

Til: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
v/ Anne Mestvedt Olaussen
Kopi til: Mads Eirik Hugo Johnsen
Dato: 2023-03-017
Rev.nr. / Rev.dato:
Dokument nr.: 20190224-04-TN
Prosjekt: Utredning og avgrensing kvikkleiresoner, Trondheim
Prosjektleder: Thi Minh Hue Le
Utarbeidet av: Emir Ahmet Oguz
Kontrollert av: Vidar Gjelsvik / Thi Minh Hue Le

Kvikkleiresone 206 Romolslia – Vurdering av faregrad etter erosjonssikringstiltak

Innhold

1	Innledning	2
2	Grunnlagsdokumenter	2
3	Sonebeskrivelse og grunnforhold	3
3.1	Sonebeskrivelse	3
3.2	Kvartærgeologi og terreng	4
3.3	Grunnforhold	4
3.4	Erosjonssikringstiltak	5
4	Stabilitetsberegninger	9
5	Evaluering av faregrad	9
6	Konklusjoner	10
7	Referanser	11

Kart og tegninger

Kart nr. 001 Oversiktskart
Kart nr. 010 Situasjonsplan
Kart nr. 011 Situasjonsplan med utløpsområde

Vedlegg

Vedlegg A Stabilitetsberegninger
Vedlegg B Vurdering av faregrad etter erosjonssikringstiltak

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

I mai 2012 ble det utført befaring i kvikkleiresone 206 Romolslia ifm. utredning av denne sonen. Under befaringen ble det registrert aktiv erosjon i ravinedalen langs vestgrensen av kvikkleiresonen [1]. I 2022 utførte NVE erosjonssikringstiltak langs ravinedalen [2] [3] for å stoppe erosjon og forbedre stabilitet i området.

NGI er engasjert for å oppdatere faregrad for kvikkleiresone 206 Romolslia etter at erosjonssikringstiltak ble gjennomført i sidebekken mellom kvikkleiresone 206 Romolslia og kvikkleiresone 205 Flatåsen.

Foreliggende notat inneholder vurdering av faregrad etter erosjonssikringstiltak iht. NVE ekstern rapport 9/2020 [4]. Det er i tillegg utført stabilitetsberegninger i ett profil for å undersøke virkningen av erosjonssikringstiltaket på skråningsstabiliteten i kvikkleiresonen.

2 Grunnlagsdokumenter

Tabell 1 angir relevante datarapporter og tidligere vurderingsrapporter for kvikkleiresone 206 Romolslia, som NGI har brukt som grunnlagsdokumenter i vår vurdering.

Tabell 1. Relevante rapporter med grunnundersøkelser

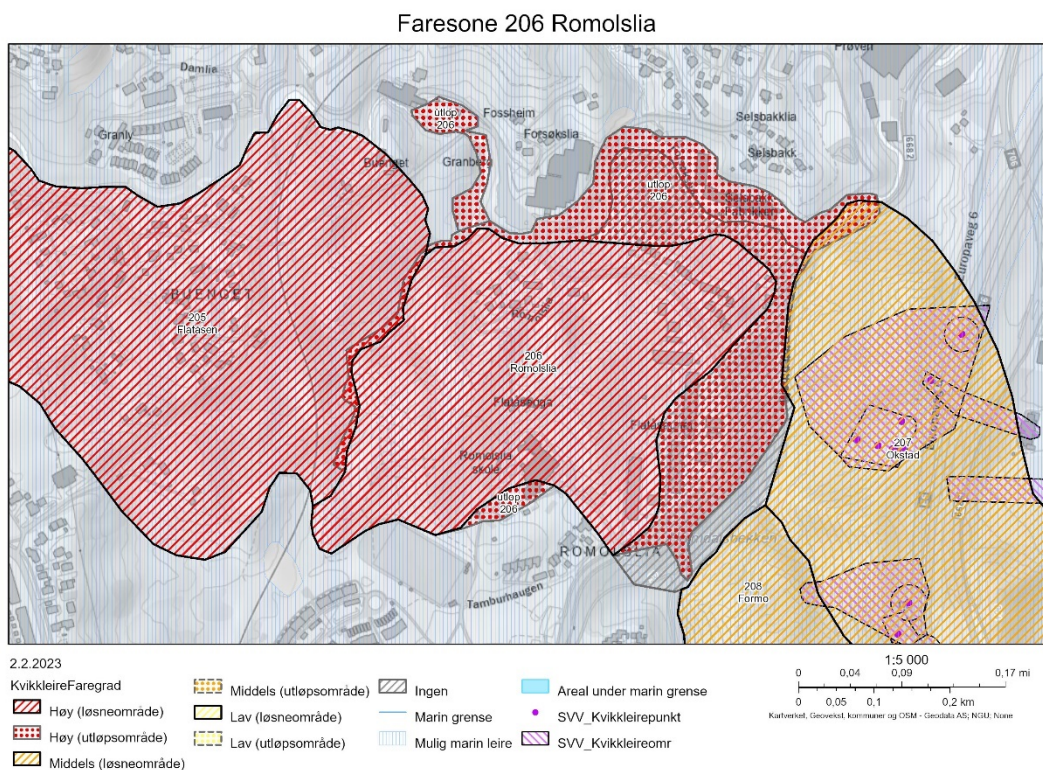
Rapport	År	Relevans	Referanse
Tiltak i vassdrag: Sikring mot skred i Leirelva og i sidebekk fra Romolslia, kvikkleiresonene 205 Flatåsen og 206 Romolslia	2009	Rapporten beskriver erosjonssikringstiltak i ravinedalen langs vestgrensen av kvikkleiresone 206 Romolslia.	[2]
Grunnundersøkelser, datarapport i kvikkleiresone 206 Romolslia	2013	Rapporten gir informasjon om grunnundersøkelsene i kvikkleiresonene.	[5]
Kvikkleiresoner Trondheim: Romolslia	2016	Rapporten viser vurdering av skredfare i henhold til NVEs retningslinjer/veileder, og inkluderer anbefalinger til sikringstiltak i området.	[1]
Kvikkleiresonene 206 Romolslia – Vurdering av utløpsområder	2021	Rapporten dokumenterer utløpsområdet av kvikkleiresone 206 Romolslia med begrunnelse.	[6]
Faktaark: Kvikkleiresone 206: Romolslia - Kommune: Trondheim	2022	Rapporten viser informasjon om kvikkleiresonen og beskriver grunnlag for eksisterende faregradklasse, konsekvensklasse og risikoklasse.	[7]
10548 – Ferdigrapport for NVEs sikringstiltak i Leirelva og sidebekk fra Romolslia. Sikringsarbeidene ble utført i 2022. (ennå ikke publisert)		Rapporten viser sikringsarbeidene som ble utført i 2022 i Leirelva og sidebekken fra Romolslia mot kvikkleireskred i kvikkleiresone 205 Flatåsen og 206 Romolslia (Utkast tekst)	[3]

3 Sonebeskrivelse og grunnforhold

3.1 Sonebeskrivelse

Kvikkleiresone 206 Romolslia ligger ca. 6 km sørvest for Trondheim sentrum, på vestre side av Nidelva (se oversiktskart, kart nr. 001). Kvikkleiresonen ble utredet av NGI i perioden 2012-2016, da det ble foreslått endringer til den østre grensen av kvikkleiresonen [1]. Denne utredningen resulterte i at kvikkleiresone 206 Romolslia har *høy faregrad, meget alvorlig konsekvens og risikoklasse 5*.

Kvikkleiresone 206 Romolslia grenser mot kvikkleiresone 205 Flatåsen i vest (Figur 1). Mot øst grenser sonen mot kvikkleiresone 208 Formo og 207 Okstad langs Bjørndalen som går parallelt med Fv. 6682. Grensen i nord følger Leirelva, mens grensen i sør er basert på topografi (dvs. terrengsøkk) og resultater fra grunnundersøkelser (Figur 1).

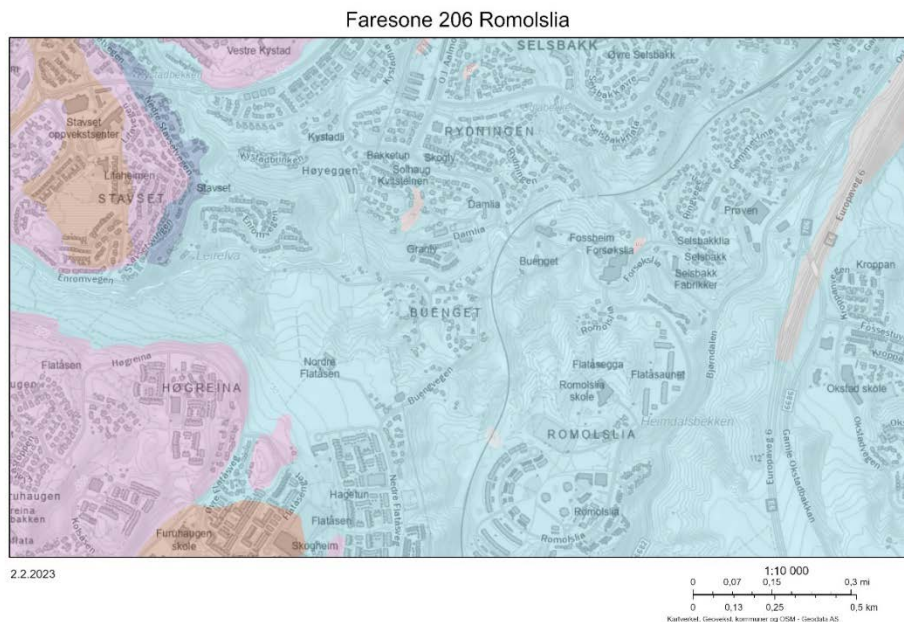


Figur 1. Oversiktskart som viser kvikkleiresone 206 Romolslia og nabokvikkleiresoner. Kartet viser løsneområder (skravur) med potensiell fare for kvikkleireskred. Utklippet er fra NVE temakart [8], dato 02.02.2023.

3.2 Kvartærgeologi og terreng

NGUs nasjonale løsmassekart (se [9], [8], og Figur 2) tyder på at det finnes hav- og fjordavsetning i kvikkleiresone 206 Romolslia. Hav- og fjordavsetninger består vanligvis av sammenhengende, finkornet marin avsetning med mektighet opp til mange ti-talls meter. Avsetningstypen kan også omfatte skredmasser fra kvikkleireskred [9].

Terrenget i det aktuelle området domineres av et utpreget ravineområde. Den høyeste toppen ligger rundt kote +97. Skråningshøyden fra toppene i området og ned til ravinebunnen varierer fra ca. 40 til 60 m. Utløpsområdene for skråningene i kvikkleiresone 206 Romolslia er knyttet til ravinene i vest, Leirelva i nord, bekken i øst og enkelte åpne arealer i sør.



Figur 2. Løsmasser ved Romolslia. Utklippert er fra NVE temakart [8], dato 02.02.2023.

3.3 Grunnforhold

Detaljert beskrivelse av grunnforhold er presentert i tidligere utredning (se ref. [5] [1]). Tidligere grunnundersøkelser viser at jordmassene i kvikkleiresonen består av et øvre leirlag over et fastere siltig/sandig leirlag, som igjen ligger over et midtre leirlag. Sprøbruddmaterialet ligger mellom ca. kote + 80 og + 45 med varierende mektighet over sonen. Det er et nedre leirlag under sprøbruddmaterialet som går til ca. kote +20. Under det nedre leirlaget er det fast grunn (morene eller berg). De kvikke/sensitive leirmassene kiler generelt ut i skråningssidene. I ravinebunnen treffer en det nedre og relativt homogene leirlaget.

Enkelte prøver fra sprøbruddmaterialet viser lav omrørt skjærfasthet (mellom 0,3 og 1,5 kPa) og høy sensitivitet (opp til 140). Dette tyder på potensial for retrogressive skred.

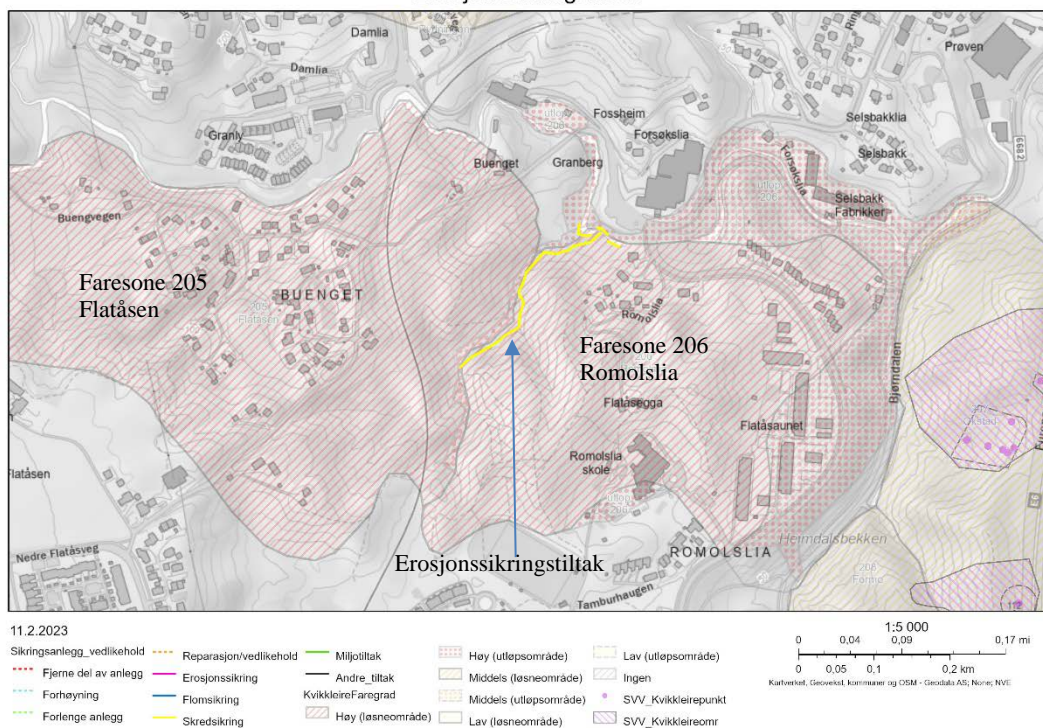
3.4 Erosjonssikringstiltak

Ved befaringen i mai 2012 [1] ble det registrert aktiv erosjon i ravinedalen langs vestre grense av kvikkleiresone 206 Romolslia (se Figur 4). Nede ved Leirelva er det registrert aktiv erosjon der elva svinger 90 ° ved utløpet av ovennevnte ravinedal vest i kvikkleiresonen. I tillegg er det registrert aktiv erosjon mellom kulvertene for Leirelva som ligger under vegkryssene Forsøkslia/Romolslia og Forsøkslia/Gammel-lina [2] [3].

Sikringstiltaket er utført i hovedsak i henhold til tiltaksplan av 15.01.2009 (se Figur 5) med unntak av at øvre ende av tiltaket er trukket litt ned i bekken på grunn av funn av grøftelommose.

Erosjonssikringstiltaket ble etablert ved bruk av samfengt sprengstein over en strekning på ca. 320 m langs nordøstgrensen mellom kvikkleiresonene 206 Romolslia og 205 Flatåsen og ca. 40 m langs Leirelva (se Figur 3). Sprengsteinen er stort sett lagt direkte på bekkebunn med unntak av en kort del hvor det ble foretatt masseutskifting. Det ble brukt ca. 3570 vlm³ av sprengstein med steinstørrelse dm ca. 15-20 cm. Tykkelsen på steinfyllingen varierer innen 1 m. For det meste er fyllingstykkelsen begrenset til ca. 0,6 m. Helningen på fyllingsskråningene er lagt slakere enn 1:1,5 [2] [3]. Erosjonssikringstiltaket reduserer risikoen for kvikkleireskred ved å hindre ytterligere erosjon i bekken og har en liten positiv påvirkning på sikkerhetsfaktorene for glideflatene som går gjennom tiltaket.

Erosjonssikringstiltak



Figur 3. Erosjonssikringstiltak etablert i 2022 i bekken som renner i grensa mellom de to kvikkleiresonene 205 Flatåsen og 206 Romolslia.

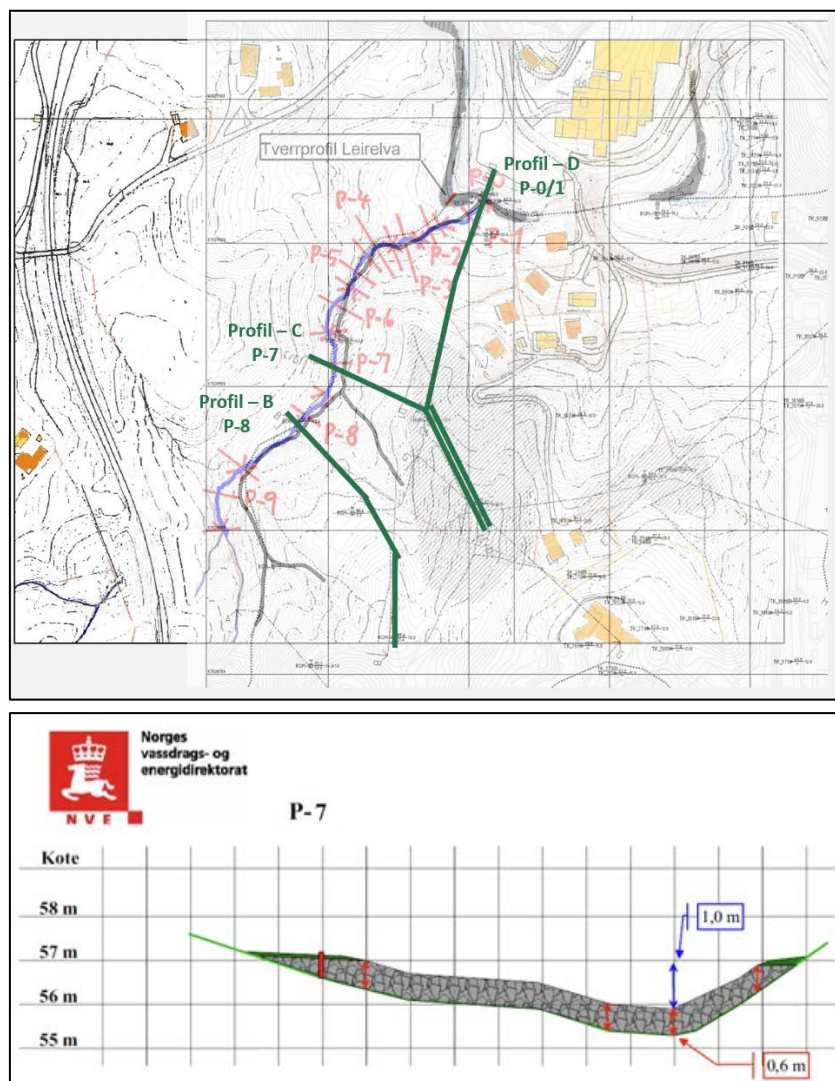


Figur 4. Før erosjonssikringstiltaket: Leirelva ved Selsbakk (øvre bilde) og sidebekk fra Romolslia til Leirelva (nedre bilde) i 2005 (bilder fra [2])



Figur 5. Leirelva etter erosjonssikringstiltaket i 29.09.2022 (bilder fra [3]).

Figur 6 viser de tre profilene fra NGIs rapport [1] som går gjennom erosjonssikrings-tiltaket. I tillegg viser figuren tverrsnitt P-7 (se [2]), som ligger ved profil C.



Figur 6. Tre profiler profil B-C-D som går gjennom erosjonssikringstiltaket [1] og tverrsnitt P-7 ved bunnen av profil C [2].

4 Stabilitetsberegninger

Stabilitetsberegningene viser at erosjonssikringstiltaket, som er en 0,6 m fylling i bunnen av skråningen, ikke bidrar vesentlig til stabiliteten i skråningene. Stabilitetsberegningene er utført for valgt kritisk profil, profil C (se vedlegg A), som går gjennom tiltaket. Beregningene er utført for situasjoner før og etter erosjonssikringstiltak. Stabilitetsberegningen gir lave sikkerhetsfaktorer for situasjonen før erosjonssikringstiltak: 1,05 for udrenerte forhold, og 1,10 for drenerte forhold (se Tabell 2). Erosjonssikringstiltaket øker sikkerhetsfaktorene for profil C med 3,64 % for drenert tilstand (fra 1,10 til 1,14) og 1,90 % for udrenert tilstand (fra 1,05 til 1,07). Stabilitetsberegninger er presentert mer detaljert i vedlegg A og tidligere evalueringsrapport fra NGI [1].

Tabell 2. Sikkerhetsfaktorer for profil C1-C1 ved drenerte og udrenerte forhold og prosentvis økning.

Situasjoner	Drenert	Udrenert
Sikkerhetsfaktor før motfylling	1,10	1,05
Sikkerhetsfaktor etter motfylling	1,14	1,07
% vis forbedring med motfylling	3,64	1,90

5 Evaluering av faregrad

Kvikkleiresone 206 Romolslia ble utredet av NGI i perioden 2012-2016, da det ble foreslått endringer i den østre grensen av kvikkleiresonen [1]. Utredningen fra [1] resulterte i at kvikkleiresone 206 Romolslia har høy faregrad, meget alvorlig konsekvens og risikoklasse 5. I 2022 etablerte NVE erosjonssikringstiltak langs ravinedalen [2] [3] for å unngå erosjon og forbedre faregraden i området.

I dette notatet er faregraden revurdert separat for hvert enkelt profil iht. ref. [4]. Faregradsvurderingen for profil A-G (se situasjonsplan i Romolslia, kart nr. 010-011) er presentert i vedlegg B. Faregraden for kvikkleiresonen er bestemt av profilet som har den høyeste poengsummen (det mest kritiske profilet).

Faregradsscore for erosjon utgjør den største forskjellen mellom foreliggende evaluering og forrige evaluering [1]. Faregradsscore for erosjon i forrige NGI-rapport var "kraftig" på grunn av aktiv erosjon observert langs ravinedalen under befaringen i mai 2012 [1]. Etter erosjonssikringstiltaket vurderes faregradsscore for erosjon å være "ingen". Denne endringen reduserer poengsummen med 9 poeng (dvs. fra 9 til 0).

Tabell 3 gir resultater fra evaluering av faregrad for hvert enkelt profil, profil A-G fra NGIs rapport [1], og for kvikkleiresone 206 Romolslia etter erosjonssikringstiltaket. Det konkluderes at kvikkleiresone 206 Romolslia har middels faregrad etter erosjonssikringstiltaket. Faregraden for kvikkleiresone 206 Romolslia domineres av profil E og profil F som har middels faregrad etter erosjonssikringstiltaket.

Tabell 3. Evaluering av faregrad for hvert enkelt profil, profil A-G, og hele kvikkleiresone 206 Romolslia etter erosjonssikringstiltak.

Profiler	Faregrad poengsum ¹ (score x vektall)	Faregradklasser
Profil A ²	-	-
Profil B	16	Lav faregrad
Profil C	16	Lav faregrad
Profil D	14	Lav faregrad
Profil E ³	19	Middels faregrad
Profil F ³	19	Middels faregrad
Profil G	15	Lav faregrad
Profil H ²	-	-
Kvikkleiresone 206 Romolslia	19	Middels faregrad

¹ Maksimal poengsum er 51.

² Det ligger ikke kvikkleire i profilet, og profilet ble ikke inkludert i vurderingen av faregrad.

³ Det mest kritiske profilet med høyest faregrad.

6 Konklusjoner

En revurdering av kvikkleiresone 206 Romolslia i henhold til NVEs eksternt rapport 9/2020 [4] er utført etter at erosjonssikringstiltak er utført i en bekk som renner i grensen mellom de to kvikkleiresonene 205 Flatåsen og 206 Romolslia. Evalueringen resulterer i middels faregrad for kvikkleiresone 206 Romolslia etter erosjonssikringstiltak.

7 Referanser

- [1] NGI, «Kvikkleiresoner, Trondheim - Romolslia. Dok. nr. 20120099-02-R, rev_1.,» 2016.
- [2] NVE, «Tiltak i vassdrag: Sikring mot skred i Leirelva og i sidebekk fra Romolslia, kvikkleiresonene 205 Flatåsen og 206 Romolslia,» 2009.
- [3] NVE, «Tiltak i vassdrag 10548 – Ferdigrappport for NVEs sikringstiltak i Leirelva og sidebekk fra Romolslia mot kvikkleireskred i kvikkleiresone 205 Flatåsen og 206 Romolslia Trondheim kommune - Trøndelag. Sikringsarbeidene ble utført i 2022.».
- [4] NVE , «Dokument nr. 9/2020. Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred,» 2020.
- [5] Multiconsult, «Kvikkleiresone 206 Romolslia. Grunnundersøkelser - Datarapport. Rap. nr. 415655-Rig-RAP-002.,» 2013.
- [6] NGI, «Kvikkleiresonene 206 Romolslia - Vurdering av utløpsområdet, dokument nr. 20190224-03-TN,» 2021.
- [7] NVE, «Faktaark: Kvikkleiresone 206: Romolslia - Kommune: Trondheim,» 2022.
- [8] NVE, «NVE Temakart,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/>.
- [9] NGU, «Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil.

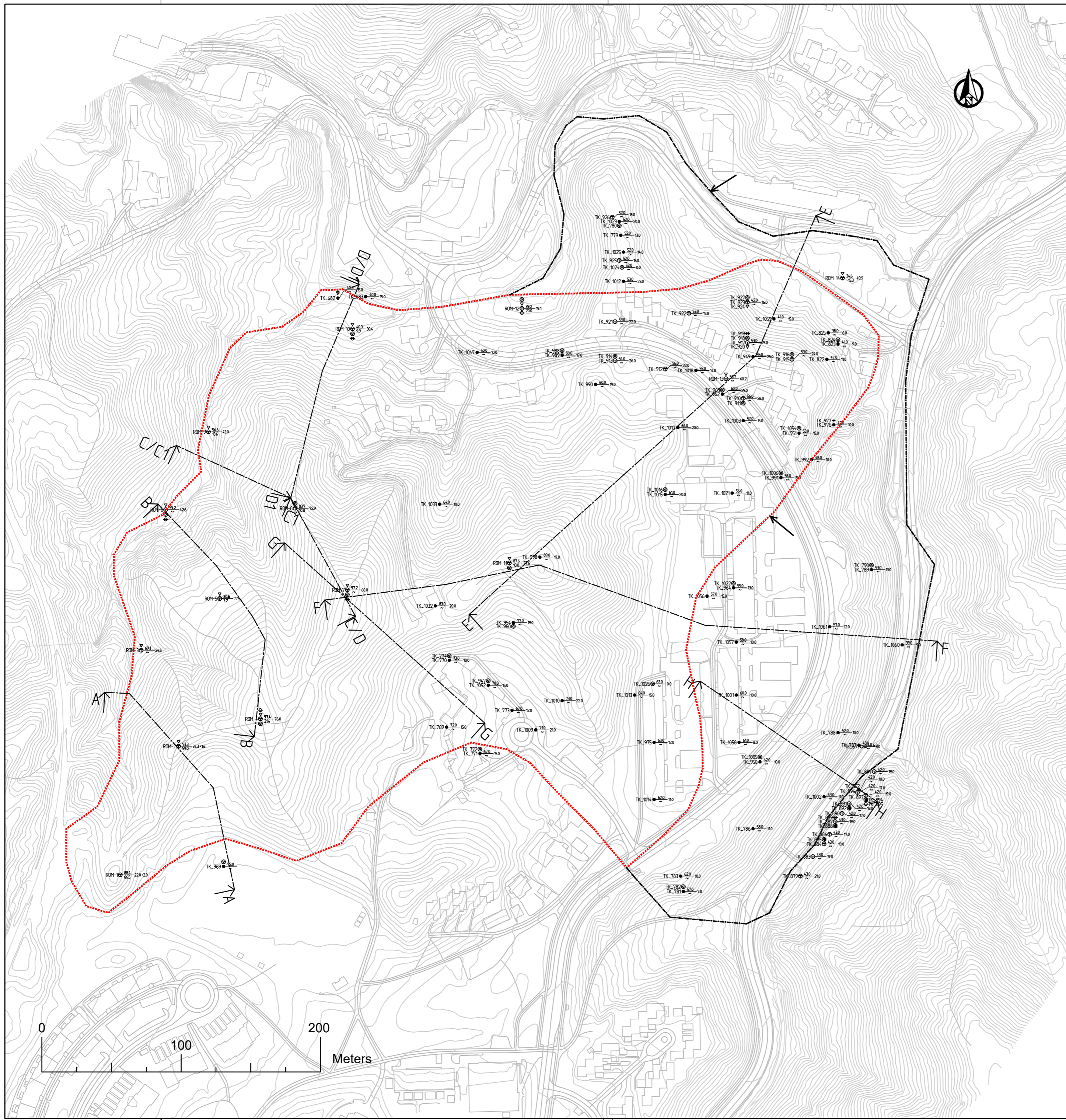


 Omriss

Kvikkleiresone 206 Romolsla Oversiktskart

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
03.08.2021	TLe	JSL	TLe
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A4 1:50 000		ETRS 1989 UTM Zone 32N	
Prosjektnr.		Kartnr.	Rev.
20190224		001	0
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT			
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO			
Sognsveien 72			
Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no			

Kartverket, Geovekst, kommuner og OSM - Geodata AS



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksonering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksonering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen
- ┆ Boring avsluttet
- ┆ Antatt fjell, berg
- ┆ Antatt fjell, berg
- ┆ Antatt stein, blokk eller fast grunn
- ┆ Boret i fjell
- ┆ Antatt fjellførlop

HENVISNINGER:

Profilene fra NGIs rapport 20120099-02-R Kvikkleiresoner Trondheim - Romolstia, dato 05.02.2014

Tegningsstilt.	Tegningsnr.	Rev.

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontr	Godkj

Faresone 206 Romolstia Situasjonsplan

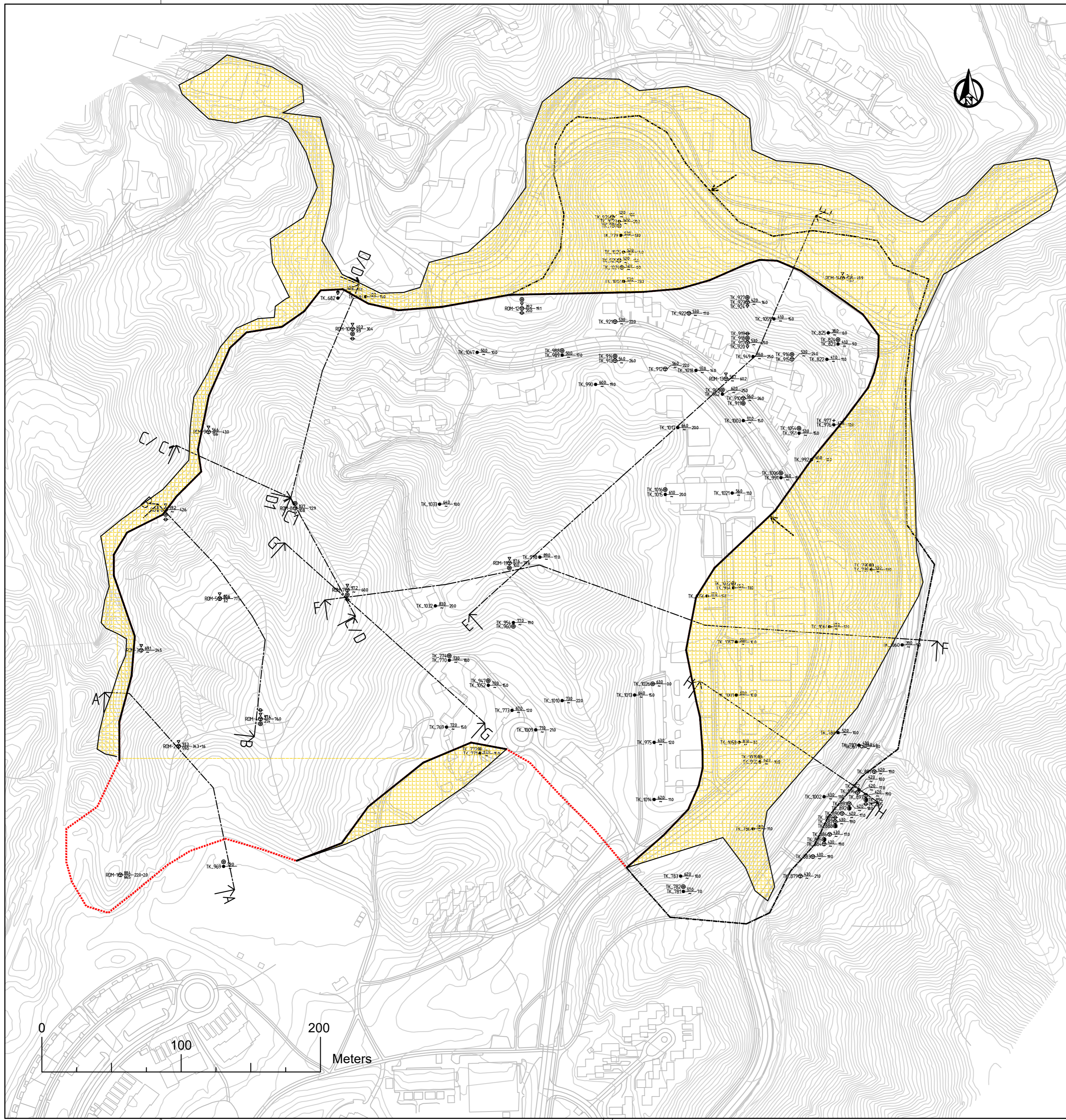
Grunnundersøkelser
Profiler
Nye sonengrensler (anbefalt i ref. 20120099-02-R)

Status
Original format
A2 (420x594)
Tegningens filnavn
010 B Situasjonsplan Romolstia.dwg

Målestokk
1:2000



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 03.08.2021 Oppdragsnr. 20190224	Konstr./Tegnet TLe Tegningsnr. 010	Kontrollert JSL	Godkjent TLe
---	--	--	--------------------	-----------------



FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊗ Boring avsluttet
- ⊕ Antatt fjell, berg
- ⊗ Fjellkontrollboring
- ⊕ Dreiefrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊗ Antatt stein, blokk eller fast grunn
- ⊕ Boret i fjell
- ⊗ Prøveserie
- Prøvegrop
- ⊕ Vingeboring
- ⊗ Poretrykksmåling
- ⊕ Fjell i dagen
- Antatt fjellførløp

HENVISNINGER:

Profilene fra NGIs rapport 20120099-02-R Kvikkleiresoner Trondheim - Romolstia, dato 05.02.2014

Tegningsstilt:	Tegningsnr.:	Rev.:
----------------	--------------	-------

Utløpsområde

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontr	Godkj

**Faresone 206 Romolstia
Situasjonsplan med utløpsområde**

Grunnundersøkelser
Profiler
Nye sonergrenser (anbefalt i ref. 20120099-02-R)

Status
Original format
A2 (420x594)
Tegningens filnavn
011 B_Situasjonsplan Romolstia med utløp.dwg
Målestokk

1:2000



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 03.08.2021 Oppdragsnr. 20190224	Konstr./Tegnet TLe Tegningsnr. 011	Kontrollert JSL	Godkjent TLe	Rev. 0
---	--	--	--------------------	-----------------	------------------

Vedlegg A

KVIKKLEIRESONE 206 ROMOLSLIA –
VURDERING AV FAREGRAD:
STABILITETSBEREGNINGER

Innhold

A1 Innledning	2
A2 Profil C	2
A3 Parameter	2
A4 Resultater	4
A5 Referanser	6

Kart og tegninger

Tegn. nr. 100	Profil C Lagdeling
Tegn. nr. 101	Stabilitetsberegninger profil C1-C1 før motfylling
Tegn. nr. 102	Stabilitetsberegninger profil C1-C1 etter motfylling

A1 Innledning

På befaringen i mai 2012 ble det registrert aktiv erosjon i ravinedalen langs vestgrensen av kvikkleiresone 206 Romolslia [1]. I 2022 utførte NVE erosjonssikringstiltak langs ravinedalen for å stoppe erosjon og forbedre stabilitet i området [2] [3] .

Dette vedlegget presenterer stabilitetsberegningene som ligger til grunn for vurderingen av erosjonssikringstiltakets påvirkning på skråningsstabiliteten i kvikkleiresone 206 Romolslia. Det er benyttet jordparametere og grunnforhold som er tolket i forbindelse med tidligere utredning presentert i ref. [1] [4]. Stabilitetsberegningene er utført for profil C1-C1 (se avsnitt A2) gjennom erosjonssikringstiltaket for situasjoner før og etter erosjonssikring. Erosjonssikringstiltaket er modellert som en motfylling på 0,6 m tykkelse i bunnen av ravinedalen. Beregningene er vist på tegninger nr. 101 og 102.

A2 Profil C

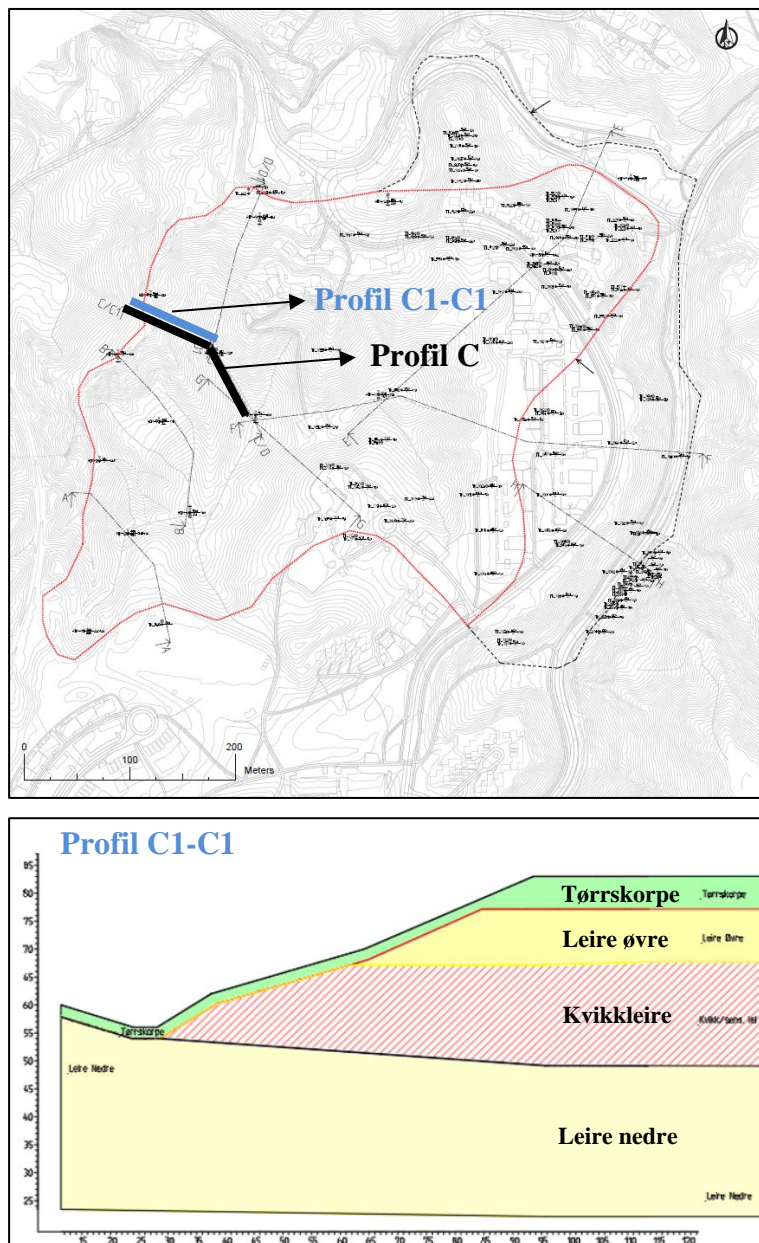
Ved tidligere utredning ble det tegnet opp åtte profiler [1]. Blant disse åtte profilene går fire profiler (profil A, B, C, D) gjennom elva hvor erosjonssikringstiltaket ble utført.

Stabilitetsberegningene er utført for å dokumentere forbedringen av stabiliteten ved erosjonssikringstiltaket langs elva. Profil C anses som den mest kritiske skråningen basert på lagdeling, bratthet og kvikkleiretykkelse tolket ut fra grunnundersøkelsene utført i kvikkleiresonen (se tegning nr. 100). Det er derfor utført stabilitetsberegninger for den bratteste delen av profil C ved siden av elva, profil C1-C1 (Figur 1).

A3 Parameter

Inngangsparameterne for beregningene er basert på NGIs tidligere utredningsrapport fra 2014 [1] og geoteknisk grunnundersøkelse fra Multiconsult [4].

I profil C1-C1 er det et lag av tørrskorpe over et leirelag (leire øvre). Under dette finner en kvikkleire med høy sensitivitet over en fast leire (leire nedre). Kvikkleira kiler generelt ut i skråningssidene. I ravinebunnen treffer en det nedre og relativt homogene leirelaget.



Figur 1. Profiler i kvikkleiresone 206 Romolslia og profil C1-C1 (se tegninger nr. 100 - 102).

Resultatene fra utførte treaksialforsøk stemmer rimelig godt med erfaringsdata. Det er dels benyttet friksjonsvinkel og attraksjon i henhold til tolkede verdier fra treaksialforsøkene og dels benyttet generelle erfaringsdata for norske jordarter. Det er lagt inn en liten attraksjon i tørrskorpen for å unngå de grunneste skjærflatene. Denne attraksjonen er minimal og vurdert til å ha liten eller ingen betydning for beregning av større skjærflater [1].

Tabell 1 gir en oversikt over benyttede parametere i stabilitetsberegningene i profil C1-C1. Generelt er det stor variasjon i jordartssammensetning og -egenskaper også innenfor de enkelte lagene. Til stabilitetsberegningene ble Geosuite Stability versjon 22.0.2.0 med grenselikevektsmetoden brukt.

Tabell 1. Jordparametere for stabilitetsanalysene.

Navn	γ (kN/m ³)	Φ (°)	C' (kPa)	C (kPa)	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	19	34	3	-	-	-	-
Leire øvre	19.5	30*	6*	C-profil	1.00	0.70	0.40
Kvikkleire	20	28*	5*	C-profil	1.00	0.65	0.32
Leire nedre	20	32*	6*	C-profil	1.00	0.70	0.40

* kun i drenert analyse

Benyttet poretrykksprofil i beregningene er basert på målinger i ROM-6 og ROM-12 (se situasjonsplan i Romolslia, kart nr. 010) i bunnen av ravedalen og ROM-7 i toppen av skråningen [1]. Poretrykksprofilene mellom topp og bunn av skråningen er interpolert. Skjærfasthetsprofilen er basert på tolkning av sonderinger i ROM-9 i bunnen av ravedalen og ROM-8 i toppen av skråningen [1].

A4 Resultater

Stabilitetsberegninger er utført for profil C1-C1, gjennom ravedalen, for situasjoner før og etter erosjonssikringstiltaket.

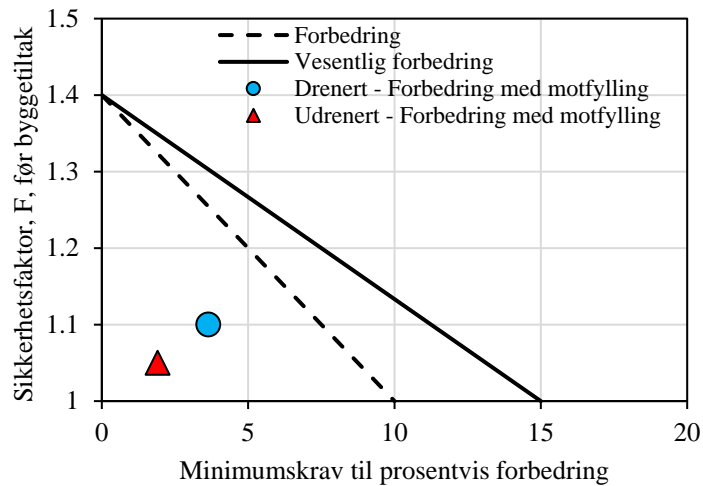
Resultatene fra stabilitetsberegningene er oppsummert i Tabell 2, og beregningene er vist på tegninger nr. 101 og 102.

Tabell 2. Sikkerhetsfaktorer for profil C1-C1 ved drenerte og udrenerte forhold og prosentvis økning.

Situasjoner	Drenert	Udrenert
Sikkerhetsfaktor før motfylling	1,10	1,05
Sikkerhetsfaktor etter motfylling	1,14	1,07
% vis forbedring med motfylling	3,64	1,90

I NGIs rapport fra 2016 [1] ble alle skjærflatene med sikkerhetsfaktor lavere enn 1,4 vurdert for sikringstiltak for å oppnå kravet om prosentvis forbedring i henhold til tidligere NVE veileder [5, 6]. Det ble også rapportert at nødvendigforbedring medførte urimelig store tiltak.

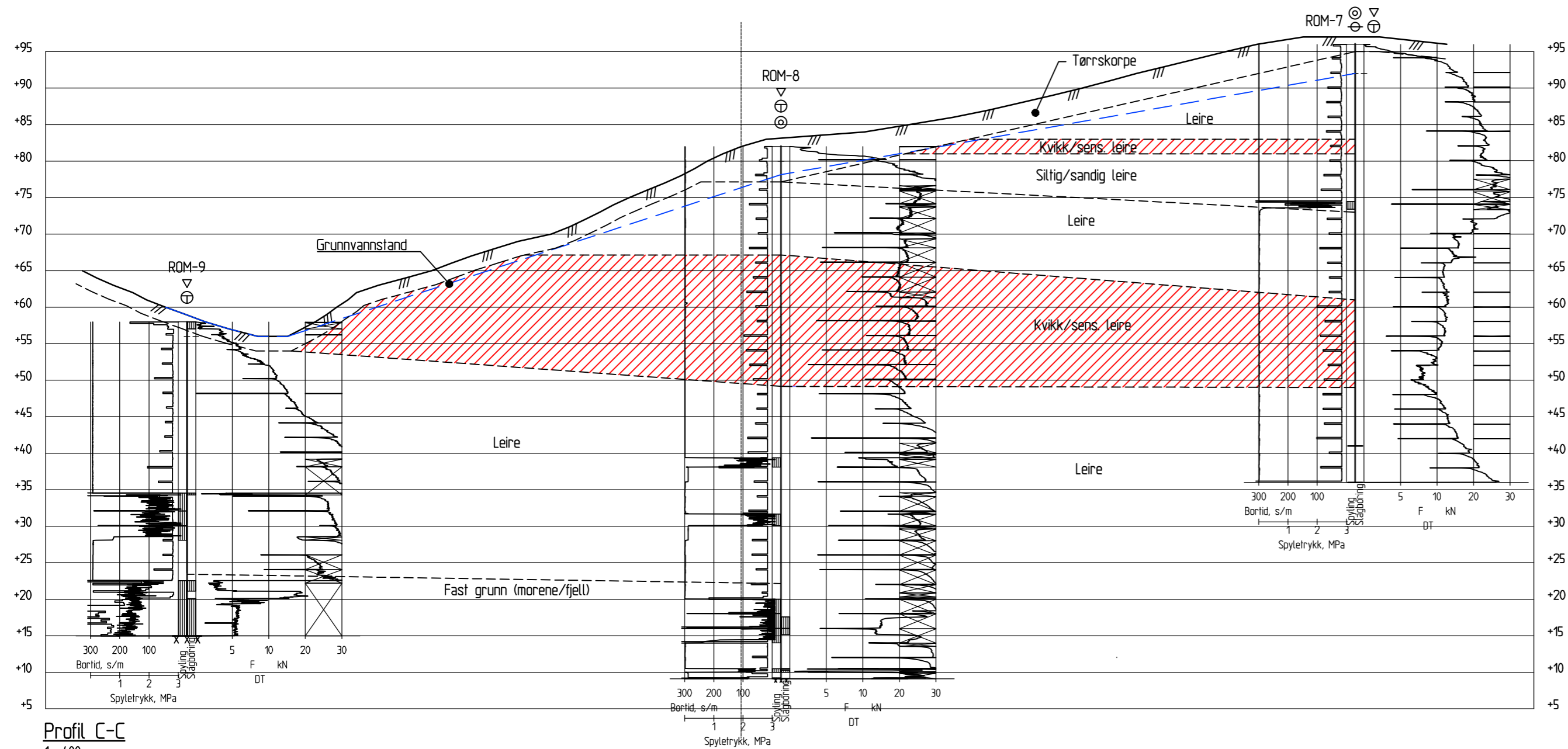
Stabilitetsberegningene gir lave sikkerhetsfaktorer for profil C1-C1, dvs. 1,05 for udrenerte forhold, og 1,10 for drenerte forhold. Erosjonssikringstiltaket vurderes å ha en liten positiv påvirkning på områdestabiliteten, men påvirkningen er svært begrenset (se Figur 2).



Figur 2. Prosentvis økning av sikkerhetsfaktor for profil C1-C1 og kravet til forbedring og vesentlig forbedring i henhold til NVEs veileder nr. 1/2019 [5].

A5 Referanser

- [1] NGI, «Kvikkleiresoner, Trondheim - Romolslia. Dok. nr. 20120099-02-R, rev_1.,» 2016.
- [2] NVE, «Tiltak i vassdrag: Sikring mot skred i Leirelva og i sidebekk fra Romolslia, kvikkleiresonene 205 Flatåsen og 206 Romolslia,» 2009.
- [3] NVE, «Tiltak i vassdrag 10548 – Ferdigrappport for NVEs sikringstiltak i Leirelva og sidebekk fra Romolslia mot kvikkleireskred i kvikkleiresone 205 Flatåsen og 206 Romolslia Trondheim kommune - Trøndelag. Sikringsarbeidene ble utført i 2022.».
- [4] Multiconsult , «Kvikkleiresone 206 Romolslia. Grunnundersøkelser, datarapport. 415655-RIG-RAP-002.,» Multiconsult , Trondheim, 2013.
- [5] NVE, «Veileder nr. 1/2019. Sikkerhet mot kvikkleireskred. Norges vassdrags- og energidirektorat,» 2019.
- [6] NVE, Retningslinjer nr. 2 - 2011. Flaum- og skredfare i arealplanar., 2011.



Profil C-C
1: 400

FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ◊ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen
- ⊙ Skovlprøve

Høydesystem: NN2000

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

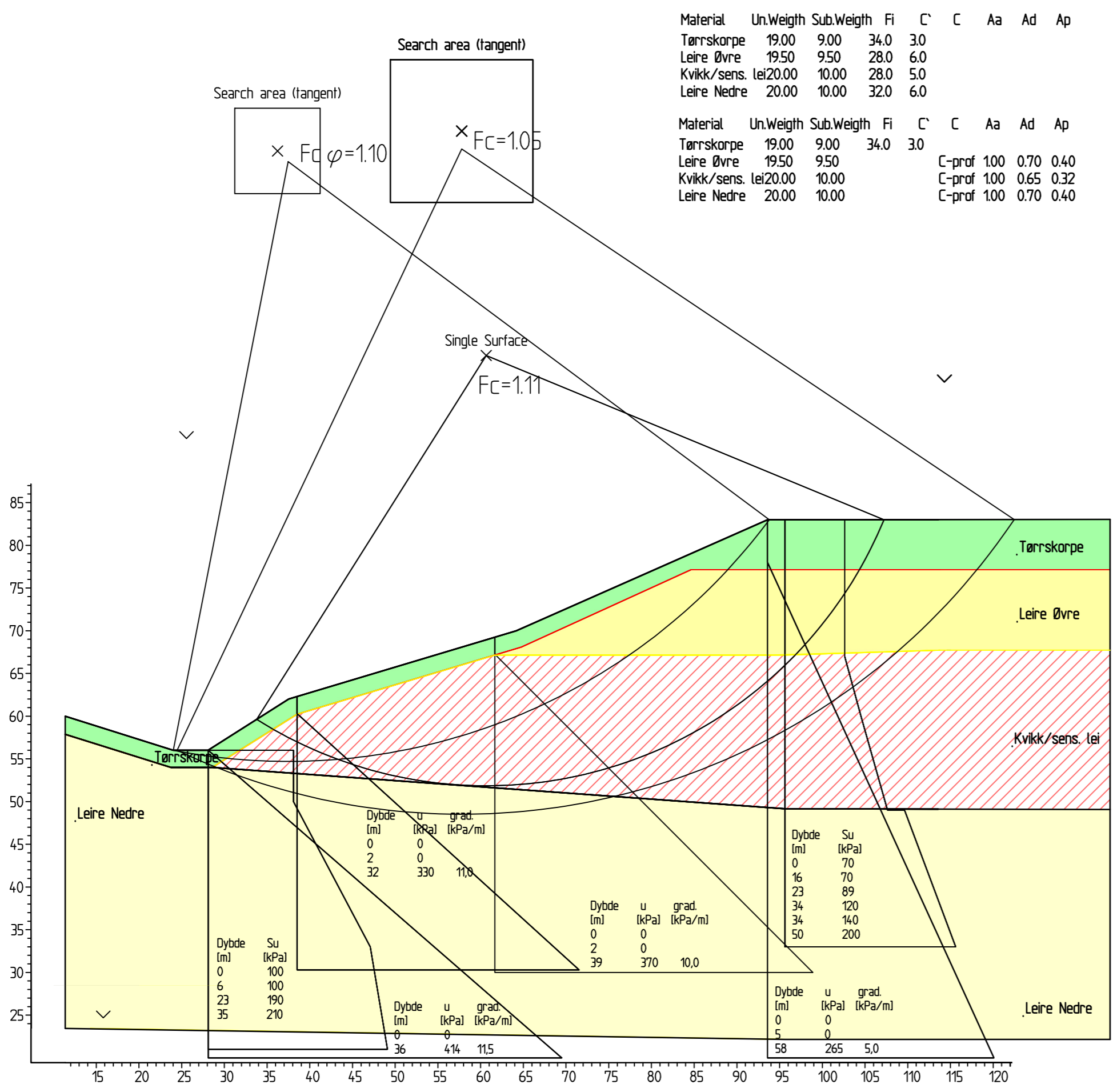
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Vurdering av faregrad
Romoslia, Trondheim

Profil C
Lagdelling

Status
Original format
A-3
Tegningens filnavn
romoslia stabilitet.dwg
Målestokk
1600

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 31.01.2023	Konstr./Tegnet EAO	Kontrollert TL	Godkjent TL
	Oppdragsnr. 20190224	Tegningsnr. 100	Rev. 00	



FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⌘ Fjell i dagen
- ⊙ Skovlprøve

Høydesystem: NN2000

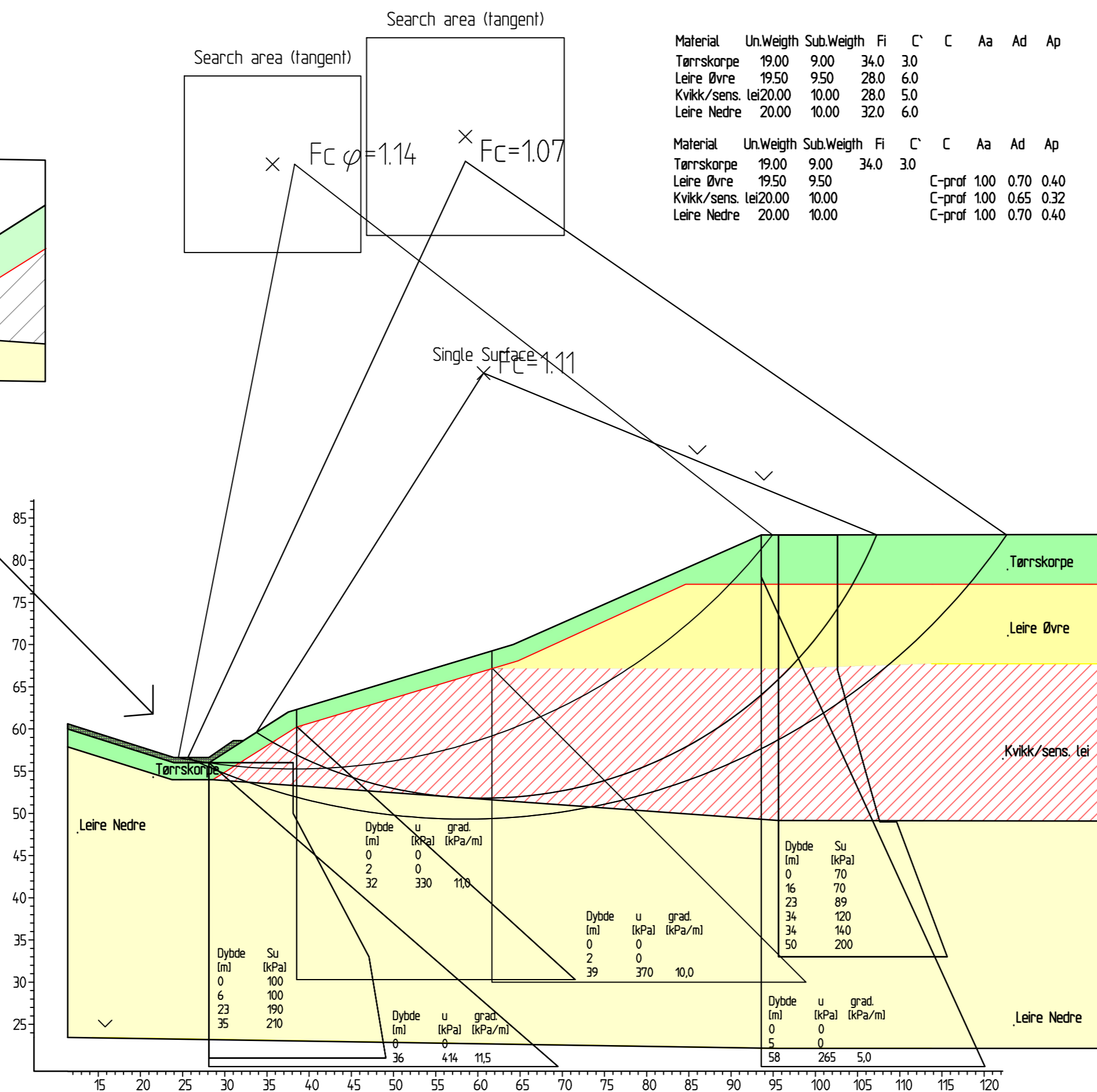
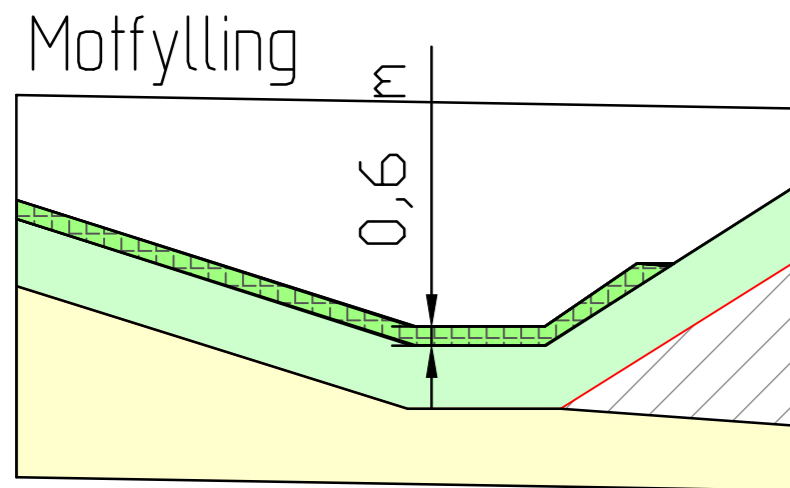
BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Vurdering av faregrad Romoslia, Trondheim	Status			
		Original format			
	Før motfylling i elva Profil C1-C1 Stabilitet drenert / udrenert	Tegningens filnavn			
		romoslia stabilitet.dwg			
		Målestokk			
		1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		31.01.2023	EAO	TLe	TLe
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20190224	101	00	



FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚘ Fjell i dagen
- ⊗ Skovlprøve

Høydesystem: NN2000

BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vurdering av faregrad Romoslia, Trondheim		Status — Original format A-3 Tegningens filnavn romoslia stabilitet.dwg		Målestokk 1500	
Etter motfylling i elva Profil C1-C1 Stabilitet drenert / udrenert		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 31.01.2023 Oppdragsnr. 20190224	
		Konstr./Tegnet EAO	Kontrollert TL	Godkjent TL	
		Tegningsnr. 102	Rev. 00		

Vedlegg B

KVIKKLEIRESONE 206 ROMOLSLIA – VURDERING AV FAREGRAD ETTER EROSJONSSIKRINGSTILTAK

Innhold

B1	Innledning	2
B2	Evaluering av faregrad	2
B3	Referanser	4

Tabeller

Tabell nr. B1	Skjema for evaluering av faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse
Tabell nr. B2	Vurdering av faregrad, skadekonsekvens, og risiko (Faresone 206 Romolslia)
Tabell nr. B3	Vurdering av faregrad for profil B-C-D-E-F-G

B1 Innledning

Kvikkleiresone 206 Romolslia ble utredet av NGI i perioden 2012-2016, da det ble foreslått endringer til den østre grensen av kvikkleiresonen [1]. Utredningen resulterte i at kvikkleiresone 206 Romolslia har høy faregrad, meget alvorlig konsekvens og risikoklasse 5. I 2022 utførte NVE erosjonssikringstiltak langs ravedalen [2] [3] for å stoppe erosjon og forbedre stabilitet i området.

Foreliggende vedlegg inneholder vurdering av faregrad for kvikkleiresone 206 Romolslia i henhold til NVE Ekstern Rapport 9/2020 [4] etter erosjonssikringstiltaket.

Skjemaene for evaluering av faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse fra NVE Ekstern Rapport 9/2020 [4] er vist i tabell B1. Vurderingen av faregrad ble foretatt separat for hvert enkelt profil i kvikkleiresonen som vist i tabell B2-B3. Profilet som gir den høyeste faregrad- poengsummen bestemmer faregraden for hele kvikkleiresonen.

B2 Evaluering av faregrad

Foreliggende vurdering bruker metodene som benyttes ved klassifisering av kvikkleiresoner med hensyn til faregrad, konsekvens og risiko i NVE Ekstern Rapport 9/2020 [4]. Skjemaet for evaluering av faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse er gitt i tabell B1.

Faregradsscore for erosjon utgjør den største forskjellen mellom foreliggende evaluering og forrige evaluering [1]. Faregradsscore for erosjon i forrige NGI-rapport var "kraftig" på grunn av aktiv erosjon observert langs ravedalen ved befaringen i mai 2012 [1]. Etter erosjonssikringstiltaket vurderes faregradsscore for erosjon å være "ingen". Denne endringen reduserer poengsummen med 9 poeng (dvs. fra 9 til 0).

Vurderingen ble gjort separat for hvert enkelt profil, profil A-G (se situasjonsplan for Romolslia, kart nr. 010). Profilet som gir den høyeste poengsummen bestemmer faregraden for hele kvikkleiresonen.

Kvikkleiresone 206 Romolslia består av bratte og høye skråninger med til dels dårlige grunnforhold. Det er ingen registrerte skredhendelser i nærheten av kvikkleiresonen, men det finnes mange skredkanter i NGUs løsmassedatabase [5]. Høydene på skråningene er hovedsakelig større enn 30 m.

OCR fra laboratorieundersøkelser viser ganske høye verdier $>2,0$. Imidlertid bør OCR i nivå med kritisk glideflate brukes i vurderingen [1]. Det er derfor vurdert konservativt at "OCR=1.2-1.5" i faregradsevalueringen.

Grunnundersøkelsene [6] [1] viser at poretrykksverdiene på toppen av skråningene (se borpunkt ROM-7) er lavere enn hydrostatisk. Det er regnet med et begrenset sug på grunn av variasjoner i de hydrologiske forholdene. Det ble observert at poretrykket i

bunnen av skråningen ikke er vesentlig høyere enn det hydrostatiske. Derfor antas det hydrostatisk poretrykk i bunnen av skråningen.

Tabell 1 gir resultater fra faregradsevalueringen for hvert enkelt profil, profil A-G, og for kvikkleiresone 206 Romolslia etter erosjonssikringstiltaket. Vurderingen resulterer i middels faregrad etter erosjonssikringstiltaket.

Tabell 1. Evaluering av faregrad for hvert enkelt profil, profil A-G, og hele kvikkleiresone 206 Romolslia etter erosjonssikringstiltak.

Profiler	Faregrad poengsum¹ (score x vektall)	Faregradklasser
Profil A ²	-	-
Profil B	16	Lav faregrad
Profil C	16	Lav faregrad
Profil D	14	Lav faregrad
Profil E ³	19	Middels faregrad
Profil F ³	19	Middels faregrad
Profil G	15	Lav faregrad
Profil H ²	-	-
Kvikkleiresone 206 Romolslia	19	Middels faregrad

¹ Maksimal poengsum er 51.

² Det ligger ikke kvikkleire i profilet, og profilet ble ikke inkludert i vurderingen av faregrad.

³ Det mest kritiske profilet med høyest faregrad.


B3 Referanser


- [1] NGI, «Kvikkleiresoner, Trondheim - Romolslia. Dok. nr. 20120099-02-R, rev_1.,» 2016.
- [2] NVE, «Tiltak i vassdrag: Sikring mot skred i Leirelva og i sidebekk fra Romolslia, kvikkleiresonene 205 Flatåsen og 206 Romolslia,» 2009.
- [3] NVE, «Tiltak i vassdrag 10548 – Ferdigrappport for NVEs sikringstiltak i Leirelva og sidebekk fra Romolslia mot kvikkleireskred i kvikkleiresone 205 Flatåsen og 206 Romolslia Trondheim kommune - Trøndelag. Sikringsarbeidene ble utført i 2022.».
- [4] NVE, «Ekstern rapport nr. 9/2020. Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred,» 2020.
- [5] NGU, «Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil.
- [6] Multiconsult , «Kvikkleiresone 206 Romolslia. Grunnundersøkelser, datarapport. 415655-RIG-RAP-002.,» Multiconsult , Trondheim, 2013.

Faregrad					
Faktorer	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk - Overtrykk, kPa	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk - Undertrykk, kPa	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-20	<20
Erosjon	3	Kraftig	Noe	Litt	Ingen
Inngrep - forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Inngrep - forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Sum		51	34	17	0
% av maksimal poengsum		100 %	67%	33%	0%
Faresonene fordeles i faregradklasser etter samlet poengsum:					
Lav faregrad = 0-17 poeng					
Middels faregrad = 18-25 poeng					
Høy faregrad = 26-51 poeng					

Skadekonsekvens					
Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, bruk	2	Persontrafikk	Godstrafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning og flodbølge	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100%	67%	0.33%	0%
Faresonene fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum:					
Mindre alvorlig = 0-6 poeng					
Alvorlig = 7-22 poeng					
Meget alvorlig = 23-45 poeng					


Risiko tallverdi = %vis (skadekonsekvens x faregrad)	Risikoklasser
0 - 170	Risikoklasse - 1
171 - 630	Risikoklasse - 2
631 - 1900	Risikoklasse - 3
1901 - 3200	Risikoklasse - 4
3201- 10000	Risikoklasse - 5

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Kvikkleiresonene 206 Romolslia Skjema for evaluering av faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse	Rapport nr.	20190224-04-TN	
		Tabell nr.	B1	
		Dato	03.02.2023	
		Tegner	EAO	
		Kontrollert	TLe	
		Godkjent	TLe	

Faresone 206 Romolslia (Profil E)					
Faregrad					
Faktorer	Vekttall	Faregrad	Score	Vekttall x Score	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	3	3	Det er ingen registrerte skredhendelser i nærheten av faresonen, men det finnes skredkanter i NGUs løsmassedatabaser.
Skråningshøyde, meter	2	>30	3	6	Høydene på bakkene er hovedsakelig større enn 30 m.
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,2-1,5	2	4	OCR fra laboratorieundersøkelser viser ganske høye verdier, >2,0. Imidlertid bør OCR på nivå med den kritiske glideflaten vurderes her. Derfor er "OCR=1.2-1.5" valgt.
Poretrykk - Overtrykk, kPa	3	Hydrostatisk	0	0	Bunnen av skråningen antas hydrostatisk.
Poretrykk - Undertrykk, kPa	-3	-(0-20)	1	-3	Poretrykkverdier lavere enn hydrostatiske ble observert på toppen av bakkene (se borepunkt ROM-7). Det er regnet med et begrenset sug på grunn av variasjonene i de hydrologiske forholdene.
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	3	6	Tykkelsen på kvikkleiren er totalt sett høyere enn H/2.
Sensitivitet	1	>100	3	3	Kvikkleire viser et følsomhetsforhold på 78-137 fra ROM-7-8-11.
Erosjon	3	Ingen	0	0	Det er lagt ut motfylling ved elva for å hindre erosjon for tilhørende profiler.
Inngrep - forverring	3	Ingen	0	0	
Inngrep - forbedring	-3	Ingen	0	0	
Sum poeng (score x vektall)				19	
% av maksimal poengsum				37%	
Faregradklasser				Middels faregrad	
Skadekonsekvens					
Faktorer	Vekttall	Konsekvens	Score	Vekttall x Score	Kommentar
Boligheter, antall	4	Tett > 5	3	12	Det er faste boliger nord/nordøst i sonen og tettsteder.
Næringsbygg, personer	3	>50	3	9	Det er en skole i den sørlige delen av sonen.
Annen bebyggelse, verdi	1	Ingen	0	0	
Vei, ÅDT	2	1001-5000	2	4	Det er kommunale veier.
Toglinje, bruk	2	Ingen	0	0	
Kraftnett	1	Distribusjon	1	1	
Oppdemning og flodbølge	2	Ingen	0	0	
Sum poeng (score x vektall)				26	
% av maksimal poengsum				58%	
Konsekvensklasser				Meget alvorlig	
Risiko					
Risiko tallverdi = %vis (skadekonsekvens x faregrad)		Kommentar			
Risiko tallverdi	2152.5				
Risikoklasse	4				
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Kvikkleiresonene 206 Romolslia Vurdering av faregrad, skadekonsekvens, og risiko (Faresone 206 Romolslia)		Rapport nr. 20190224-04-TN Figur nr. B2 Dato 03.02.2023 Tegner EAO Kontrollert TLe Godkjent TLe	
					

Faregrad		Profil - B			Profil - C			Profil - D				
Faktorer	Vekttall	Faregrad	Score	Vekttall x Score	Faregrad	Score	Vekttall x Score	Faregrad	Score	Vekttall x Score		
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	3	3	Høy	3	3	Høy	3	3		
Skråningshøyde, meter	2	>30	3	6	>30	3	6	>30	3	6		
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,2-1,5	2	4	1,2-1,5	2	4	1,2-1,5	2	4		
Poretrykk - Overtrykk, kPa	3	Hydrostatisk	0	0	Hydrostatisk	0	0	Hydrostatisk	0	0		
Poretrykk - Undertrykk, kPa	-3	-(0-20)	1	-3	-(0-20)	1	-3	-(0-20)	1	-3		
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	3	6	>H/2	3	6	H/2-H/4	2	4		
Sensitivitet	1	>100	3	3	>100	3	3	>100	3	3		
Erosjon	3	Ingen	0	0	Ingen	0	0	Ingen	0	0		
Inngrep - forverring	3	Ingen	0	0	Ingen	0	0	Ingen	0	0		
Inngrep - forbedring	-3	Liten	1	-3	Liten	1	-3	Liten	1	-3		
Sum poeng (score x vektall)				16	Sum poeng (score x vektall)				16	Sum poeng (score x vektall)		14
% av maksimal poengsum				31%	% av maksimal poengsum				31%	% av maksimal poengsum		27%
Faregradklasser				Lav faregrad	Faregradklasser				Lav faregrad	Faregradklasser		Lav faregrad

Faregrad		Profil - E			Profil - F			Profil - G				
Faktorer	Vekttall	Faregrad	Score	Vekttall x Score	Faregrad	Score	Vekttall x Score	Faregrad	Score	Vekttall x Score		
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	3	3	Høy	3	3	Høy	3	3		
Skråningshøyde, meter	2	>30	3	6	>30	3	6	20-30	2	4		
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,2-1,5	2	4	1,2-1,5	2	4	1,2-1,5	2	4		
Poretrykk - Overtrykk, kPa	3	Hydrostatisk	0	0	Hydrostatisk	0	0	Hydrostatisk	0	0		
Poretrykk - Undertrykk, kPa	-3	-(0-20)	1	-3	-(0-20)	1	-3	-(0-20)	1	-3		
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	3	6	>H/2	3	6	H/2-H/4	2	4		
Sensitivitet	1	>100	3	3	>100	3	3	>100	3	3		
Erosjon	3	Ingen	0	0	Ingen	0	0	Ingen	0	0		
Inngrep - forverring	3	Ingen	0	0	Ingen	0	0	Ingen	0	0		
Inngrep - forbedring	-3	Ingen	0	0	Ingen	0	0	Ingen	0	0		
Sum poeng (score x vektall)				19	Sum poeng (score x vektall)				19	Sum poeng (score x vektall)		15
% av maksimal poengsum				37%	% av maksimal poengsum				37%	% av maksimal poengsum		29%
Faregradklasser				Middels faregrad	Faregradklasser				Middels faregrad	Faregradklasser		Lav faregrad

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Kvikkleiresonene 206 Romolslia		Rapport nr.	20190224-04-TN	
	Vurdering av faregrad for Profil A-B-C-E-F-G		Figur nr.	B4	
			Dato	03.02.2023	
			Tegner	EAO	
			Kontrollert	TLe	
		Godkjent	TLe		

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Kvikkleiresone 206 Romolslia – Vurdering av faregrad etter erosjonssikringstiltak		Dokumentnr./Document no. 20190224-04-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Dato/Date 2023-03-01
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr. & dato/Rev.no. & date 0
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Romoslia, kvikkleire, stabilitet, utløpsområde		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Trøndelag	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Trondheim	Felt navn/Field name
Sted/Location Romolslia	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: UTM32 Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/Self review by:	Sidemanns-kontroll av/Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2023-03-01 Emir Ahmet Oguz	2023-03-01 Thi Minh Hue Le		

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 1. mars 2023	Prosjektleder/Project Manager Thi Minh Hue Le
---	----------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

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

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

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

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

