

Rapport

Detaljreguleringsplan Storneset, Meråker

OPPDRAAGSGIVER

Meråker kommune

EMNE

Knippet og Nustadneset kvikkleiresoner -
Områdeskredfarevurdering

DATO / REVISJON: 23. januar 2025 / 03

DOKUMENTKODE: 10255347-RIG-RAP-002



Multiconsult



Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.



Rapport

OPPDRAAG	Detaljreguleringsplan Storneset, Meråker	DOKUMENTKODE	10255347-RIG-RAP-002
EMNE	Knippet og Nustadneset kvikkleiresoner - Områdeskredfarevurdering	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Meråker kommune	OPPDRAAGSLEDER	Håvard Narjord
KONTAKTPERSON	Thomas Røe	UTARBEIDET AV	Guro Torpe Vassenden
KOORDINATER	Sone: 32V / Øst: 636661 / Nord: 7035651	ANSVARLIG ENHET	10234016 Seksjon Geoteknikk Naturfare TRL
GNR./BNR./SNR.	/ / / Meråker		

SAMMENDRAG

Meråker kommune skal utarbeide detaljreguleringsplan for Storneset i Meråker kommune. Området ligger innenfor dagens kvikkleiresone 1359 Knippet og i utløpsområde for kvikkleiresone 2831 Nustadneset. Det er vurdert behov for utføre en ny vurdering av områdeskredfaren iht. gjeldende versjon av kvikkleireveilederen, NVEs veileder nr. 1/2019.

I foreliggende rapport er grunnlag for oppdatering og justering av kvikkleiresonene samt sonegrensene dokumentert.

Topografi og beliggenheten av kvikkleirelaget medfører at aktuell skredmekanisme i området er rotasjonsskred. På bakgrunn av utvalgte kritiske profiler er det presentert løsne- og utløpslengder som igjen danner grunnlag for oppdatering og justering av grensene for kvikkleiresonene, Knippet og Nustadneset. Justeringene av sonegrensene er presentert i plantegning nr. -002 samt i oppdaterte faktaark.

03	23.01.2025	Endelig versjon	Guro T. Vassenden	Håvard Narjord	Håvard Narjord
02	15.01.2025	Revidert med presiseringer rundt krav og oppdatering av tegninger etter tilbakemelding fra uavh. kvalitetssikring	Guro T. Vassenden	Håvard Narjord	Håvard Narjord
01	25.11.2024	Revidert på bakgrunn av tilbakemelding fra uavh. kvalitetssikring, og inkludering av stabilitetsberegninger	Guro T. Vassenden	Håvard Narjord	Håvard Narjord
00	23.08.2024	Utsendt for uavhengig kvalitetssikring	Guro T. Vassenden	Håvard Narjord	Håvard Narjord
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	5
2	Regelverk.....	7
2.1	Kvalitetssikring og standardkrav	7
2.2	Innhold og bruk av rapporten	7
2.3	Relevant regelverk	7
3	Topografi og grunnforhold.....	8
4	Grunnlag.....	9
4.1	Befaring.....	9
4.2	Erosjon og erosjonssikring.....	9
4.3	Grunnlagsdokumenter	9
5	Utredning av kvikkleiresone.....	11
5.1	Generelt	11
6	Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone	13
6.1	Generelt	13
6.2	Skredmekanisme	13
6.3	Løsne- og utløpsområde	14
7	Klassifisering kvikkleiresoner	17
8	Kritiske profiler /materialeparametere.....	17
9	Stabilitetsvurderinger og stabilitetsforbedrende tiltak.....	17
9.1	Sikkerhetskrav	17
9.2	Plassering av beregningsprofiler	17
9.3	Beregningsresultat.....	18
10	Nye tiltak innen kvikkleiresonene 1359 Knippet og 2831 Nustadneset.....	19
11	Referanser	20

TEGNING

10255347-RIG-TEG	-002, rev02	Plantegning kvikkleiresoner, løsne- og utløpsområder
	-003, rev00	Borplan med profiler og klassifisering av kvikkleirepunkter
	-004, rev01	Oversikt over inndeling sone 1359 Knippet i delområder
	-800, rev01	Profil A - Totalspenningsanalyse (ADP) før tiltak
	-801, rev01	Profil A - Totalspenningsanalyse (ADP) etter tiltak
	-802, rev01	Profil B- Totalspenningsanalyse (ADP) før tiltak
	-803, rev01	Profil B - Totalspenningsanalyse (ADP) etter tiltak
	-804, rev01	Profil E - Totalspenningsanalyse (ADP)
	-805, rev01	Profil C – Total- og effektivspenningsanalyse (ADP og aφ)

VEDLEGG

Vedlegg A – Stabilitetsberegninger

Vedlegg B – Utsnitt profiler for tolkning skredmekanisme samt løsne- og utløpslengder

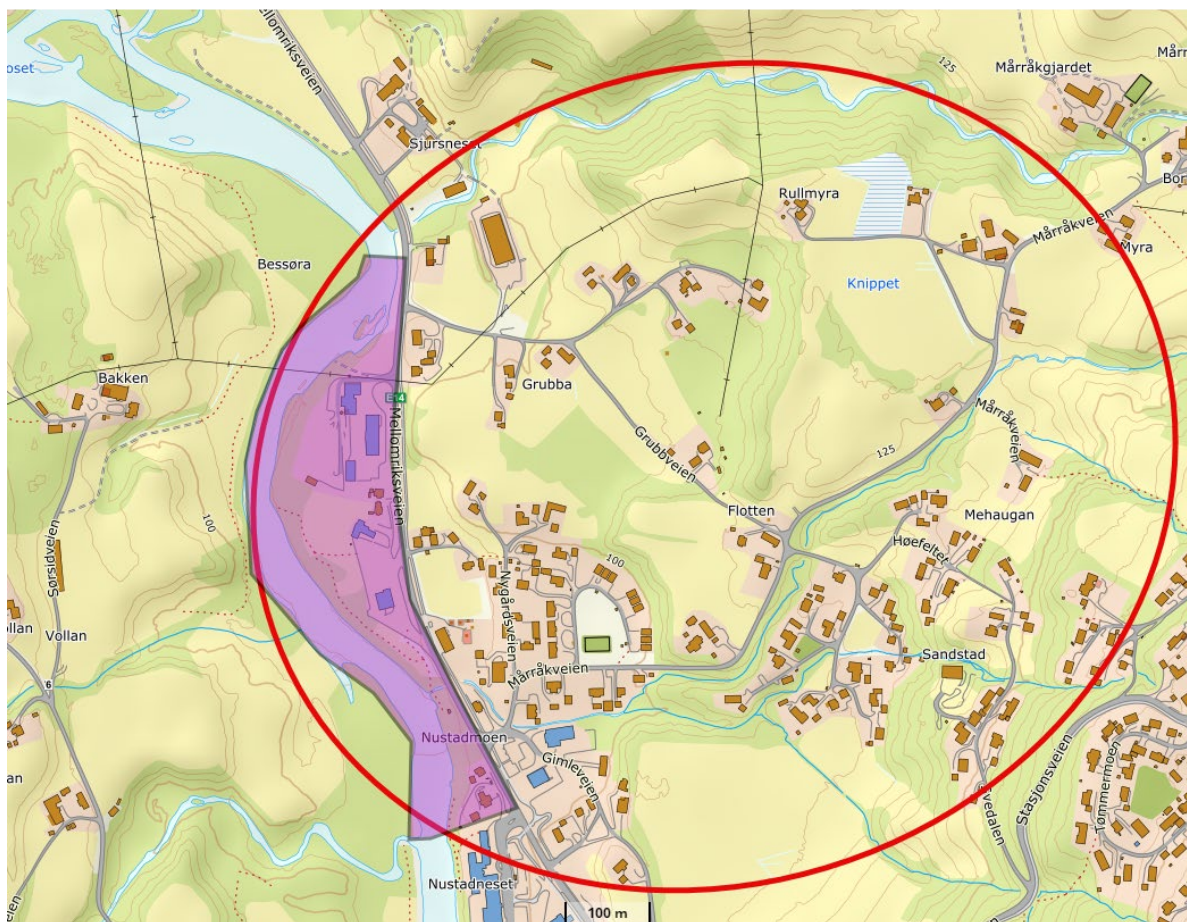
Vedlegg C – Faktaark sone 1359 Knippet og 2831 Nustadneset

1 Innledning

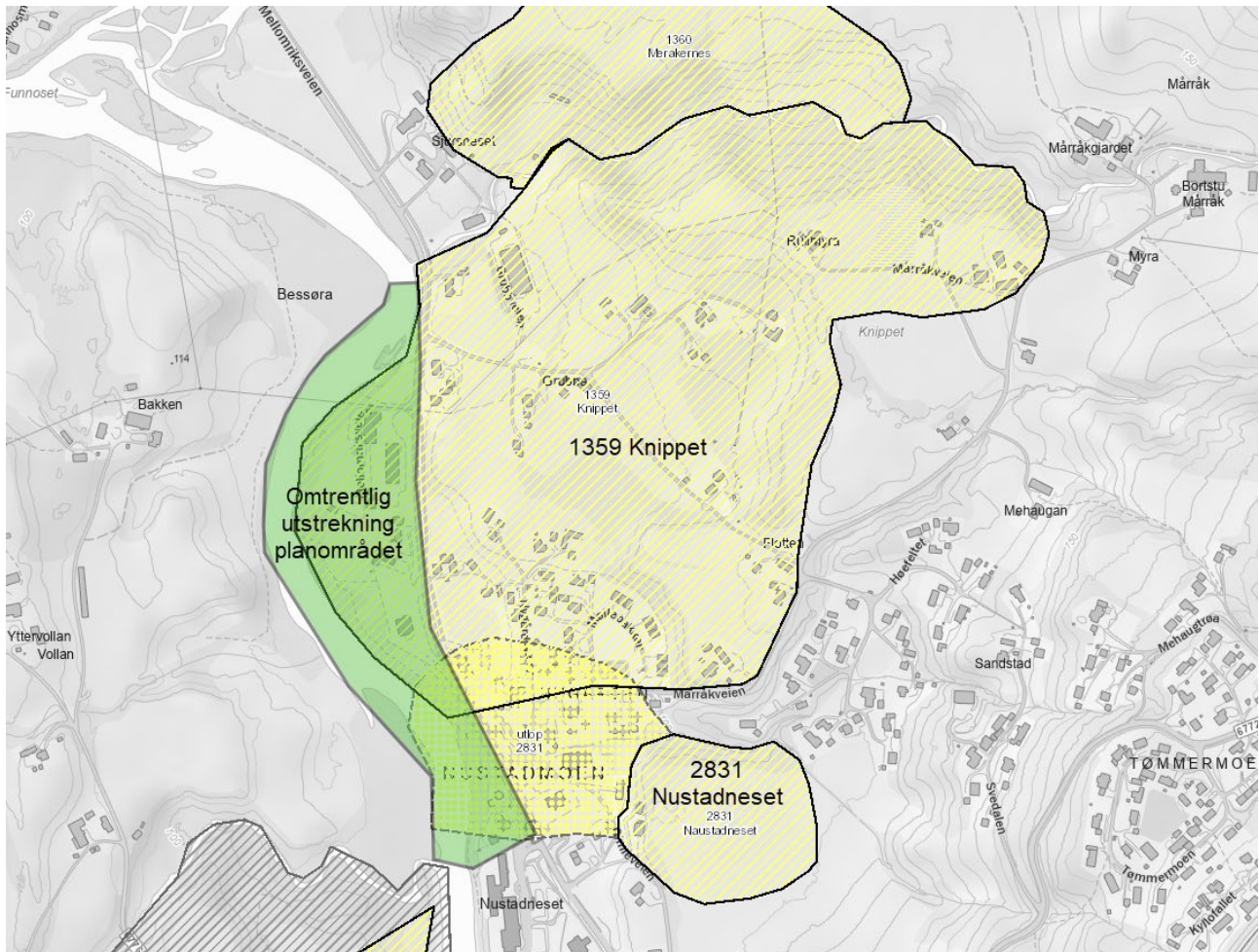
Meråker kommune skal utarbeide detaljreguleringsplan for Storneset i Meråker kommune. Området ligger innenfor dagens kvikkleiresone 1359 Knippet og i utløpsområde for kvikkleiresone 2831 Nustadneset. Kvikkleiresone Knippet er utredet etter NVEs Retningslinjer 2/2011 [1] og NVEs veileder nr. 7/2014 [2], og det er vurdert behov for utføre en ny vurdering av områdeskredfaren iht. gjeldende versjon av kvikkleireveilederen, NVEs veileder nr. 1/2019 [3]. I tillegg er det utført flere grunnundersøkelser innenfor sone 2831 Nustadneset, som gir et bedre grunnlag for å vurdere skredmekanisme og videre løsne- og utløpsområde.

Foreliggende rapport presenterer utredning av kvikkleiresoner iht. NVEs veileder nr. 1/2019 for området vist i Figur 1 og Figur 2, inkludert stabilitetsberegninger i relevante profiler. Rapporten er grunnlag for innmelding til NVE Atlas [4] for oppdatering av kvikkleiresoner, både løsne- og utløpsområder.

Rapporten er også grunnlag for uavhengig kvalitetssikring av oppdateringene av kvikkleiresonene Knippet og Nustadneset.



Figur 1: Markering i lilla av ca. reguleringsområdet (Planbeskrivelse Meråker kommune 03.07.2023) samt område relevant for områdeskredfarevurdering markert med rød sirkel (kilde: norgeskart.no)



Figur 2: Eksisterende kvikkleiresoner, sone 1359 Knippet og sone 2831 Nustadneset mot omtrentlig utstrekning planområdet (kilde: nve.atlas.no)



2 Regelverk

2.1 Kvalitetssikring og standardkrav

NVE veileder nr. 1/2019 [3] stiller krav til bemanning og kompetanse for utredning av steg 4-11. Multiconsults bemanning oppfyller disse kravene for dette prosjektet.

2.2 Innhold og bruk av rapporten

Foreliggende rapport inneholder ikke geoteknisk prosjektering av planlagt tiltak eller eventuelle stabiliserende tiltak. I tillegg til dokumentasjon for oppdatering av kvikkleiresonene er rapporten utformet som et redskap for Meråker kommune, for å kunne forenkle prosessene rundt utredning av områdestabilitet i kvikkleiresone 1359 Kneppet og sone 2831 Nustadneset for planlagte tiltak innenfor sonene.

2.3 Relevant regelverk

- Plan- og bygningsloven, § 28-1
- Sikkerhet mot naturpåkjenninger, Byggteknisk forskrift, TEK 17 §7-3 med tilhørende veiledning
- Konstruksjonssikkerhet, Byggteknisk forskrift, TEK 17 §10-2 med tilhørende veiledning
- Byggesaksforskriften, SAK 10
- NVE veileder nr. 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred»
- NVEs retningslinjer nr. 2/2011 «Flaum og skredfare i arealplanar»
- NVE Ekstern rapport nr. 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred»

3 Topografi og grunnforhold

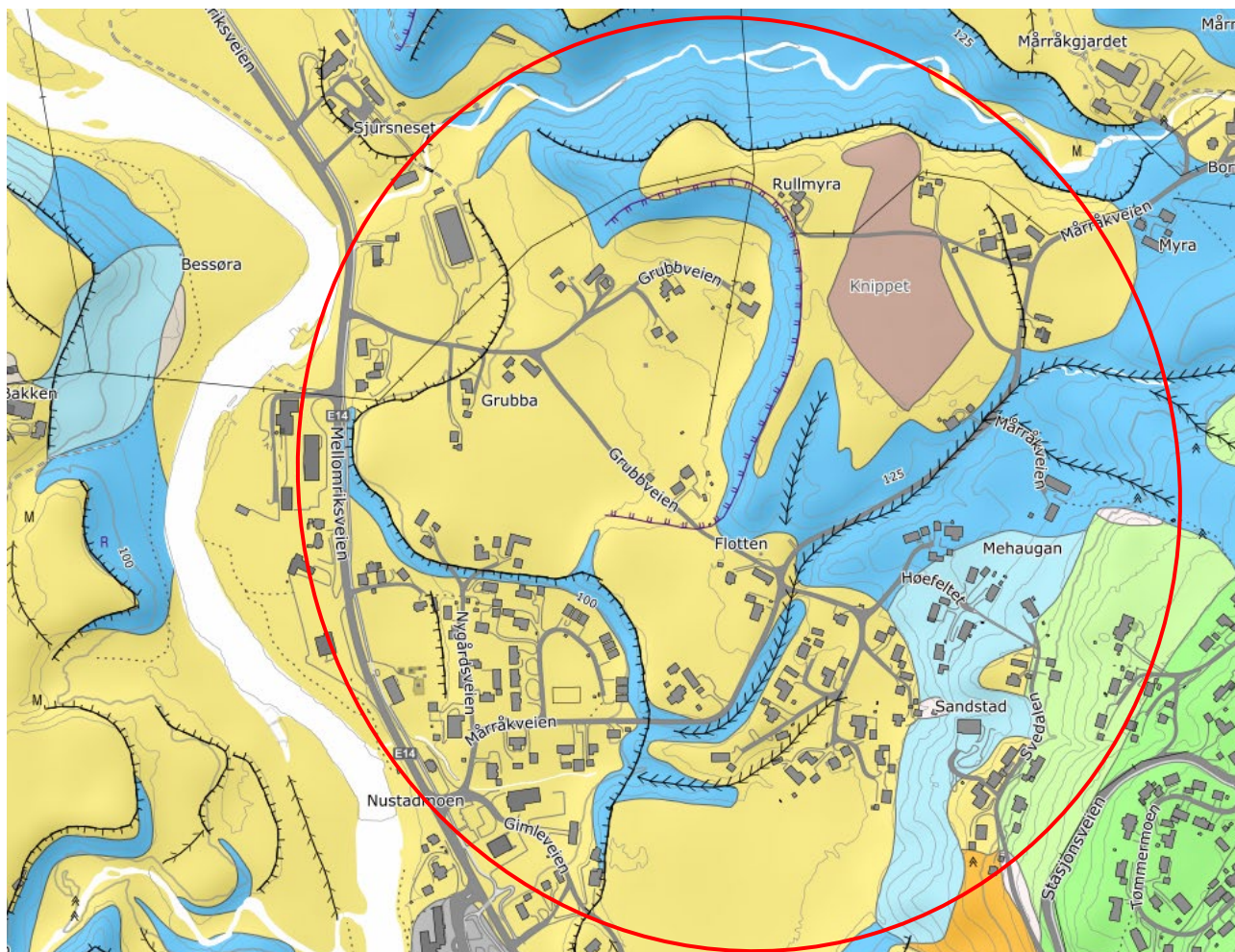
Området preges av terrassert terreng med bratte skråninger til høyereliggende plataår. Lavest i terrenget ligger Stjørdalselva lengst vest på ca. kote +89. Lengst øst i området ligger terrenget på ca. kote +132.

NGUs kvartærgeologiske løsmassekart viser at området domineres av elve- og bekkeavsetning, samt tykk hav- og fjordavsetning, se Figur 3. Det er også noe torv og myr i den nordøstlige delen.

Basert på utførte grunnundersøkelser i området viser sonderingene og opptatte prøver at løsmassene består av lagdelte marine avsetninger av silt/sand/grus/leire/kvikkleire. Leire- og kvikkleirelagene er også lagdelte med innskutte silt/sandlag.

Sonderingene indikerer et gjennomgående kvikkleirelag ved ca. kote +85 lengst sør og noe stigende mot nord til ca. kote +92. Mektigheten er typisk ca. 5 m, men kan lokalt være opptil 10 m. Mot nordøst (Knippet) følger kvikkleirelaget sannsynligvis terrenghelningen, og ligger ca. 15-25 m under terrenget.

Dybde til berg er kun påvist nordvest i området, ca. 13-15 m under terreng. Det er ikke påvist berg i andre nærliggende borpunkter.

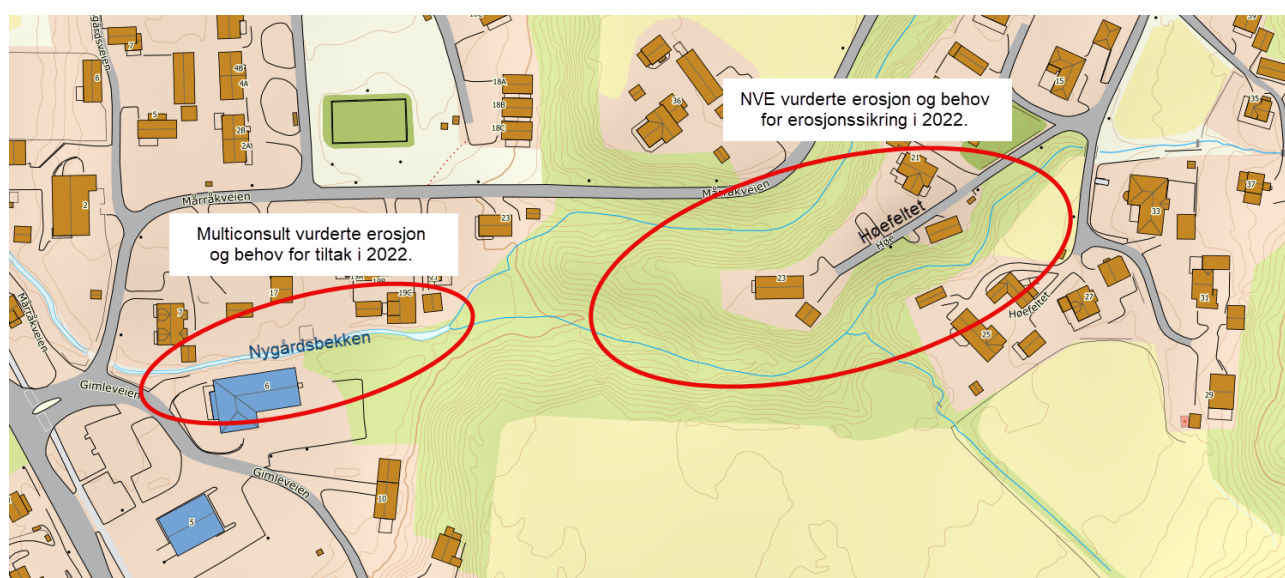


Figur 3: Utsnitt av NGUs løsmassekart med markering av området (kilde: geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/).

4 Grunnlag

4.1 Befaring

Det er ikke utført befaring i forbindelse med denne områdeskredfarevurderingen. Det er utført befaringer i tidligere utredninger som foreløpig vurderes tilstrekkelig for denne områdeskredfarevurderingen. I nedre del av Nygårdsbekken er det utført befaring av Multiconsult i 2022 for vurdering av erosjon [5], se befart område markert i Figur 4. Erosjonsforholdene er klassifisert til «litt» erosjon i dette området. NVE utførte befaring/vurderinger i forbindelse med en lokal utglidning i 2022 lenger opp i Nygårdsbekken for vurdering av erosjon som kan føre til skred som kan ramme Høefeltet. Utførte undersøkelser ved utglidningen viste at eventuelle sprøbruddmasser ligger dypere enn 15 m fra topp skråning og er da ca. 5 m under bekkebunn. Det ble observert sig i skråningene og sideveis erosjon i bekken, og det ble derfor vurdert av NVE at det ikke kan utelukkes at erosjon langs Nygårdsbekken på sikt kan utløse mindre skred som kan nå et stykke inn på tomter i Høefeltet.



Figur 4: Markering av befaringer og vurdering av erosjon ved Nygårdsbekken

4.2 Erosjon og erosjonssikring

Ved Nustadmoen og Storneset har NVE utført erosjonssikringstiltak i Stjørdalselvas yttersvinger samt flomforebygging ved Storneset. Det er ikke vurdert erosjon i Stjørdalselva der Kvernbekken kommer ut, men det er utført plastring rundt utløpet til Kvernbekken. Kvernbekken med tilhørende sideraviner ble erosjonssikret av NVE i 2018, se Figur 5.

Øst i området ligger Nygårdsbekken som omfatter to bekkeløp som samles med utløp ved Nustadmoen. NVE har tidligere vurdert behov for erosjonssikring her i forbindelse med utglidning i bekkeskråning i 2022. Det er vurdert at beliggenheten av kvikkleire ikke medfører risiko for at erosjon skal utløse områdeskred i kvikkleire. Det anbefales imidlertid erosjonssikring av områder der bekken graver seg inn i skråningsfot nær bebyggelse eller veg.

4.3 Grunnlagsdokumenter

Det er utført grunnundersøkelser i flere omganger i og rundt planområdet av flere aktører, se Tabell 4-1. I tillegg er det gjennomført geotekniske vurderinger, relevant for områdeskredfarevurderingen. De mest relevante er presentert i Tabell 4-2.



Tabell 4-1: Relevante grunnundersøkelser i området

Rapport nr.	Tittel/kommentar	Utarbeidet av	Årstall
410986-1	Kvikkleirekartlegging Meråker. Grunnundersøkelser. Datarapport	Multiconsult AS	2008
411543-1	Knippet/Merakernes, Meråker – Kvikkleiresoner. Geotekniske undersøkelser – Forbygningsvurdering	Multiconsult AS	2006
411543-2	Knippet/Merakernes, Meråker – Kvikkleiresoner – Geotekniske undersøkelser – Forbygningsvurdering	Multiconsult AS	2007
411544-1	Lauvli, Meråker – Kvikkleiresone – Geotekniske undersøkelser - Forbygningsvurdering	Multiconsult AS	2006
411544-2	Lauvli, Meråker – Kvikkleiresoner – Supplerende grunnundersøkelser – Datarapport	Multiconsult AS	2008
413692-1	Reguleringsplan Meråker kommune. Grunnundersøkelser. Datarapport	Multiconsult	2010 / rev01 2011
417621-RIG-RAP-001	Meråker renseanlegg Datarapport Grunnundersøkelser	Multiconsult	2015
10211662-RIG-RAP-001	Meråker renseanlegg - Grunnundersøkelser	Multiconsult	2022
10242483-RIG-RAP-002	GRUS Høfeltet, Meråker - Datarapport	Multiconsult	2022
10225042-RIG-R04	Datarapport – Grunnundersøkelser RR7	Sweco	2023
10255347-RIG-RAP-003	Storneset reguleringsplan. Datarapport grunnundersøkelser	Multiconsult	2024

Relevante grunnundersøkelser er inkludert på tegning nr. 10255347-RIG-TEG-003.

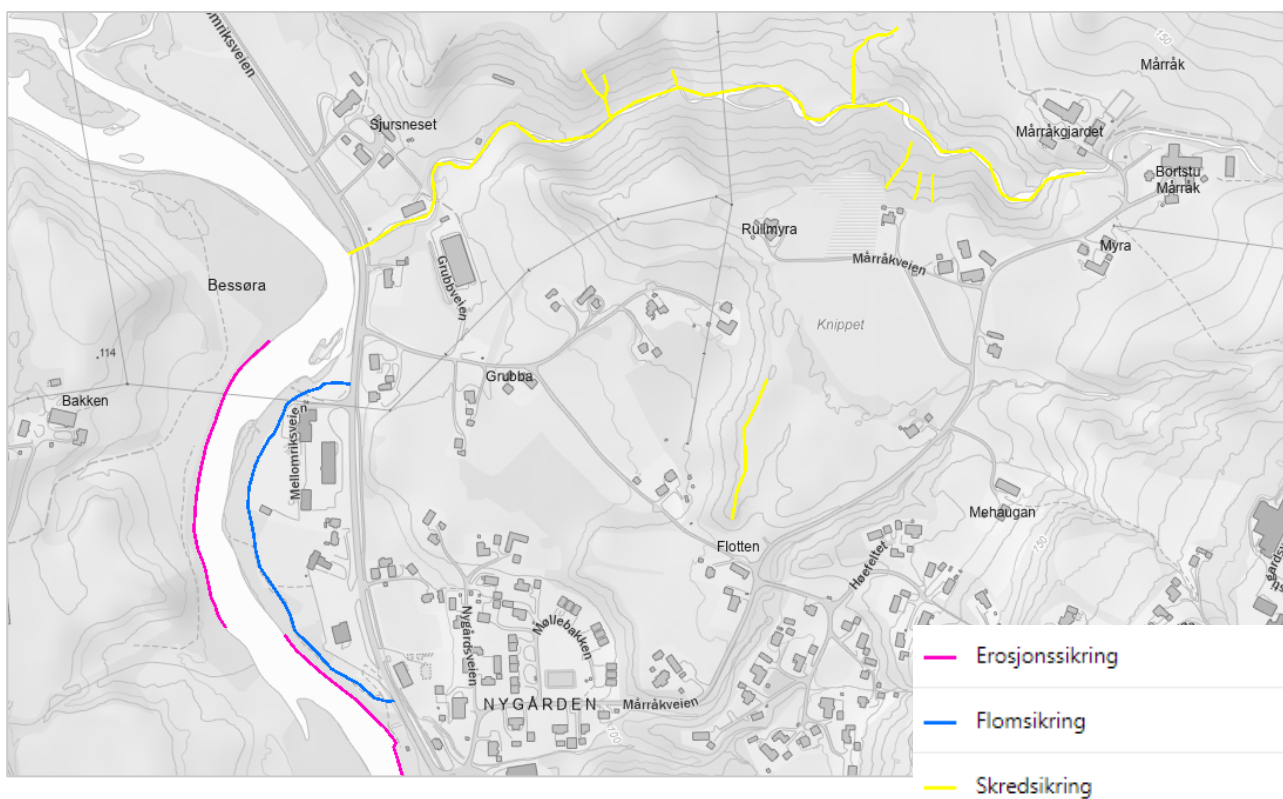
Tabell 4-2: Relevante geotekniske vurderinger i området

Rapport nr.	Tittel/kommentar	Utarbeidet av	Datert
411544-3	Lauvli kvikkleiresone – Meråker – Supplerende geotekniske vurderinger – Faregradsvurdering	Multiconsult	2008
413692-2, rev3	Meråker sentrum. Reguleringsplan. Geoteknisk vurdering. Stabilitet og fundamentering	Multiconsult	2014
417621-RIG-NOT-001	Meråker renseanlegg. Geoteknisk vurdering – stabilitet containeroppstilling	Multiconsult	2016
10211662-RIG-NOT-003	Nytt renseanlegg Meråker. Geoteknisk vurdering for etablering av flomvoll	Multiconsult	2021

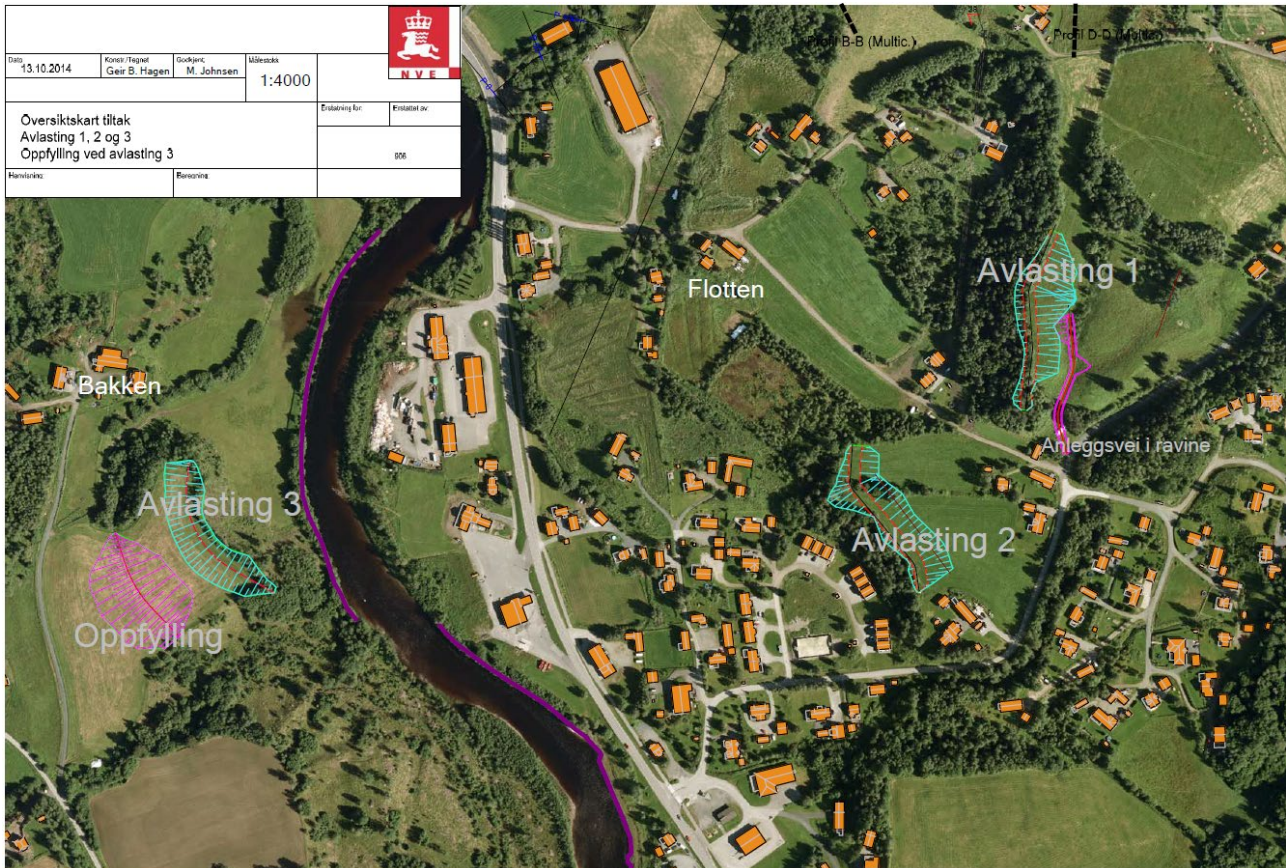
5 Utredning av kvikkleiresone

5.1 Generelt

Knippet er utredet i 2014 etter daværende kvikkleireveileder nr. 7/2014, se rapport nr. 413692-2 [6]. Det er etter dette blitt utført flere stabiliserende tiltak, både erosjonssikring av Kvernbecken og nedtaking av skråningstopper, se Figur 5 og Figur 6. Det er derfor vurdert behov for utføre en ny vurdering av områdeskredfaren iht. gjeldende versjon av kvikkleireveilederen, NVEs veileder nr. 1/2019 [3].



Figur 5: Utsnitt av utførte sikringstiltak, erosjons-, flom- og skredsikring, i området (kilde: nve.atlas.no)



Figur 6: Avlastningstiltak utført 2015, utsnitt fra NVE Tiltaksplan datert 13.10.2014.

6 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

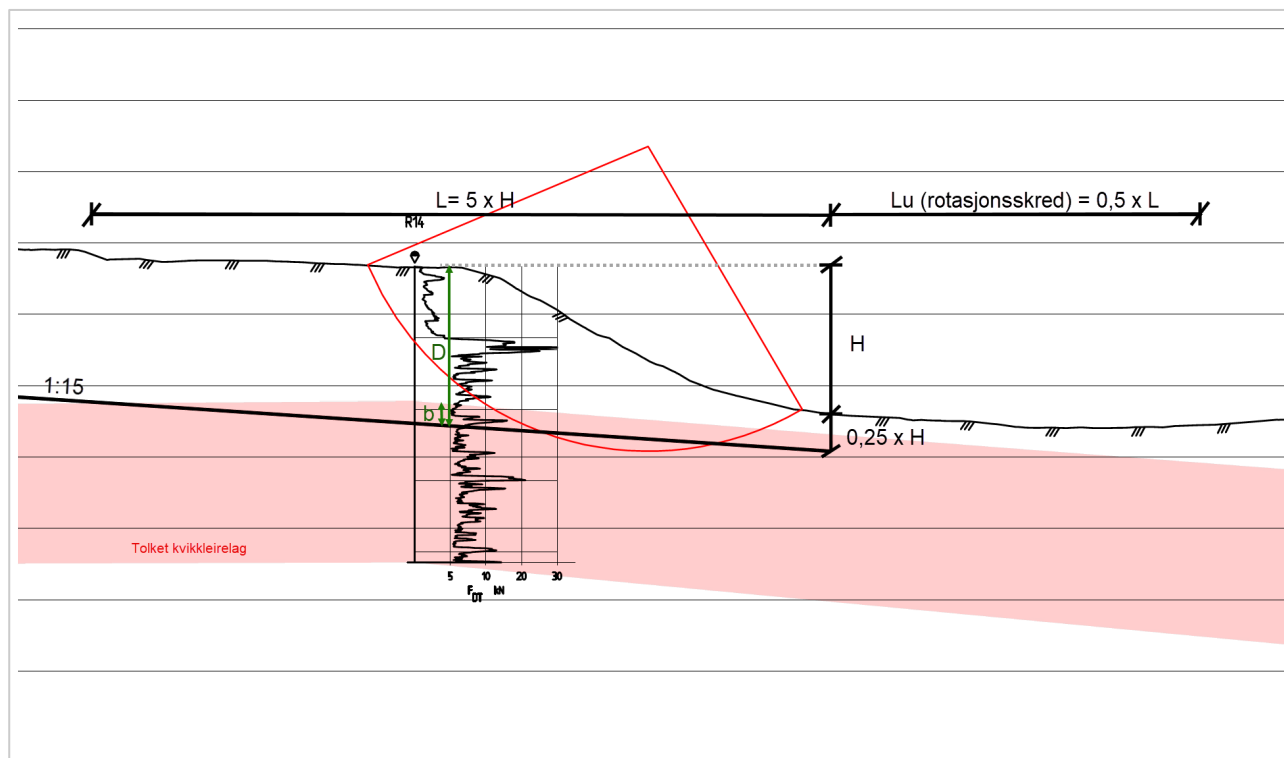
6.1 Generelt

Topografien i området er terrassert og har flere platåer. Dybden til kvikkleire/sprøbruddmateriale øker fra nede ved Stjørdalselva til å ligge rundt 2,5-3,0 m under terreng til ca. 15 m på det øverste platået. Både terrengformasjonene og dybden til kvikkleirelaget medfører at skredmekanismen i området hovedsakelig vurderes å være rotasjonsskred, se detaljerte vurderinger i Tabell 6-1. Forholdet mellom dybden ned til 1:15-linjen, D, og mengden kvikkleire over 1:15-linje, b, er under 40 % og dermed vurderes retrogressiv skredmekanisme som ikke aktuell. Videre vurderes det at flakskred ikke er en aktuell skredmekanisme, da det ikke er registrert svakere lag som går parallelt med terrenget i en relevant dybde.

Mot Kvernbecken i nord har vi valgt å ta med et profil D fra rapport 411543-3 [8] som vi i denne rapporten benevner profil F. Profilet benyttes for å vurdere skredmekanisme og løsne-/utløpsområde, Se også kapittel 9.3.

6.2 Skredmekanisme

I Figur 7 er det presentert hvordan det er tolket grunnlag for vurdering av skredmekanisme, samt da tilhørende løsne- og utløpsområder. Videre er det utarbeidet en oversikt over de vurderte profilene med høyde på skråning, mektighet av kvikkleire, skredmekanisme og lengdene på løsne- og utløpsområdene, presentert i Tabell 6-1 for sone 1359 Knippet og i Tabell 6-2 for sone 2831 Nustadneset. Dette er også vist i profiler i vedlegg B.



Figur 7: Eksempel tolket skredmekanisme, samt løsne- og utløpsområde



Tabell 6-1: Tabell med oversikt over grunnlag for tolkning av skredmekanisme, med løsne- og utløpsområder for sone 1359 Knippet

Profil	H / 0,25 x H	b	D	b/D*100	Skred-mekanisme	Løsneområde (L = 5*H)	Utløpsområde (Lu = 0,5*L)
A - øvre	20 m / 5 m	5,6 m	21 m	27 %	Rotasjon	100 m	50 m
A - nedre	10,4 m / 2,6 m	1,5 m	11,2 m	13 %	Rotasjon	52 m	26 m
B	14,4 m / 3,7 m	0,6 m	15,2 m	4 %	Rotasjon	72 m	36 m
E	9,8 m / 2,5 m	1,0 m	10,4 m	10 %	Rotasjon	49 m	25 m
F (profil D)	28 m / 7 m	3,9 m	29,8 m	13 %	Rotasjon	140m (100m)	50 m

Tabell 6-2: Tabell med oversikt over grunnlag for tolkning av skredmekanisme, med løsne- og utløpsområder for sone 2831 Nustadneset

Profil	H / 0,25 x H	b	D	b/D*100	Skred-mekanisme	Løsneområde (L = 5*H)	Utløpsområde (Lu = 0,5*L)
C	16,7 m / 4,2 m	3,2 m	18,2 m	18 %	Rotasjon	84 m	42 m
G	12 m / 3 m	0 m	11 m	0	Rotasjon	-	-

For vurdering av skredmekanismer og avgrensning av løsneområde er det sett til kap. 4.5.1 i NVEs 1/2019 [3]. Det er i noen av profilene utført stabilitetsberegning, og der det er utført stabilitetsberegning er det vurdert dybden til tangenten til den kritiske glideflaten (figur 4.4 [3]) mot 1:15-linja fra 0,25 x H (figur 4.5 [3]). Det vil si at der 1:15-linja fra tangenten til beregnet kritisk glideflate ligger dypere enn 0,25 x H, velges det for b/D-forholdet å ta utgangspunkt i 0,25 x H og 1:15-linja. Dette begrunnes også med at ved at for avgrensning av løsneområder i kap. 4.5.2 [3] under NGI-metoden foreslås det å begrense det til maks 0,25 x H.

6.3 Løsne- og utløpsområde

For å videre avgrense en kvikkleiresone, med løsne- og utløpsområder er det sett på ulike profiler. På grunn av topografien og beliggenheten av kvikkleirelaget, får vi i utgangspunktet mange rotasjonskred som overlapper hverandre langs skråningen (se Figur 8), og får et løsneområde som blir som en «lang mark». Disse løsneområdene er vanskelig å avgrense, om det ikke er tydelige topografiske beregninger som tydelige raviner, berg i dag o.l.



Figur 8: Eksempel overlappende rotasjonsskredmekanisme

Det er sett på muligheten for å dele opp i flere løснеområder med tilhørende utløpsområder for sone 1359 Knippet. For store deler av området er det ikke naturlige avgrensninger, og en slik oppdeling blir utfordrende. Det er derfor gått videre med et stort løснеområde, men med utløpsområder som tilsvarer faktiske løснеområder iht. rotasjonsskredmekanismen. Se Tabell 6-1 og Tabell 6-2 for oversikt over lengder på løсне- og utløpsområder for kritiske snitt.

Revidert løсне- og utløpsområde for sone 1359 Knippet er presentert på tegning nr. -002. Sonen er avgrenset mot Kvernbecken i nord, Stjørdalselva i vest og mot nordøst er løснеområdet avgrenset av berg i dagen. I sør er den avgrenset av topografi/Nygårdsbekken.

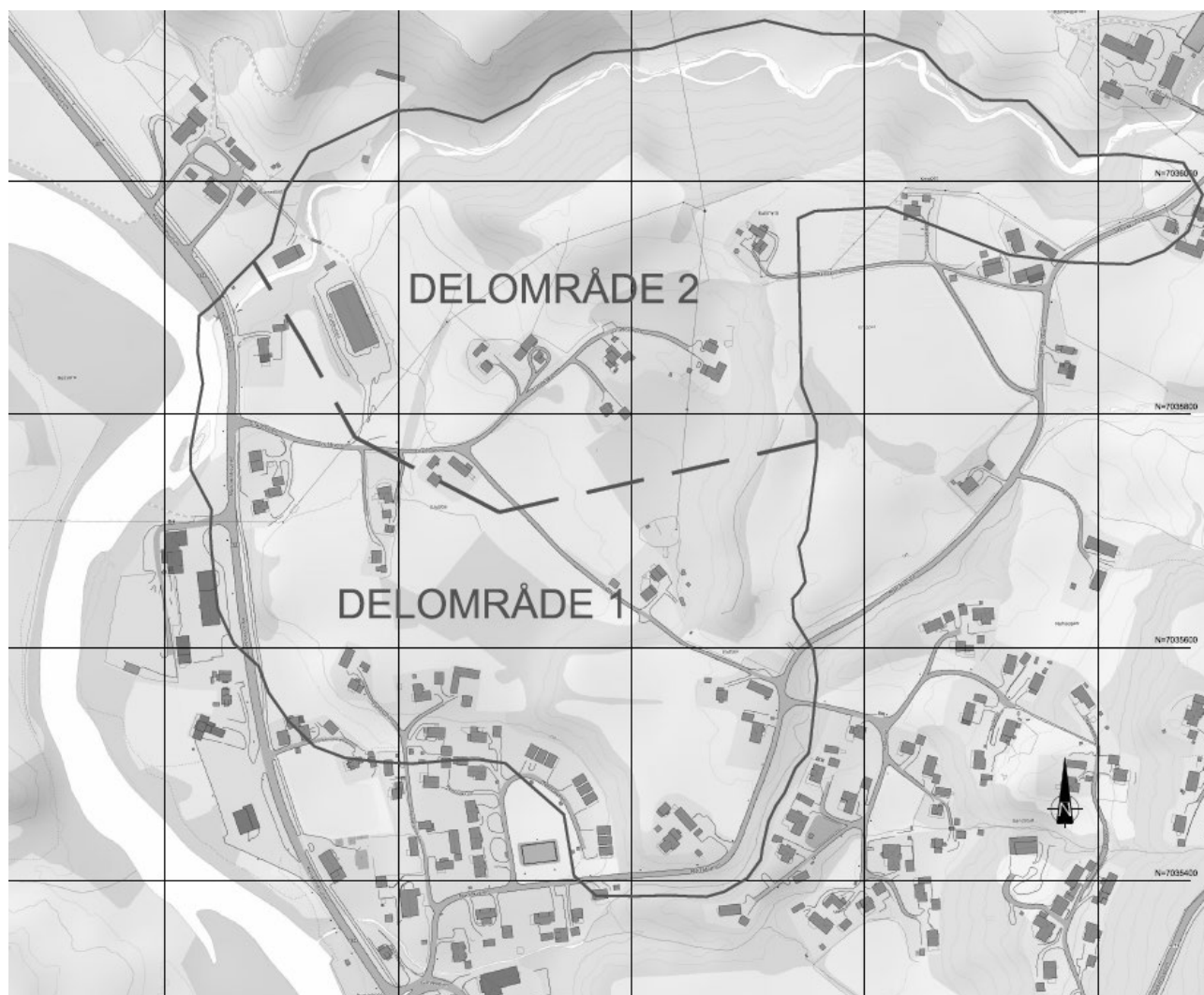
Løсне- og utløpsområde for sone 2831 Nustadneset er også presentert på tegning nr. -002. Avgrensningen for løснеområdet i nordøstlig retning er topografi (bekkeravine) sammen med avtakende høyde på skråning. Det ble utført supplerende grunnundersøkelser sør i Nustadneset faresone, presentert i rapport 10255347-RIG-RAP-003 [10]. Nye grunnundersøkelser er tegnet opp og presentert i profil G, som vist på tegning -003 og i vedlegg B. På bakgrunn av dette er det vurdert potensiale for skred, og lagdeling i profil G viser at laget med sprøbruddmateriale/kvikkleire ligger for dypt til at det er fare for områdeskred. Avgrensningen av løснеområde for sone 2831 Nustadneset i sørlig retning er derfor avgrenset mot Gimleveggen.

Stjørdal kommune utførte forsommeren 2024 elveprofilering som viser at elva er grunn (< 1 m) i området ved profil C, og ikke vil medføre risiko for skred som kan forplante seg bakover til Nustadneset faresone.

6.4 Delområder i sone 1359 Knippet

Det er utført noen sikringstiltak innenfor sone 1359 Knippet. Sikringstiltaket har bidratt til en prosentvis økning i sikkerhet for deler av sonen. Det er derfor vurdert å dele inn sone 1359 Knippet i to delområder for å enklere skille hvor sikringstiltakene er gjeldende. Denne inndelingen er presentert på tegning -004 og vist i Figur 9.

Inndelingen baseres på å skille skråninger der løsn- og tilhørende utløpsområde har forbedret stabiliteten prosentvis (iht. krav for tiltak i K4), og der det ikke er. Det er også vurdert at innenfor et delområde vil ikke tiltak i dette delområdet påvirkes av tiltak i det andre delområdet.



Figur 9: Uttlipp av tegning -004 som viser inndeling av delområder for tiltakskategori og tilhørende sikkerhetskrav.

Videre gir dette ulik mulighet for tiltak i tiltakskategori K4, i delområde 1 og delområde 2. For delområdene i sone 1359 Knippet vil følgende gjelde for tiltak i tiltakskategori K4:

- I delområde 1 vil tiltak som ikke forverrer stabiliteten, kunne gjennomføres
- I delområde 2 må det for tiltak gjøres geotekniske vurderinger som dokumenterer at krav til sikkerhet iht. Tabell 10-1 oppfylles



7 Klassifisering kvikkleiresoner

For klassifisering av kvikkleiresonene vises det til faktaark presentert i vedlegg B.

Faregradklassifiseringen viser at begge sonene klassifiseres med «lav» faregrad.

8 Kritiske profiler /materialeparametere

Kritiske skråninger er identifisert i tidligere utredning, presentert i rapport 413692-3, rev3 [6]. I tillegg er det sett på et profil nord i Knippet mot Kvernbekken samt et profil sør i Nustadnesetsonen, hhv. profil F og profil G presentert på tegning -003. Relevante kritiske profiler for vurdering av områdefaresoner for sone 1359 Knippet er profil A, profil B og profil E, profil F og for sone 2831 Nustadneset profil C og profil G.

9 Stabilitetsvurderinger og stabilitetsforbedrende tiltak

Det er tidligere i utredning i 2014 utført stabilitetsberegninger for vurdering av områdeskredfaren [6]. I 2 av profilene er sikkerhet mindre enn kravene og det ble vurdert prosentvis forbedring ved stabilitetsforbedrende tiltak. Disse stabilitetsforbedrende tiltakene ble utført i 2018, se kapittel 5. Kontroll av stabiliteten i rapport 413692-3 [6] i henhold til NVEs veileder nr. 1/2019 er utført og presentert i påfølgende kapitler. Beregningene viser at kravene for prosentvis forbedring i området rundt de stabilitetsforbedrende tiltakene oppnås for gjeldende veileder.

Stabiliteten i den nordlige delen av sone Knippet er noe forbedret som følge av heving av Kvernbekken, men ikke tilstrekkelig for ny bebyggelse iht. NVE 1/2019.

9.1 Sikkerhetskrav

Tiltakskategori K3 og K4 og en faresone med lav faregrad gir krav til sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Sprøbruddforholdet f_s er 1,15 ved forverring og 1,0 ellers. Ved bruk av prosentvis forbedring skal «Forbedring» i figur 3.3 i NVE 1/2019 benyttes for K4. For K3 gjelder «ikke forverring». I tillegg kreves at «erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges».

For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$ og robusthet $F_{cu} \geq 1,20$, evt. prosentvis «Forbedring» for tiltak i tiltakskategori K4. For tiltakskategori K1, K2 og K3 gjelder «ikke forverring».

9.2 Plassering av beregningsprofiler

Utredning av Knippet faresone for reguleringsplanen Meråker sentrum [6] er utført etter NVE 1/2014 og beskrev tiltak ved terrengplanering i sonen for å oppnå prosentvis forbedring. Ny veiledning NVE 1/2019 omfatter noe endret beregningsmetodikk, og vi har utført nye beregninger for kontroll av om krav til prosentvis forbedring er oppfylt etter ny veiledning. I tillegg er det i 2016 og 2021 utført stabilitetsberegninger for tiltak ut mot Stjørdalselva som dekker stabilitetsforholdene i dette området på vestsiden av E14.

For Nustadneset kvikkleiresone vurderer vi at profil C er representativt for kritisk skråning basert på topografi og utførte grunnundersøkelser, og beregninger er utført for dette profilet.

Profilpasseringer er vist på tegning 10255347-RIG-TEG-003.

9.3 Beregningsresultat

Beregnete sikkerhetsfaktorer er vist i Tabell 9-1 for situasjon før en utbygging, og etter utførte stabiliserende tiltak. Tabellen inkluderer også sikkerhetskrav etter NVE 1/2019. Vedlegg nr. A gjennomgår parametergrunnlag, beregningsforutsetninger og beregningsresultater i detalj.

Knippet faresone

For profil A, B og E har vi utført nye beregninger for skråningene øst for E14. Beregningsresultater er vist i Tabell 9-1. Beregningene viser at kravene for prosentvis forbedring for tiltakene er oppfylt for profilene A og B, og krav til absolutt sikkerhet er oppfylt for profil E (ADP analyse). Drenerte (aφ) analyser for profiler A, B og E er ikke utført på nytt, men er sammenstilt i samme tabell.

Tabell 9-1: Beregningsresultater kritiske snitt, før og etter stabiliserende tiltak

Profil	Analyse	Krav for tiltak i K4	Resultater – før tiltak	Resultater – etter tiltak	Prosentvis forbedring
A	ADP	Prosentvis forbedring (7,8%)	1,09	1,18	8,3 %
	aφ*	1,25	1,25*	1,48*	
B	ADP	Prosentvis forbedring (3,3%)	1,27	1,34	5,5 %
	aφ*	1,25	1,33*	1,43*	
E	ADP	1,61	1,62	-	-
	aφ*	1,25	1,64*	-	-

*Jf. tabell 4.4 i kapittel 4.6.2 i rapport 413692-2_rev3 (ref. [6])

Det er utført stabilitetsberegninger for kritiske snitt langs Kvernbekken, som er presentert i rapport 411543-3 [8]. Stabilitetsberegningene viser at med heving av bekkebunn med ca. 2 m ville gi et forbedret sikkerhetsnivå på ca. 5 %. NVE har utført sikring ved heving av bekkebunn med ca. 1 m, og det vurderes at sikringstiltaket utført av NVE har gitt en prosentvis forbedring på ca. 2-3 % i området langs Kvernbekken.

Nustadneset faresone – profil C

I kapittel 6.2 er det vurdert at aktuell skredmekanisme for profil C/Nustadneset faresone vil være rotasjonsskred. Beregninger og forutsetninger er vist i vedlegg A, og resultater er gjengitt nedenfor i Tabell 9-2.

Tabell 9-2: Beregningsresultater profil C

Profil	Analyse	Resultat, F
C	ADP-analyse	1,23 / 1,37*
	aφ-analyse	1,61

*Sammensatt glideflate

Beregningene viser at det for nye tiltak med tiltakskategori K4 i sonen er nødvendig med stabilitetsforbedrende tiltak.

10 Nye tiltak innen kvikkleiresonene 1359 Knippet og 2831 Nustadneset

Nye tiltak innenfor kvikkleiresone 1359 Knippet og 2831 Nustadneset må generelt vurderes iht. gjeldende retningslinjer, NVEs veileder nr. 1/2019. Det vil si at tiltaket må plasseres i en tiltakskategori, som igjen videre gir krav til sikkerhet. Krav til sikkerhet for områdeskredfare for de ulike tiltakskategoriene er presentert i Tabell 10-1.

I tillegg til krav til sikkerhet i skråninger, er det for tiltak i tiltakskategori K1, K3 og K4 krav om at erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges. Erosjonsvurdering utført for denne områdevurderingen er et øyeblikksbilde, og det må derfor utføres nye vurderinger av erosjon for nye tiltak.

Tabell 10-1: Krav til sikkerhet for tiltak i ulike tiltakskategorier for kvikkleiresone 1359 Knippet og 2831 Nustadneset, iht. NVEs veileder nr. 1/2019.

Tiltaks-kategori	Forverring	Ikke forverring	Skråning i faresone utenfor influenssonen til tiltaket	Erosjon***
K1	$F_{cu}/F_{c\phi}=1,61/1,25$	OK	-	Må vurderes
K2	$F_{cu}/F_{c\phi}=1,61/1,25$	OK	-	-
K3	$F_{cu}/F_{c\phi}=1,61/1,25$	OK*	-	Må vurderes
K4	$F_{cu}/F_{c\phi}=1,61/1,25$	$F_{cu}/F_{c\phi}=1,4/1,25^{**}$	$F_{cu}/F_{c\phi}=1,20/1,25^{**}$	Må vurderes

*Tillates «ikke forverring» fordi sonen 1359 Knippet og 2831 Nustadneset har «lav faregrad»

**Ved lavere sikkerhet må $F_{cu}/F_{c\phi}$ økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 i [3]

***Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges

Tiltakskategori K1, K2 og K3

I sone 1359 Knippet og 2831 Nustadneset vil nye tiltak i tiltakskategori K1, K2 og K3, som ikke forverrer stabiliteten, kunne gjennomføres. Det forutsettes at vurdering av *ikke forverring/forverring* utføres av geoteknisk fagkyndige personer.

Tiltakskategori K4

For delområdene vist i tegning 10255347-RIG-TEG-004 i sone 1359 Knippet, vil følgende gjelde for tiltak i tiltakskategori K4:

- I delområde 1 vil tiltak som ikke forverrer stabiliteten, kunne gjennomføres
- I delområde 2 må det for tiltak gjøres geotekniske vurderinger som dokumenterer at krav til sikkerhet iht. Tabell 10-1 oppfylles

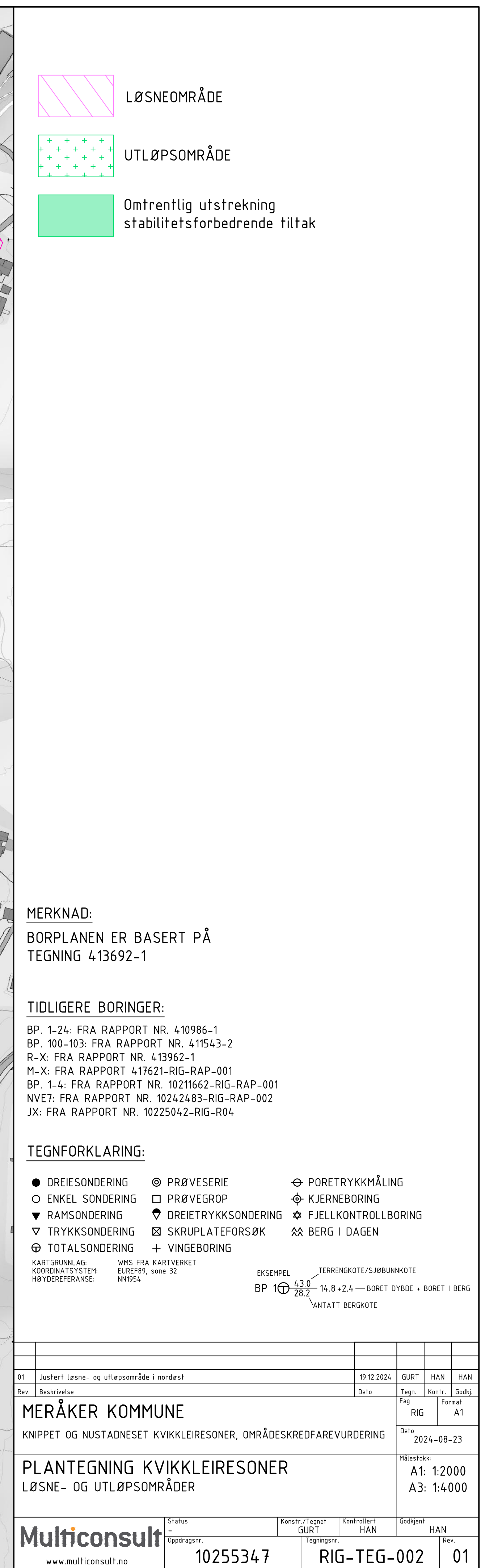
Det forutsettes at vurdering av gyldighet av forbedringen og *ikke forverring/forverring* utføres i hvert tilfelle av geoteknisk fagkyndig personer.

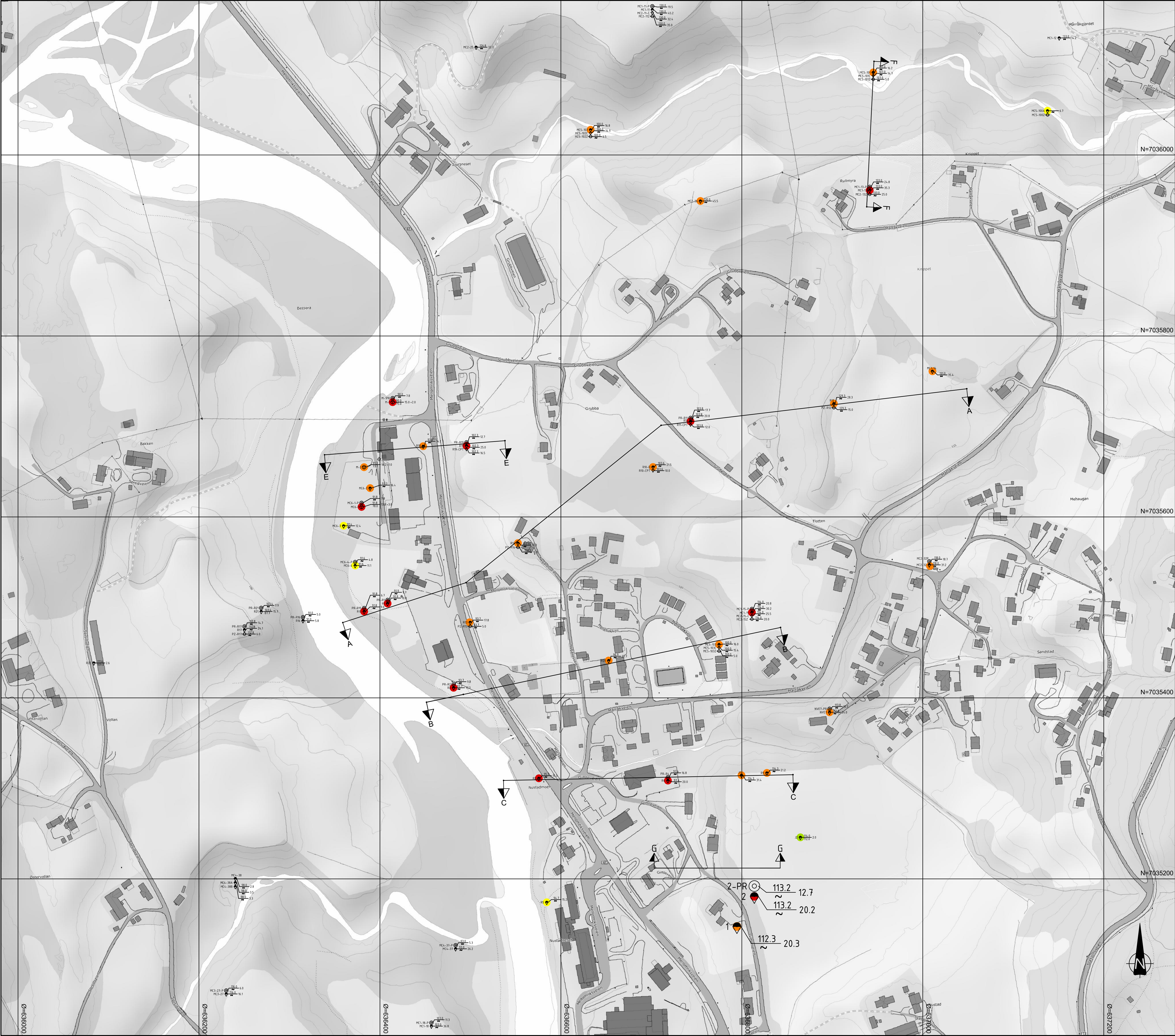
Tiltak som utføres innenfor kvikkleiresonene må også vurderes slik at lokal stabilitet ivaretas iht. SAK 10/TEK 17 og Eurokoder.



11 Referanser

- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Retningslinjer nr. 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar», datert revisjon mai 2014.
- [2] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Veileder nr. 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», datert april 2014
- [3] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Veileder nr. 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», datert desember 2020
- [4] NVE Atlas. <https://atlas.nve.no>, 2024
- [5] Multiconsult Norge AS, «Nygårdsbekken Meråker. Geoteknisk vurdering av erosjon». Notat nr. 10246037-RIG-NOT-001, datert 08.07.2022
- [6] Multiconsult Norge AS, «Meråker sentrum, Reguleringsplan. Geoteknisk vurdering», Rapport nr. 413692-2 rev3, datert 13.08.2014
- [7] Multiconsult, «Knippet/Merakernes, Meråker. Kvikkleiresoner. Geotekniske undersøkelser. Forbygningsvurdering.» Rapport nr. 411543-2 rev03, datert 07.07.2007
- [8] Multiconsult, «Kvernbecken, Meråker. Kvikkleiresone. Supplerende geoteknisk vurdering. Forbygning.» Rapport nr. 411543-3, datert 07.10.2008
- [9] Multiconsult Norge AS, «Detaljregulering Storneset, Meråker. Geoteknisk vurdering - områdestabilitet», Rapport nr. 10255347-RIG-RAP-001, datert 15.03.2024
- [10] Multiconsult Norge AS, «Detaljregulering Storneset, Meråker. Datarapport grunnundersøkelser», Rapport nr. 10255347-RIG-RAP-003, datert 21.11.2024





TEGNFORKLARING:

● DREIESONDERING

○ ENKEL SONDERING

▼ RAMSONDERING

▽ TRYKKSONDERING

⊗ TOTALSONDERING

⊗ PRØVESERIE

□ PRØVEGROP

⊗ DREITRYKKSONDERING

⊗ SKRUPLATEFORSØK

+ VINGEBORING

⊗ PORETRYKKMÅLING

⊗ KJERNEBORING

⊗ FJELLKONTROLLBORING

⊗ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG:
KOORDINATSYSTEM:
HØYDEREFERANSE:

WMS FRA KARTVERKET
EUREF89, sone 32
NN2000

EKSEMPEL
BP 10 $\frac{43.0}{28.2}$ 14.8+2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG
ANTATT BERGKOTE

KLASSIFISERING AV BORPUNKT:

- PÅVIST KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- ANTATT KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- IKKE ANTATT KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- IKKE PÅVIST KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE

TIDLIGERE BORINGER:

M: Multiconsult, rapport nr. 417621-RIG-RAP-001 (2015) Meråker renseanlegg-NN2000
MC1: Multiconsult, rapport nr. 410986-1 (2008) kvikkleirekartlegging Meråker-NN1954
MC2: Multiconsult, rapport nr. 411543-1 (2006) Knippet/Meråkeres, Meråker-NN1954
MC3: Multiconsult, rapport nr. 411544-1 (2006) Lauvli, Meråker-NN1954
MC4: Multiconsult, rapport nr. 411544-2 (2008) Lauvli, Meråker-NN1954
MC5: Multiconsult, rapport nr. 411543-2 (2007) Knippet/Meråkeres, Meråker-NN1954
MC6: Multiconsult, rapport nr. 10211662-RIG-RAP-001 (2022) Meråker renseanlegg-NN2000
R-X: Multiconsult, rapport nr. 413692-1 (2011) Reguleringsplan Meråker sentrum-NN1954
NVE7: Multiconsult, rapport nr. 10242483-RIG-RAP-002 (2022) GRUS Høfletet, Meråker-NN2000
JX: Sweco, rapport nr. 10225042-RIG-R04 (2022) Meråker, Meråker kommune-NN2000

Nye boringer, BP. 1 og BP. 2-NN2000

-	-	-	-	-	-
Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
MERÅKER KOMMUNE	Fag	RIG	Format	A1	
	KNIPPET OG NUSTADNESET KVIKKLEIRESONER, OMRÅDESKREDFAREVURDERING				
	Dato 2024-11-21				
Borplan med profiler og klassifisering av borpunkt	Hålestokk: A1: 1:2000 A3: 1:4000				
Multiconsult	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
	-	JKM	GURT	HAN	
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.		
www.multiconsult.no	10255347	RIG-TEG-003			00



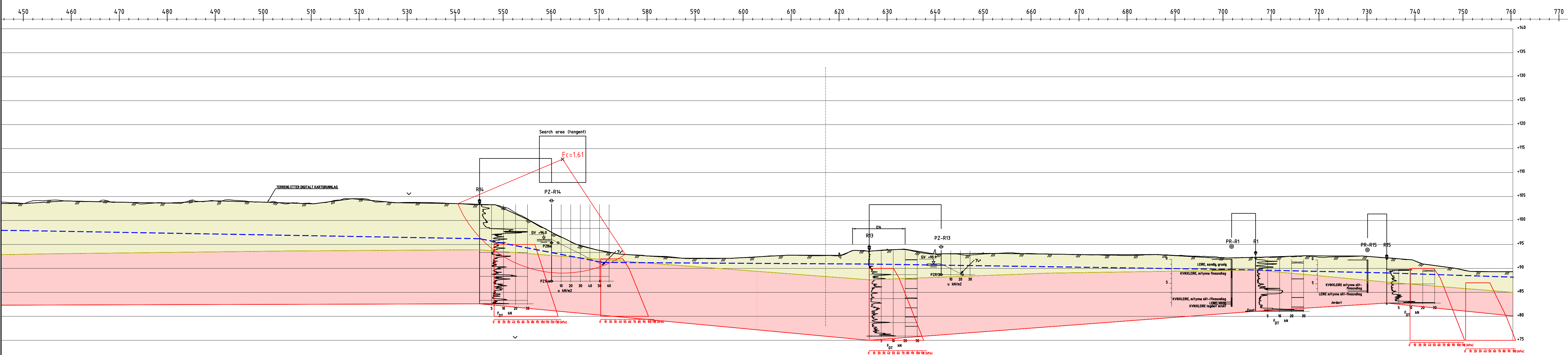
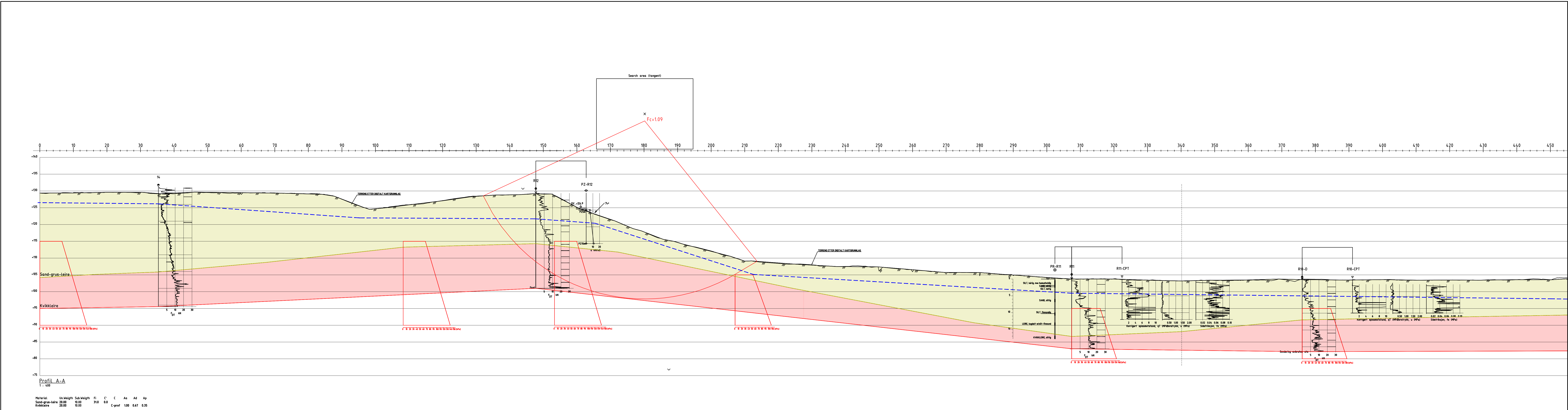
Krav til sikkerhet iht. NVEs veileder nr. 1/2019:

Tiltakskategori K1, K2 og K3
Nye tiltak i tiltakskategori K1, K2 og K3, som ikke forverrer stabiliteten vil kunne gjennomføres. Det forutsettes at vurdering av ikke forverring/forverring utføres av geoteknisk fagkyndige personer.

- Tiltakskategori K4
For delområdene presentert vil følgende gjelde for tiltak i tiltakskategori K4:
- I delområde 1 vil tiltak som ikke forverrer stabiliteten, kunne gjennomføres
 - I delområde 2 må det for tiltak gjøres geotekniske vurderinger som dokumenterer at krav til sikkerhet iht. tabell 10-1 i rapport 10255347-RIG-RAP-002 oppfylles

Erosjonssikring
I tillegg til krav til sikkerhet i skråninger, er det for tiltak i tiltakskategori K1, K3 og K4 krav om at erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges.

01	Justert beskrivelsekst og utstrekning delområde 2 nordøst	10.01.2025	GURT	HAN	HAN
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			RIG		A1
MERÅKER KOMMUNE		KNIPPET OG NUSTADNESET KVIKKLEIRESONER, OMRÅDESKREDFAREVURDERING		Dato 2024-11-07	
KNIPPET KVIKKLEIRESONE		PLANTEGNING DELOMRÅDER		Målestokk: A1: 1:2000 A3: 1:4.000	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		GURT	GURT	HAN	HAN
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.	
10255347		RIG-TEG-004		01	

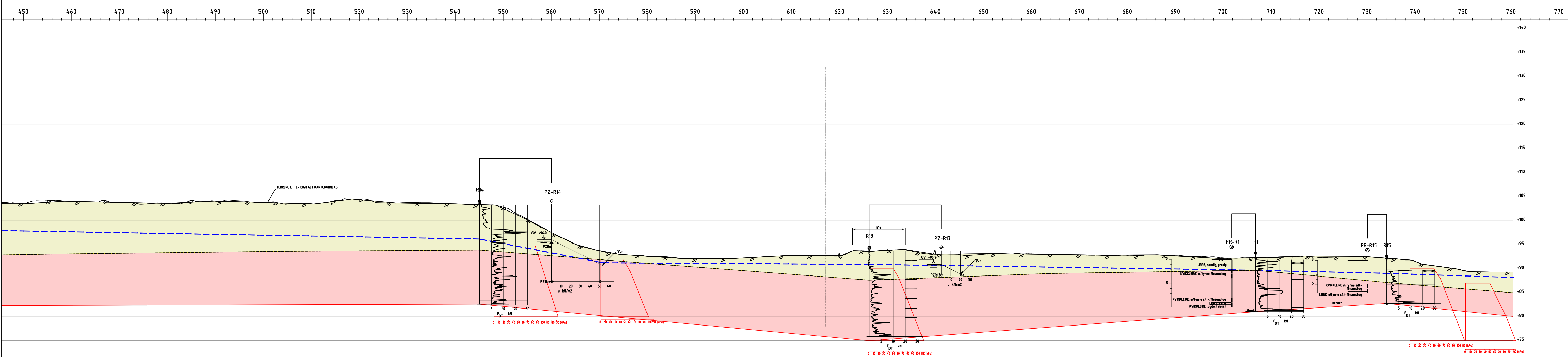
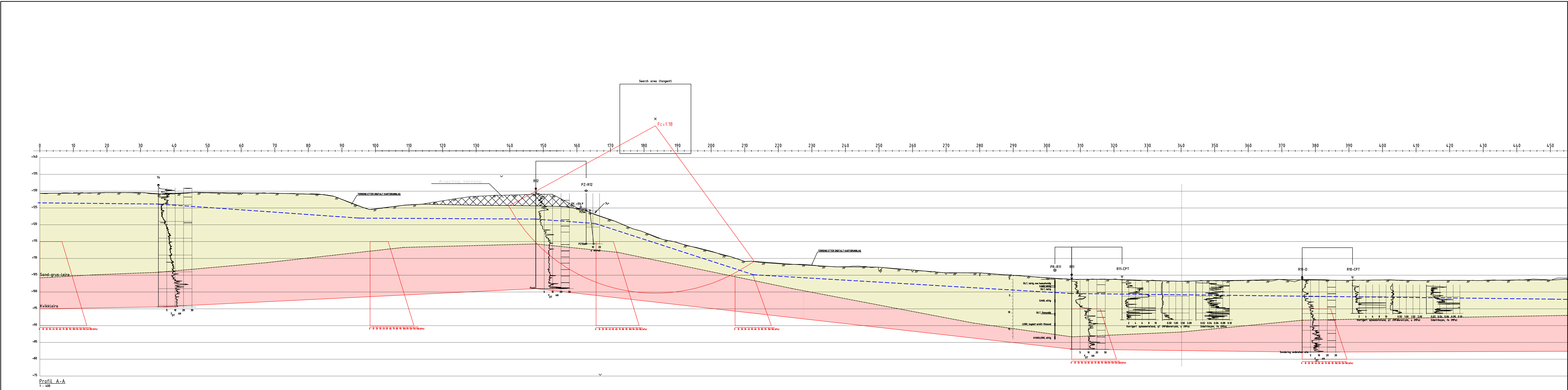


01	JUSTERTE VERDIER FOR NEDDYKKET TYNGDETTHET	2025-01-10	AMG	GURT	HAN
00	STABILITETSBEREGNING	2024-03-14	AMG	ALM	GURT
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

MERÅKER KOMMUNE
KNIPPET OG NUSTADNESET KVIKKLEIRESONER, OMRÅDESKREDFAREVURDERING
PROFIL A-A STABILITETSBEREGNING
FØR TILTAK, UDRENET ANALYSE, ADP BEREGNING

Status	UTSENDT	Fag	RIG	Originalt format	A3	Dato	2025-01-10
Konstr./Tegnet	AMG	Kontrollert	GURT	Godkjent	HAN	Målestokk	1:400
Oppdragsgiver	10255347	Tegningsnr.	RIG-TEG-800	Rev.	01		

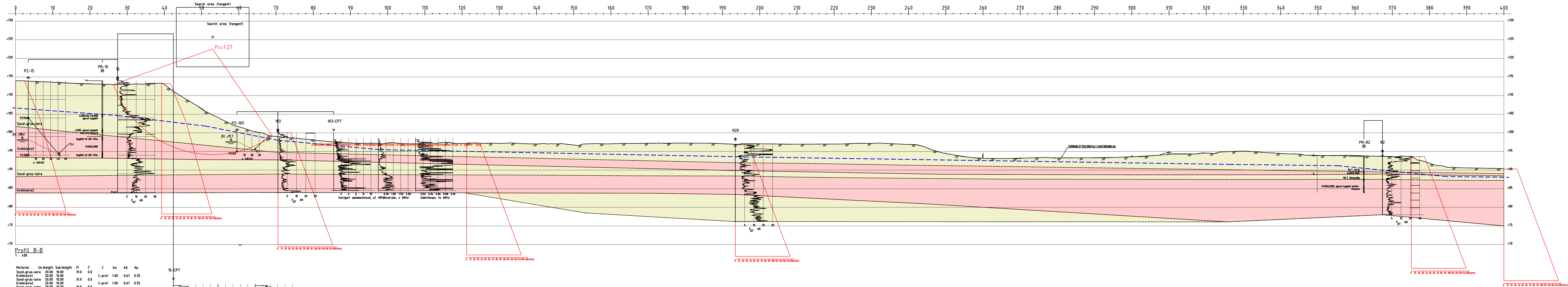


01	JUSTERTE VERDIER FOR NEDDYKKET TYNGDETETHET	2025-01-10	AMG	GURT	HAN
00	STABILITETSBEREGNING	2024-03-14	AMG	ALM	GURT
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

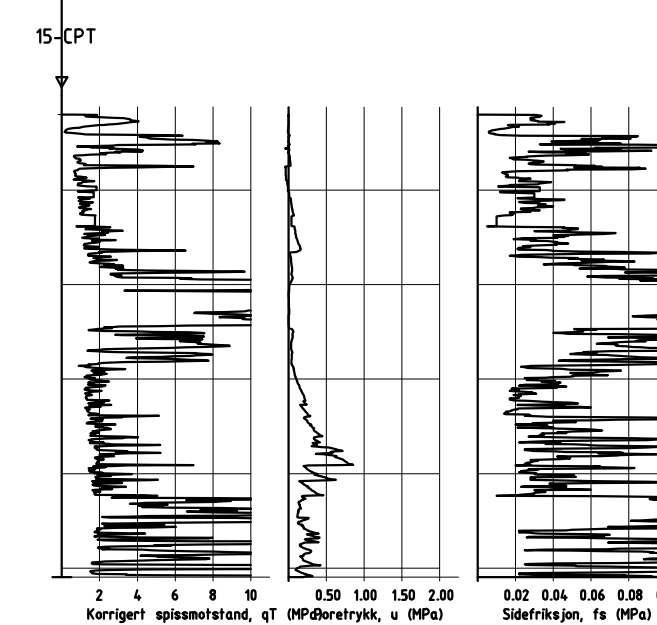
MERÅKER KOMMUNE
KNIPPET OG NUSTADNESET KVIKKLEIRESONER, OMRÅDESKREDFAREVURDERING
PROFIL A-A STABILITETSBEREGNING
ETTER TILTAK, UDRENERT ANALYSE, ADP BEREGNING

Status	UTSENDET	Fag	RIG	Originalt format	A3	Dato	2025-01-10
Konstr./Tegnet	AMG	Kontrollert	GURT	Godkjent	HAN	Målestokk	1:400
Oppdragsgiver	10255347	Tegningsser	RIG-TEG-801	Rev.	01		



Profil B-B
1 : 400

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand-grus-leire	20.00	10.00	31.0	0.0	C-prof	1.00	0.67	0.35
Kvikkleire1	20.00	10.00	31.0	0.0	C-prof	1.00	0.67	0.35
Sand-grus-leire	20.00	10.00	31.0	0.0	C-prof	1.00	0.67	0.35
Kvikkleire2	20.00	10.00	31.0	0.0	C-prof	1.00	0.67	0.35
Sand-grus-leire	20.00	10.00	31.0	0.0	C-prof	1.00	0.67	0.35

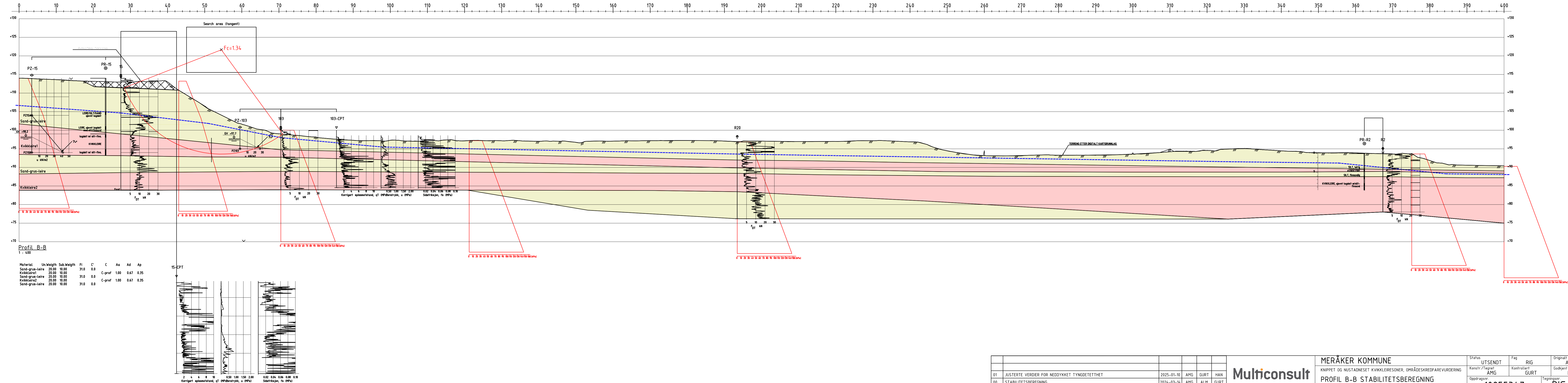


01	JUSTERTE VERDIER FOR NEDDYKKET TYNGDETETHET	2025-01-10	AMG	GURT	HAN
00	STABILITETSBEREGNING	2024-03-14	AMG	ALM	GURT
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

MERÅKER KOMMUNE
KNIPPET OG NUSTADNESET KVIKKLEIRESONER, OMRÅDESKREDFAREVURDERING
PROFIL B-B STABILITETSBEREGNING
FØR TILTAK, UDRENET ANALYSE, ADP BEREGNING

Status	UTSENDT	Fag	RIG	Originalt format	A3LLL	Dato	2025-01-10
Konstr./Tegnet	AMG	Kontrollert	GURT	Godkjent	HAN	Målestokk	1:4.00
Oppdragsnr.	10255347	Tegningsnr.	RIG-TEG-802	Rev.	01		

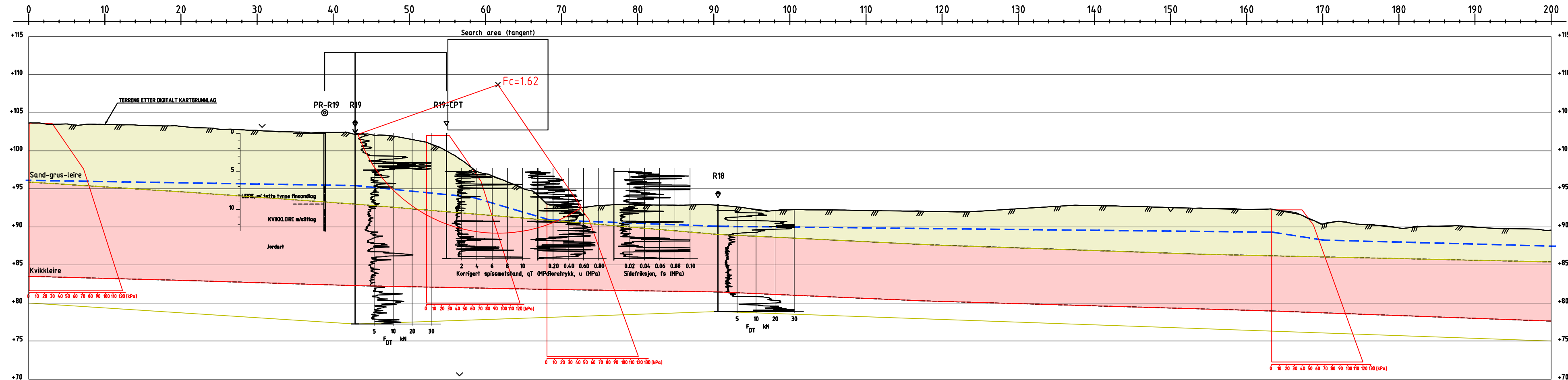


01	JUSTERTE VERDIER FOR NEDDYKKET TYNGDETETHET	2025-01-10	AMG	GURT
00	STABILITETSBEREGNING	2024-03-14	AMG	ALM
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.

Multiconsult
www.multiconsult.no

MERÅKER KOMMUNE KNIPPET OG NUSTADNESET KVIKKLEIRESONER, OMRÅDESKREDFAREVURDERING PROFIL B-B STABILITETSBEREGNING ETTER TILTAK, UDRENERT ANALYSE, ADP BEREGNING
--

Status	UTSENDT	Fag	RIG	Originalt format	A3LLL	Dato	2025-01-10
Konstr./Tegnet	AMG	Kontrollert	GURT	Godkjent	HAN	Målestokk	1:400
Oppdragsnr.	10255347	Tegningsnr.	RIG-TEG-803			Rev.	01



Profil E-E
1 : 400

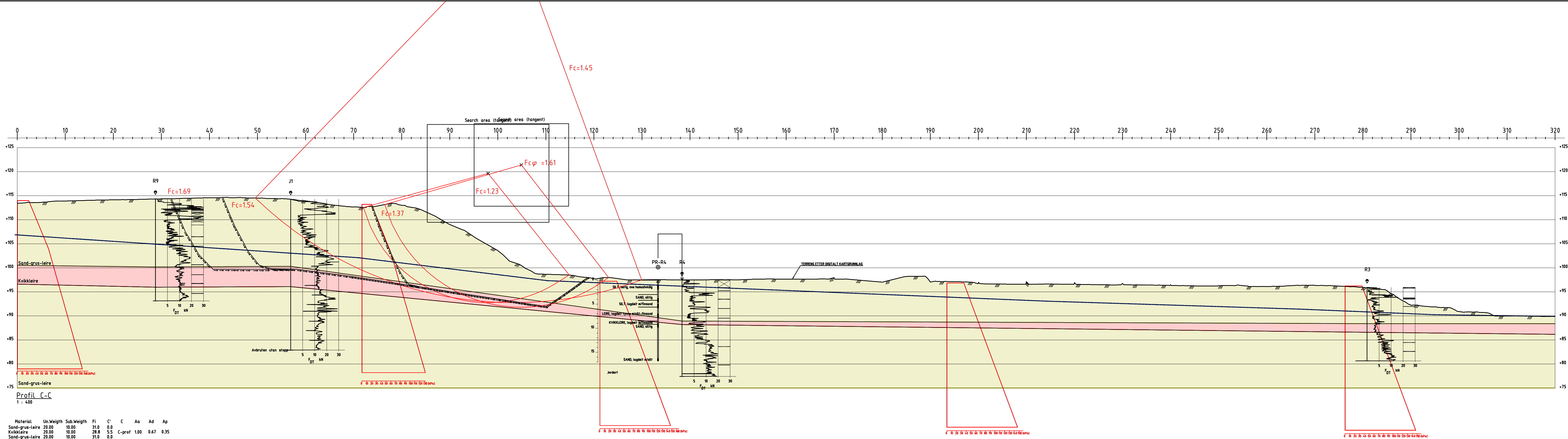
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand-grus-leire	20.00	10.00	31.0	0.0				
Kvikkleire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.67	0.35

01	JUSTERTE VERDIER FOR NEDDYKKET TYNGDETTHET	2025-01-10	AMG	GURT	HAN
00	STABILITETSBEREGNING	2024-03-14	AMG	ALM	GURT
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

MERÅKER KOMMUNE
KNIPPET OG NUSTADNESET KVIKKLEIRESONER, OMRÅDESKREDFAREVURDERING
PROFIL E-E STABILITETSBEREGNING
UDRENERT ANALYSE, ADP BEREGNING

Status	UTSENDT	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	2025-01-10
Konstr./Tegnet	AMG	Kontrollert	GURT	Godkjent	HAN	Målestokk	1:400
Oppdragsnr.	10255347	Tegningsnr.	RIG-TEG-804	Rev.	01		



Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Ao	Ad	Ap
Sand-grus-leire	20.00	10.00	31.0	0.0				
Kvikkleire	20.00	10.00	28.8	5.5	C-prof	1.00	0.67	0.35
Sand-grus-leire	20.00	10.00	31.0	0.0				

01	JUSTERTE VERDIER FOR NEDDYKKET TYNGDETETHET	2025-01-10	AMG	GURT	HAN
00	STABILITETSBEREGNING	2024-03-14	AMG	ALM	GURT
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

MERÅKER KOMMUNE
KNIPPET OG NUSTADNESET KVIKKLEIRESONER, OMRÅDESKREDFAREVURDERING
PROFIL C-C STABILITETSBEREGNINGER
ADP BEREGNING OG AFI BEREGNING

Status	UTSENDT	Fag	RIG	Original format	A3LLL	Dato	2025-01-10
Konstr./Tegnet	AMG	Kontrollert	GURT	Godkjent	HAN	Målestokk	1:4.00
Oppdragsnr.	1025534 7	Tegningsnr.	RIG-TEG-805	Rev.			01

RAPPORTVEDLEGG

Detaljreguleringsplan Storneset, Meråker

OPPDRAKSGIVER

Meråker kommune

VEDLEGG A

EMNE

Knippet og Nustadneset kvikkleiresoner -
Områdeskredfarevurdering

DOKUMENTKODE: 10255347-RIG-RAP-002

Stabilitetsberegninger

Innhold

1	Tolkning av beregningsparametere	2
1.1	Materialparametere effektivspenning	2
1.2	Grunnvannsnivå og poretrykksfordeling	2
1.3	Tolkning av konsolideringsforhold	3
1.4	Tolkning av styrkeparametere	3
1.5	Anisotropifaktorer	4
2	Stabilitetsberegninger	5
2.1	Generelt	5
2.2	Beregningsverktøy	5
2.3	Laster	5
2.4	Beregningsresultater	5
3	Referanser	8

Multiconsult

1 Tolkning av beregningsparametere

Det er benyttet beregningsparametere beskrevet i Multiconsult rapport 413692-2 [1]. Tolkning er gjort på basis av utførte laboratorieundersøkelser på opptatte prøveserier og utførte CPTU-sonderinger.

ADP-faktorer endret fra beregninger i rapport 413692-2 [1] etter nye retningslinjer i NVEs veileder 1/2019 [2]. Se også krav til sikkerhet i kap. 2.4.

1.1 Materialparametere effektivspenning

Valgte materialparametre er angitt i Tabell 1-1.

Tabell 1-1: Sammenstilling av benyttede materialparametere.

Løsmasse	Tyngdetetthet, γ / γ' [kN/m ³]	Friksjon, $\tan \phi_k$	Attraksjon, a [kPa]
Lagdelt sand/grus/leire	20/10	0,60 ($\phi_k=31,0^\circ$)	0
Kvikkleire	20/10	0,55 ($\phi_k=28,8^\circ$)	10

1.2 Grunnvannsnivå og poretrykksfordeling

Grunnvannsnivå og poretrykksfordeling er beskrevet i rapport 413692-2 [1]. Aktuelle poretrykksavlesninger er vist i Tabell 1-2.

Tabell 1-2: Poretrykksavlesninger

Borpunkt	Kote terreng	Kote piezometerspiss	Løsmasser ved pz-spiss	Høyeste avleste poretrykk [kPa]	Grunnvannsnivå fra poretrykk [kote]
R12	+129,3	+124,3	Antatt lagdelt sand/grus/leire	4,5	+124,8
R12	+129,3	+114,3	Antatt leire	11,3	+115,4
R13	+93,7	+88,7	Antatt lagdelt sand/grus/leire	22,2	+90,9
R14	+103,3	+95,3	Antatt lagdelt sand/grus/leire	7,0	+96,0
R14	+103,3	+87,3	Antatt kvikkleire	50,7	+92,4

1.3 Tolkning av konsolideringsforhold

Det vises til rapport 413692-2 [1] for tolkning av konsolideringsforhold.

1.4 Tolkning av styrkeparametere

Figur 1-1 og Figur 1-2 viser utsnitt fra rapport 413692-2 [1] med tolkning av styrkeparametere og C-profiler for totalspenningsanalyse, samt styrkeparametere for effektivspenningsanalyse.

Udrenerte styrkeparametre

s_u fra enaks og konus

Verdier for s_u fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er i våre vurderinger benyttet som verdier for direkte skjærstyrke, s_{uD} . Rutineundersøkelsene viser store variasjoner i målt udrenert skjærstyrke og indikerer varierende prøve kvalitet. I plot av s_{uD} tolket fra CPTU er s_{uD} omregnet til s_{uA} .

s_{uA} fra treaksialforsøk

Karakteristiske verdier (s_{uA}) er tatt ut ved brudd.

s_{uA} fra CPTU-sonderinger

For bestemmelse av udrenert skjærstyrke er CPTU-sonderingene korrelert iht. empirisk baserte tolkningsfaktorer etter Karlsrud m. fl., se ref. /11/ og /13/. For finkornige masser med relativt homogene forhold betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis normalt som den mest egnede metoden. Da grunnforholdene er lagdelte med friksjons- og kohesjonsmasser i tynne lag er det valgt å legge vekt på korrelasjoner på spissmotstandsbasis.

Det er benyttet forskjellig korrelasjon på leire og kvikkleire/sprøbruddmaterialer (differensiert i forhold til lagdeling/sensitivitet).

Det er ikke tolket udrenert skjærfasthet fra CPTU i BP. R10 og R11 da prøvetaking viser at massene i den sonderete dybden i hovedsak er friksjonsmasser og ikke kohesjonsmasser.

Figur 1-1: Utsnitt fra rapport 413692-2 med beskrivelse av tolkning av udrenerte styrkeparametere basert på treaksialforsøk og CPTU-sonderinger

Effektivspenningsparametre, friksjonsvinkel, ϕ_k

For effektivspenningsparametere på leira og kvikkleira er det tatt ut a - ϕ parametre fra de udrenerte treaksialforsøkene. For de andre materialene er det benyttet erfaringsverdier.

Lagdelt sand/grus/leire

Basert på erfaringsverdier vurderes karakteristisk friksjonsvinkel til å være $\phi_k = 31,0^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,55$) og attraksjon $a = 0$ kPa.

Kvikkleire

Bruddstyrken er tatt ut ved 1-3 % tøyning. Den store variasjonen i tøyning skyldes at forsøkene viser noe prøveforstyrrelse. Ut i fra treaksialforsøkene vurderes karakteristisk friksjonsvinkel til å være $\phi_k = 28,8^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,55$) og attraksjon $a = 10$ kPa. Tolket styrke fra treaksialforsøkene er vist på tegning nr. 413692-79 og -80.

Valgte styrkeparametere benyttet ved beregningene er angitt i tabell 4.3 under.

Figur 1-2: Utsnitt fra rapport 413692-2 med beskrivelse av tolkning av drenerte styrkeparametere basert på treaksialforsøk og erfaringsverdier

1.5 Anisotropifaktorer

Tabell 1-3 oppsummerer anvendte ADP-faktorer for udrenerte materialer.

Tabell 1-3: Oversikt over valgte ADP-faktorer.

$c_{U,A}$	$c_{U,D} / c_{U,A}$	$c_{U,P} / c_{U,A}$
1,00	0,67	0,35

2 Stabilitetsberegninger

2.1 Generelt

Det er utført stabilitetsberegning i fire profiler; A, B, C og E. Det er utført beregninger på totalspenningsbasis for profil A, B og E, samt total- og effektivspenningsbasis for profil C. Plassering av profilene er vist på situasjonsplan i tegning nr. 413962-1, rev. A.

2.2 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført i beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 24.0.a.0 med beregningsmetode «BEAST 2003». Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetoden, og anvender en versjon av lamellemetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også søkt etter sammensatte skjærflater.

2.3 Laster

Det er i stabilitetsberegningene ikke medtatt laster da veger/hus hovedsakelig er plassert i bunn av skråning (gunstig). I tillegg er det vurdert at laster fra ev. hus er konsentrerte laster og ikke er representativ for skråningens stabilitet.

2.4 Beregningsresultater

Generelt

Beregningsresultat er vist i tegninger presentert i Tabell 2-1.

Tabell 2-1: Tegninger stabilitetsberegninger

Tegning nr.	Profil	Beregning
10255347-RIG-TEG-800	A	Totalspenningsanalyse (ADP) før tiltak
10255347-RIG-TEG-801	A	Totalspenningsanalyse (ADP) etter tiltak
10255347-RIG-TEG-802	B	Totalspenningsanalyse (ADP) før tiltak
10255347-RIG-TEG-803	B	Totalspenningsanalyse (ADP) etter tiltak
10255347-RIG-TEG-804	E	Totalspenningsanalyse (ADP)
10255347-RIG-TEG-805	C	Totalspenningsanalyse (ADP), effektivspenningsanalyse (aφ)

NVEs regelverk gjelder for områder der det er påvist sensitive masser/ kvikkleire.

Krav til sikkerhet iht. NVE [2]

Hvis tiltak i tiltakskategori K3 eller K4 forverrer stabiliteten, skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.

Sprøhetsforholdet, f_s er definert ved:

$$F_{c,u;sprø} = F_{c,u}/f_s$$

hvor

$F_{c,u;sprø}$ - Sikkerhetsfaktor for et sprøtt brudd ($F_{c,u;sprø} \geq 1,4$, jf. krav i kap. 3.3)

$F_{c,u}$ - Sikkerhetsfaktor for et perfekt plastisk brudd (grenselikevektsmetoden)

f_s - Sprøhetsforholdet = 1,15

Metoden innebærer en endring fra tidligere veiledere hvor korreksjonen ble lagt på reduksjon av aktiv skjærfasthet i lag med sprøbruddmateriale. Ved denne endringen skal det ikke gjøres noen reduksjon av skjærfastheter i selve beregningen, mens det i stedet gjøres en reduksjon av resulterende sikkerhetsfaktor.

Hvis tiltak i tiltakskategori K3 eller K4 ikke forverrer stabiliteten, skal det kreves sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 i NVEs veileder 1/2019 [2]. For tiltak i K3 innenfor kvikkleiresoner med «lav faregrad» gjelder «Ikke forverring». I tillegg kreves det at «erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges».

For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$ og robusthet $F_{cu} \geq 1,20$, evt. prosentvis «Forbedring» for tiltak i tiltakskategori K4. For tiltakskategori K1, K2 og K3 gjelder «ikke forverring».

Profil A

For stabilitetsberegninger i profil A er det benyttet lik lagdeling og beregningsparametere som i rapport 413692-2 [1].

Laveste beregnede sikkerhet før tiltak ved udrenert analyse (ADP) er beregnet til 1,09.

Etter tiltak ved avlastning av terrenget i toppen av skråningen, er laveste beregnede sikkerhet ved udrenert analyse beregnet til 1,18.

Dette gir en prosentvis forbedring på 8,3 %, noe som tilfredsstiller minimumskravet fra NVEs veileder [2] på ca. 7,8 %.

Profil B

For stabilitetsberegninger i profil B er det benyttet lik lagdeling og beregningsparametere som i rapport 413692-2 [1].

Laveste beregnede sikkerhet før tiltak ved udrenert analyse (ADP) er beregnet til 1,27.

Etter tiltak ved avlastning av terrenget i toppen av skråningen, er laveste beregnede sikkerhet ved udrenert analyse beregnet til 1,34.

Dette gir en prosentvis forbedring på 5,5 %, noe som tilfredsstiller minimumskravet fra NVEs veileder [2] på ca. 3,3 %.

Profil E

Laveste beregnede sikkerhet før tiltak ved udrenert analyse (ADP) er beregnet til 1,62, som tilfredsstiller krav til sikkerhet på 1,61.

VEDLEGG A: Stabilitetsberegninger**Oppsummering**

Tabell 2-2: Beregningsresultater kritiske snitt

Profil	Analyse	Krav	Resultater – før tiltak	Resultater – etter tiltak	Prosentvis forbedring
A	ADP	Prosentvis forbedring 7,8 %	1,09	1,18	8,3 %
B	ADP	Prosentvis forbedring 3,3 %	1,27	1,34	5,5 %
E	ADP	1,61	1,62	-	-

Det er ikke utført nye beregninger i drenert tilstand, dvs. effektivspenningsanalyse eller aφ-analyse, og resultatene presentert i rapport 413692-2_rev3 anses å være gyldige.

Profil C

For stabilitetsberegninger i profil C er det benyttet beregningsparametere basert på profil B i rapport 413692-2 [1].

Tabell 2-3: Beregningsresultater profil C

	Rotasjonsskred, skråningskant,	Rotasjonsskred, skråningskant +40 m	Flaksskred skråningskant,	Flaksskred skråningskant +35 m	Flaksskred skråningskant +45 m
Resultater ADP-analyse	1,23	1,45	1,37	1,54	1,69
Resultater aφ-analyse	1,61				

3 Referanser

- [1] Multiconsult Norge AS, "Meråker sentrum. Reguleringsplan. Geoteknisk vurdering," 413692–2, May 2010.
- [2] Norges vassdrags- og energidirektorat, "Sikkerhet mot kvikkleireskred : Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper (V:1-2019)," NVE, Veileder 1–2019, Desember 2020.

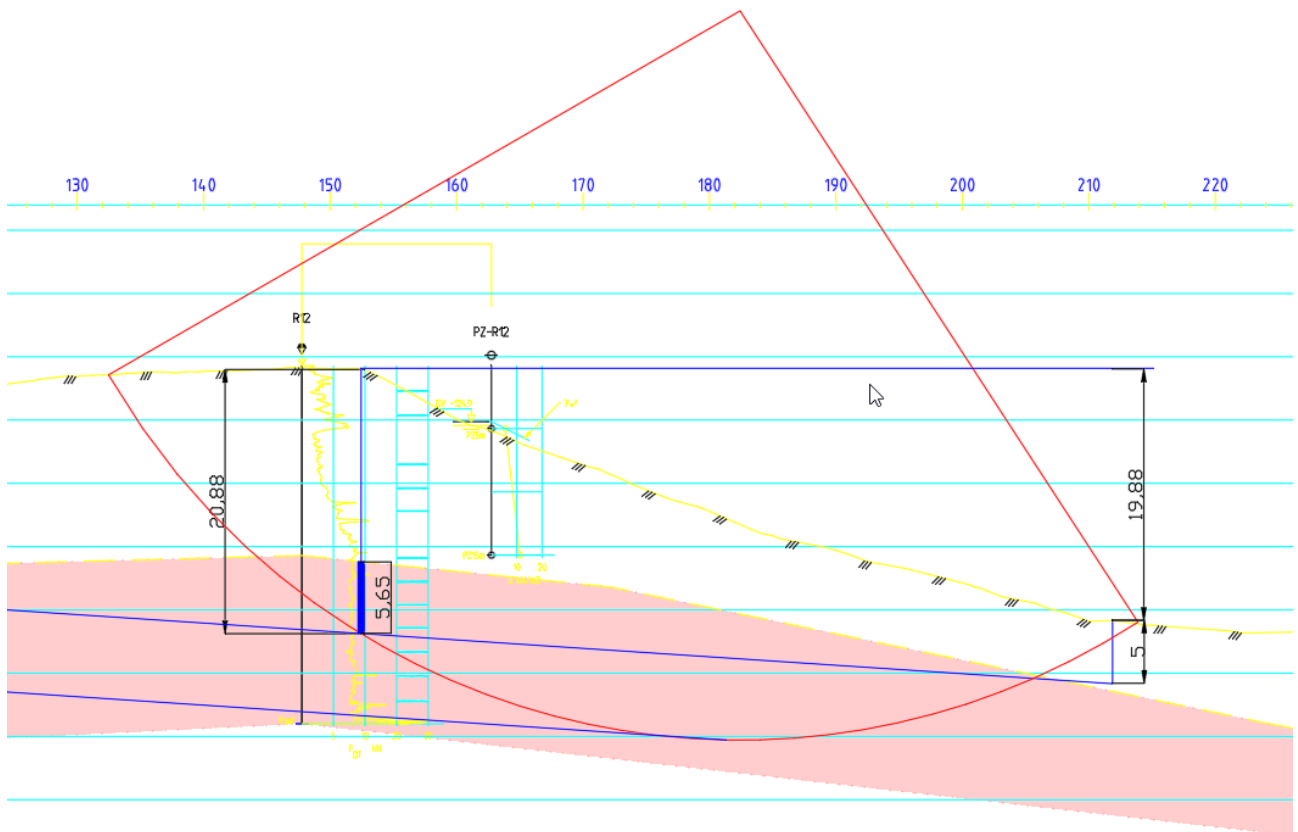


Vedlegg B

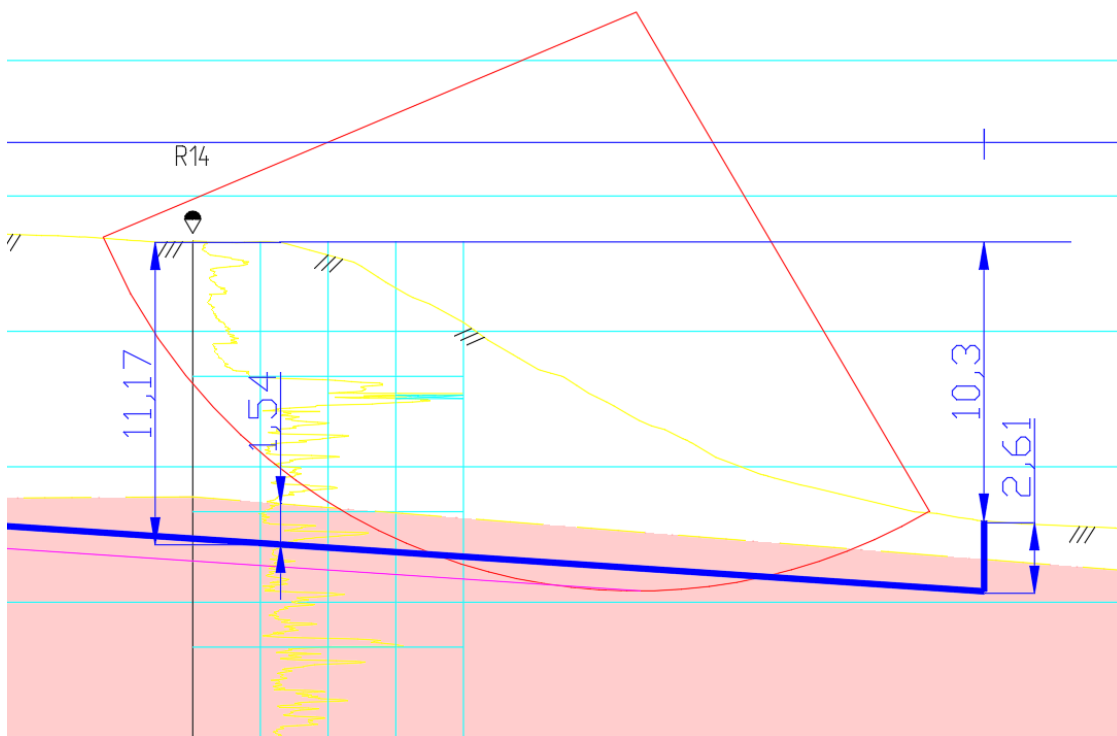
Utsnitt profiler for tolkning skredmekanisme samt løsne- og utløpslengder



Profil A – øvre

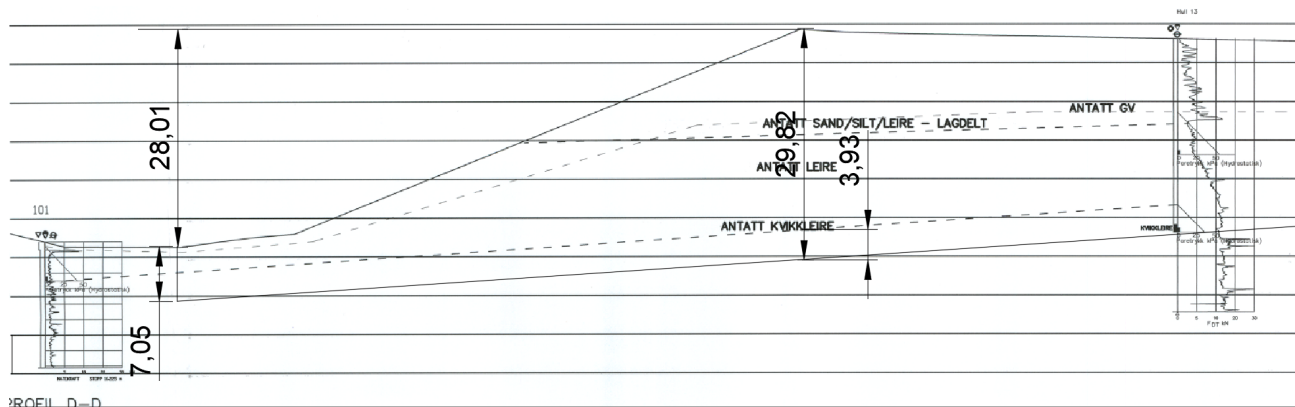


Profil A – nedre

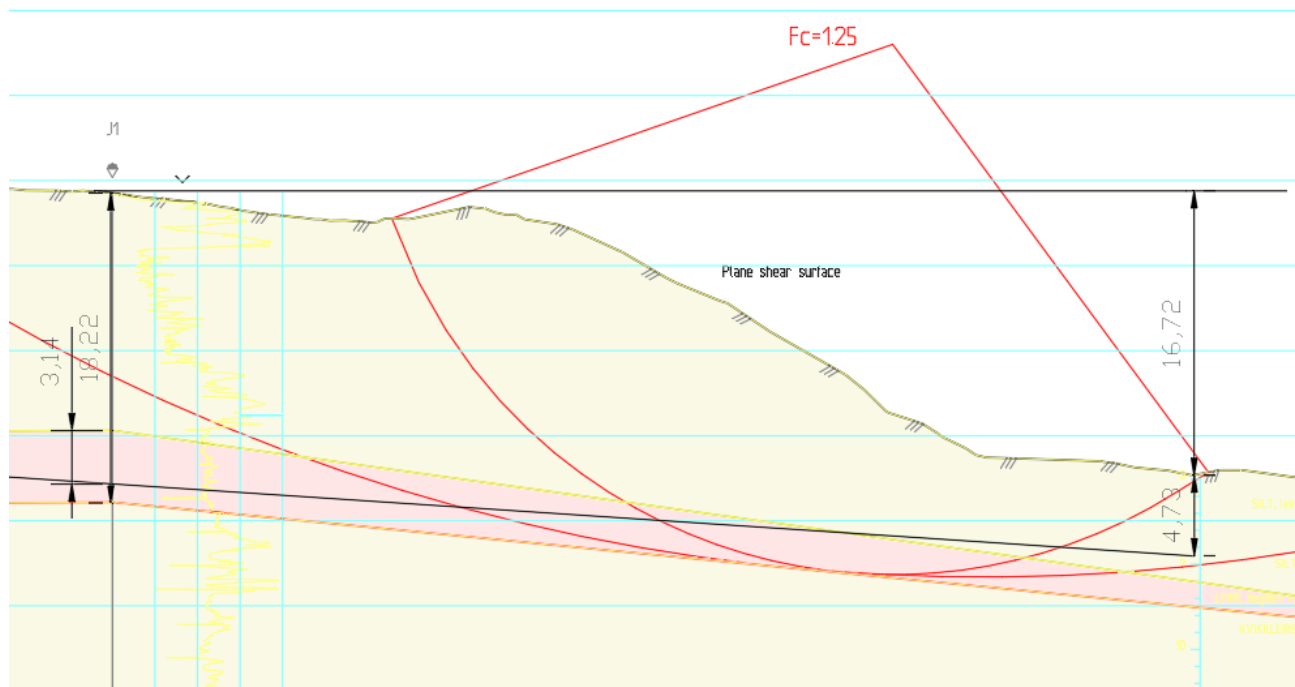




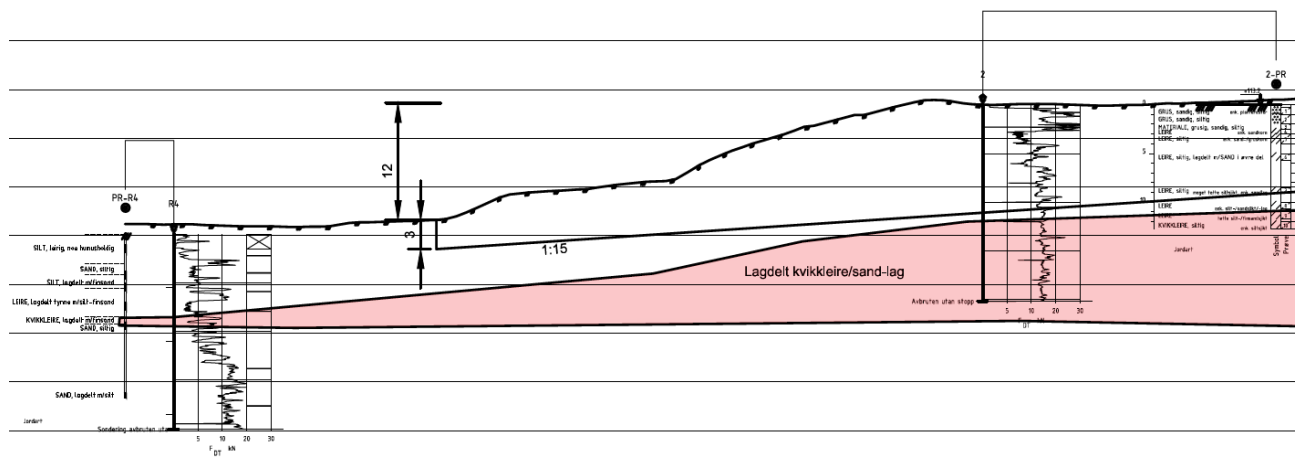
Profil F (i rapport 411543-2 vist som profil D-D)



Profil C (sone Nustadneset)



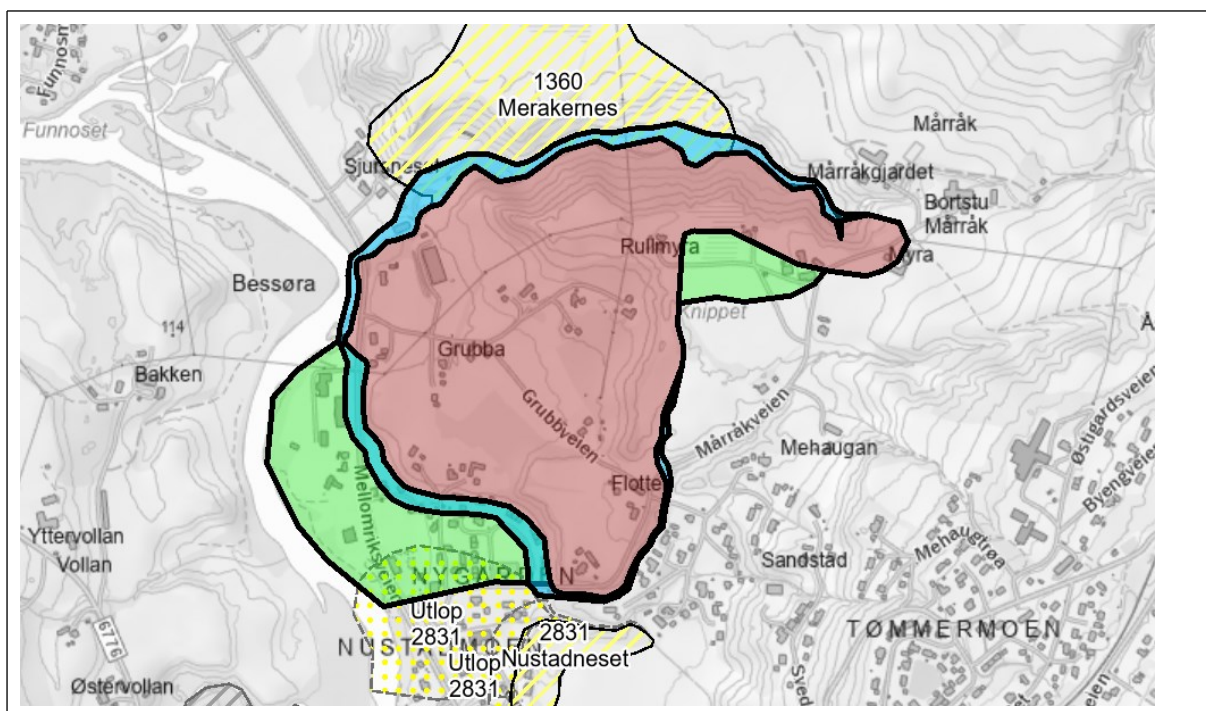
Profil G (sone Nustadneset)



**NVE**Norges vassdrags-
og energidirektorat

1359: Knippet - Kommune: Meråker

Faregradklasse	Lav
Konsekvensklasse	Meget alvorlig
Risikoklasse	3
Grunnforhold	Kvikkleire påvist, sikkerhetsfaktor < 1,4
Sonestatus	Sikringstiltak utført
Prosjektype	Sikringstiltak
Oppfølgingsbehov	Tilstrekkelig sikkerhet for eksisterende bebyggelse
Opprettet	09.12.2005
Sist oppdatert	19.12.2024
Sist oppdatert av	MULTICONSULT NORGE AS



Bemerkninger

03.05.2022	Sona har blitt utredet av Multiconsult for NVE og Meråker kommune. Multiconsult utførte tre geotekniske vurderinger i perioden 2006-2008, på oppdrag for NVE. Ny geoteknisk vurdering utført i 2014 i forbindelse med reguleringsplan for Meråker sentrum. Kvikkleire påvist og stabiliteten i skråningene ned mot Kvernbekken beregnet til å ikke være tilfredsstillende. Sonegrensen er foreslått utvidet i 2018 i rapport 413692-2. Multiconsult har gjort oppdatert vurdering av faregrads- og skadekonsekvensklasse for sørvestre del av sonen. Vurderingene er utført iht. NVE veileder 7/2014. NVE 26.03.2022: Sone Knippet ble sikret i 2018. I tiltak 10489 er Kvernbekken sikret i ca. 1200 m lengde med ca. 1 m heving av bekkebunn, og 6-7 sideraviner er sikret (samlet ca. 310 m). I tiltak 10880 har Meråker kommune utført nedplanering av to skråninger ved Flotten gård og etablert en motfylling, i forbindelse med utbygging i Meråker sentrum. Deler av Stjørdalselva ble sikret av NVE i 1997. Oppdatert sonegrense er meldt inn av NVE med utgangspunkt i rapport 413692-2 fra Multiconsult. Utløpsområde for sonen er ikke vurdert. Erosjonsscore er oppdatert av NVE etter sikring. I søndre del av sonen er det gjort forbedring av stabiliteten iht krav i NVE veileder 7/2014 (tiltak 10880). For skråningene langs Kvernbekken i nordre del av sonen er det gjort en liten forbedring av stabiliteten, men ikke tilstrekkelig forbedring iht. krav for ny bebyggelse (tiltak 10489).
19.12.2024	Det er utført ny vurdering av områdeskredfaren iht. gjeldende versjon av kvikkleireveilederen, NVEs veileder nr. 1/2019. Nye vurderinger av skredmekanisme og løsne- og utløpsområde er presentert i rapport 10255347-RIG-RAP-002. Rapporten er til uavhengig kvalitetssikring av uavhengig aktør.

Referanser

Multiconsult 411543-1, geoteknisk undersøkning, forbygningsvurdering, datert 24.5.2006

Multiconsult 411543-2, geoteknisk undersøkning, forbygningsvurdering, datert 7.7.2007

Multiconsult 411543-3, supplerande geoteknisk undersøkning, forbygning, datert 7.10.2008

Multiconsult 413692-2, rev03, Meråker sentrum, reguleringsplan, geoteknisk vurdering, datert 13.8.2014

NVE 10489 Tiltaksplan - Sikringstiltak mot kvikkleireskred i Kvernbekken ved Knippet datert 29.6.2017

NVE 10880 Tiltaksplan - Sikringstiltak mot kvikkleireskred i Meråker sentrum datert 14.10.2014

Fareberegning

Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Noen mindre skredgroper i nærområdet, ingen av nyere dato.	Noe	2	1	2
Skråningshøyde i meter	Skråningshøyde i kritisk snitt er ca. 20 m.	20-30	2	2	4
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Basert på tolking av CPTU-sonderinger og ødometerforsøk vurderes området å være noe overkonsolidert, med σ'_{vc} 100-170 kPa høyere enn dagens effektivspenninger. OCR vurderes å ligge i området 2-3.	>2,0	0	2	0
Poretrykk	Poretrykksmålinger indikerer lavere poretrykk enn hydrostatisk i dybden. Velger å legge inn hydrostatisk poretrykk som en konservativ antagelse.	Hydrostatisk	0	3	0
Kvikkleiremektighet	Mektigheten av kvikke/sensitive masser er vurdert å være maks. 15 m, dvs. innenfor H/2 - H/4.	H/4-H/2	2	2	4
Sensitivitet	Prøver tatt i kvikkleirelaget viser en $St > 100$	>100	3	1	3

Erosjon	Det har tidligere vært aktiv erosjon langs Kvernbecken. Kvernbecken og flere sideraviner ble erosjonssikret av NVE i 2018. Stjørdalselva er delvis erosjonssikret. Det antas "litt" erosjon i strekningene langs elva som ikke er sikret.	Lite	1	3	3
Inngrep	To nedplaneringer og en motfylling ved Flåtten gård i søndre del av sonen ble utført i regi av Meråker kommune i 2018. Tiltakene ga forbedring av stabiliteten iht. krav for ny utbygging i NVE 7/2014, for søndre del av sonen. I nordre del av sonen er bekkebunn hevet ca. 1 m, som gir en liten forbedring av stabiliteten.	Liten forbedring	-1	3	-3
Total poengsum					13
Prosent av maks					25,490 2
Sist oppdatert	23.11.2024				

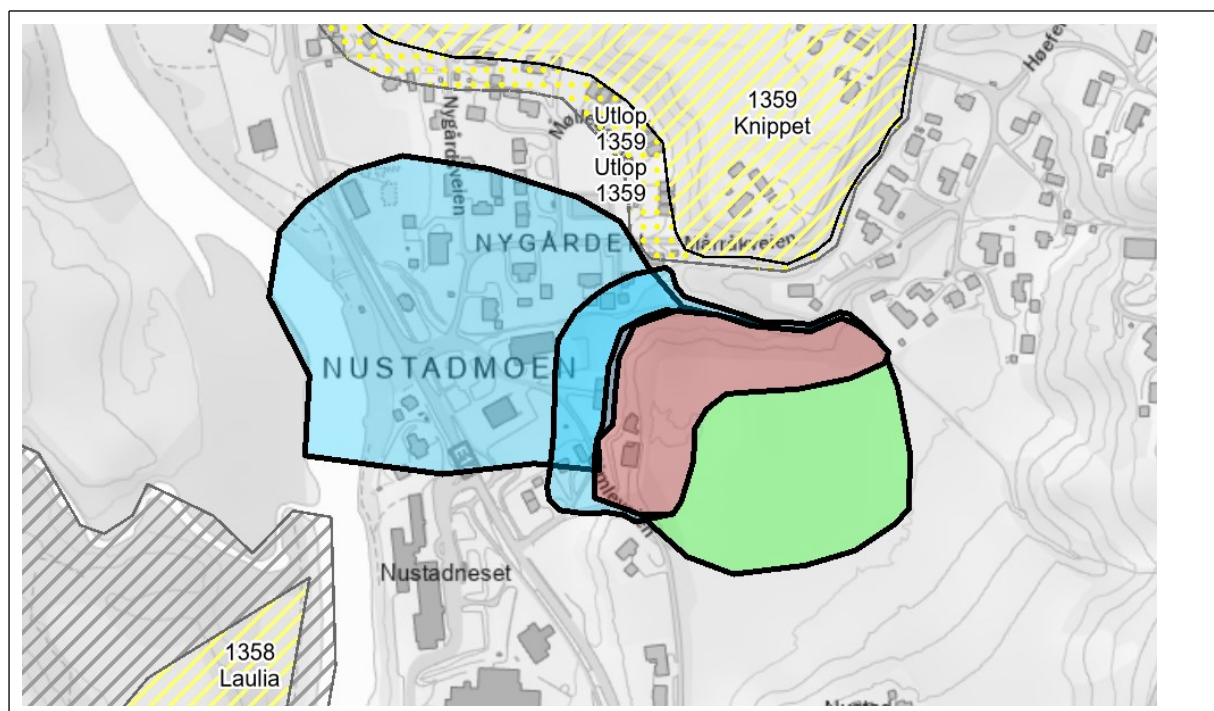
Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligheter	Flere boliger innenfor området	Tett > 5	3	4	12
Næringsbygg	Meråker brannstasjon og flere driftsbygninger inkl. renseanlegg	10 - 50 personer	2	3	6
Annen bebyggelse	Ingen.	Ingen	0	1	0

Veier	E14 med en ÅDT på ca. 3200	1001-5000	2	2	4
Toglinje	Ingen.	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	Et skred ut i Stjørdalselva kan medføre en oppdemming som igjen kan gi en flodbølge som kan gi alvorlige skader.	Alvorlig	3	2	6
Total poengsum					29
Prosent av maks					64,444 44
Sist oppdatert	16.07.2018				

**NVE**Norges vassdrags-
og energidirektorat

2831: Nustadneset - Kommune: Meråker

Faregradklasse	Lav
Konsekvensklasse	Alvorlig
Risikoklasse	2
Grunnforhold	Kvikkleire påvist, sikkerhetsfaktor < 1,4
Sonestatus	Supplerende undersøkelser/stabilitetsberegning
Prosjektype	Utredning av kvikkleiresone
Oppfølgingsbehov	Behov for videre utredning
Opprettet	24.02.2023
Sist oppdatert	10.01.2025
Sist oppdatert av	MULTICONSULT NORGE AS



Bemerkninger

18.01.2024	Sonen er opprettet som en del av gjennomgangen av Statens vegvesens kvikkleireområder og -punkter langs riksvegrute 7 i 2022/2023. Utrekningen er ikke kvalitetssikret av 3. part. Datarapport er for stor for opplasting, men er tilgjengelig via NADAG.
10.01.2025	Sonens løсне- og utløpsområde, samt klassifisering er vurdert på nytt i forbindelse med detaljregulering av Storneset. Endringene av sonen dokumentert i rapport 10255347-RIG-RAP-002. Rapporten er til uavhengig kvalitetssikring av uavhengig aktør.

Referanser

Sweco 10225042-RIG-R02 Vurderingsrapport oversiktskartlegging av kvikkleiresoner langs riksvegrute 7 datert 19.9.2023

Fareberegning

Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Det er kartlagt flere skredkanter i NGUs løsmassekart. Ingen leireskred registrert i NVEs skredhendelsedatabase i nyere tid.	Noe	2	1	2
Skråningshøyde i meter	Total skråningshøyde fra bekken ca. 17 meter. Platåterreng.	15-20	1	2	2
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Ikke utført ødometer eller cptu. Vurderinger i området tilsier noe overkonsolidering, OCR 2-3.	>2,0	0	2	0
Poretrykk	Antar hydrostatisk konservativt.	Hydrostatisk	0	3	0

Kvikkleiremektighet	Det er i borpunkt vurdert at kvikkleirelaget ligger relativt dypt og har en mektighet på ca. 4-5 m.	H/4-H/2	2	2	4
Sensitivitet	Prøver tatt i kvikkleire viser en sensitivitet på 69-388.	>100	3	1	3
Erosjon	Nygårdsbekken, nord i sonen, er befart og erosjon er vurdert til kategori "lite".	Lite	1	3	3
Inngrep	Det er ikke utført inngrep i sonen.	Ingen	0	3	0
Total poengsum					14
Prosent av maks					27,450 98
Sist oppdatert	19.09.2023				

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligheter	6 boliger	Spredt > 5	2	4	8
Næringsbygg	Ingen.	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Ingen.	Ingen	0	1	0
Veier	Lokalveger	<100	0	2	0
Toglinje	Ingen.	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Lokalt.	Lokal	0	1	0
Oppdemning	Skredmasser vil kunne demme opp Nygårdsbekken. Bekken vurderes å være av mindre størrelse, og at oppdemningen ikke vil føre til store ødeleggelser.	Liten	1	2	2

Total poengsum					10
Prosent av maks					22,222 22
Sist oppdatert	23.11.2024				