denne helningen.	Figur 3, (4), (1)
7	Øst-Nordøst	Topografi, Befaring	Med den generelle styrken på kvikkleira i området er det ikke mulig at det er forekomst av kvikkleire mot øst-nordøst på grunn av meget bratt terreng. Det er observert og dokumentert siltmasser i overflaten.	Figur 3



Figur 17: Avgrensning av kvikkleireforekomst. Tegning lagt ved som vedlegg – V102.

Figur 17 viser tolkning av relevante boringer i området rundt og i sonen.

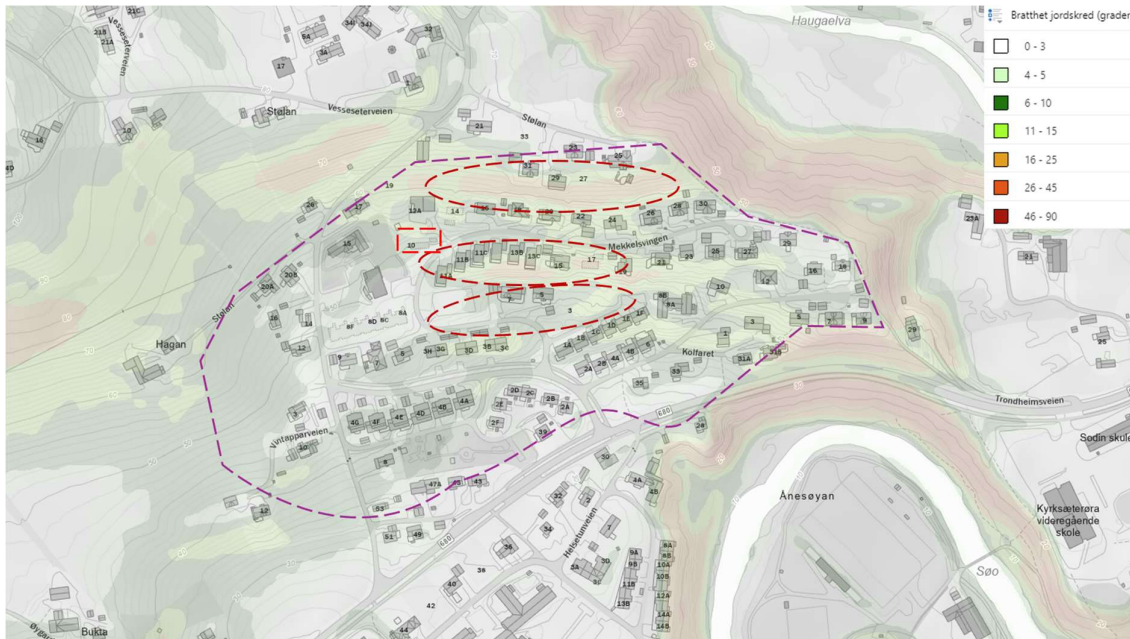
I henhold til gammel standard er grensen for sprøbruddmateriale 2 kPa, slik figur 4.3 i NVE 1/2019 (5) beskriver. Noteby har dokumentert sylinderprøver og skovelp prøver i totalt 6 posisjoner. Av disse er 3 tydelig kvikke, 2 på grensen til kvikk iht. gammel standard, og 1 dokumentert ikke å ha sprøbruddkarakter.

Noteby sin prøve SKVII tatt i posisjon N29 er en skovelp prøve som er dokumentert «ikke kvikk» i dybden det er tatt opp prøver. Prøven er tatt i nærheten av posisjon F10 som er dokumentert kvikkleire fra nye undersøkelser. Med bakgrunn i dette er det lagt mer vekt på boring F10 enn Noteby sin boring N29 fra 1995. Noteby sin boring N29 er markert som «antatt lokal lomme» med bakgrunn i ny kjennskap fra supplerende undersøkelser i umiddelbar nærhet. Se Figur 17.

Det er også vurdert at boring F9 ikke er representativ for området og er også markert som «antatt lokal lomme» i vedleg V102. Se Figur 17.

5.2.2 Kritiske skråninger

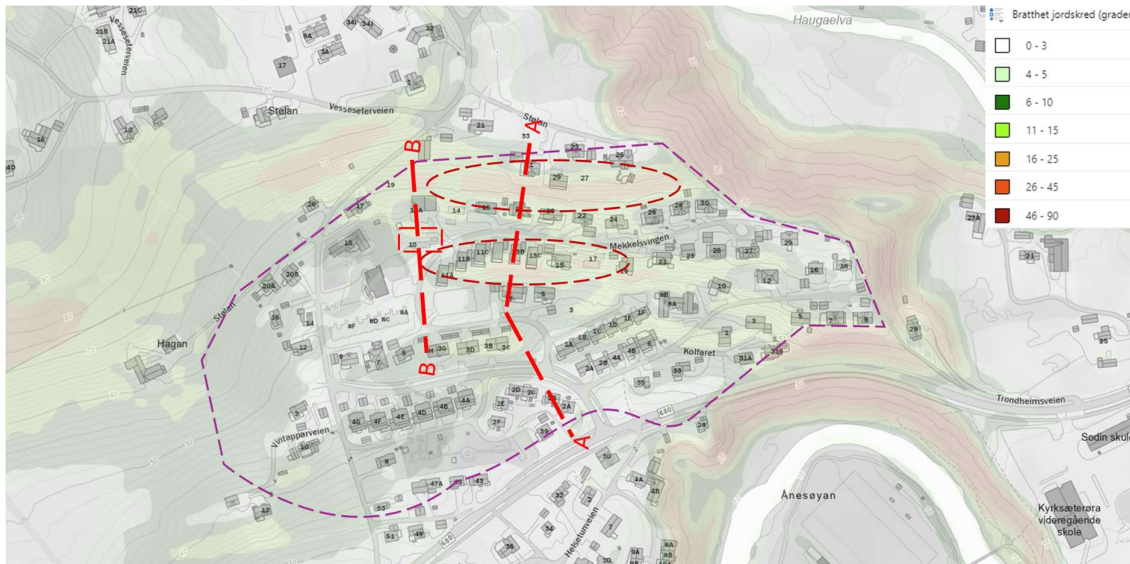
Fra topografisk kart med skyggerelieff og bratthetskart er det gjort identifisering av relevante kritiske skråninger. Relevante skråninger er kartlagt innenfor utbredelsen av kvikkleireforekomster og er vist i Figur 18.



Figur 18: Identifiserte kritiske skråninger. Kvikkleireforekomst er tegnet med lilla, de mørkerøde sirklene angir kritiske skråninger. Rød firkant viser det opprinnelige tiltaket der det ble påvist kvikkleire ved utførte gravearbeider.

5.2.3 Aktuelle skredmekanismer

For å vurdere kritiske skråninger er det tegnet opp to snitt. Ett gjennom tiltaket Mekkelvingen 10, og et gjennom kritisk skråning.



Figur 19: Aktuelle beregningssnitt.

Det er for de aktuelle skredmekanismene gjort en konservativ antagelse av utbredelsen av kvikkleira med omrørt skjærfasthet under 0,69 kPa og b/D forhold over 40 %. Område med antatt mulig retrogressiv utbredelse er vist i Figur 20. Resterende områder har rotasjonsskred/flakskred som aktuell skredmekanisme.



Figur 20: Blått område markerer område med mulig utbredelse av retrogressivt skred. Resterende områder er rotasjonsskred/flakskred som aktuell skredmekanisme.

5.2.4 Snitt A

Det er i snitt A målt omrørt skjærfasthet på 1,1 kPa i nord, mens i sør er den målt til 1,26 kPa. Fra utførte felt- og laboratoriumsundersøkelser er det vurdert at midtre del av beregningssnitt har lik karakter som boring F7, som har dokumentert omrørt skjærfasthet på ned mot 0,25 kPa.

Basert på at omrørt skjærfasthet kan ikke faren for retrogressivt skred utelukkes i den midtre delen av snittet.

NVE 1/2019 setter kriteriet for retrogressivt skred $c_{ur} < 0,69$ og $b/D > 40\%$. På en annen side vil ikke dette påvirke utbredelsen av sonen da det i posisjon F3 er dokumentert omrørt skjærfasthet på 1,1 kPa.

På grunn av bratt terreng vil løsneområdet tilsvarende $5xH$ rekke lenger nord enn boringer som er dokumentert ikke-kvikk, og avgrensning baseres derfor på topografi og klarerte boringer. I bunn av snittet er også omrørt skjærfasthet målt over 0,69 kPa, og retrogressivt skred er derfor ikke mulig.

5.2.5 Snitt B

Det er i snitt B målt omrørt skjærfasthet på 1,1 kPa i posisjon F3. Det er derfor vurdert at det er rotasjonsskred som er aktuell skredmekanisme i topp av beregningssnitt der kritisk stabilitet er beregnet.

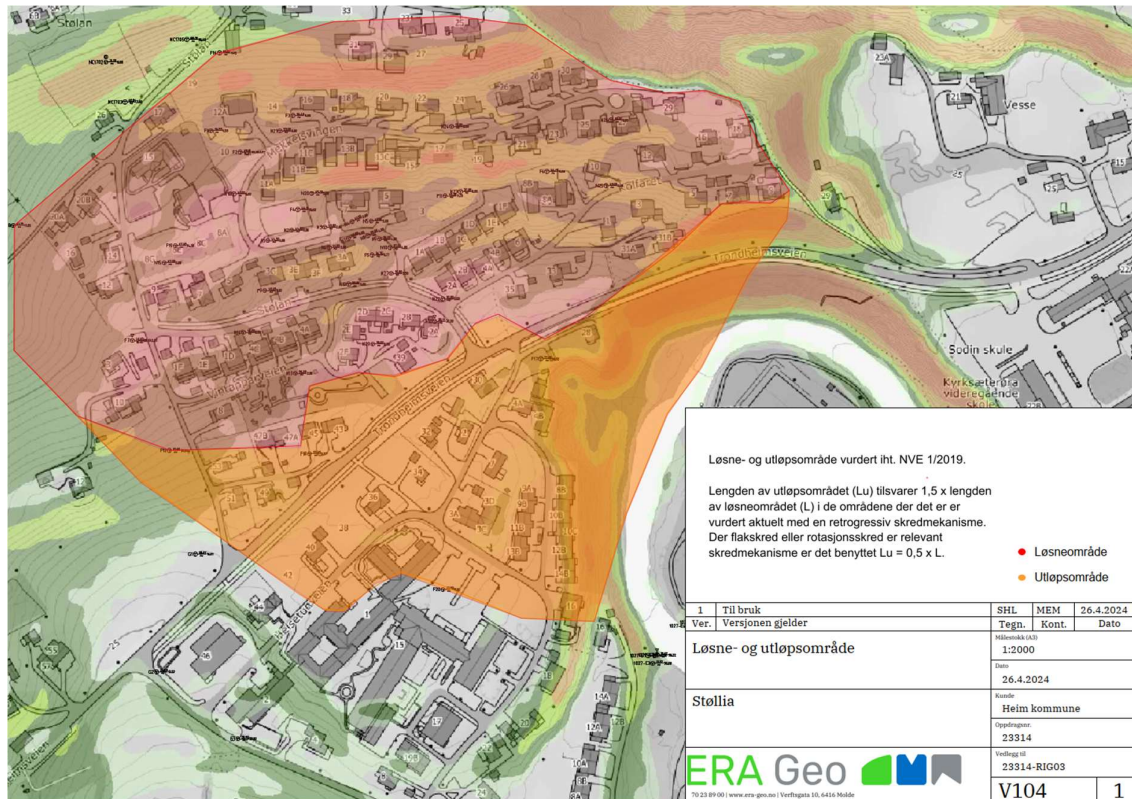
I likhet med snitt A er det i lavereliggende terreng antatt skjærfasthet under 0,69 kPa.

Det er benyttet høydedifferansen fra posisjon F2 til posisjon F10 for å vurdere definisjonen av H for et eventuelt retrogressivt skred. F9 er antatt en lokal masseutskifting da posisjon F10 viser mektighet med bløte masser. Dette gir $H = 20$. 1:15 linja er plassert $0,25H$ under terrenget.

b/D forholdet, ref. figur 4.3 i NVE 1/2019, er over 40%. Det er vurdert at retrogressivt skred er relevant skredmekanisme i deler av snitt B.

5.2.6 Utløpsområde

Basert på utførte vurderinger er det tatt utgangspunkt i et område i midten av sonen der kravene til retrogressivt skred er tilfredsstilt. Med bakgrunn i dette er det benyttet $L_u = 1,5 * L$ i henhold til kapittel 4.6 i NVE 1/2019 (5) for lengde på utløpsområdet der retrogressiv skredmekanisme er aktuelt. I områder der flaskskred og rotasjonsskred er aktuell skredmekanisme er det benyttet $L_u = 0,5 * L$. Dette er vurdert opp mot en eventuell utbredelse av flaskskred/rotasjonsskred i nedre del av sonen der det mest konservative utløpsområdet er benyttet. Løsne- og utløpsområde er vist i vedlegg V104.



Figur 21: Løsne- og utløpsområde. Tegning lagt ved som vedlegg V104.

6 Klassifisering av sonen

6.1 Faregradsklassifisering

Tabell 3: Faregradsklassifisering.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score				Sonens vurdering	
		3	2	1	0		
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	Ett tidligere skred dokumentert - Noe	2
Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15	Skråningshøyde kritiske skråninger 15-20 m	2
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	>2,0	0
Poretrykk Overtrykk Undertrykk (kPa)	3 -3	>+30 >-50	+10-30 -(20-50)	0-10 -(0-20)	Hydrostatisk	Kompliserte poretrykksforhol. Konservativ betraktning (0-10)	3

Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2 – H4	<H/4	Tynt lag	<H/4	2
Sensitivitet	1	>100	30- 100	20- 30	<20	30-100	2
Erosjon	3	Kraftig	Noe	Litt	Ingen	Ingen	0
Inngrep: Forverring Forbedring	3 -3	Stor Stor	Noe Noe	Liten Liten	Ingen	Ingen	0
Sum							11
% av maksimal poengsum							21,6
Faregrad							Lav
Faresonene fordeles i faregradsklasser etter samlet poengsum: Lav faregrad = 0 – 17 poeng Middels faregrad = 18 – 25 poeng Høy faregrad = 26-51 poeng							

Kommentar: Faregrad vurdert uten tiltak. (Ingen inngrep).

Det har tidligere gått et skred i sonen under graving. Dette er beskrevet i rapport av Noteby i 1995 (1).

6.2 Konsekvens

Tabell 4: Konsekvens.

Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score				Sonens vurdering	
		3	2	1	0		
Boligheter, antall	4	Tett >5	Spred >5	Spred <5	Ingen	Tett >5	12
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen	Ingen	0
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	Barnehage, Begrenset	1
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100	Liten del av sone RV680. Antatt 100-1000	2
Toglinje, bruk	2	Persontrafikk	Gods- trafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen	Ingen	0
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	Lokal	0
Oppdmenning og flodbølge	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	Ingen	0
Sum							15
% av maksimal poengsum							33,3

Konsekvensklasse					Alvorlig
Faresonene fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum: Mindre alvorlig = 0-6 poeng Alvorlig = 7-22 poeng Meget alvorlig = 23-45 poeng					

6.3 Risikoklasser

Kvikkleiresoner deles inn i risikoklasser etter beregning av risiko = skadekonsekvens x faregrad, iht. føringer fra eksternrapport 9/2020 (8). For å få en enhetlig basis for beregningene er poengverdiene for skadekonsekvens og faregrad omgjort til "% av maksimal poengverdi". Tallverdien for risiko fremkommer således ved å multiplisere %-tallet for skadekonsekvens med %-tallet for faregrad. Risiko er inndelt i fem klasser, hvor høyest risiko er sone 5 og lavest sone 1.

Tabell 6-5 Inndeling av risikoklasser iht. ekstern rapport 09/2020 (8).

Risikoklasse	1	2	3	4	5
Intervall, tallverdi	0 – 170	171 – 630	631 – 1900	1901 – 3200	3201 – 10 000

Det er for sonen vurdert risikoklasse 3 basert på utført vurdering av faregrad og konsekvens.

7 Stabilitetsberegninger

Det er utført stabilitetsanalyser i 2 snitt. Det er ytterligere satt opp 3 snitt for å gi en generell vurdering av forventet stabilitet i den vestlige delen av sonen:

- 1) Stabilitetssnitt A er utført for å vurdere mest kritisk snitt i sonen.
- 2) Stabilitetssnitt B er utført for å vurdere sikkerheten for prosjektet på Mekkelsvingen 10.
- 3) Stabilitetssnit C, D og E er sammenlignet opp mot snitt A og B med tanke på forventet sikkerhet.

7.1 Beregningsparametere

7.1.1 Grunnvann

Det er gjort undersøkelser knyttet til grunnvannet i området. Dette er dokumentert i kapittel 3.1.

Fra borlogg er det beskrevet at et borpunkt var vannfylt 28 cm under terrengoverflaten. Denne observasjonen er gjort i borpunkt F19 der det er torv med 340-351% vanninnhold. De to elektriske poretryksmålinger viser at grunnvannet står under leirlaget omkring 4 m under terreng i posisjon F7 og F4. Disse er lest av omtrent 1 mnd. etter at de ble installert.

Som en konservativ antagelse er det benyttet grunnvannstand på omkring 1 m dybde. Dette vil være mindre gunstig for drenerte parametere, samt redusere effektivspenninger. Reduserte effektivspenninger gir lavere beregnet styrke med SHANSEP-betraktning, da større del av vekten til overliggende masser vil være neddykket.

Lavere grunnvannsspeil vil gi økte drivende laster. Det er gjort kontrollberegninger i ett kritisk snitt for å vurdere sensitiviteten for senket grunnvannsspeil. Kontrollberegning viser at høyere grunnvann er konservativt og gir noe lavere sikkerhet.

7.1.2 Laboratorieanalyser

Det er utført laboratorieanalyser på prøvene som er tatt opp. Det er tatt opp 9 stk. 54 mm prøver fra 4 posisjoner. Det er også tatt opp 47 stk. naverprøver fra 11 posisjoner for å vurdere eventuell forekomst av sprøbruddmateriale.

Tabell 6: Opptatte prøver og utførte laboratorieforsøk - kvalitetsprøver.

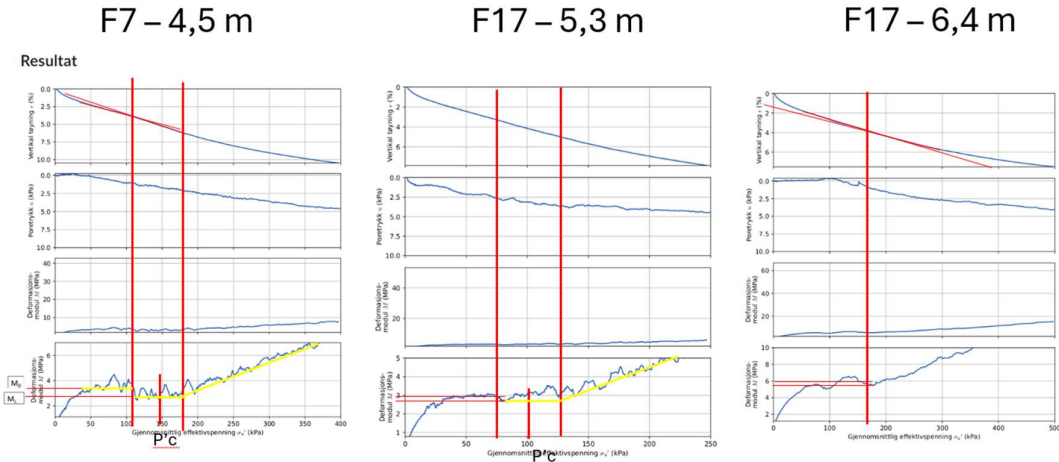
Borepunkt	Dybde [m]	Prøve	Treaks	Ødometer	Enaks [kPa]	Kommentar
F3	2,5-3,1	54mm	-	-	-	Uegnet for uforstyrrede analyser
F3	3,5-4,3	54mm	Ja	-	-	
F7	2,2-2,94	54mm	-	-	-	Mye organisk og vurdert uegnet for avanserte forsøk.
F7	4,2-5,0	54mm	Ja	Ja	Ja [20]	
F7	5,2-5,93	54mm	Ja	-	Ja [29]	
F7	6,2-7,02	54mm	Ja	-	Ja [30, 29]	
F10	5,5-6,31	54mm	Ja	-	-	
F17	5,0-5,63	54mm	Ja	Ja	-	
F17	6,0-6,8	54mm	Ja	Ja	Ja [19]	

7.1.1 Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet fra utførte ødometerforsøk legges til grunn for tyngdetettheten, da dette vurderes å være den målingen av tyngdetetthet med færrest feilkilder. Gjennomsnittlig tyngdetetthet fra ødometerforsøkene, er 2,05 Mg/m³ som tilsvarer 20,1 kN/m³, dette rundes ned til 20 kN/m³.

7.1.2 Ødometer og OCR

Det er utført totalt 3 ødometerforsøk på prøvene som er tatt opp. Tolkning av ødometere er vist i Figur 22.



Figur 22: Utførte ødometerforsøk.

Tabell 7: Tabell OCR og prøvekvallitet fra ødometerforsøk.

Prøve	Dybde [m]	Sigma' [kPa]	M0	ML	M0/ML	P'c [kPa]	OCR
F7	4,5	52,4	3,5	2,8	1,25	145	2,77
F17	5,3	58,6	3	2,8	1,07	105	1,79
F17	6,4	74,1	6	5,4	1,11	170	2,29

Med M0/ML mellom 1-1.5 defineres prøvekvalliteten iht. tabell 4 i SVV sin rapport: State-of-the-art: Blokkprøver (9), vist i Figur 23, som dårlig.

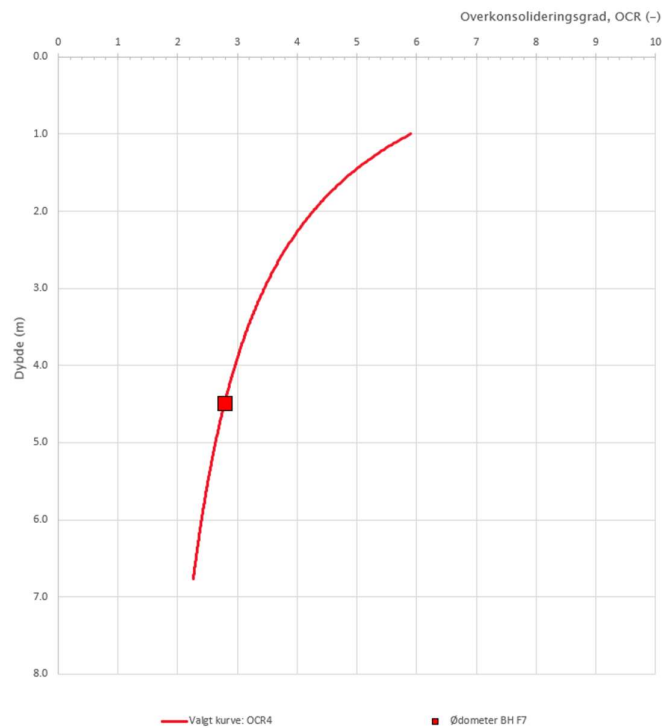
Tabell 4 *Prøvekvallitet basert på normalisert endring av porevolum og modulverdier fra ødometerforsøk (etter Karlsrud og Hernandez-Martinez, 2013)*

Prøvekvallitet	$\Delta e/e_0$	M_0 / M_L
Meget god til perfekt	0-0.04	>2
God til Ganske god	0.04-0.07	1.5-2
Dårlig	0.07-0.14	1-1.5
Meget dårlig	>0.14	<1

Figur 23: Prøvekvallitet på ødometer (9).

Basert på utførte ødometerforsøk er det antatt en OCR på 2,8 i den aktuelle dybden der det er utført ødometerforsøk. Det er gjort en tilbakeregning med antatt OCR i høyere- og lavereliggende dybder. Det er tatt utgangspunkt i OCR fra posisjon F7 for vurdering av styrkeparametere i kvikkleiresonen da posisjon F17 ikke er definert som kvikkleire og plassert i lavereliggende terreng. Dette er gjort da en bedre kvalitet på prøven gir en mer representativ OCR. Valget er også basert på at posisjon F7 er mer representativ for det generelle kvikkleirelaget i sonen. Dette er også sett i samsvar med nødvendig styrke på leire, da det er benyttet SHANSEP-korrelasjon basert på OCR.

Benyttet OCR er vist i Figur 24.



Figur 24: Benyttet OCR.

7.1.3 Treksialforsøk

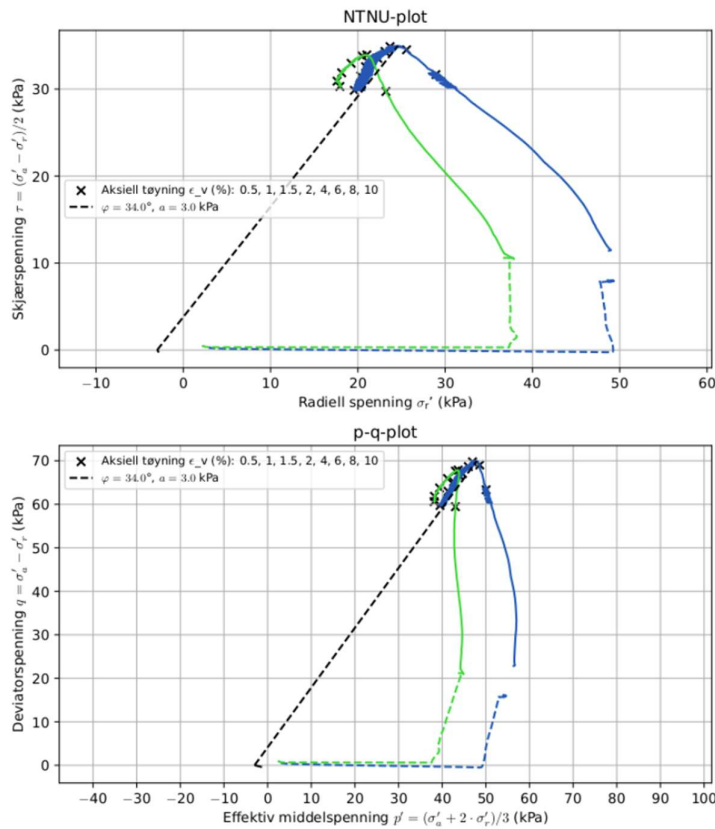
Tabell 8 viser prøve kvalitet fra de utførte forsøkene. For vurdering av kvalitet er det tatt utgangspunkt i en OCR på 2,8, og kvalitet er vurdert i henhold til tabell 223-2 i Statens Vegvesens håndbok R210 (10).

Tabell 8: Prøvekvalitet.

Posisjon	Dybde [m]	Prøve	$\Delta V/V$	$\Delta e/e_0$	Klassifisering av prøve kvalitet	
					$\Delta V/V$	$\Delta e/e_0$
F3	3,38	54mm	2,4 %	0,068	Akseptabel	Veldig forstyrret
F7	4,7	54mm	1,9 %	0,048	Akseptabel	Akseptabel
F7	5,53	54mm	1,0 %	0,027	Akseptabel	Perfekt
F7	6,45	54mm	1,5 %	0,041	Akseptabel	Akseptabel
F10	5,89	54mm	4,4 %	0,109	Veldig forstyrret	Veldig forstyrret
F17	5,32	54mm	2,2 %	0,067	Akseptabel	Veldig forstyrret
F17	6,3	54mm	2,3 %	0,076	Akseptabel	Veldig forstyrret

Basert på vurdering av prøve kvalitet er det valgt å ta utgangspunkt i posisjon F7 for å vurdere styrkedata. Det er tolket styrke fra to treksialforsøk i posisjon F7. Styrkedata fra treksialforsøk vil bli benyttet til å kalibrere hvor høy OCR vi kan legge oss på med SHANSEP-korrelasjon.

Ettersom det er forventet at materialet vi har er kontraktant (sprøbruddmateriale) er det også lagt vekt på oppførselen til materialet. De to prøvene som er valgt viser kontraktant oppførsel som samsvarer med forventningene til sprøbruddmateriale.



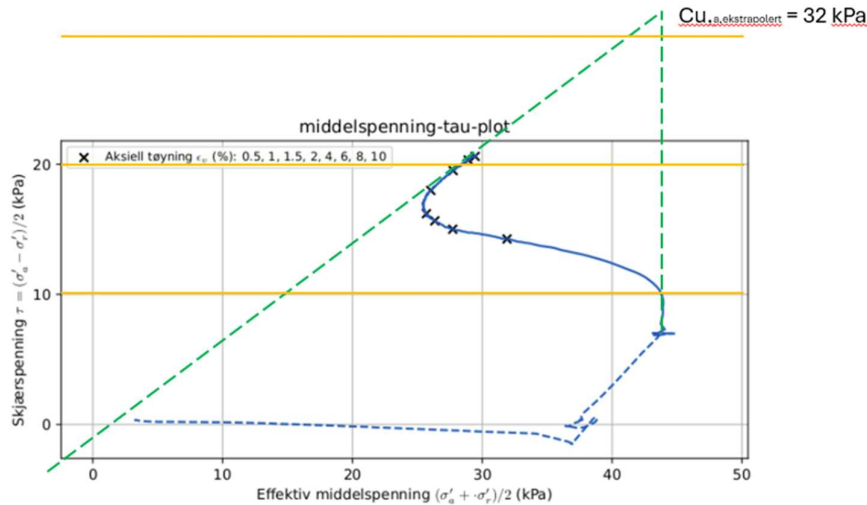
Figur 25: Valgte treaksialforsøk for dimensjonerende verdier. Posisjon F7 dybde 5,53 m og 6,45 m.

Glipe i plott skyldes at systemet måtte restartes før skjærfasen. Dette er vurdert å ikke påvirke resultatet og er beskrevet i labrapport, se 23314-RIG02 (4).

Blokkprøver av høy kvalitet kan få en nær elastisk spenningssti, med helning 1:3 opp til bruddtaket som forklart i NVE rapport 41/2013 (11). For 54 mm prøver har det vist seg at en korreksjon med vertikal spenningssti stemmer rimelig godt til sammenligning mot blokkprøvekvalitet.

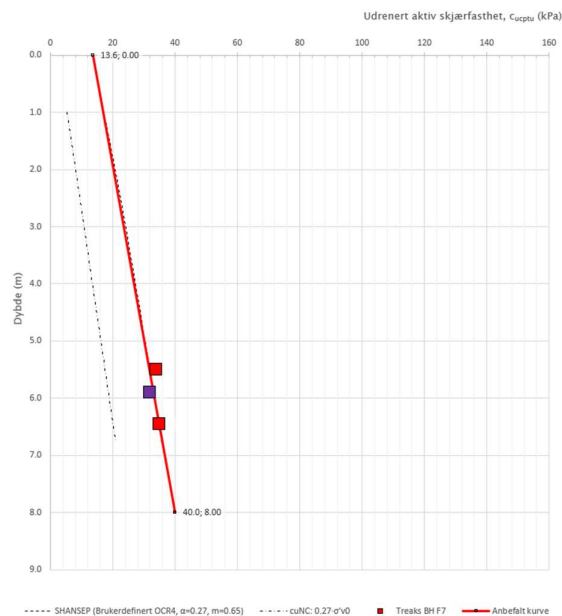
Det er basert på dette gjort en ekstrapolering av spenningssti for treaksialforsøk i posisjon F10 som er nærmere beregningssnittet i A. Dette er en prøve som har veldig forstyrret kvalitet. Dersom vi antar den skulle oppført seg elastisk, og mer som de to treaksene med god kvalitet, vil vi forvente en oppførsel som vist i ekstrapolering i Figur 26.

F10



Figur 26: Ekstrapolert styrke med forventet kvalitet fra blokkprøve/god prøve kvalitet.

Ved å plote den ekstrapolerte styrken på 32 kPa sammen med de andre treaksialforsøkene og SHANSEP-linja ser man at det er en tilnærmet perfekt tilpasning til forventet styrke. Plottet er vist i Figur 27.



Figur 27: Samplott treaks fra F7 i rødt og antatt verdi i F10 i lilla mot SHANSEP-verdier med OCR=2,8.

Det kommenteres at for laboratorumsarbeidet er dette et svært krevende materiale med høy andel av silt. Dette medfører prøveforstyrrelser på resultatene.

7.2 Tolkning av skjærfasthet

7.2.1 Overordnet tolkningsfilosofi

Udrenert skjærfasthet tolkes i tråd med anbefaling i NVE rapport 77/2014 (12) med følgende rangering av måle- og erfaringsdata ved valg av designlinje:

- 1.Treaksialforsøk av god kvalitet (kvalitetsklasse 1)
- 2.CPTU (Anvendelsesklasse 1)
- 3.Erfaringsverider (CUA/P0', SHANSEP)
- 4.Konus, Enaks, Vingebor

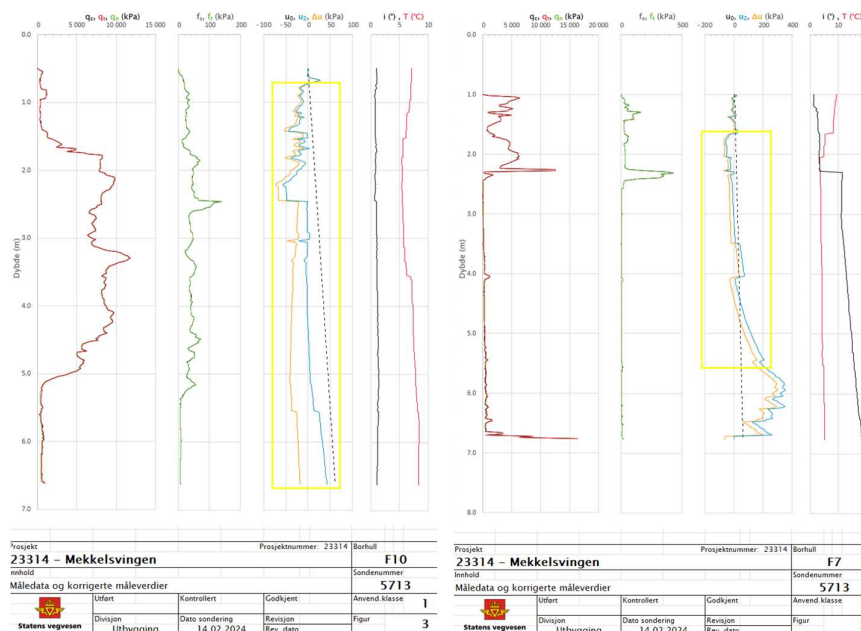
Det er valgt å forkaste CPTu'er som er utført med bakgrunn i dårlig poretrykksrespons på store deler av dybdeintervallet på tross av anvendelsesklasse 1 på begge utførte CPTu'er. Område som viser dårlig poretrykksrespons er vist i Figur 28 **Feil! Fant ikke referansekilden..**

Som følge av prøveforstyrrelsene på store deler av opptatte 54mm sylinderprøver, vurderes det kun skjærfasthet basert på prøver som viser god kvalitet. Det er også benyttet korrelasjon hentet fra NVE rapport 41/2013 (11) for å argumentere for at disse prøvene er gjeldende for hele laget.

Tolket prekonsolidering og skjærfasthet fra prøver med god kvalitet fra posisjon F7 er benyttet for å etablere SHANSEP-verdier mot forsøk av god kvalitet. Ved valg av SHANSEP-verdier er det forsøk av høy kvalitet som vektlegges.

7.2.2 CPTu

Figur 28 **Feil! Fant ikke referansekilden..** viser utklipp av måledata fra de to trykksonderingene. Det er tydelig at det ikke er poretrykksoppbygging, som vil si at korrelasjoner fra dette ikke vil være mulig å anvende.



Figur 28: Utklipp av data fra trykksonderinger i posisjon F7 og F10. Gult område markerer område med dårlig poretrykksrespons.

7.2.3 SHANSEP

Det er for beregninger benyttet en tilpasning av faktorene S og m for at SHANSEP-korrelasjonen skal samsvare med utførte treaksialforsøk. Det er benyttet $S = 0,27$ og $m = 0,65$.

Benyttet skjærprofil er vist i Figur 27.

$$\frac{c_u}{\sigma'_{v0}} = S (OCR)^m$$

Figur 29: SHANSEP-korrelasjon hentet fra V220 (13).

7.2.4 ADP- forhold

Det er gjort I_p -forsøk for posisjon F10 i 6 m dybde. I_p er målt til 17. Se Figur 30.

Pos.	Provenr. Metode	Delpr.	Dybde (m) fra	Dybde (m) til	Beskrivelse	W	W _p	W _L	ρ	O _{gl}	$c_{u/c}$	$c_{u/c}$	S_t	c_u
F10	L4MY 54 mm	L4MY- 2-3	5,94	6,02			13	30			17	1,81	9	

Figur 30: I_p -forsøk.

Det er for materialet tolket en $I_p > 10\%$. Det settes da ut fra NIFS (14) ADP-faktor i leiren på $C_{ua}/C_{ud} = 0,63 + 0,00425 \cdot (17 - 10) = 0,66$ og $C_{ua}/C_{up} = 0,376$.

I_p	c_{uD}/c_{uC}	c_{uE}/c_{uC}
$I_p \leq 10\%$	0,63	0,35
$I_p > 10\%$	$0,63 + 0,00425 \cdot (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 \cdot (I_p - 10)$

Figur 31 Utklipp fra NIFS 14/2020 (14).

7.2.5 Parametere

Basert på laboratorieundersøkelser og erfaringsparametere i Statens Vegvesens håndbok V220 er det benyttet følgende parametere:

Tabell 9: Materialparametere

Materiale	Tyngdetetthet [kN/m ³]	Friksjonsvinkel [°]	Attraksjon [kPa]	Kohesjon [kPa]	ADP-faktor	C_u^A [kPa]
Leire*	20	34	3	1,7	1, 0,66, 0,38	Shansep med OCR
Sand/Sandig Silt**	18	33	5	2,7	-	-
Morene***	19	38	10	7,8	-	-

*Laboratorieundersøkelser

** V220

*** Erfaringsparametere

7.3 Laster

7.3.1.1 Snitt A

Det er vurdert at Bolig på Mekkelvingen 18 og 20 er delvis kompensert med utgraving på omkring 1 m. Med dette er det antatt at byggene er tilnærmet fullt kompensert da det er lette konstruksjoner. Se Figur 32.



Figur 32: Bilde av boliger hentet fra google.no/maps.

Basert på gatebilder er det også vurdert at hus på Mekkelsvingen 13 er plassert inn i terreng og vil også opptre som kompensert.



Figur 33: Mekkelsvingen 13.

7.3.1.1 Snitt B

Det er vurdert at det må gjøres beregninger med og uten last på grunn av usikkerhet knyttet til kompensering av bygg. Last vil virke drivende nedover og stabiliserende oppover, og det vil derfor være nødvendig å vurdere begge lasttilfeller på Mekkelsvingen 12. Det er benyttet 13 kPa last inkl. lastfaktor.

7.4 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegninger er utført i «Geosuite Stability» versjon 24.0.7.0 med beregningsmetode «Beast 2003». Programmet gjør beregninger med lamellemetoden der det er kraft- og momentlikevekt som beregnes, og det kan beregnes sirkulære og egendefinerte glideflater.

7.5 Stabilitet

Det er utført beregninger i 2 snitt, snitt A og B. I snitt B er det utført stabilitetsberegninger med og uten relevante laster for å vurdere kritisk stabilitet. I tillegg til utførte beregninger er det gjort vurdering av 3 relevante snitt i vest, som sammenlignes med beregningene fra snitt A og B. Beregninger og vurderinger er vist i V201-V206.

For at områdestabilitet skal vurderes ivaretatt er det nødvendig å dokumentere krav til sikkerhet mot å bli truffet fra skred i høyereliggende terreng og at stabiliteten er tilstrekkelig i et eventuelt løsneområde i henhold til krav i NVE 1/2019 (5). Løsneområde og utløpsområde er definert iht. kapittel 4.5 og 4.6 i NVE 1/2019.

7.5.1 Snitt A - V201

Det er generelt lav stabilitet i midtre del av snitt A. Dette stemmer godt mot at det tidligere er rapportert om et ras der en gravemaskin ble tatt i dette området. Beregnet sikkerhet er presentert i Tabell 10.

Beregningssnittet deler seg opp i tre deler. For de ulike delene vil det være ulike krav avhengig av tiltakskategori. Krav som er ivarettatt for beregnet sikkerhet er markert grønt. Krav som ikke er ivarettatt er markert rødt.

Tabell 10 Beregningsresultat snitt A – dagens situasjon. Tegning med utførte beregninger er vist i vedlegg V201.

Beregningssituasjon - Tegningsnummer	Beregnet stabilitet	Krav område-stabilitet
Øvre del		
Totalspenningsanalyse	$F_{cu} = 1,15$	• Utløpsområde – OK (ikke sprøbrudd) • Løsneområde - Forbedring - OK (prosentvis om K4) - Forverring - $F_{cu} \leq 1,61$
Effektivspenningsanalyse	$F_{c\phi} = 1,23$	$F_{c\phi} \leq 1,25$
Midtre del		
Totalspenningsanalyse	$F_{cu} = 1,04$	• Utløpsområde – ikke OK (Høyere liggende terreng $F_{cu} \leq 1,2$) • Løsneområde - Forbedring – OK (prosentvis om K4) - Forverring - $F_{cu} \leq 1,61$
Effektivspenningsanalyse	$F_{c\phi} = 1,22$	$F_{c\phi} \leq 1,25$
Nedre del		
Totalspenningsanalyse	$F_{cu} = 1,75$	• Utløpsområde – Ikke OK (høyere liggende - $F_{cu} \leq 1,2$) • Løsneområde - Forbedring - OK - Forverring - $F_{cu} \geq 1,61$
Effektivspenningsanalyse	$F_{c\phi} = 2,51$	$F_{c\phi} \geq 1,25$

7.5.2 Snitt B - V202 og V203 - Mekkelsvingen 10

Snitt B er beregninger for tiltak på Mekkelsvingen 10, og tar for seg områdestabiliteten ved dette spesifikke tiltaket. Det er opplyst at tomte er ferdig fylt og det ikke skal utføres ytterligere gravearbeider.

Basert på beregninger vil etablering av bygg medføre forbedring av stabilitet mot nord og forverring mot sør. Stabilitet i sør er meget god ($F_c=3,44$), og vil derfor være godt innenfor krav ved forverring som er 1,61.

Snittet er vurdert som at utgraving er utført og at dette er dagens situasjon. Dersom det skulle vært gjort vurdering av allerede utført utgraving ville ikke NVE sitt krav til områdestabilitet ($F_{cu} \geq 1,61$) vært tilfredsstillt.

7.5.2.1 Med last

Det er gjort beregning med last fra eksisterende bebyggelse på Mekkelsvingen 12. Det viser at skråningen i høyereliggende terreng får høyere sikkerhetsfaktor. Se Tabell 11.

Tabell 11 Beregningsresultat snitt B med last.

Beregningssituasjon - Tegningsnummer	Beregnet stabilitet	Krav område-stabilitet
Med last – tegning V202		
Totalspenningsanalyse	$F_{cu} = 1,44$ (overliggende terreng) $F_{cu} = 1,57$ (Mekkelsvingen 10)	$F_{cu} \geq 1,2$ $F_{cu} \geq 1,4$
Effektivspenningsanalyse	$F_{c\phi} = 1,62$ (overliggende terreng) $F_{c\phi} = 2,49$ (Mekkelsvingen 10)	$F_{c\phi} \geq 1,25$ $F_{c\phi} \geq 1,25$

7.5.2.2 Uten last

Det er gjort beregninger uten last fra Mekkelsvingen 12. Dette er vist i Tabell 12.

Tabell 12: Beregningsresultat snitt B uten last.

Beregningssituasjon - Tegningsnummer	Beregnet stabilitet	Krav område-stabilitet
Uten last – tegning V203		
Totalspenningsanalyse	$F_{cu} = 1,28$ (overliggende terreng) $F_{cu} = 1,59$ (Mekkelsvingen 10)	$F_{cu} \geq 1,2$ $F_{cu} \geq 1,4$
Effektivspenningsanalyse	$F_{c\phi} = 1,59$ (overliggende terreng) $F_{c\phi} = 2,50$ (Mekkelsvingen 10)	$F_{c\phi} \geq 1,25$ $F_{c\phi} \geq 1,25$

7.5.3 Snitt C – V204

Snitt C viser slakere topografi enn snitt B der det er utført stabilitetsberegninger. Dette er mer gunstig med tanke på stabilitet.

Basert på sonderinger som gir grunnlag for lagdeling er lagdelingen tilsvarende lagdeling i snitt B.

Med lik lagdeling og mer gunstig topografi vil stabiliteten være bedre enn stabilitet i snitt B.

7.5.4 Snitt D – V205

Snitt D viser brattere topografi enn snitt B der det er utført stabilitetsberegninger. Dette er ugunstig med tanke på stabilitet. Tegning V103 viser at topografien i snitt D vil være mer gunstig enn i snitt A.

Basert på sonderinger som gir grunnlag for lagdeling er lagdelingen tilsvarende lagdeling i snitt B.

Med lik lagdeling som snitt B og gunstigere topografi enn snitt B, er det naturlig at snitt D vil ha en sikkerhet som ligger mellom de beregnede sikkerhetene i snitt A og B. Snitt A vil ha lavest sikkerhet, og sikkerheten vil øke mot vest.

7.5.5 Snitt E – V206

Snitt E viser slakere topografi enn snitt B der det er utført stabilitetsberegninger. Snitt B har helning 1:4,3 nord for Mekkelsvingen 12 mens bratteste helning i snitt E er 1:7,5. Dette er gunstig med tanke på stabilitet.

Det er lite informasjon om lagdeling i høyereliggende terreng. Som en konservativ antagelse antas det derfor stor mektighet av bløte masser.

Med lik lagdeling som snitt B og mer gunstig topografi vil stabiliteten være bedre enn stabilitet i snitt B der det er utført stabilitetsberegninger.

Helningen på skråningen er omtrent 1:15, tilsvarende nedre del av snitt B der det er større mektighet av bløte masser. Det er i nedre del av snitt B påvist god stabilitet.

Med bakgrunn i vurderinger antas det god stabilitet i snitt E.

8 Betydning av soneutredning og videre arbeider

Kvikkleiresonen er vurdert til lav faregrad, og det er derfor mulig å gjennomføre K3 tiltak iht. krav for tiltakskategori K1. Det vil si at tiltak som faller inn under denne kategorien kan utføres dersom tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Ikke forverring vil gjelde for overliggende og underliggende skråning.

Generelt i sonen vil områdestabilitet være ivaretatt for K0-K3 tiltak dersom det kan dokumenteres at tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Det vil også være mulig å gjennomføre K4-tiltak og tiltak som forverrer sikkerheten avhengig av plassering i sonen.

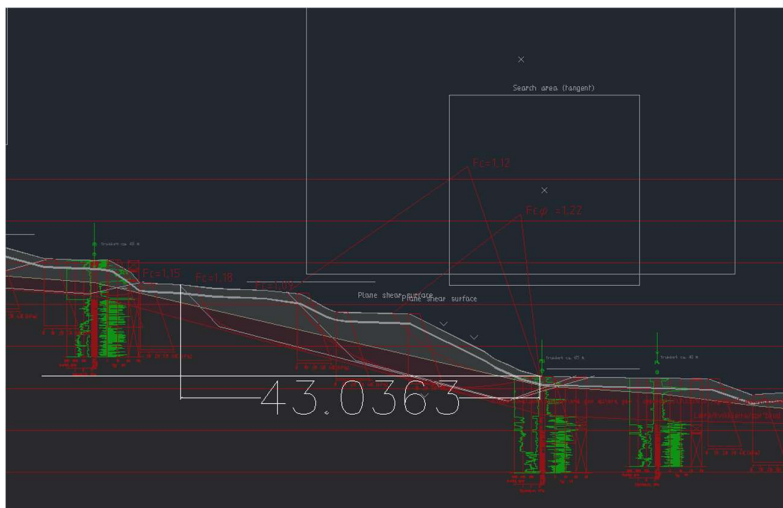
Basert på utførte vurderinger er det gjort et oversiktsarbeid for sonen, for å fastsette behov for vurderinger i fremtidige byggesaker. Dette kapittelet tar for seg betydningen av utredningen, og er en veiledning som beskriver vedlegg V105. Sonedeler er markert med farger, og for de ulike delene gjelder følgende:

8.1 Utløpsområde:

8.1.1 Blå del

For utløpsområdet markert i blått er det for den vestre delen vurdert at høyereliggende terreng generelt har høyere stabilitet enn 1,2. Krav til sikkerhet i høyereliggende terreng er derfor ivaretatt.

For den østlige delen er det gjort beregninger i høyereliggende terreng som viser stabilitet under 1,2. Det er for denne skredmekanismen beregnet en konservativ utløpsdistanse med krav til retrogressive skred. Denne vil ikke nå utløpsområdet, og det er derfor vurdert at relevante brudd med under 1,2 i sikkerhet ikke kan treffe bebyggelse i utløpsområdet. Krav til sikkerhet i høyereliggende terreng er derfor ivaretatt også i dette området. Beskrivende figurer er vist i Figur 34 og Figur 35.



Figur 34: Løsneområde lengste skred med sikkerhet under 1,2.



Figur 35: Utløp for skred med sikkerhet under 1,2. Antatt at utløpsdistanse ikke vil overskride kritisk beregning i snitt A. Beregnet utløp i snitt A er 64 m. Dette er meget konservativt med retrogressivt som skredmekanisme.

Helt øst i sonen er det dokumentert mindre mektighet av kvikkleire og omrørt skjærfasthet over 0,69 kPa. Med bakgrunn i mer gunstig terrenghelning og lagdeling er det vurdert sikkerhet over 1,2. Det blå området har derfor ivarettatt sikkerheten mot å bli truffet av skred fra høyereliggende terreng iht. NVE 1/2019 (5).

Store deler av området er flatt og med god avstand til bratt terreng. Figur 3.4 i NVE 1/2019 beskriver at tiltak med avstand større enn $2xH$ (Der H er høyden av skråningen) fra skråningstopp ikke vil påvirke stabiliteten av den aktuelle skråningen. Se Figur 36.



Figur 3.4 Terrangsnitt som viser prinsipp for når en skråning kan vurderes upåvirket av tiltaket (utenfor tiltakets influensområde).

Figur 36: Utklipp figur 3.4 i NVE 1/2019 (5).

Tiltak innenfor blått område med avstand større enn $2 \times H$ til skråning i øst vil ikke ha behov for geoteknisk vurdering. Skråningstopp er avsluttet der terrenget blir slakere enn 1:15. Basert på høydedata kan H settes til 10 m. Avgrensningen er vist i vedlegg V105.

Avgrensning i nord er nærmere skråningstopp enn 20 m da det er påvist ikke-sprø oppførsel ved felt- og labundersøkelser. Bygging tett på skråningstopp vil fortsatt kunne medføre problemer med lokalstabilitet.

Områdestabiliteten er vurdert ivaretatt for alle tiltak innenfor det blå området vest for rød linje. Øst for rød linje vil det være behov for mer detaljerte vurderinger av geotekniker, og mulig behov for supplerende grunnundersøkelser.

8.2 Løsneområde

8.2.1 Grønn del

Det er i grønn del av sonen beregnet laveste sikkerhet på 1,28 i øvre del helt i øst. Mot sør er det dokumentert bedre stabilitet.

For tiltak i sørlig del er det basert på beregninger god stabilitet. I nedre del vil det være mulig å gjennomføre de fleste tiltak uten problemer, og stabilitet vil være ivaretatt dersom det ikke gjøres forverring for høyereliggende terreng.

Ved tiltak i øvre del av sonen vil graving forverre stabiliteten mot nord, og det er da viktig med kontroll på stabilitet.

Skillet mellom øvre og nedre del kan benyttes mellom mørk og lys grønnfarge.

Spesielt i den mørke delen av grønn sone, er det vanskelig å si noe om graving/fylling vil føre til forverring eller forbedring av stabilitet. Geotekniker må vurdere tiltakets påvirkning på sonen.

I lys del av sonen er det vurdert tilstrekkelig sikkerhet mot skred fra høyereliggende terreng. Mindre tiltak som eneboliger der en minimerer graving og fylling vil kunne være forholdsvis enkelt å dokumentere for geotekniker.

Det anbefales at alle tiltak prosjekteres av geotekniker, der en ser på hvordan hvert enkelt tiltak påvirker stabilitet i sonen.

8.2.2 Rød del

Det er i rød del av sonen dokumentert lav stabilitet. Den lave stabiliteten er ikke ansett som et problem så lenge det ikke gjøres tiltak.

Det antas at det kan være mulig å snevre inn sonen noe i nord ved å utføre supplerende undersøkelser.

For den sydlige delen av rød sone vil pålasting virke positivt for høyereliggende terreng og negativt for lavereliggende terreng.

Det vil være behov for stabiliserende inngrep og geoteknisk prosjektering for å kunne gjennomføres tiltak. Det må dokumenteres både områdestabilitet og lokalstabilitet. Antagelig vil tiltak også kreve supplerende grunnundersøkelser.

8.2.3 Gul sone

Det er vurdert at tiltak i gul sone er i utløpsområdet for skred i høyereliggende terreng (rød sone), med sikkerhet lavere enn 1,2.

Det er rett nord for gult området beregnet sikkert på 1,75, og det skal store tiltak til for å få sikkerhetsfaktor under 1,61 (krav ved forverring).

Tiltak der det ikke kreves kontroll på høyereliggende terreng (K0-K2) kan gjennomføres ved å dokumentere absolutt sikkerhetsfaktor i alle faser av tenkt tiltak. Dersom det kan dokumenteres at K0-K2 tiltak ikke forverrer stabiliteten vil de kunne gjennomføres.

K3-tiltak kan dokumenteres dersom det kan gjennomføres uten forverring av stabilitet.

K4-tiltak vil være krevende å få gjennomført da dette vil medføre krav om forbedring av stabilitet i rød sone.

Tiltak må vurderes av geotekniker.

8.2.4 Oransje sone

Basert på utførte boringer antas det at kvikkleiremektigheten minker mot øst. Med bakgrunn i dette antas det at det ved ytterligere boringer i oransje område vil være mulig å redusere utbredelsen av sonegrensene.

Det er for oransje sone vurdert sikkerhet over 1,2 basert på topografi og mer kritiske snitt.

For å gjennomføre tiltak i oransje sone kreves det ytterligere vurderinger av stabilitet dersom det ikke kan dokumenteres at eventuelle tiltak ikke vil forverre stabiliteten.

Tiltak må vurderes av geotekniker.

8.3 Generell veiledning for K0-, K1-, K2- og K3-tiltak

Områdestabilitet er ivaretatt for K0-, K1, K2 og K3-tiltak dersom det kan dokumenteres at tiltakene ikke forverrer stabiliteten. Det er dokumentert at det ikke er erosjon i sonen som påvirker stabiliteten. Veiledning for kategorisering av tiltakene er vist i Figur 37.

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

Figur 37: Beskrivelse av K0-K4 tiltak iht. NVE 1/2019 hentet fra tabell 3.2 (5).

For veiledning til ikke-forverring kan kapittel 8.2 benyttes. Vurdering av områdestabilitet gjøres av geotekniker i kvikkleiresonen dersom det ikke kan gjennomføres som K0-tiltak iht. vedlegg 2 i NVE 1/2019 (5).

8.4 Forslag til videre arbeider

- Det er usikkerhet vedrørende hvor stor mektigheten av kvikkleire er i øvre del av sonen. Her antas det å være mulig å redusere utbredelsen av sonen mot nord dersom det kan dokumenteres at det ikke er forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale.
- Det hersker fortsatt usikkerheter rundt grunnvannet. Dersom dette kan senkes, vil dette kunne dokumenter høyere sikkerhet i sonen. Dette vil ha størst betydning for stabilitet i rød sone.
- Det antas at mektigheten på kvikkleira avtar mot øst. Her kan det være mulig å redusere utbredelsen av sonen mot øst dersom det kan dokumenteres at det ikke er forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale.

9 Konklusjon

Kvikkleiresonen er vurdert til lav faregrad, alvorlig konsekvens, og en total risikoklasse 3.

Det er beregnet lav stabilitet i midtre del av sonen. Mot sør og vest er det beregnet god stabilitet, mens det mot øst er utført lite undersøkelser. Det antas at sonen kan snevres inn mot nord og øst ved å utføre supplerende undersøkelser.

Det er vurdert tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred for tenkt tiltak på Mekkelssvingen 10 i henhold til NVE 1/2019. Det er med forbehold om at grunnarbeider er utført og det kun skal gjøres pålastning på tomten.

Generelt i sonen vil områdestabilitet være ivaretatt for K0-K3 tiltak dersom det kan dokumenteres at tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Det vil også være mulig å gjennomføre K4-tiltak og tiltak som forverrer sikkerheten avhengig av plassering i sonen.

Fargeinndeling av sonen for mer detaljert forklaring er vist i vedlegg V105.

Det vil i mørkegrønn, rød, gul og oransje sone være behov for grundigere vurdering av geotekniker for å sørge for tilstrekkelig stabilitet. I lysegrønn sone vil tiltak som eneboliger der en minimerer graving og fylling vil kunne være forholdsvis enkelt å dokumentere for geotekniker.

Blå sone er utløpsområdet til kvikkleiresonen, og har dokumentert tilstrekkelig sikkerhet mot å bli truffet av skred fra høyereliggende terreng. Områdestabiliteten er vurdert ivaretatt for alle tiltak innenfor det blå området vest for rød linje. Øst for rød linje vil det være behov for mer detaljerte vurderinger av geotekniker, og mulig behov for supplerende grunnundersøkelser.

K0-tiltak som kan gjennomføres iht. vedlegg 2 i NVE 1/2019 trenger ikke vurdering av geotekniker.

Det er ikke dokumentert erosjon som kan påvirke den aktuelle sonen.

Det er i kapittel 8.1 og 8.2 beskrevet betydning av soneavgrensninger og gitt retningslinjer for tiltak i ulike deler av sonen.

10 Referanser

1. **Norges Tekniske Byggkontroll AS.** *Støllia boligområde Kyrksæterøra - Geotekniske undersøkelser, stabilitet og fundamentering.* 10.07.1995.
2. **Norconsult.** *Dokumentnr.:3010324-01; Stølan - Hemne: Vurdering av områdestabilitet.* 06.12.2017.
3. **ERA Geo.** *Dokumentnr. 23340-RIG01; VA-utbygging Støa.* 11.03.2024.
4. —. *Dokumentnr. 23314-RIG02; Mekkelsvingen 10.* 09.04.2024.
5. **Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE.** *Veileder 1/2019 - Sikkerhet mot kvikkleireskred - Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.* 2020.
6. **Standard Norge.** *NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler.* 2016.
7. —. *NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.* 2016.
8. **NVE.** *Ekstern rapport nr. 9/2020 Oversiktskartlegging av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred.* s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat, 2020.
9. **Statens Vegvesen.** *Doknr. 20120866-01-R: State of the art - blokkprøver.* 1. desember 2012.
10. **Statens vegvesen.** *Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser.* 2016.
11. **NVE.** *Rapport 41/2013 : Natrufareprosjekt: Delprosjekt 6 Kvikkleire : State-of-the-art: Blokkprøver.* 2013.
12. —. *Rapport 77/2014: Valg av karakteristik CuA -profil basert på felt- og laboratorieundersøkelser.* 19.05.2015.
13. **Statens Vegvesen.** *Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging.* 2022.
14. **Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE.** *Rapport 14/2014 - Natrufareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire - En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer.* 2014.

Vedlegg: Kategorisering iht. regelverk

Valg av seismisk grunntype

På grunnlag av avstand til berg og type løsmasse på tomten skal det settes Grunntype etter Tabell NA.3.1 i NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021. For dette aktuelle prosjektet settes det generelt seismisk grunntype S2. For grunntype A-E settes parameterne etter tabell NA.3.3 i NS-EN 1998-1.

Tiltakskategori etter NVE veilederen

Det skal ut fra NVE veileder nr. 1-2019 Tabell 3.1 og 3.2 settes tiltakskategori. Denne defineres ut fra påvirkningen tiltaket har på omgivelsene, samt hvilket tiltak det er snakk om, med tanke på menneskelig tilflytning. Tiltakskategorien setter sammen med kvikkleiresonens faregrad før utbygging, hvilke sikkerhetsfaktorer som skal være ivarettatt for områdestabilitet, samt krav til kontrollregime. For dette tiltaket settes det tiltakskategori: K3/K4 og faregrad før utbygging: lav.



Vi gir deg trygg grunn.

ERA Geo er et uavhengig spesialiselskap innenfor geoteknikk, som jobber aktivt i det geotekniske miljøet. Vi bistår i prosjekter over hele Norge.

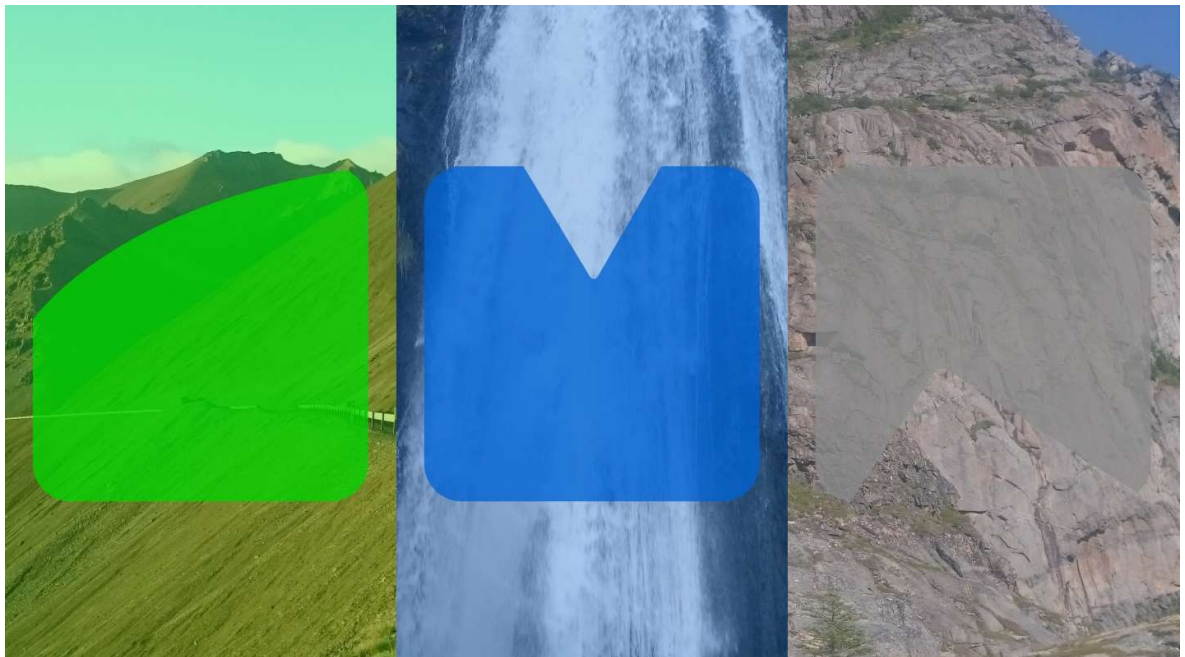
ERA Geo AS

era-geo.no

Verftsgata 10
6416 Molde

Tel.: 70 23 89 00
post@era-geo.no

Org.nr. NO 920 591 035 MVA



Vedlegg V101



Tegnforklaring

- ⊕

Totalsondering
- ⊙

Prøvetaking
- ▽

Trykksondering
- ⊖

Poretrykksmåler
- Posisjonsnavn

Terrengekote

Kote antatt berg

Boret dybde i løsmasser
- Horizontalreferanse: UTM 32

Vertikalreferanse: NN2000

Grunnundersøkelser fra arkiv

Prefix N : Boringer omtrentlig plassert basert på situasjonsplan i datarapport av Noteby. Utført i forbindelse med utglidning i 1995.

Prefix NC: Boringer utført av Norconsult i forbindelse med områdestabilitetsvurdering.

Prefix F og G: Boringer utført av Lingen Grunnboring/ERA Geo for Heim kommune.

2	Tilbakemelding uavhengig kontrollør	MEM	SHL	3.7.2024
1	Til bruk	MEM	SHL	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato

Situasjonsplan

Målestokk
1:1500
Dato
26.4.2024

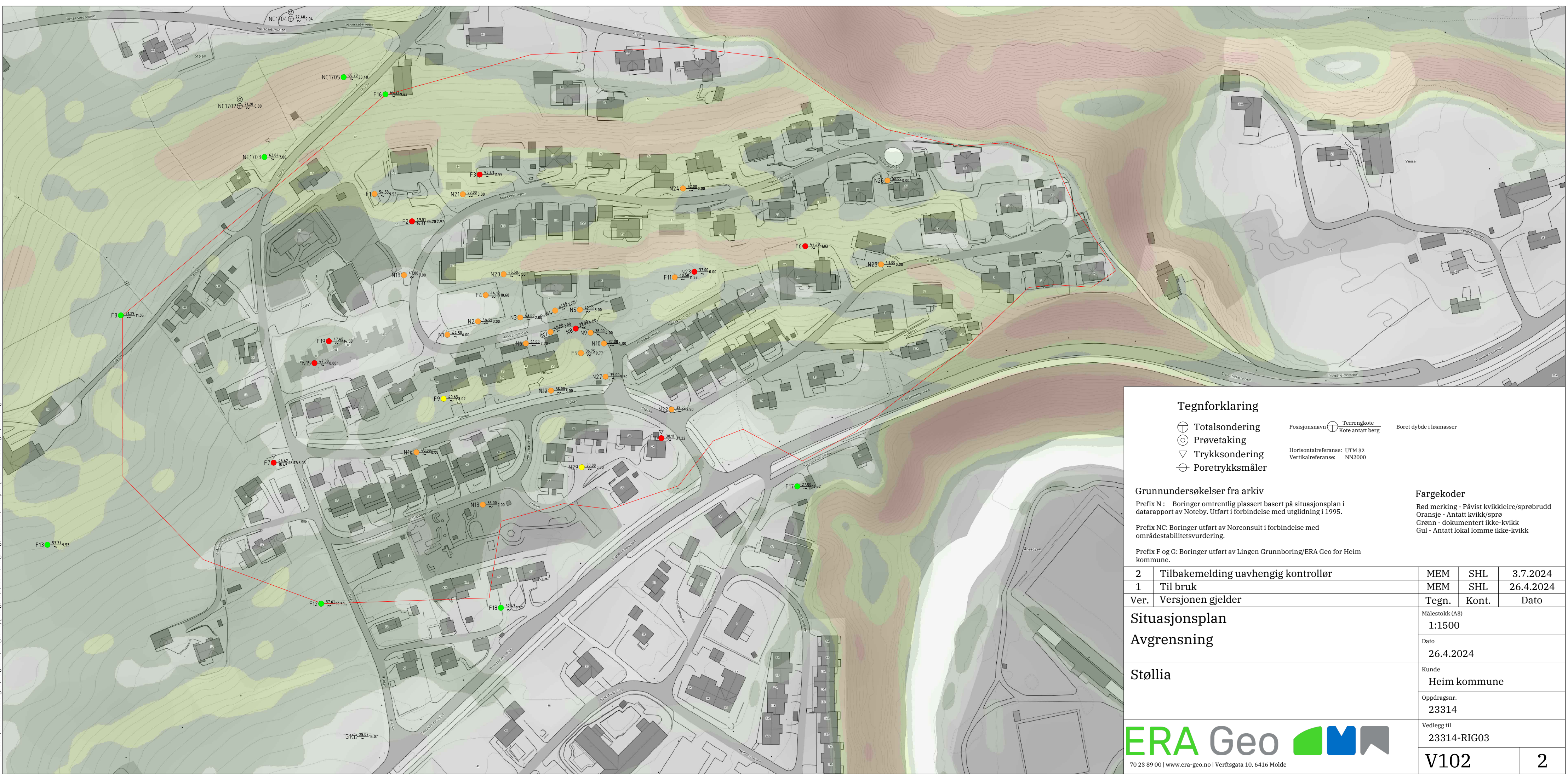
Mekkelsvingen 10
Geoteknisk vurdering av områdestabilitet

Kunde
Heim kommune
Oppdragsnr.
23314



Vedlegg til
23314-RIG03

Vedlegg V102



Tegnforklaring

- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøvetaking
- ▽ Trykksondering
- ⊖ Poretrykksmåler

Posisjonsnavn ⊕ Terrengekote
Kote antatt berg

Boret dybde i løsmasser

Horizontalreferanse: UTM 32
Vertikalreferanse: NN2000

Grunnundersøkelser fra arkiv

Prefix N : Boringer omtrentlig plassert basert på situasjonsplan i datarapport av Noteby. Utført i forbindelse med utglidning i 1995.

Prefix NC: Boringer utført av Norconsult i forbindelse med områdestabilitetsvurdering.

Prefix F og G: Boringer utført av Lingen Grunnboring/ERA Geo for Heim kommune.

Fargekoder

Rød merking - Påvist kvikkleire/sprøbrudd
Oransje - Antatt kvikk/sprø
Grønn - dokumentert ikke-kvikk
Gul - Antatt lokal lomme ikke-kvikk

2	Tilbakemelding uavhengig kontrollør	MEM	SHL	3.7.2024
1	Til bruk	MEM	SHL	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Situasjonsplan		Målestokk (A3) 1:1500		
Avgrensning		Dato 26.4.2024		
Støllia		Kunde Heim kommune		
		Oppdragsnr. 23314		
		Vedlegg til 23314-RIG03		
V102			2	

Vedlegg V103

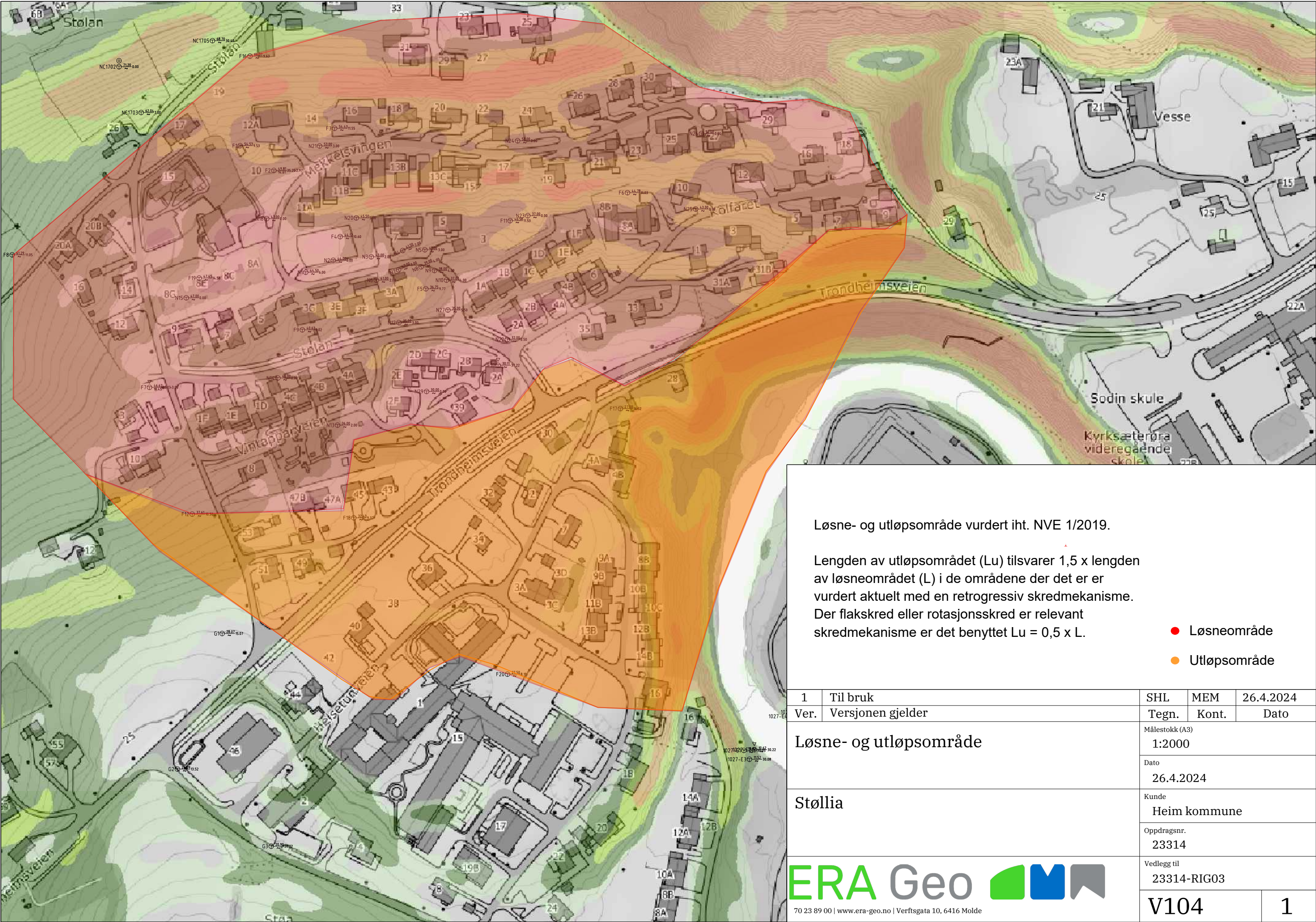
c:\users\matsem\l\era-geo\l\era-geo\opdrag\23\3\23314\6\legning\64\resultat\lay.dwg 03.07.2024 12:40



2	Tilbakemelding uavhengig kontrollør	MEM	SHL	3.7.2024
1	Til bruk	MEM	SHL	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Situasjonsplan Stabilitetssnitt		Målestokk (A3) 1:1250		
		Dato 26.4.2024		
		Kunde Heim kommune		
Støllia		Oppdragsnr. 23314		
		ERA Geo 		
70 23 89 00 www.era-geo.no Verftsgata 10, 6416 Molde		V103		2

Vedlegg V104

c:\users\matsem\l\era-geo\era-geo-as\l\era-geo-opdrag\23\3\23314\6 tegning\63 arbeid\situasjonsplan - alle boringer\v105 - utløpsone.dwg 18.04.2024 01:29



Løsne- og utløpsområde vurdert iht. NVE 1/2019.

Lengden av utløpsområdet (Lu) tilsvarer 1,5 x lengden av løsneområdet (L) i de områdene der det er vurdert aktuelt med en retrogressiv skredmekanisme. Der flaskskred eller rotasjonsskred er relevant skredmekanisme er det benyttet $Lu = 0,5 \times L$.

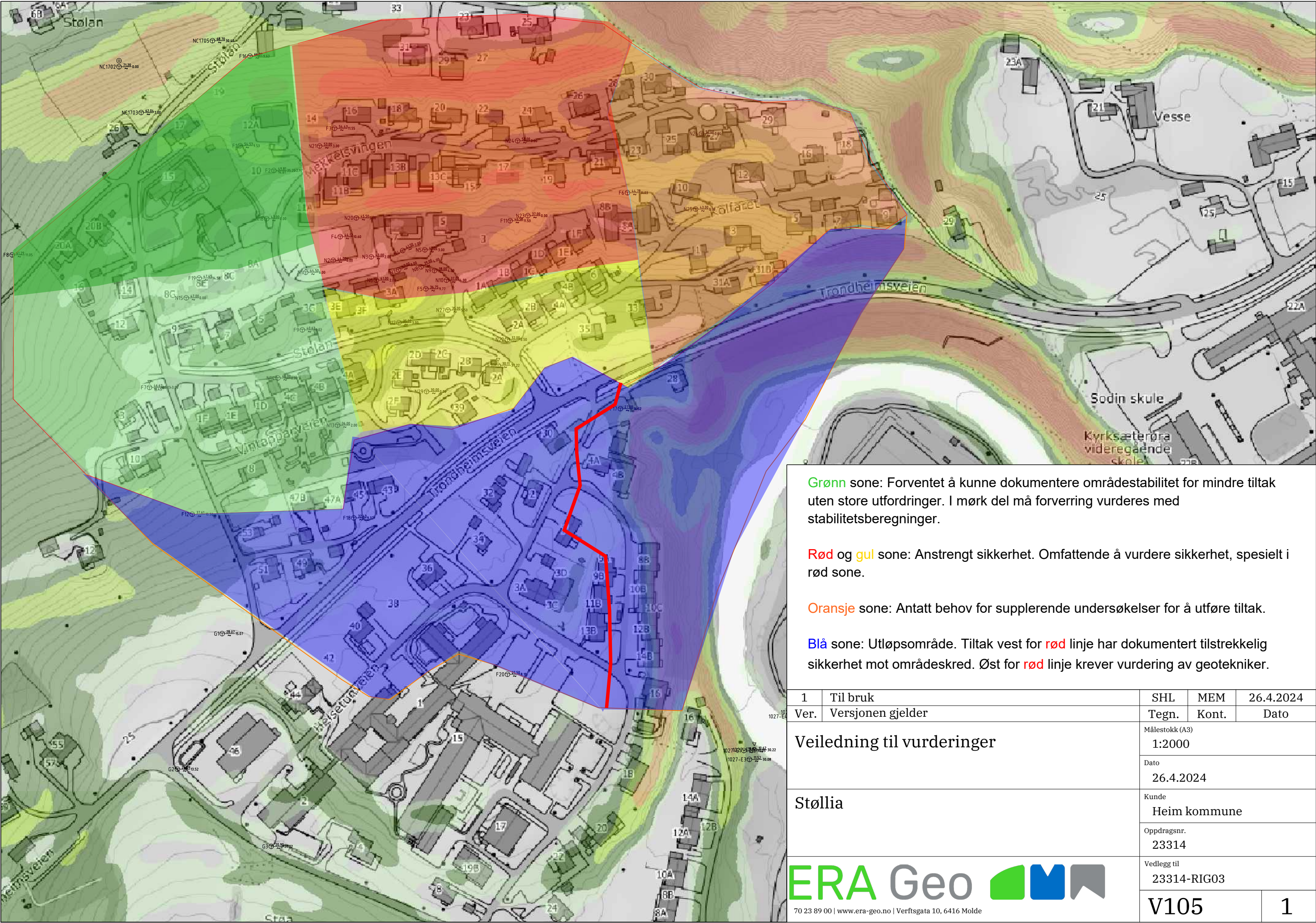
● Løsneområde

● Utløpsområde

1	Til bruk	SHL	MEM	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Løsne- og utløpsområde		Målestokk (A3) 1:2000		
		Dato 26.4.2024		
Støllia		Kunde Heim kommune		
		Oppdragsnr. 23314		
ERA Geo		Vedlegg til 23314-RIG03		
		V104		1

Vedlegg V105

c:\users\matsem\l\era-geo\era-geo-as\l\era-geo-opdrag\23\3\23314\6 tegning\63 arbeid\situasjonsplan - alle boringer\v105 - utloppssone.dwg 18.04.2024 01:29



Grønn sone: Forventet å kunne dokumentere områdestabilitet for mindre tiltak uten store utfordringer. I mørk del må forverring vurderes med stabilitetsberegninger.

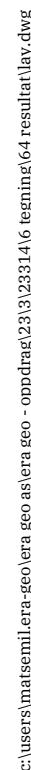
Rød og **gul** sone: Anstrengt sikkerhet. Omfattende å vurdere sikkerhet, spesielt i rød sone.

Oransje sone: Antatt behov for supplerende undersøkelser for å utføre tiltak.

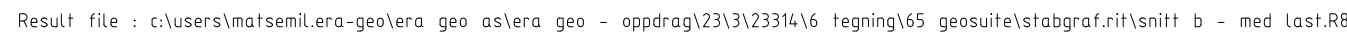
Blå sone: Utløpsområde. Tiltak vest for **rød** linje har dokumentert tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred. Øst for **rød** linje krever vurdering av geotekniker.

1	Til bruk	SHL	MEM	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Veiledning til vurderinger		Målestokk (A3) 1:2000		
		Dato 26.4.2024		
Støllia		Kunde Heim kommune		
		Oppdragsnr. 23314		
ERA Geo 		Vedlegg til 23314-RIG03		
		V105		1

Vedlegg V201-206



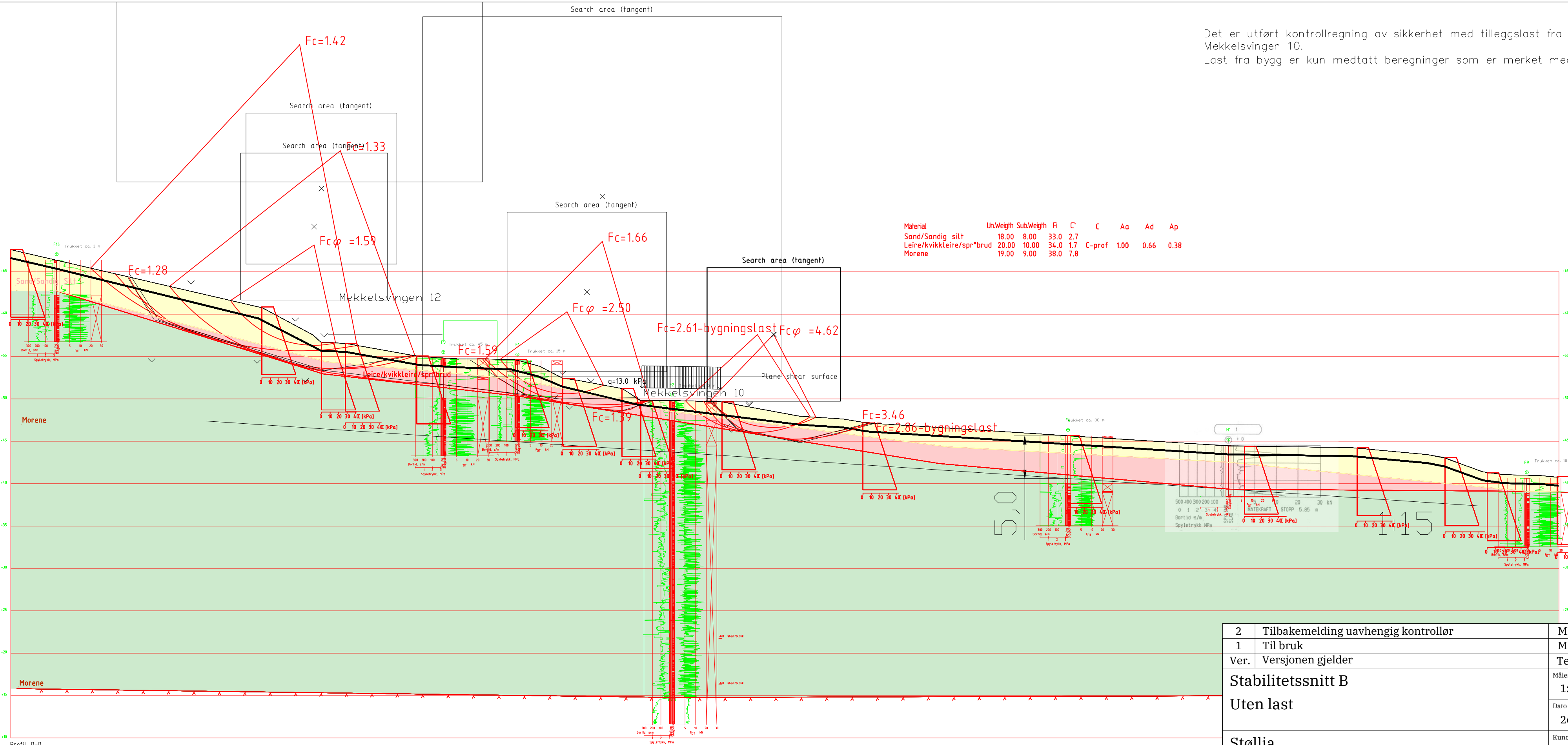
2	Tilbakemelding uavhengig kontrollør	MEM	SHL	3.7.2024
1	Til bruk	MEM	SHL	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Stabilitetssnitt A		Målestokk (A3)		
		1:500		
		Dato		
		26.4.2024		
Støllia		Kunde		
		Heim kommune		
		Oppdragsnr.		
		23314		
 				
		V201	2	
70 23 89 00 www.era-geo.no Verftsgata 10, 6416 Molde				



Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Sandig silt	18.00	8.00	33.0	2.7				
Leire/kvikkleire/sprøbrud	20.00	10.00	34.0	1.7	C-prof	1.00	0.66	0.38
Morene	19.00	9.00	38.0	7.8				

2	Tilbakemelding uavhengig kontrollør	MEM	SHL	3.7.2024
1	Til bruk	MEM	SHL	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Stabilitetssnitt B Med last		Målestokk (A3) 1:350		
		Dato 26.4.2024		
Støllia		Kunde Heim kommune		
		Oppdragsnr. 23314		
 70 23 89 00 www.era-geo.no Verftsgata 10, 6416 Molde				
		V202		2

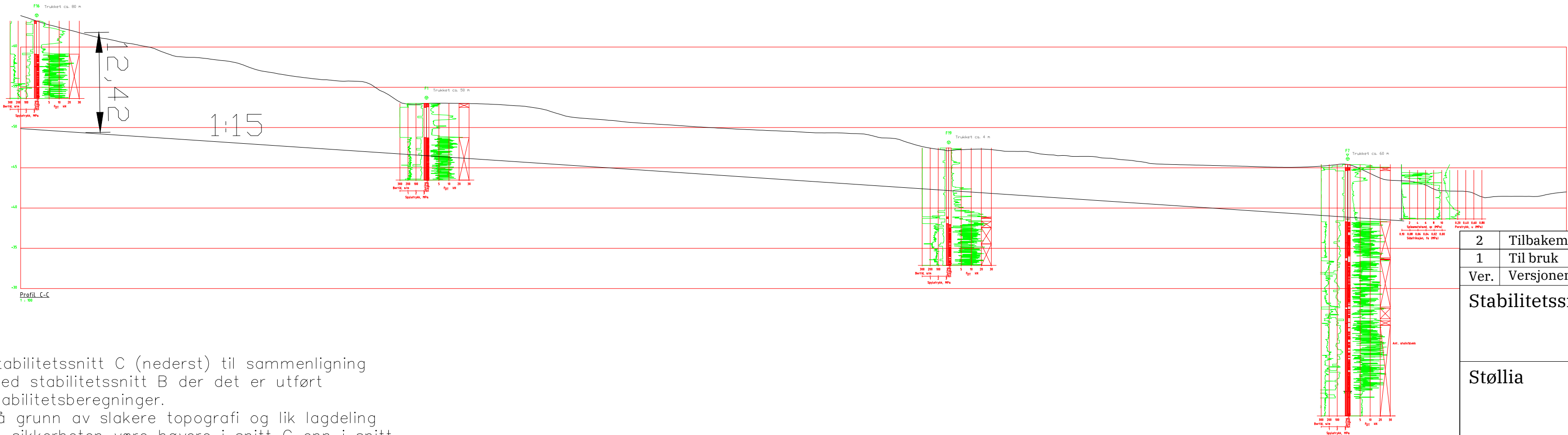
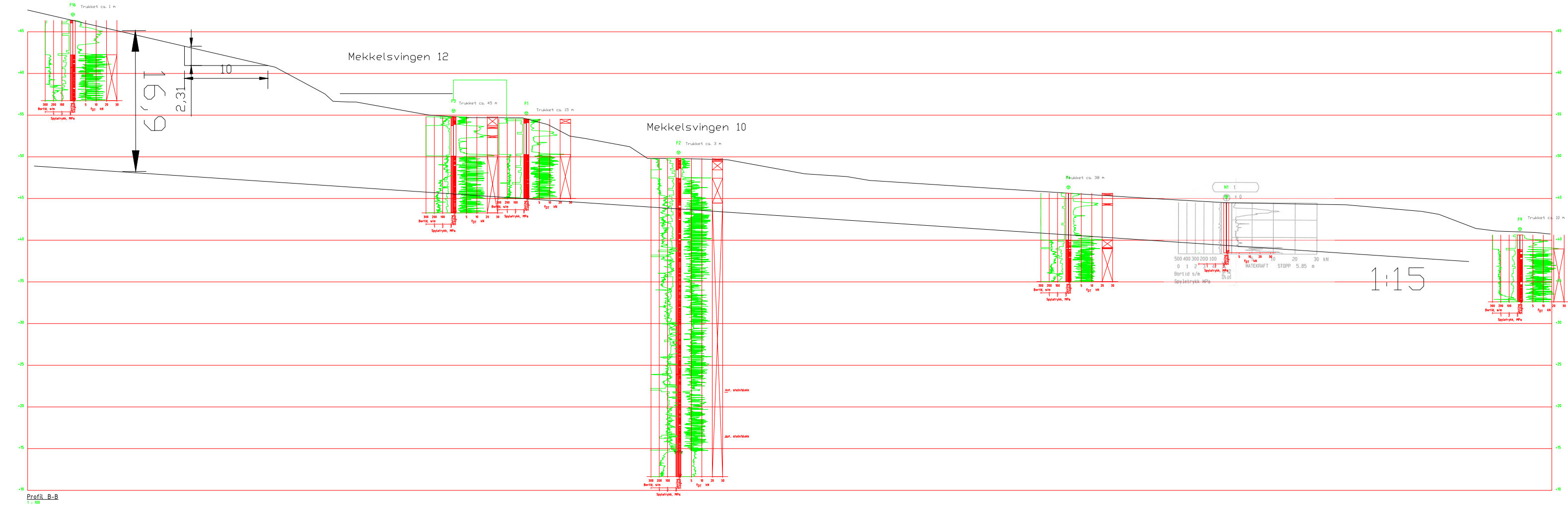
Det er utført kontrollregning av sikkerhet med tilleggslast fra planlagt bygg på Mekkelsvingen 10.
Last fra bygg er kun medtatt beregninger som er merket med – ”bygningslast”.



Profil B-B
1 : 100

Fc=2.61 - bygningslast
Result file : c:\users\matseml\era-geo\era geo as\era geo - oppdrag\23\3\23314\6 tegning\65 geosuite\stabgraf.rit\snitt b - uten last.R11

2	Tilbakemelding uavhengig kontrollør	MEM	SHL	3.7.2024
1	Til bruk	MEM	SHL	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Stabilitetssnitt B		Målestokk (A3)		
Uten last		1:350		
		Dato		
		26.4.2024		
Støllia		Kunde		
		Heim kommune		
		Oppdragsnr.		
		23314		
ERA Geo				
70 23 89 00 www.era-geo.no Verftsgata 10, 6416 Molde		V203		2

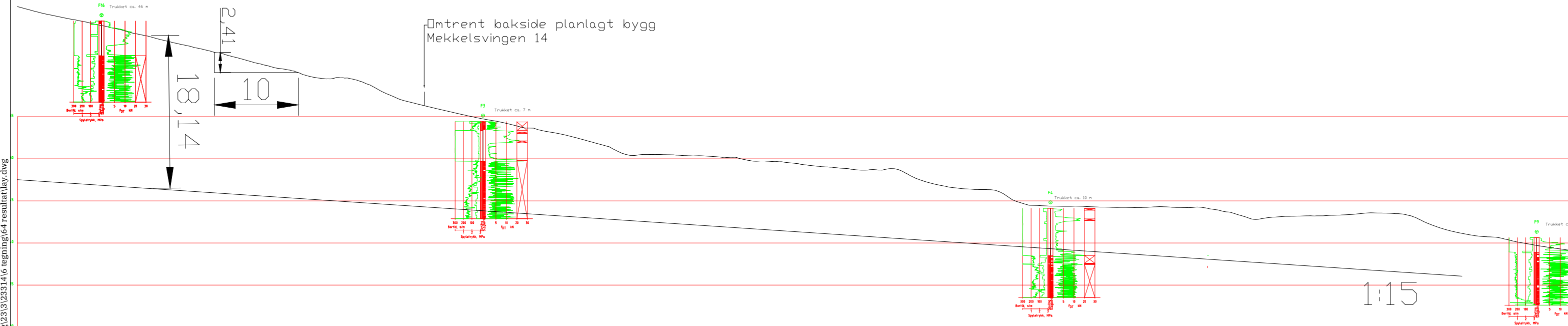


- Stabilitetssnitt C (nederst) til sammenligning med stabilitetssnitt B der det er utført stabilitetsberegninger.
- På grunn av slakere topografi og lik lagdeling vil sikkerheten være høyere i snitt C enn i snitt B.

2	Tilbakemelding uavhengig kontrollør	MEM	SHL	3.7.2024
1	Til bruk	MEM	SHL	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Stabilitetssnitt C		Målestokk (A3) 1:450		
		Dato 26.4.2024		
		Kunde Heim kommune		
Støllia		Oppdragsnr. 23314		
		ERA Geo 		
70 23 89 00 www.era-geo.no Verftsgata 10, 6416 Molde		V204		2

03.07.2024 12:41

Profil_B-B



Profil_D-D

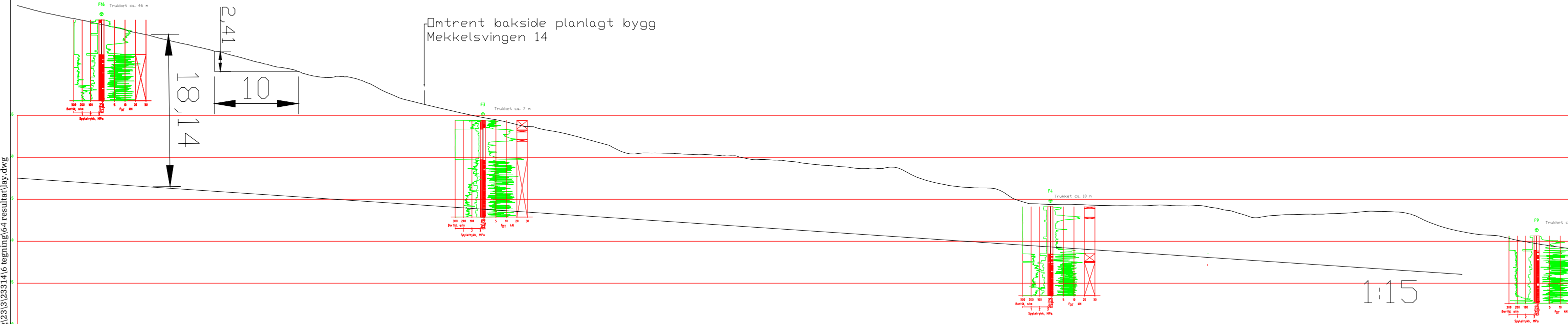


- Stabilitetssnitt D (nederst) til sammenligning med stabilitetssnitt B der det er utført stabilitetsberegninger.
- Noe brattere helning, og det forventes derfor noe lavere stabilitet dersom det antas samme lagdeling.

2	Tilbakemelding uavhengig kontrollør	MEM	SHL	3.7.2024
1	Til bruk	MEM	SHL	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Stabilitetssnitt D		Målestokk (A3) 1:450		
		Dato 26.4.2024		
Støllia		Kunde Heim kommune		
		Oppdragsnr. 23314		
ERA Geo 70 23 89 00 www.era-geo.no Verftsgata 10, 6416 Molde				2
		V205		

03.07.2024 12:41

Profil B-B



Profil D-D



- Stabilitetssnitt E (nederst) til sammenligning med stabilitetssnitt B der det er utført stabilitetsberegninger.
- Stabilitetssnitt E med gjennomsnittlig helning 1:7,5 mot 1:4,3 i målt helning i snitt B.

2	Tilbakemelding uavhengig kontrollør	MEM	SHL	3.7.2024
1	Til bruk	MEM	SHL	26.4.2024
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn.	Kont.	Dato
Stabilitetssnitt E		Målestokk (A3) 1:450		
		Dato 26.4.2024		
Støllia		Kunde Heim kommune		
		Oppdragsnr. 23314		
ERA Geo 70 23 89 00 www.era-geo.no Verftsgata 10, 6416 Molde				
V206			2	

Vedlegg A

Oppdragsnr.	Oppdragsnavn:	
14316	NVE-kontroll Støllia	
Notat nr.:	Notatdato:	Utarbeidet av:
001	12.09.2024	Maj Bæverfjord
Dokument nr.	Revisjon:	Kontrollert av:
14316-OO-RIG-N-001	00	Per Arne Wangen
Sak:		

Støllia – uavhengig kvalitetssikring ihht. NVEs veileder 1/2019

Distribueres til:

Firma	Navn (e-postadresse)	Til	Kopi
Heim kommune	Øyvind Engvik (oyvind.engvik@heim.kommune.no)	X	
Era Geo AS	Mats Emil Mossefin (matsemil@era-geo.no)		X

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	2 -
2	Grunnlagsmateriale	2 -
3	Utført utredning av områdestabilitet.....	2 -
4	Konklusjon	4 -

1 INNLEDNING

ERA Geo AS har utredet områdestabilitet for et eksisterende boligfelt på Støllia i Heim kommune. Behovet for utredningsarbeidet oppstod da det ble påvist bløte masser for en utgraving på eiendommen Mekkelsvingen 10 i Støllia.

ERA Geo AS har på oppdrag fra Heim kommune utført grunnundersøkelser, utført stabilitetsberegninger og utredet en kvikkleiresone i Støllia i arbeidene med å dokumentere områdestabilitet i dagens og framtidig situasjon.

Dr.techn. Olav Olsen AS (OO) er engasjert for en kvalitetskontroll av ERA Geo AS sin utredning iht. NVEs veileder 1/2019.

2 GRUNNLAGSMATERIALE

Følgende underlag er mottatt fra ERA Geo AS:

Dok. nr.	Rev.:	Tittel:	Dato:
<u>Utredning:</u>			
23314-RIG03	2	Støllia – Geoteknisk vurdering av områdestabilitet	03.07.2024
<u>Underlag:</u>			
23314-RIG02	1	Mekkelsvingen 10 – Geoteknisk datarapport	09.04.2024

Samt øvrige geotekniske datarapporter og dokumenter som det er referert til i utredningsrapporten.

3 UTFØRT UTREDNING AV OMRÅDESTABILITET

ERAs vurderinger støtter seg på geotekniske grunnundersøkelser utført av Noteby og Norconsult, samt egne grunnundersøkelser utført som grunnlag for utredningen. ERA Geo AS har utført grunnundersøkelser i 21 borpunkter i området rundt Mekkelsvingen. Det er påvist sprøbruddmateriale i flere av borpunktene og det er påvist kvikkleire i et punkt. Leira med sprøbruddegenskaper er generelt grov (dvs med et høyt innhold av sand og grus). Generelt er mektigheten av bløtere løsmasser over faste til meget faste masser lav.

Det er dokumentert at det planlagte tiltaket i Mekkelsvingen 10 kan gjennomføres med tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred.

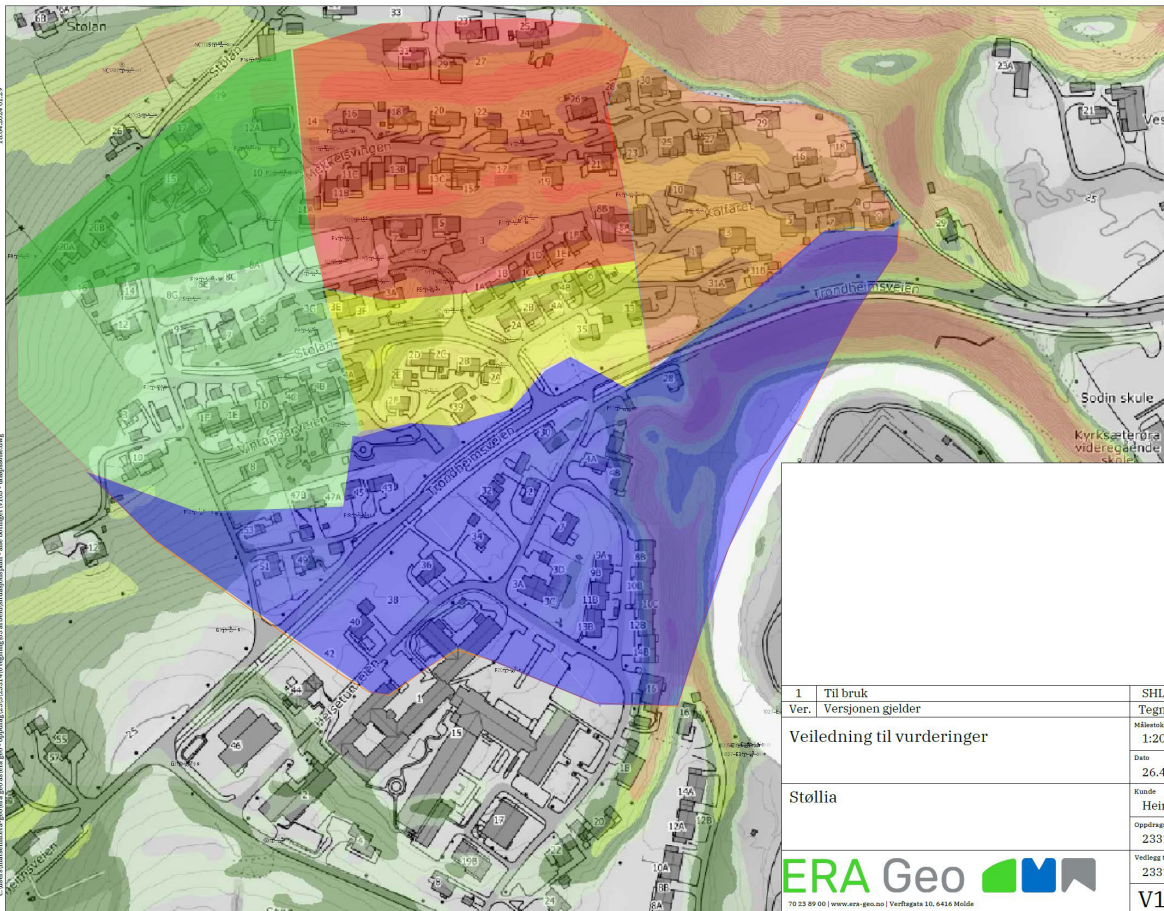
Stabilitetssituasjonen i den midtre delen av sonen er anstrengt, mens skråningsstabiliteten er bedre mot sør og vest.

Den utredede kvikkleiresonen er klassifisert med lav faregrad. Utredningen beskriver at K3-tiltak kan gjennomføres uten stabiliserende tiltak dersom tiltakene ikke forverrer områdestabiliteten.

OO er av den oppfatning at vurderingene som er utført mhp. sikkerhet mot områdeskred er fornuftige og basert på relevante data som er konservativt tolket og anvendt. Det er utført en grundig tolkning av materialparametere som er benyttet som input i beregninger.

OO har tidligere gjennomgått revisjon 01 av områdestabilitetsutredningen, og revisjon 02 er utarbeidet på bakgrunn av kommentarer gitt til revisjon 01 i et felles møte mellom ERA Geo og OO. Kommentarene gikk generelt ut på at det er hensiktsmessig å være tydeligere hva som er områdestabilitet og hva som er lokalstabilitet, og hvilke krav til sikkerhet som må oppfylles.

00 har enkelte kommentarer til utredningen.

Kommentar		Status																								
1	Beregningsmessig er ikke krav til lokalstabilitet oppnådd for de kritiske glideplanene i profil A. 00 tolker Tabell 10 dithen at ERA Geo konkluderer med at det kan gjennomføres K3-tiltak med den forutsetning av stabiliteten ikke forverres i øvre og midtre del i profil A, basert på at områdestabiliteten da er tilfredsstillende. Stabiliteten vil reelt sett være svært anstrengt ved terrenginngrep i lokale skråninger i den midtre delen av området. Det er derfor hensiktsmessig om ERA Geo presiserer hvorvidt krav til lokalstabilitet må oppfylles eller ikke, og er tydelige på hvilke krav til oppfølging av sakkyndig geotekniker som må stilles for utbygging i området, uavhengig av tiltakskategori.	L																								
2	Det er utført beregninger for profil A og B, som er identifisert som de mest kritiske profilene. Det er ikke utført beregninger for profil C, D og E. Stabilitetssituasjonen i disse profilene sammenlignes med stabiliteten for profil A og B, i hovedsak basert på generell terrenghelning i profilene. Da det ikke er stabiliteten i større glideplan som representerer skråningene som helhet som er mest kritisk, men heller stabiliteten i lokale deler av profilene anbefaler vi at ERA-Geo tydeliggjør hvor det må stilles krav til lokalstabilitet og oppfølging fra geoteknisk sakkyndig.	L																								
3	Tegning 104 og 105 mangler tegnforklaring: <table data-bbox="963 1644 1350 1874"><tr><td>1</td><td>Til bruk</td><td>SHL</td></tr><tr><td>Ver.</td><td>Versjonen gjelder</td><td>Tegn</td></tr><tr><td colspan="2">Veiledning til vurderinger</td><td>Skala 1:20</td></tr><tr><td colspan="2">Støllia</td><td>Dato 26.4</td></tr><tr><td colspan="2">ERA Geo</td><td>Kunde Hei</td></tr><tr><td colspan="2">70 23 89 00 www.era-geo.no Vestregata 10, 6416 Molde</td><td>Oppdrag 233</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td>Vedlegg 1 233</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td>V1</td></tr></table>	1	Til bruk	SHL	Ver.	Versjonen gjelder	Tegn	Veiledning til vurderinger		Skala 1:20	Støllia		Dato 26.4	ERA Geo		Kunde Hei	70 23 89 00 www.era-geo.no Vestregata 10, 6416 Molde		Oppdrag 233			Vedlegg 1 233			V1	L
1	Til bruk	SHL																								
Ver.	Versjonen gjelder	Tegn																								
Veiledning til vurderinger		Skala 1:20																								
Støllia		Dato 26.4																								
ERA Geo		Kunde Hei																								
70 23 89 00 www.era-geo.no Vestregata 10, 6416 Molde		Oppdrag 233																								
		Vedlegg 1 233																								
		V1																								

00 har enkelte (lukkede) kommentarer. Kontrollen er lukket, men vi anbefaler at ERA Geo AS svarer ut kommentarene i en revisjon av rapporten.

4 KONKLUSJON

Dr.techn. Olav Olsen har utført en kvalitetssikring av Era Geo AS sin utredning av områdestabilitet for et boligområde på Støllia i Heim kommune. Kontrollen er utført iht. NVEs veileder 1/2019 «*Sikkerhet mot områdeskred*».

OO har enkelte (lukkede) kommentarer. Kontrollen er lukket, men vi anbefaler at ERA Geo AS svarer ut kommentarene i en revisjon av rapporten.