

Nr. 4/2021

Årsaksvurdering – Kvikkleireskredet ved Kråknes i Alta 3. juni 2020

Multiconsult



NVE Ekstern rapport nr. 4/2021

Årsaksvurdering – Kvikkleireskredet ved Kråknes i Alta 3. juni 2020

Utgitt av:	Norges vassdrags- og energidirektorat			
Forfatter:	Multiconsult Norge AS			
Forsidefotograf:	Anders Bjordal/NVE			
ISBN:	978-82-410-2113-8			
ISSN:	2535-8235			
Sammendrag:	Onsdag 3. juni 2020 ca. kl. 15:15 gikk det et kvikkleireskred på Kråknes i Alta kommune. Skredet er estimert til et volum på ca. 900 000 m ³ . Ingen personer ble tatt eller skadet av skredet, men 8 bygninger gikk med. Foreliggende rapport vurderer årsaksforhold knyttet skredet. Arbeidet er			
	utført av en faggruppe nedsatt av NVE. Årsak til skredet vurderes å være lav initial skråningsstabilitet, forverret av fyllingsarbeider i forbindelse med hyttebygging, mens utløsende faktor var stor snøsmelting.			
Emneord:	Årsaksvurdering, kvikkleire, kvikkleireskred, Kråknes, Kråkneset, Alta kommune			

Norges vassdrags- og energidirektorat Middelthuns gate 29 Postboks 5091 Majorstuen 0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95 E-post: nve@nve.no Internett: www.nve.no

Forord

På ettermiddagen onsdag 3. juni 2020 gikk det et stort kvikkleireskred ved Kråknes i Alta kommune. Skredet hadde et volum på om lag 900 000 m³. Ingen liv gikk tapt, men åtte bygninger ble tatt av skredet.

NVE satte ned en faggruppe i etterkant av skredet. Gruppen har vært ledet av Anders Samstad Gylland i Multiconsult, og har bestått av fagpersoner fra Multiconsult, NGI, NTNU, Statens vegvesen og NVE. I tillegg har fagressurser fra NGU og NVE bidratt med underlag for gruppas arbeid. Prosjekteier og koordinator har vært regionsjef Knut Aune Hoseth i NVE.

Oppdraget var todelt; å vurdere og konkludere om årsak, og å beskrive læringspunkter fra skredet. Denne rapporten svarer ut begge deler av oppdraget. Rapporten gir en gjennomgang av hendelsesforløpet til skredet, fulgt av analyser av geologi, grunnforhold og hydrometeorologi i tillegg til beboeres beskrivelser, oversikt over menneskelige inngrep i området og tidligere hendelser. Sammen med stabilitetsberegninger gir dette grunnlaget for å konkludere om årsak, samt læringspunkter til framtidig arbeid.

Vi håper at rapporten vil være et bidrag til større forståelse for hvordan kvikkleireskred utløses, og at den er nyttig i arbeidet med å forbedre framtidig kartleggingsarbeid samt sikkerhet i kvikkleireområder.

Narvik, 9. mars 2021

Brigt Jamdal

Brigt Samdal Direktør, Skred- og vassdragsavdelingen

Kuthnetlosch

Knut Aune Hoseth Regionsjef, NVE region nord

RAPPORT Kvikkleireskred ved Kråknes i Alta 3. juni 2020

OPPDRAGSGIVER

EMNE Årsaksvurdering

DATO / REVISJON: 22. februar 2021 / 00 DOKUMENTKODE: 10220443-RIG-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

Multiconsult

RAPPORT

OPPDRAG	Kvikkleireskred ved Kråknes i Alta 3. juni 2020	DOKUMENTKODE	10220443-RIG-RAP-001	
EMNE	Årsaksvurdering	TILGJENGELIGHET	Åpen	
OPPDRAGSGIVER	NVE	OPPDRAGSLEDER MC	Emilie Bjarghov (MC)	
KONTAKTPERSON	Stein Are Strand, NVE	UTARBEIDET AV	Anders Gylland (MC) Emilie Bjarghov (MC) Steinar Nordal (NTNU) Jean-Sébastien L'Heureux (NGI) Samson Degago (Vegdirektoratet)	
KOORDINATER	SONE: 33 ØST: 806592 NORD: 7789274	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt	
KOMMUNE	Alta			

SAMMENDRAG

Onsdag 3. juni 2020 ca. kl. 15:15 gikk det et kvikkleireskred på Kråknes i Alta kommune. Skredet er estimert til et volum på ca. 900 000 m³. Ingen personer ble tatt eller skadet av skredet, men ca. 8 bygninger gikk med.

Foreliggende rapport vurderer årsaksforhold knyttet skredet. Arbeidet er utført av en faggruppe nedsatt av NVE.

Årsak til skredet vurderes å være lav initial skråningsstabilitet, forverret av fyllingsarbeider i Kråknesveien 450, mens utløsende faktor var stor snøsmelting.



INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Konklusjon med vurdering av skredårsak6					
2	Komite, mandat og arbeidsform					
3	Hendelsesforløp					
4	Geol	ogi og grunnforhold	16			
	4.1	Strukturgeologi	16			
	4.2	Kvartærgeologi	16			
	4.3	Hydrogeologi	17			
	4.4	Geotekniske grunnundersøkelser	20			
	4.5	Innmålinger i sjø og på land	21			
	4.6	Seismisk aktivitet	22			
_	4.7	InSAR-malinger av deformasjoner	22			
5	Hydr	ometeorologi	24			
	5.1	l emperatur og nedbør før skredhendelsen	24			
	5.Z		24 26			
	5.5 5.4	Valiit i grunnen	20 26			
	55	Tidevann	20 27			
6	Beek	rivelser fra hehoere	∠ / 22			
7	Man		20			
'		Dependence in the second	3U 20			
	7.1	bepon ved Stornaugen	30 20			
	7.2	Terrenginngren Kråknesveien 456	30 21			
	7.5	Kråknesvelen	32			
	7.5	Analyse av terrengendringer i perioden 2011-2018	32			
	7.6	Andre faktorer	33			
8	Stab	ilitetsberegninger	34			
	8.1	Beregningsprofiler	34			
	8.2	Lagdeling og parametere	34			
	8.3	Beregningsresultater	35			
	8.4	Vurdering av resultatene	36			
9	Histo	oriske skredhendelser	37			
	9.1					
		Historisk skredhendelse på Kraknes	37			
	9.2	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen	37 37			
10	9.2 Årsa	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen	37 37 39			
10	9.2 Årsa 10.1	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering. Hydrometeorologi	37 37 39 39			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering Hydrometeorologi Erosjon	37 37 39 39 39			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering Hydrometeorologi Erosjon Skredhendelse natt til 30. mai	37 37 39 39 39 39			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering Hydrometeorologi Erosjon Skredhendelse natt til 30. mai Seismisk aktivitet	37 37 39 39 39 39 39			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering Hydrometeorologi Erosjon Skredhendelse natt til 30. mai Seismisk aktivitet Undersjøiske skred.	37 37 39 39 39 39 39 39			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering	37 37 39 39 39 39 39 39 39			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering Hydrometeorologi Erosjon Skredhendelse natt til 30. mai Seismisk aktivitet Undersjøiske skred Menneskelig aktivitet 10.6.1 Massedeponi etablert av SVV ved Storhaugen	37 37 39 39 39 39 39 39 39 39			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering Hydrometeorologi Erosjon Skredhendelse natt til 30. mai Skredhendelse natt til 30. mai Undersjøiske skred. Undersjøiske skred. Menneskelig aktivitet 10.6.1 Massedeponi etablert av SVV ved Storhaugen 10.6.2 Rensk av grøfter i forbindelse med utbedring av Kråknesveien. 10.6.2 Rensk av grøfter i forbindelse med utbedring av Kråknesveien.	37 37 39 39 39 39 39 39 39 39 39			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering Hydrometeorologi Erosjon Skredhendelse natt til 30. mai Seismisk aktivitet Undersjøiske skred Undersjøiske skred 10.6.1 Massedeponi etablert av SVV ved Storhaugen 10.6.2 Rensk av grøfter i forbindelse med utbedring av Kråknesveien 10.6.3 Grunnarbeider i forbindelse med bygging av hytte i Kråknesveien 450 10.6.4 Grupperbeider i Kråknesveien	37 37 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering	37 37 39 39 39 39 39 39 39 39 39 40			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering . Hydrometeorologi Erosjon Skredhendelse natt til 30. mai Seismisk aktivitet Undersjøiske skred. Menneskelig aktivitet 10.6.1 Massedeponi etablert av SVV ved Storhaugen 10.6.2 Rensk av grøfter i forbindelse med utbedring av Kråknesveien. 10.6.3 Grunnarbeider i forbindelse med bygging av hytte i Kråknesveien 450 10.6.4 Grunnarbeider i Kråknesveien 456 Helhetlig vurdering	37 37 39 39 39 39 39 39 39 39 39 40 40 40			
10	 9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 Læring	Historisk skredhendelse på Kraknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering Hydrometeorologi Erosjon Skredhendelse natt til 30. mai Skredhendelse natt til 30. mai Seismisk aktivitet Undersjøiske skred Menneskelig aktivitet 10.6.1 Massedeponi etablert av SVV ved Storhaugen 10.6.2 Rensk av grøfter i forbindelse med utbedring av Kråknesveien. 10.6.3 Grunnarbeider i forbindelse med bygging av hytte i Kråknesveien 450 10.6.4 Grunnarbeider i Kråknesveien 456 Helhetlig vurdering mgspunkter.	 37 37 39 39 39 39 39 39 39 40 40 40 40 40 40 			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 Læri 11.1	Historisk skredhendelse på Kräknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering	37 37 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39 40 40 40 40 40 40			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 Læri 11.1 11.2	Historisk skredhendelse på Kraknes Historiske hendelser i regionen ksvurdering	37 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39 40 40 40 40 42 44			
10	9.2 Årsa 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 Lærii 11.1 11.2 11.3	Historisk skredhendelse på Kräknes Historisk ehendelser i regionen ksvurdering Hydrometeorologi. Erosjon Skredhendelse natt til 30. mai Seismisk aktivitet Undersjøiske skred Menneskelig aktivitet 10.6.1 Massedeponi etablert av SVV ved Storhaugen 10.6.2 Rensk av grøfter i forbindelse med utbedring av Kråknesveien 10.6.3 Grunnarbeider i forbindelse med bygging av hytte i Kråknesveien 450 10.6.4 Grunnarbeider i Kråknesveien 456 Helhetlig vurdering mgspunkter Faresonekartlegging, Alta 2009-2011 Hydrogeologiske forhold. Indikasjoner på skredhendelser i strandsonen	37 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39 40 40 40 42 44 44			

Vedlegg

Vedlegg A: Kvikkleireskred i Kråknes i Alta, 03. juni 2020 – Sammenstilling av hydrometeorologiske forhold

- Vedlegg B: Strukturgeologisk beskrivelse av Kråkneset og vurdering av strukturenes mulige påvirkning på kvikkleireskredet 03.06.2020
- Vedlegg C: Kvartærgeologi og hydrogeologi ved Kråkneset i Altafjorden. Innspill til utredning av Kråknesskredet 3. juni 2020
- Vedlegg D: Stabilitetsberegninger: Årsakvurdering av kvikkleireskredet ved Kråknes i Alta 3. juni 2020
- Vedlegg E: Faggruppens mandat fra NVE
- Vedlegg F: Geoteknisk datarapport fra grunnundersøkelser etter skredet

1 Konklusjon med vurdering av skredårsak

Foreliggende rapport vurderer årsaksforhold knyttet skredet på Kråknes i Alta kommune 3. juni 2020. Arbeidet er utført av en faggruppe nedsatt av NVE.



Figur 1-1: Oversiktskart (norgeskart.no). Stiplet linje viser skredkanten.

Onsdag 3. juni 2020 ca. kl. 15:15 gikk det et kvikkleireskred på Kråknes i Alta kommune. Skredet er estimert til et volum på ca. 900 000 m³. Ingen personer ble tatt eller skadet av skredet, men ca. 8 bygninger gikk med. Deler av skredet ble dokumentert med videoopptak. Lokasjon og omfang av skredet, sammen med sentrale stedsnavn, er vist i Figur 1-1.

Hendelsesforløp

Sentrale elementer i hendelsesforløpet er oppsummert under:

- Natt til lørdag 30. mai var det en grunn utglidning i løsmasser opp mot veien ved Kråknesveien 470, vest i skredområdet.
- Torsdag 2. juni observerte beboere i hytta midt i Kråknesområdet, Kråknesveien 450, en sprekk i adkomstveien til hytta.
- Onsdag 3. juli ca. kl. 15:15 observerte beboer i Kråknesveien 416, mot nord i området, at nabohuset nærmere sjøen forsvant ned og ut i vannet. Beboer i hytta i Kråknesveien 450 var samtidig på vei ut på verandaen for å undersøke lyder da han observerte samme hendelse.

- Skredhendelsen utviklet seg først sideveis mot nord og deretter mot sør. Under skredutviklingen filmer beboer i Kråknesveien 450 deler av hendelsen fra hytta før han evakuerer til trygg grunn og filmer resten av skredutviklingen. I løpet av kort tid har mye av Kråknesområdet sklidd ut i sjøen.
- I de påfølgende dager og uker er det flere mindre utglidninger i skredkanten, blant annet glir deler av Kråknesveien ut.

Grunnforhold og topografi

Kråkneset karakteriseres av fjell med jevne og lavtliggende områder med strandavsetninger dominert av grus, stein og blokk i overflaten. Selve skredområdet har to topografiske hovedelementer: et lavereliggende nivå med jevn helning ut mot sjøen, og et bakenforliggende nivå med en bratt kant opp mot Kråknesveien. Den bratte kanten er antatt å være en skredkant fra en eldre skredhendelse. Løsmassene i bakkant består av grus- og steinholdige strandavsetninger over silt- og leirholdige masser (hav- og fjordavsetninger). Det flatere partiet mot sjøen består av et topplag med sand og grus over leire. Leira karakteriseres som sensitiv, stedvis kvikk, og har vekselvise lag med grovere glasifluviale masser. Lagene heller mot sjøen.

Nedbør og snøsmelting

Ukene før skredhendelsen var preget av lite nedbør, men det var vedvarende og kraftig snøsmelting i perioden. Grunnen i skredområdet og Kråkvikdalen fløt over av vann. Det var svært mye snø våren 2020 og det var lite eller ingen tele. De hydrometeorologiske forholdene betraktes likevel ikke som ekstreme. Det har vært tilsvarende mengder vinternedbør, samt full vannmetning i bakken, flere ganger tidligere i en måleperiode tilbake til 1964. I perioden 2015-2019 har det ikke vært tilsvarende snødybder, hurtig snøsmelting og nedbørsmengder som i 2020.

Hydrologi og stabilitetsberegninger

Hydrogeologien i området viser et vannsystem hvor overvann infiltrerer bakken i Kråkvikdalen og strømmer i løsmassene ned mot skredområdet. Noe av dette kommer ut som overflatevann, og noe strømmer gjennom bakken helt ut i sjøen. Strukturgeologien i området preges av flere forkastninger og bruddsoner, noe som kan føre vann fra omliggende områder mot skredområdet. Mye observert overvann våren 2020 viser at dette vannsystemet ikke tok unna alt vannet som kom under snøsmeltinga. Full metning i vannsystemet har hatt en oppdemmende effekt, og sammen med de grovere lagene mellom leiravsetningene i skredområdet, har det ført til økning i poretrykk i de grovere lagene.

Det er utført stabilitetsberegninger som viser at skredområdet har lav stabilitet i naturlig tilstand. Stabiliteten er følsom for økning i poretrykk som følge av den lagdelte avsetningen.

Menneskelige inngrep

Faggruppen har undersøkt flere potensielle årsaker som kan ha påvirket stabiliteten i området og vurdert flere tiltak som er gjort i og nært skredområdet de senere årene. Det er identifisert ett menneskeskapt inngrep som er vurdert å ha hatt innvirkning på skredet. Det er grunnarbeidene som ble utført i forbindelse med bygging av fritidsbolig i Kråknesveien 450. Det er opplyst at det i 2015 ble kjørt inn rundt 80 lass med sprengstein for å heve grunnen på tomta. Dette gir et volum i størrelsesorden 1000-1200 m³ stein. Det ble også gravd et trau hvor de utgravde massene ble deponert nordvest (mot sjøen) på eiendommen. Det er faggruppen sin vurdering at de tilførte massene til Kråknesveien 450 har utgjort en tilleggsbelastning og har svekket stabiliteten i skredområdet.

Stor snøsmelting våren 2020, sammen med grunnforhold ømfintlige for dette, førte til at stabiliteten i skredområdet ble redusert. Dette er en situasjon som har inntruffet tidligere, men dette var første gang med så store porevannstrykk i området etter at fyllingsarbeidet ble gjennomført i Kråknesveien 450. Den lokale lastøkningen fra fyllingsarbeidene i Kråknesveien 450 i 2015 gjorde at kvikkleira ble overbelastet under snøsmeltinga våren 2020.

Sprekken observert 2. juni vurderes å være starten på skredhendelsen. En bruddsituasjon utviklet seg deretter progressivt i kvikkleira på land og ut i sjøen. Denne svekkelsen utløste den første observerte utglidningen ved Kråknesveien 436.

Årsaksvurdering

Faggruppen konkluderer med at årsaken til skredet er en kombinasjon av fire faktorer:

- Lav initial stabilitet, kvikkleire og lokale grunnforhold som er følsomme for poretrykksøkning
- Lokale topografiske- og kvartærgeologiske forhold som kan føre til stor infiltrering av vann i grunnen
- Destabiliserende effekt av fyllingsarbeider ifm. bygging av hytte i Kråknesveien 450
- Stor og hurtig snøsmelting i dagene før skredet

<u>Årsak til skredet vurderes derfor å være lav initial stabilitet, forverret av fyllingsarbeidene i</u> <u>Kråknesveien 450, mens utløsende faktor var stor snøsmelting og dermed økt grunnvannstrykk.</u>

Andre faktorer som er vurdert, men ikke funnet å ha forekommet eller å ha noen innvirkning på skredhendelsen, inkluderer seismisk aktivitet, vibrasjoner fra trafikk eller anleggsvirksomhet, erosjon, undersjøiske skred og feil på vann- og avløpssystemet i området.

Skredet på Kråknes 3. juni 2020 har fellestrekk med andre skredhendelser i regionen som for eksempel Sokkelvik 1959, Store Lerresfjord 1975 og Sørkjosen 2015: Kvikkleire med innslag av sandlag i strandsonen, utfyllingsarbeider som destabiliserende inngrep og nedbør/snøsmelting som utløsende årsak.

2 Komite, mandat og arbeidsform

Faggruppen som har vurdert skredhendelsen er nedsatt av NVE. Gruppen startet arbeidet 25. juli 2020 og har totalt hatt 4 arbeidsmøter. Rapporten er et produkt fra faggruppen og det er konsensus om konklusjonen. Fullt mandat til gruppen er gitt i Vedlegg E. Oppsummert omfatter mandatet følgende punkter:

- Vurdere og konkluderer årsaken til skredet
- Læringspunkter til forbedring i arbeid med vurdering av kvikkleireforekomster

Faggruppen har bestått av følgende medlemmer.

- Multiconsult v/ Anders Samstad Gylland (leder)
- Multiconsult v/ Emilie Bjarghov (redaktør)
- NGI v/ Jean-Sebastien L'Heureux
- NTNU v/ Steinar Nordal
- SVV v/ Samson Degago
- NVE v/ Stein-Are Strand

Følgende fagressurser har bidratt inn i arbeidet.

- NVE Alta: Anders Bjordal
- NVE hydrometeorologi: Graziella Devoli
- NGU løsmassegeologi/hydrogeologi: Louise Hansen og Atle Dagestad
- NVE strukturgeologi: Kjetil Indrevær
- Multiconsult, digital 3D modell: Amund Growen

Faggruppen har i løpet av september og oktober 2020 hatt kommunikasjon med følgende personer (intervjuer, samtaler og e-postutveksling):

- Solvor Hagalid Isaksen og Rolf Bjørnar Isaksen, beboere Kråknesveien 416
- Jan Egil Bakkeby, hyttebeboer Kråknesveien 450
- Marit Ekerhovd, Kråknesveien 470, meldte skredhendelse natt til 30. juni til NVE
- Edgar Olsen, Anleggsleder SVV
- Øyvind Hellum, SVV
- Ivar Mikalsen, Observatør for MET, Sopnesbukt
- Ronny Hermansen, graveentreprenør under bygging av hytte i Kråknesveien 450
- Ann Pedersen, LNS, prosjektleder E6 Alta Vest Melsvik Storvikeidet
- Trond Inge Heitmann, Alta kommune

3 Hendelsesforløp

Nedenfor presenteres en tidslinje (Figur 3-1) med viktige hendelser før, under og etter skredet:



Figur 3-1: Tidslinje

Hytteeiere i Kråknesveien 470 var i huset i perioden 27.5-29.5. I denne perioden observerte de veldig mye skittent vann på jordet nedenfor huset og mye vann i stikkrennene. Det oppstår en mindre utglidning ovenfor huset (se Figur 3-2), og vannet til eiendommen forsvinner. De reiser fra hytta og tar kontakt med Alta kommune sent på kvelden 29. mai. De får da beskjed om å ta kontakt med NVE som de snakker med ca. kl 00:15 natt til lørdag 30. mai.



Figur 3-2: Utglidning ovenfor hytte i Kråknesveien 470. Bildet til høyre viser store vannmengder. Foto: Marit Ekerhovd

Den 2. juni observerer en av beboerne i Kråknesveien 416 veldig mye vann i terrenget, hun synes det

er ubehagelig å gå på tur langs veien bort til gammel E6 og videre sørover langs denne. Situasjonen beskrives som svært unormal. Vedkommende har gått tur her nesten hver dag i mange år, og har aldri opplevd lignende forhold. Det var vann overalt, og hun beskriver at bakken nærmest dirret.





Figur 3-3: Vann i Kråkvikdalen i dagene etter skredet. Til venstre: dronefoto av Anders Bjordal, NVE. Til høyre: skjermdump fra film av Stein-Are Strand, NVE.

Det var helt fullt av vann i stikkrenna under adkomstveien ned til Kråknes den 2. juni, så det legges midlertidige rør over veien for å unngå erosjon og skade på veien.

Hyttebeboer i Kråknesveien 450 oppdager en sprekk i adkomstvegen ovenfor hytta si. Sprekken er 30-40 meter lang og har forskyving i to plan (nedover og ut mot sjøen). Sprekken fylles med sand for å komme opp med bilen.



Figur 3-4: Bilde av sprekken etter den er fylt med sand. Foto: skjermdump fra Jan Egil Bakkeby

Rekkefølgen på utglidningene som formet skredet på Kråknes er skissert i Figur 3-5. Sprekken som ble oppdaget 2. juni vurderes å være første tegn på at skredet var i gang og området er derfor markert 1*. På grunn av kvikkleire i grunnen spredte bruddet seg progressivt videre i hele området gjennom den påfølgende natta. Utglidningen markert som nr. 1 er et resultat av svekkelse i grunnen som følge av den progressive bruddutviklinga i kvikkleira fra skred nr. 1*. Deretter fulgte skredutviklingen sekvensene som vist i Figur 3-5 og området der det startet initialskredet gled ut som nummer åtte i rekken.



Figur 3-5: Rekkefølge på utglidningene som formet skredet på Kråknes.

Den 3. juni ca. kl 15:15 arbeider beboer i Kråknesveien 416 utenfor huset sitt da strømmen går. Han snur seg og ser strømledningen opp til huset blir dratt ut av husveggen og forsvinner ned skråningen mot sjøen. Han går nærmere kanten og observerer at barndomshjemmet nedenfor (Kråknesveien 436) synker rett ned og så ut i sjøen. 10-15 sekunder etterpå forsvinner hundegården også rett ned og ut i sjøen. Han blir sittende trygt på fjell foran huset sitt og ser hele skredforløpet fra 1-7 (se Figur 3-5) fortløpende. Skredhendelsen utviklet seg først sideveis mot nord og deretter mot sør. Beboer i hytta i Kråknesveien 450 var samtidig på vei ut på verandaen for å undersøke lyder da han observerte samme hendelse. Vedkommende 450 filmer fra hytta si og senere evakuerer han til trygg grunn ovenfor skredgropa, og dokumenterer skred 8 og 9 på film. Klokka 16:20 går skred nr 10, og det siste gule huset i sør (Kråknesveien 470) tipper ut i skredgropa ca kl 16:25. NVE er da på plass og har drone i lufta ca kl 16:35.

3 Hendelsesforløp



Figur 3-6: De tre bildene er tatt 3. juni ca. kl 16:40 med drone av Anders Bjordal, NVE

Nordlig del av skredgropa

Midtre del av skredgropa

Sørlig del av skredgropa Utviklingen fortsetter de neste dagene i bakkant av skred nr 8, og den 5. juni sklir 30 m av gamle E6 ut i skredgropa (nr 11), og den 6. juni forsvinner ytterligere 10 m på begge sider (nr 12).



Figur 3-7: Dronebilde av skred nr 11. Foto: NVE

4 Geologi og grunnforhold

4.1 Strukturgeologi

Berggrunnen ved Kråkeneset består hovedsakelig av metabasalt, basaltisk tuff og tuffitt og metagabbro. Bergartene har en tydelig lagdeling som ifølge berggrunnskart stryker NNV-SSØ med fall på ~60 grader mot VSV. Lagdelingen og lineamenter som kutter på tvers av lagdelingen med orientering ca. Ø-V til ØNØ-VSV er synlige på lidardata. Disse sammenfaller i orientering med normalforkastninger som er kartlagt på vestsiden av Altafjorden og er trolig mindre forkastningssegmenter som tilhører Altafjordforkastningen. Forkastningssegmenter består av forkastningsmel og kataklastiske linser av vertsbergarten, omringet av sterkt oppsprukket berg. Slike forkastninger er som regel svært permeable.

Forkastningene på Kråkneset kan være vannførende. Det er plausibelt at snøsmelting har ført til økt vanntrykk i forkastninger/bruddsoner og dermed økt vanntrykk langs kontakten mellom berg og overliggende leire. Videre har bergartsoverflaten i området et relieff som kan ha bidratt til å kanalisere grunnvann i sedimentene ut mot skredet. Begge disse forholdene ansees å kunne være bidragsgivende til redusert stabilitet i skredområdet, men de er svært vanskelig å kvantifisere.

For mer detaljering av strukturegeologien på Kråknes, se NVEs notat 202006025-24 i vedlegg B.

4.2 Kvartærgeologi

Kråkneset ble isfritt for rundt 13 000 år siden. Havnivået stor da rundt 70 m over dagens havnivå (marin grense Figur 4-1). Etter dette har havnivået falt i takt med landhevingen fram til vår tid.

Figur 4-1 viser et løsmassekart sammen med viktige linjeelementer som strandlinjer, strandrygger og skredkant til en eldre skredhendelse. I skredområdet og opp mot Kråkvikdalen er det et sammenhengende lag med løsmasser fra strandavsetninger avsatt etter isens tilbaketrekning. Enkelte av de større strandryggene kan være dannet under sterke stormer. I Kråkvikdalen antas løsmassene å være organisert i et slags trau over en variert fjelloverflate. De dypeste massene består av morene og relativt grove og trolig permeable masser inklusive breelvavsetninger. Mot overflaten er det grove, lagdelte grunnmarine avsetninger og strandmateriale.

Fra Kråkvikveien og ned mot sjøen er det begravede hav- og fjordavsetninger under overliggende breelv- og strandavsetninger. Disse hav- og fjordavsetningene består av finkornede masser som leire og silt, og ble avsatt på noe vanndyp og for det meste samtidig med at det var breer i området. Det var variasjoner i smeltevannstilførsel og fordeling av understrømmer i ishavet som forårsaket at det ble avsatt lag og linser av grovere material i de ellers finkornede hav- og fjordavsetninger. Både de grove lagene, og de finkornede, har en helning mot sjøen i dette området. De finkornede lagene forventes å ha noe slakere helning enn de overliggende grove lagene.

Denne lagdelingen med grovere materiale inne i de finkornede hav- og fjordavsetninger støttes av observasjoner i de eksponerte skredkantene som flere steder viser en lagpakke av utholdende vekselsvis grove og finkoringe sedimenter med fall ut mot fjorden. Denne vekslingen er også funnet igjen i de sjønære boringene BP 1-6 rett utenfor skredgropa (Vedlegg F).

De kvartærgeologiske forholdene er videre detaljert i NGUs rapport 2020.029 i Vedlegg C.

Kråkneset Ν т Myr - Kildehorisont GEOLOGICAL SURVEY OF NORWAY Gml. skredkant Strandlinje NGU ÷ Strandrygg Fyllmasser Steinssprang Strandavsetninger, tynn torhauge Strandavsetninger Morenematerial Humusdekket fjell Bart fjell Flatstrand Skredkant juni 2020 Marin grense (MG) 🗲 rundt 70 moh Kråkvikdalen 100 m

Figur 4-1: Oversiktskart over løsmassetypene på Kråkneset før det ferske skredet basert på kvartærgeologisk kart, og er drapert over et skyggerelief fra LiDAR data. Marin grense er også vist. (Kilde: Figur 6 i NGUs rapport i Vedlegg C.)

4.3 Hydrogeologi

Kvartærgeologien beskriver en lagdeling med grove masser i Kråkvikdalen som går over i, og flettes sammen med, silt- og leirmasser i skredområdet. En modell skissert modell av dette er vist i Figur 4-2. Gjennom dette systemet fungerer Kråkvikdalen, med sitt betydelig nedbørsfelt, som et magasin som fører vann gjennom grunnen og ut i fjord- og havavsetningene i skredområdet.



Figur 4-2: Stilisert geologisk modell over strandsonen før skredet 3. juni 2020. Illustrasjon: Louise Hansen NGU, figur 41 i NGUs rapport i Vedlegg C.

Flere forhold peker på at vann i hovedsak strømmer gjennom grunnen, og ikke på overflaten, fra Kråkvikdalen og ut i Kråknesområdet. Bekken fra de sørlige dreneringsområdene av Kråkvikdalen når ikke fjorden, men infiltrerer grunnen i det flate oppdyrkede området i munningen av dalgangen. I selve skredområdet er det flere mindre bekker og oppkommer, men ingen av disse har noe overvannsløp mellom Kråkvikdalen og Kråknes. Hvor stor andel av vannet som infiltrerer i Kråkvikdalen som kommer ut som overflatevann i Kråknesområdet er uklart, men det er ikke usannsynlig at en del av grunnvannet strømmer direkte ut i havet.

I skredkanten opp mot Kråknesveien (nr. 12 i Figur 3-5, og markert på Figur 4-7) ble det observert flere groper/hulrom som vist i Figur 4-3. Disse er noen titalls cm i diameter og mørke av fuktighet i bunn. Noen av dem har små sedimentvifter i framkant hvilket tyder på at det siver vann og sedimentstrømmer ut av dem. Dette underbygger antagelsen om vanntransport fra Kråkvikdalen ut i skredområdet gjennom sedimentene.



Figur 4-3: Foto av groper ('pipes') ved foten av skredkanten opp mot Kråknesveien (nr. 12 i Figur 3-5). Foto: Louise Hansen, 18. juni.

Med en geologisk modell som vist i Figur 4-2 sammen med de hydrogeologiske forholdene beskrevet over, er det god grunn til å anta at det er hydraulisk kontakt mellom de høyereliggende løsmassene i Kråkvikdalen og løsmassene i de dypere partier i skredområdet. Gitt et slikt hydrogeologisk senario kan heving av grunnvannsnivået i de høyereliggende områdene ha gitt en betydelig økning i poretrykk i de dypereliggende lagene under Kråknes og ut under sjøen. Dette kan igjen ha gitt økt poretrykk og svekket stabilitet i de marine leirlagene, og muligheter for hydraulisk grunnbrudd (piping) og økt erosjon i undersjøiske kilder.

De hydrogeologiske forholdene er videre detaljert i NGUs rapport 2020.029 i Vedlegg C.

4.4 Geotekniske grunnundersøkelser

Årsaksvurdering

I etterkant av skredet, 8. juni 2020, utførte Multiconsult grunnundersøkelser sørvest og øst for skredgropa.



Figur 4-4: Kart over Kråknes med områder hvor det er utført sonderingen markert med rødt.

Løsmassene sørvest for skredgropa består generelt av leire med sand- og siltlag og enkelte gruskorn. Leira ligger vekselvis rett over og rett under grensen til å ha sprøbruddegenskaper fra 2,5 m under terreng i borpunkt 4 (se Figur 4-5), og den er kvikk mellom ca. 11 og 14 m under terreng. Bergoverflaten faller mot sjøen. Løsmassemektigheten varierer fra 5 til 24 meter og er størst i fjæra.



Figur 4-5: Utsnitt fra tegning 10219825-RIG-TEG-600 i datarapporten. Profil A sørvest for skredgropa.

Øst for skredgropa er det velgraderte, faste masser bestående av grus, sand, silt og leire som ikke har sprøbruddegenskaper. Lømassemektigheten varierer mellom 2 og 19 meter.

For nærmere beskrivelse av grunnforhold, se Multiconsults datarapport nr. 10219825-RIG-RAP-001 i Vedlegg F.

4.5 Innmålinger i sjø og på land

Det er utført innmålinger på land og av sjøbunnen både før og etter skredet. Sjøbunnskart fra før hendelsen er dekket av målingen hydrograf-5204 fra år 2004 (1 m grid), mens den dypeste delen er dekket av målingen _nhs-0598 fra år 1998 (5 m grid). Etter skredet ble sjøbunnen og det endrede terrenget målt opp i detalj av GeoNord Survey team (Alta).

Sjøbunns- og landtopografi fra LiDAR-data (2018) fra før skredhendelsen er sammenstilt i Figur 4-6. Plassering av dreningskanaler fra tiden før den siste skredhendelsen er markert i figuren sammen med kildehorisonten og små åpne utgravinger sør for skredet. Langs de diffuse undersjøiske kanalene, i det området som skled ut i 2020, var det et par undersjøiske små skrenter (vist med svarte piler i figuren). Mellom små-skrentene var en liten «utposning» eller knekk i batymetrien markert med P i figuren. Opprinnelsen til «utposningen» er usikker.



Figur 4-6: Kobling av land og sjødata rundt Kråknesskredet fra før 2020. Dreneringskanaler, kildehorisont i området, samt identifiserte 'pipes' i bakkanten av 2020-skredet er markert. (Kilde: Figur 36 i NGUs rapport i Vedlegg C.)

Sjøbunnskartlegging etter skredhendelsen viser at det er dannet en 5-10 m dyp undersjøisk kanal mot vest. Kanalen må antas å være dannet av sedimentstrømmer av omrørte skredmasser som har erodert løsmassene i sjøbunnen. Inne i selve skredområdet ligger mye av skredmassene igjen og topografien er uregelmessig. Generelt har terrenget jevn helning ned mot strandlinjen og ut i sjøen. Sør i skredområdet, hvor et stort flak skled ut (nr. 8 i Figur 3-5), er det et relativt flatt parti på ca. 8 m dyp. I bakkant, mot Kråknesveien, er skredkanten bratt.

4 Geologi og grunnforhold



Figur 4-7: Kobling av terrengdata fra land og sjø etter 2020 skredet. Figur 39 i NGUs rapport i Vedlegg C.

Forhold knyttet til innmålingene er videre detaljert i NGUs rapport 2020.029 i Vedlegg C.

4.6 Seismisk aktivitet

Seismogrammer fra NORSAR og fra Universitet i Bergen (UIB) viste ingen tegn til seismisk aktivitet som var stort nok eller nært nok Kråknes for å kunne utløse skredet den 3. Juni 2020. Det er ingen registrerte hendelser lokalt eller regionalt som kan knyttes opp mot skredet. De få registrerte seismiske signaler ser ut til å være knyttet til Kiruna gruven ca. 250 km sørøst for Kråknes. Et større jordskjelv (Mag. 4.5) ble registrert den 6. juni 2020 i Norskehavet, 3 dager etter skredhendelsen.

4.7 InSAR-målinger av deformasjoner

InSAR-målinger i Kråknesområdet er tilgjengelig fra insar.ngu.no. Dette er måleserier tilbake til 2015 av overflatebevegelser basert på radar-satellitter (radarinterferomertri). Flere måleserier er vist i Figur 4-8. Det er noe variasjon i målepunktene med både synk, heving og ingen bevegelse. Et gjennomsnitt over hele strandområdet viser synk på rundt 3-4 cm siden 2015.

4 Geologi og grunnforhold

Årsaksvurdering

			City/address/coordinates (lat lon)	
Radarsat-2 Descending			R. States	
Sentinel-1 Ascending 1				A Contraction
Sentinel-1 Ascending 2		The second second	and the second	and the second second
Sentinel-1 Ascending 3				a man code -
Sentinel-1 Descending 1				
Sentinel-1 Descending 2				
Sentinel-1 Descending 3				
Quaternary geology	X Legend	/ :		
	Limits are in mm/year.		7 Second	
	-20 20			
x	Average of 31 points			
Dataset: Sentinel-1 Ascending 1 Incl Point ID: Average series 1 of 1 (31 total all series) Position: 70.028077 N 23.062636 E -3.54 m Ai	idence angle: 43.43° Track angle: -11.03° zimuth angle: 78.97°			
Mean velocity: -7.01 Coherence: 0.65			CALL OF STREET	
20 1	Average series 1 of 1 (31 total all series)		CONTRACTOR OF	
E 10				
a a a a a a a a a a a a a a a a a a a	*.:. 🖄			
splace	The internet		N DORE OF AGE STOR	
а -10 -	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1
		and the second second		
20150601 20160701 20	20170602 20180603 20190604		ALC: NO S	
Lines Z points No curve fit ¥ [-15 to 15 ¥]	ent date	UTM 33 7789185.73 N 806402.70 E 0.02 m Dowered by KSAT-GMS About data	20 11 11	
Lines V Points No curve fit V -15 to 15 V	CSV Generate SVG Fit View Data	Powered by KSAT-GHS About data		1

Figur 4-8: InSAR data for Kråknes fra insar.ngu.no

5 Hydrometeorologi

5.1 Temperatur og nedbør før skredhendelsen

Med tanke på nedbør og temperatur kan mai måned 2020 i Alta-Talvik-området betraktes som gjennomsnittlig sett opp mot normalen. I dagene før skredet var det kun små mengder nedbør og temperaturen var mellom 5°C og 18°C. Værforholdene er videre beskrevet i Vedlegg A.

5.2 Snøforhold

Det var mye snø våren 2020. Figur 5-1 viser snødybde i prosent av normalen registrert den 1. mai 2020. De blå fargene indikerer fra 130 % til over 300 % av normalen.



Figur 5-1: Snødybde i prosent av normalen 01.05.2020. Blå og lyseblå er 130% til over 300% over median i perioden 1981-2010. Kilde: xgeo.no.

Xgeo.no har interpolerte data for snødybde på Kråknes (Figur 5-1). Dette er presentert som snøens vannekvivalent for Kråkneset og Kråkvikdalen i Figur 5-2. Ifølge datasettet var det mye snø i 2020, men man hadde ikke en ekstremhendelse i historisk kontekst. En gjennomgang av disse dataene viser dårlig samsvar med observasjoner og beskrivelser fra beboere. Dataene viser også dårlig samsvar med målestasjonen på Alta lufthavn (spesielt i 2017). På bakgrunn av dette er det valgt å fokusere på målte data i Sopnesbukt.



Figur 5-2: Data for snøens vannekvivalent hentet fra xgeo.no. Gjennomsnitt over tre celler som dekker Kråkneset og Kråkvikdalen.

Målestasjonen i Sopnesbukt har målte data på snødybde tilbake til 1957 (Figur 5-3). Målestasjonen ligger i Langfjorden, rundt 30 km vest for Kråknes. Det kommer frem at 2020 har en stor snødybde i historisk kontekst. Det er kun målt større snødybde i 1988 i tidsserien. Måledataene er analysert for å se på endringer i snødybde over tid. Dette gir en indikasjon på hvor raskt snøen har smeltet. Analysen viser at det har vært tilsvarende snøsmelting som i 2020 i årene 1963, 1968, 1971, 1978, 1988, 1996 og 1997.



Figur 5-3: Måledata fra Sopnesbukt målestasjon. Data for snøens vannekvivalent hentet fra xgeo.no

Fra samtaler med beboere i Altaområdet, og driver av målestasjonen på Sopnesbukt, fremkommer det at det er et værskille omtrent ved Talvik, og at Sopnesbukt, og Langfjorden, tilhører et mer snørikt område enn Kråkneset. Kråknes sies å ha samme værtype som Alta.

Alta lufthavn målestasjon har data på nedbør og temperatur tilbake til 1964. Det mangler data for nedbør i to perioder rundt 2010 og 2016. Komplett dataserie er gjort tilgjengelig av Meteorologisk institutt. Basert på datasettet er det estimert en akkumulert snømengde over en vintersesong ved å summere målt døgnnedbør de dagene temperaturen var under 2°C over en vintersesong. 2°C er valgt for å ta høyde for at Kråkvikdalen, og høydene rundt, er sentrale tilførselsskilder av vann fra snøsmelting til Kråknesområdet. Når det er 2°C på Alta Lufthavn ved sjøen er det antatt at nedbøren kommer som snø i Kråkvikdalen.

Data fra det behandlede datasettet er vist i Figur 5-4. Året 2020 kommer fram som et år med mye vinternedbør, men samtidig har det vært tilsvarende i 1997 og 2000 samt mer vinternedbør i 1971, 1996 og 2013.



Figur 5-4: Sum av målt døgnnedbør med temperatur under 2 °C på Alta lufthavn over vintersesong. Rød linje er 2020-nivå.

5.3 Vann i grunnen

Det fins ikke direkte målinger av mark- og grunnvannstand i nærheten av Kråknes før skredet (Lakselv og Kvænangen er nærmeste målestasjoner), men estimerte data fra xgeo.no indikerer at grunnvannstanden i Altaområdet var svært høy i dagene før skredet. Simulert vannmetting for Kråknes viser 100 % metning fra 2. juni.

Målestasjon for vannføring på Halsnes ved utløpet av Storvatnet, sør for Talvik, viser markant økning i vannføring dagene før 3. juni. Videre viser informasjon fra satellittbilder at det var stor snøsmelting i Kråknesområdet fra midten av mai 2020 (Vedlegg A). Begge disse datakildene underbygger stor snøsmelting og høy grunnvannstand i starten av juni 2020.

Estimert vannmetting på Kråknes basert på historiske data viser at det har vært nær 100 % vannmetting flere ganger tidligere, bla. våren 1996, våren 2013, våren 2014 og våren 2017. Angående 2017 så er det grunn til å anta avvik mellom modellerte data og faktiske forhold våren dette året (se avsnitt 5.2).

Figur 5-5 viser måledata fra piezometere (måleinstrument som måler grunnvannstrykk) som ble installert i borpunkt 2 (4 og 7 m under terreng) og borpunkt 4 (9 og 14 meter under terreng) i forbindelse med grunnundersøkelsen etter skredet. Målingene viser at poretrykket falt raskt etter installasjon. Noe av fallet skyldes installasjonseffekter, og noe skyldes at punktene står nært skredkanten slik at drenering av vann ut i skredområdet senket poretrykksnivået i dagene og ukene etter skredet. Etter at installasjonseffektene er borte, er det overhydrostatisk poretrykk i begge dybder i borpunkt 4. I borpunkt 4 ses også regelmessige svingninger som samsvarer med tidevannsendringen etter hvert som poretrykket stabiliserer seg.



Figur 5-5: Data fra poretrykksmålere

Forhold knyttet til vann i grunnen er videre beskrevet i Vedlegg A.

5.4 Teledyp

Intervjuer med beboere på Kråknes og i Alta, understreker at det ikke var tele i bakken sesongen 2019/20. Snøen kom i midten av oktober og ble liggende. Notat på hydrometeorologiske forhold (Vedlegg A) vurderer også at det ikke var tele da skredet gikk. Kråknesveien var brøytet fra Melsvik opp til SVV sin fylling ved Storhaugen sesongen 19/20. Det må derfor antas noe tele i selve veikroppen.

5.5 Tidevann

Årsaksvurdering

Lavvann reduserer det stabiliserende motholdet på skråninger som går ut i sjøen og er ikke sjelden sett å være relatert til tidspunkt for skredutløsning.

Data for flo og fjære på Kråknes i dagene rundt skredhendelsen er vist i Figur 5-6. Figuren viser at det var midt mellom flo og fjære ved den første observerte utglidningen ca. 15:15 3. juni. Da sprekken i adkomstvegen til Kråknesvegen 450 ble observert ca. kl. 17:00 den 2. juni var det lavvann. Verdien 2. juni samstemmer med «middel spring lavvann, 54 cm». Ettermiddagen 2. juni hadde laveste lavvann siden 21.-22. mai. Kote 0 er «laveste astronomiske tidevann» og -33 cm er «Lavvann med 20 års gjentaksintervall».



Figur 5-6: Vannstand på Kråknes i tidsrom rundt skredhendelsen. Tidspunkt for observert sprekk 2. juni, og utglidning 3. juni er markert. Data fra https://www.kartverket.no/sehavniva/

6 Beskrivelser fra beboere

En sammenstilling av observasjoner som har kommet fram gjennom intervjuer med beboere i Kråknesveien 416, 450 og 470 er vist i Figur 6-1. Tallreferanser i teksten under viser til lokasjoner i figuren.



Figur 6-1: Sammenstilling av observasjoner

Generelt karakteriseres området med oppkommer og bekker som samler vann fra skrenten mot Kråknesveien. Bekker og oppkommer er vist i Figur 6-1. Det er plassert brønner på flere av oppkommene. Beboere beskriver at brønnene ikke gikk tomme. De ble fylt like fort som de ble pumpet. Området ved Kråknesveien 450 og mot nord (3), beskrives som bløtt.

Forholdene helt ned mot sjøen nord for Kråknesveien 436 beskrives som relativt faste, og det ble regelmessig kjørt traktor der. Det fortelles om lastebiler som har kjørt seg ned i bløt leire i adkomstveien til Kråknesveien 450 og 470. Graveentreprenør for hytta i Kråknesveien 450 beskriver massene som bløte.

Det fortelles ikke om skjevheter og setningsskader i bygg i området annet enn for opprinnelig hytte i Kråknesveien 450, og fjøset i Kråknesveien 470.

Ingen av beboerne har observert hendelser i sjøen som kan tyde på undersjøisk skredaktivitet, hverken generelt eller i tiden før skredet.

Under bygging av hytta i Kråknesveien 450 i 2015 ble det etablert en grøft (6) for å lede vann rundt tomta. Samtidig ble det tatt ut masser i kanten mot Kråknesveien (7) til etablering av adkomstvei. Under brøyting av gårdsplass ved Kråknesveien 470 (4) ble det før jul i 2019 observert en kant med ca. 20 cm høydeforskjell på parkeringsplassen ved huset.

Det beskrives en situasjon med mye snø vinteren 2019/2020. Det var 2-2,5 m høye brøytekanter og svært mye snø i Kråkvikdalen. Det var ingen klare skarelag i snøpakken og snøsmeltinga om våren gikk fort. Vannet rant i hovedsak rett ned i bakken. Beboerne mener at av det som kan huskes så har

det vært nesten like mye snø før, men ikke like mye som våren 2020. Årene 1996 og 1997 trekkes også fram som vintre med mye snø.

Dagene før skredet beskrives terrenget i Kråkvikdalen (1) som gyngende og at det fløt over av vann. Det var ikke mulig å gå i terrenget og det var ikke de lydene fra fugler som vanligvis karakteriserer området om våren. På oversiden av Kråknesveien var det mye vann i grøfta, og vannet eroderte grøftekantene helt inn i vegkroppen. Stikkrenna (8) sendte så mye vann ned mot gårdsveien til Kråknesveien 416 at det måtte legges nye rør over veien for å ta unna vannet. Terrenget på nedsiden av gårdsveien (2) fløt over av vann. Vannet fra dette området (2) samlet seg i en bekk ned mot sjøen (5). På østsiden av vannskillet var det mindre vann i terrenget.

Utglidningen ved Kråknesveien 470 skjedde natt til 30. mai og sprekken over adkomstveien til Kråknesveien 450 ble observert 2. juni. Sprekken ble fylt med sand fra det lokale masseuttaket (7) for å kunne kjøre ut bilene. Massene i massetaket beskrives som flytende ved denne anledningen.

7 Menneskelige inngrep

7.1 Deponi ved Storhaugen

I forbindelse med bygging av E6 Alta Vest, ble det opprettet et deponi øst for Storhaugen (Figur 7-1). Deponiet ble benyttet rundt 2015. SVV opplyser at deponiet ble lagt på berg og at deponimassene består av sand- og siltmasser samt andre overskuddsmasser. Data fra hoydetata.no indikerer at fyllingsmektigheten er rundt 6 m. Det har i ettertid vært utglidning av masser fra deponiet mot øst. Deponiet ligger i all hovedsak øst for vannskillet bak Storhaugen, slik at nedbør og vann i massene vil trolig kun i ubetydelig grad drenere mot Kråknes.



Figur 7-1: Deponi øst for Storhaugen under oppbygging. Flyfoto fra 2015.

7.2 Hytte i Kråknesveien 450

En eldre eksisterende hytte på eiendommen ble revet, og ny hytte ble bygd i 2015. På grunn av bløt grunn ble det etablert en fylling som byggegrunn for ny hytte. For etablering av fyllinga ble det først gravd et trau. De utgravde massene ble lagt som en voll mot sjøen. Septiktank ble gravd ned i disse massene. Graveentreprenør beskriver massene som «kvabbmasser», blandede siltmasser. Ifølge eier av tomta ble det kjørt inn rundt 80 lastebillass med pukk for å heve terrenget der hytta skulle ligge. Ifølge hytteeier kom massene fra deponiet ved Storhaugen. Data fra hoydetata.no indikerer at terrenget ble hevet rundt 2 m (se avsnitt 7.5). Samtidig med bygging av hytta, ble adkomstveien til eiendommen utbedret. Det ble tatt masser fra et massetak ved Kråknesveien 456. Selve hytta ble bygget på en hel plate over en L-formet ringmur fylt med isopor og stod ferdig i 2015. Et fotografi av ferdig byggegrunn er vist i Figur 7-2.



Figur 7-2: Grunnarbeider for hytte i Kråknesveien 450 (foto: Vidar Heitmann)

7.3 Terrenginngrep Kråknesveien 456

Samtidig med bygging av hytte i Kråknesveien 450, ble det utført noen terrenginngrep i Kråknesveien 456. Figur 7-3 viser et fotografi av situasjonen som også viser massetaket nede til høyre. Det er fylt ut noe øst for boligen, og etablert en skjæring i terrenget på innsiden av boligen. Adkomstveien til Kråknesveien 456 og 450 er utbedret. Det er i hovedsak benyttet masser fra det lokale massetaket som er lagt ut i moderat tykkelse i gjennomsnitt 0,5 meter eller mindre.



Figur 7-3: Terrenginngrep ved Kråknesveien 456 (foto: Vidar Heitmann)

7.4 Kråknesveien

SVV utførte arbeider på veien i forbindelse med overlevering av Kråknesveien (gammel E6) til Alta kommune etter at ny E6 var bygget. Forbi Kråknes ble det ifølge SVV asfaltert og det ble montert nytt rekkverk. Grøft ovenfor vei ble rensket. Det ble ikke montert nye stikkrenner. En sammenligning av flyfoto fra 2011 og 2018 indikerer at vegen ble smalnet inn (Figur 7-4). Alta kraftlag la samtidig ny høyspentkabel ovenfor veien.



Figur 7-4: Flyfoto ved avkjøring til Kråknesveien 416 i 2011 og 2018 (finn.no)

7.5 Analyse av terrengendringer i perioden 2011-2018

På grunnlag av eksisterende terrenghøydemodell fra 2011 (1 m oppløsning) og 2018 (0,5 m oppløsning) er terrengendringer ved Kråknes for perioden 2011-2018 blitt analysert. Terrenghøydemodellene er lastet ned fra hoydedata.no. Brukt i analysene er både Digital Terreng Modell (DTM) som inneholder kun terreng (dvs. vegetasjon, bygninger er ikke med i DTM) og Digital Overflate Modell (DOM) som inneholder vegetasjon, bygninger, osv. Det er utført en filtrering for å fjerne "støy" i analysen grunnet vekst i vegetasjon og dyrkamark. Områder høyere enn 1 m i DOM relativ til DEM ble maskert i analysen. Selv om en gjør dette, får en enkelte utslag som fortsatt kan forklares på bakgrunn av tidligere dyrka mark. DEM datasettet er heller ikke helt riktig på eller i kant av bygg. Oppløsning på beregnede terrengendringer anslås å være på 10-20 cm.

Terrenganalysen viser følgende (Figur 7-5):

- <u>Kråknesveien 450</u>: Det er entydig at terrenget har blitt hevet i front mot sjøen og noe oppfylling i første del av vegen. På det meste ser det ut til å være opptil 2 m. Det totale oppfylte areal er på litt over 1000 m².
- <u>Kråknesveien 456</u>: Gårdsplassen er blitt senket (opptil 1 m) mens terrenget er hevet et parti opp mot felles veg (opptil 1,7 m).
- <u>Felles veg sør for Kråknesveien 456</u>: Et område på ca. 400 m² er gravd som skjæring inn i terrenget. På det meste er høydeforskjellen opptil 3,5 m mellom 2011 og 2018.
- Litt støy på analyseresultatene skylles vekst i vegetasjon/dyrkamark som det ikke var mulig å fjerne helt med maskene.



Figur 7-5 Differanse i topografi for perioden 2011-2018 ved Kråknes. Områder med vegetasjon er maskert for å unngå støy på kartet.

7.6 Andre faktorer

Faggruppen har ikke funnet at det har vært andre arbeider eller menneskelige faktorer i området av relevans før skredhendelsen. F.eks. graving for, eller feil på, vann- og avløp etc.

Det var så vidt gruppen har brakt på det rene ingen sprengningsarbeider, tung trafikk, eller vibrasjon fra tung trafikk i området i dagene og ukene før skredet.
8 Stabilitetsberegninger

Det er utført stabilitetsberegninger for å studere følgende tre faktorer:

- Initial stabilitet i skredområdet
- Effekt av snøsmeltingen gjennom å se på artesiske poreovertrykk
- Effekt av fyllinga i Kråknesveien 450.

Det er utført stabilitetsberegninger med Geosuite Stability og elementmetodeverktøyet Plaxis. Detaljer vedrørende beregningene er gitt i Vedlegg D.

8.1 Beregningsprofiler

Tre profiler er undersøkt som vist i Figur 8-1. Profil A dekker området hvor det er utført grunnundersøkelser. En studie av dette profilet er benyttet som grunnlag for ekstrapolering av lagdeling og beregningsparametere ut i profil B og C, som ligger i skredgropa. Profil B dekker den først observerte utglidninga 3. juni, mens profil C dekker det sentrale arealet i skredområdet der sprekken oppsto 2. juni, samt fyllinga for hytta i Kråknesveien 450.



Figur 8-1: Profiler for stabilitetsberegninger

8.2 Lagdeling og parametere

Tolkning av de utførte CPTU-sonderingene i profil A viser tydelige grove lag i leira. Et eksempel av tolket lagdeling fra CPTU i borpunkt 4 er vist i Figur 8-2. Videre viser grunnundersøkelsene og tolkning av CPTU at leira er noe overkonsolidert. OCR ligger rundt 2 i 10 m dybde. Parametere for udrenert skjærfasthet og drenerte fasthetsparametere er valgt ut fra treaksialforsøk, ødometerforsøk og tolkning av CPTU sammen med en SHANSEP-analyse. Parametergrunnlaget er vist i detalj i Vedlegg D.

8 Stabilitetsberegninger



Figur 8-2: Tolkede grove, vannførende lag fra CPTU i borpunkt 2

Figur 8-3 viser idealisert lagdeling som er benyttet for Plaxisberegningene i profil C. Leira er modellert med NGI-ADP-jordmodell (udrenert), mens de vannførende lagene er modellert med Hardening soil jordmodell (drenert). Til høyre i profilet er lagdelingen forenklet som «fjell» for å fokusere beregningene inn mot strandsoneområdet. I realiteten er det friksjonsmasser i dette området med ukjent dybde til berg. Det er satt på i snitt 10 m poreovertrykk i de vannførende lagene.

Profil A og B er modellert i Geosuite. Lagdeling og parametere er nærmere beskrevet i Vedlegg D.



Figur 8-3: Modell for lagdeling i profil C

8.3 Beregningsresultater

Hovedtrekkene i stabilitetsberegningene er at alle profilene viser lav udrenert stabilitet (sikkerhetsfaktor F rundt 1,1). I rent drenerte analyser er stabiliteten god med hydrostatiske forhold, men når det legges inn artesiske poreovertrykk blir stabiliteten betydelig redusert.

Med 10 m poreovertykk beregnes en sikkerhetsfaktor på 1,075 i Profil C for en tilstand før fyllinga i Kråknesveien 450 ble lagt ut. Beregning med fyllinga inkludert gir en sikkerhetsfaktor på 1,01. Dette representerer en bruddtilstand. Bruddmekanismen i Figur 8-4 viser et flakskred som i stor grad tilsvarer utglidning av del 8 i skredet (Figur 3-5).



Figur 8-4: Bruddmekanisme i profil C med artesisk poreovertrykk og fylling i Kråknesveien 450. Plaxis-resultater gitt med inkrementelle forskyvninger

I profil B beregnes sikkerhetsfaktor på 1,10 for udrenert totalspenningsanalyse. Drenert analyse med hydrostatisk poretrykk gir F=1,93 og med poreovertrykksøkning tilsvarende 4 m oppnås F=1,02. Poreovertrykk reduserer stabiliteten markant.

8.4 Vurdering av resultatene

Det er tre hovedfunn som kan trekkes ut fra beregningene:

- Det var lav initial stabilitet i hele Kråknesområdet
- Modellering av påviste vannførende lag, og påføring av poreovertrykk, gir svært lav stabilitet samt en bruddmekanisme som samsvarer med det som er dokumentert gjennom videoopptak av skredet
- Fyllinga i Kråknesveien 450 reduserer stabiliteten med omtrent 7 %

For å oppnå brudd i profil C, med både artesisk trykk og fylling, må det settes på et overtrykk tilsvarende en grunnvannstand 10 m over terreng. Høydeforskjellen opp til Kråkvikdalen er rundt 50 m. Sammen med de hydrogeologiske forholdene, både med tanke på mulighet for vannstrømning i grunnen og opptredende mengder med vann under snøsmeltinga, vurderes det som sannsynlig at et slikt overtrykk kan oppstå. Selv 10 dager etter skredet, utenfor skredområdet, viser poretrykksmålingene 2-3 m poreovertrykk (Figur 5-5). Generelt er det ofte poreovertrykk i strandsonen. Det er gjort flere målinger, for eksempel i Finneidfjord, som viser at poreovertrykket kan være relativt høyt (L'Heureux et al. 2018¹).

De beregnede profilene er 2D-idealiseringer, og spesielt for modellering av en fylling med liten sideveis utstrekning, som i Profil C, har dette sine begrensninger. Men samtidig inkluderer ikke beregningene effekt av sprøbruddoppførsel (strain softening) i kvikkleira. Fyllinga har en liten utstrekning og kan ikke sies å ha redusert stabiliteten i hele Kråknesområdet. Men den har ført til en lokal overbelastning der den ligger. På grunn av lav stabilitet og kvikkleire i hele området har bruddet kunnet spre seg ved progressive spenningsomlagringer.

¹ L'Heureux, J. S., Vanneste, M., Kopf, A., & Long, M. (2018). Use of the free fall cone penetrometer (FF-CPTU) in offshore landslide hazard assessment. In Cone Penetration Testing 2018: Proceedings of the 4th International Symposium on Cone Penetration Testing (CPT'18), 21-22 June, 2018, Delft, The Netherlands (p. 401). CRC Press.

9 Historiske skredhendelser

9.1 Historisk skredhendelse på Kråknes

LiDAR-målinger fra Kråknes viser spor etter en historisk skredhendelse. Skredkanten er indikert i Figur 9-1. Den svakt framstikkende strandlinja kan være relatert til denne hendelsen. NGUs rapport i Vedlegg C vurderer det som sannsynlig at gropen avspeiler en enkel skredhendelse, selv om flere trinnvise hendelser ikke kan utelukkes. Alderen på hendelsen ikke kjent, men mangelen på tydelige strandlinjer inne i den gamle skredgropa tyder på at den er relativt ung, muligens fra de siste 1000 år. Over tid ville den uregelmessige strandlinjen fra før 2020-skredet kunne forventes å bli jevnet ut av bølgevirksomhet. Det at strandlinjen ennå ikke var jevnet ut før 2020-skredet kan bety at noe bevegelse har skjedd i nyere tid og på et tidspunkt da havnivået ikke var så veldig mye høyere enn nå.



Figur 9-1: LiDAR-data som viser skredkant til historisk skredhendelse.

9.2 Historiske hendelser i regionen

Det er naturlig i forbindelse med vurdering av skredårsak å se tilbake på tidligere skredhendelser i nærområdet. Lærdom fra disse kan gi verdifull informasjon til å forstå skredmekanismen ved Kråknes. Siden 1959 er det registrert minst fem store kvikkleireskred i området rundt Alta, og de aller fleste i strandsonen der liv og materielle verdier gikk tapt.

En oversikt av disse hendelsene er vist i Figur 9-2. Flere av de historiske hendelsene er blitt grundig undersøkt og en oppsummering av årsak for disse skredene er presentert i

Tabell 1. Et fellestrekk for de historiske hendelsene er at skredårsaken som regel er knyttet opp til menneskelig aktivitet som har ført til en forverring av stabilitet. Eksempel av menneskelig aktivitet for skredene i Tabell 1 inkluderer veibygging, oppfylling, peleramming, graving og sprenging. I flere tilfeller var stabiliteten så lav etter tiltakene at kraftig nedbør og snøsmelting var nok til å utløse skred.

Tahell 1 · 1	Tidsnunkter i	na årsak til	historiske skred	i området run	dt Alta (ca	80 km omkrets)
Tuben 1. I	nuspunkter (ig arsuk tir	mstomske skreu	onnauctiun	מנ אונט וכט.	

Lokalitet	Dato	Årsak	
Sokkelvik ¹	7. mai	Mye nedbør de siste dagene før skredet. Pågående veianlegg med	
	1959	opptil 7,5 m høy fylling.	
Store	14. mars	Pågående veianlegg (inkl. ramming av 14 m lange peler høsten 1974).	
Lerresfjord ²	1975	Sprengning like før skredet. Det rapporteres også om mye nedbør de	
		siste dagene før skredet.	
Kviby i Alta ³	27. juli	Kraftig regn. Usikkerheter rundt menneskelige aktiviteter.	
	2010		
Talvik ³	25 sept.	Graving i forbindelse med veibygging	
	2015		
Sørkjosen ⁴	10 mai.	Mye nedbør de siste dagene før skredet og stor oppfylling som var	
	2015	ferdig høsten 2014.	

1. L'Heureux J-S, Nordal S, Austefjord SW (2017) Revisiting the 1959 quick clay landslide at Sokkelvik, Norway. Landslides in Sensitive Clays: Springer. Pp. 395-405.

2. NGI (1975) Utglidning den 14. mars 1975 i Store Lerresfjord, Alta kommune, Finnmark. Rapport nr. 75012-01.

3. NVE (2020) Skreddatabasen.

4. Nordal S, L'Heureux J, Skotheim A, et al. (2016) Skredet i Sørkjosen 10. mai 2015. Utredning om skredårsak fra undersøkelsesgruppa Rapport no SBF20160043 SINTEF Byggforsk.



Figur 9-2: Oversikt av kjente kvikkleireskred rundt Alta.

10.1 Hydrometeorologi

Det var lite nedbør i dagene før skredet, men stor snøsmelting. Vitner beskriver at grunnen fløt over av vann. Vinteren 2019/2020 karakteriseres med stor snødybde. I lys av historiske registreringer av snødybde og nedbør kan det likevel ikke sies at våren 2020 var en enkeltstående ekstremhendelse. Det har trolig vært tilsvarende vannmengder i grunnen i tidligere år.

De store vannmengdene i grunnen har svekket stabiliteten, men kan ikke alene forklare skredhendelsen.

10.2 Erosjon

Det er vitneobservasjoner av erosjon i veggkroppen i grøft på oppside av Kråknesveien. Ingen andre observasjoner av erosjoner registrert. Erosjon i vegkropp, og evt. lokal erosjon på nedside av vegen knyttet til stikkrenner, vurderes å ikke ha påvirket stabilitetssituasjonen for den type skredmekanisme som var gjeldende i skredet 3. juni.

10.3 Skredhendelse natt til 30. mai

Skredhendelsen natt til 30. mai skjedde i løsmasser inn mot Kråkvikveien. Faggruppen vurderer at denne hendelsen er knyttet til vann i terrengoverflaten og er et lokalt og grunt skred. Hendelsen har etter gruppen sin oppfatning ikke direkte årsakssammenheng med skredet 3. juni. Den er mer trolig relatert til den generelle situasjonen med høy vannmetting i grunnen. Forbedret avrenning i grøft langs Kråknesveien etter utbedring av veien kan ha hatt en utløsende effekt for dette lokale skredet.

10.4 Seismisk aktivitet

Det er ikke registrert seismisk aktivitet som kan ha hatt innvirkning på skredet.

10.5 Undersjøiske skred

Det er ikke gjort vitneobservasjoner som kan tyde på at skredet 3. juni i forkant hadde en utløsende hendelse under vann. Videre viser stabilitetsberegningene at skredet ble utløst på land. På bakgrunn av dette og skredets utvikling samt antatt skredmekanisme, vurderes det at skredet er utløst på land, ikke i sjø.

10.6 Menneskelig aktivitet

Det er identifisert fire menneskelige inngrep som kan ha hatt betydning for skredet. Betydning av hver av dem er vurdert som følger:

10.6.1 Massedeponi etablert av SVV ved Storhaugen

Massedeponiet ble etablert rundt 2015 i forbindelse med bygging av ny E6. Deponiet ligger på østsiden av vannskillet på Kråkneset og påvirker dermed i hovedsak de hydrogeologiske forholdene på østsiden av neset. Gjennom Storhaugen er det lagdelinger og forkastninger i berget som potensielt kan lede vann mot skredområdet. Det er vanskelig å påvise dette med sikkerhet, og på grunn av avstand, samt at vann trolig i større grad vil ledes gjennom de grove massene ned mot Kråknes, vurderes det at massedeponiet ikke har hatt en påvirkning på skredhendelsen.

10.6.2 Rensk av grøfter i forbindelse med utbedring av Kråknesveien

Etter bygging av ny E6 ble Kråknesveien renovert av SVV før den skulle bli overført til Alta kommune. Dette kan ha ført til at grøfter og stikkrenner har fått forbedret sin funksjon og at de dermed har samlet og ledet mer vann enn tidligere. Dette vurderes kun å ha effekter knyttet til grunne stabilitetssituasjoner og overvann. Faggruppen vurderer at dette ikke kan ha påvirket den dyptliggende stabilitetssituasjonen som er identifisert som bruddmekanisme i skredhendelsen.

10.6.3 Grunnarbeider i forbindelse med bygging av hytte i Kråknesveien 450

I 2015 ble det kjørt inn rundt 80 lastebillass med sprengt stein for å heve byggegrunnen på hyttetomta. Dette gir et volum i størrelsesorden 1000-1200 m³ stein. Det ble også gravd et trau hvorfra de utgravde massene ble deponert i nordvest, mot sjøen. Tiltaket har påvirket stabiliteten negativt. Dette er kvantifisert gjennom stabilitetsberegninger i kapittel 8.

10.6.4 Grunnarbeider i Kråknesveien 456

Samtidig med arbeidene i Kråknesveien 450, ble adkomstveien forbi Kråknesveien 456, samt parkeringsplass og uteområde, utbedret. Det ble tatt masser fra et lokalt masseuttak rett ved eiendommen. Grunnarbeidene i Kråknesveien 456 karakteriseres av utlegging av tynne lag på terreng samt omdisponering av masser i samme område og vurderes å ha hatt liten effekt på stabilitetssituasjonen.

10.7 Helhetlig vurdering

Stabilitetsberegninger viser at Kråknesområdet hadde lav stabilitet i utgangspunktet (avsnitt 8). Samtidig er stabiliteten i Kråknesområdet svært sensitiv for vanntilstrømning fra Kråkvikdalen. Det er et hydrogeologisk vannsystem som leder vann fra Kråkvikdalen mot Kråknesområdet gjennom bakken som beskrevet i avsnitt 4.3. I Kråknesområdet er det lagdelte grunnforhold som gjør at dette vannet blir fanget i permeable lag inne i leiravsetningen. Dette fører til økt poretrykk og redusert stabilitet.

I perioder med mye vann i grunnen og høyt poretrykk, har stabiliteten vært på sitt laveste, men i tidligere tider alltid over en bruddsituasjon. Dette er illustrert med en prinsippskisse i Figur 10-1. Stabiliteten varierer gjennom året, med sitt laveste under snøsmelting om våren. Det kan også ha vært lavt under store nedbørsmengder om høsten. Men siden Kråknes har stått uendret i så lang tid tilbake som vi har kilder, har stabiliteten vært over bruddsituasjon.

Med fyllingsarbeidene i Kråknesveien 450 i 2015 ble det tilført en last som reduserte stabiliteten ved hytta (avsnitt 8). Lasten var i seg selv ikke nok til å utløse et skred, men som illustrert i Figur 10-1, førte den til at hele situasjonen ble bragt nærmere en bruddsituasjon. Snøsmeltingen i sesongene etter arbeidene på tomta var ikke spesielt voldsom før i 2020. I 2020 var det svært mye vann i grunnen og poretrykket økte til verdier en trolig ikke hadde hatt i årene etter 2015 da fyllingen for hytta ble lagt ut. Stabiliteten ble redusert og det oppstod en bruddsituasjon knyttet til hytta i Kråknesveien 450.

Sprekken observert i adkomstveien til hytta ca. klokken 17:00 den 2. juni tolkes til å være starten på skredhendelsen. Dette støttes av at det var lavvann på dette tidspunktet (Figur 5-6), og dermed lavest støtte fra havvann på stabilitetssituasjonen, samt stabilitetsberegninger som viser at kritisk skjærflate starter i et tilsvarende område (Figur 8-4).

På grunn av kvikkleire i grunnen spredte bruddet seg progressivt videre i hele området gjennom den påfølgende natta. Dette er noe tilsvarende det man kan se i store snøskred. En overbelastning i ett punkt fra f.eks. en skiløper, sprer seg gjennom snødekket før et stort flak løsner. Den observerte utglidningen av Kråknesveien 436 ca. kl. 15:15 3. juni er et resultat av svekkelse i grunnen som følge av den progressive bruddutviklinga i kvikkleira. Utglidningen av Kråknesveien 436 gikk der berget går i dagen i bakkant. Spenningsomlagringer og innledende bevegelser natt til 3. juni vil ha medført

større relative bevegelser i leirmassene der de møter berget. Derfor utløses instabiliteten her etter den initiale forstyrrelsen i området som ga redusert fasthet i grunnen trolig både på land og ut i sjøen. Deretter fulgte skredutviklingen sekvensen som er gjennomgått i avsnitt 3.

Faggruppen har ikke funnet noen sammenheng mellom kanten observert ved Kråknesveien 470 under brøyting før jul vinteren 2019 og skredhendelsen.



Figur 10-1: Prinsippskisse av stabilitet over tid for Kråknes

På bakgrunn av de undersøkelsene som er gjort konkluderer faggruppen med at årsaken til skredet er en kombinasjon av fire faktorer:

- Lav initial stabilitet, kvikkleire og lokale grunnforhold som er følsomme for poretrykksøkning
- Lokale topografiske- og kvartærgeologiske forhold som kan føre til stor infiltrering av vann i grunnen
- Destabiliserende effekt av fyllingsarbeider ifm. bygging av hytte i Kråknesveien 450.
- Stor og hurtig snøsmelting i dagene før skredet

<u>Årsak til skredet vurderes derfor å være lav initial stabilitet, forverret av fyllingsarbeidene i</u> <u>Kråknesveien 450, mens utløsende faktor var stor snøsmelting og dermed økt grunnvannstrykk.</u>

Skredet på Kråknes 3. juni 2020 har fellestrekk med andre skredhendelser i regionen som for eksempel Sokkelvik 1959, Store Lerresfjord 1975 og Sørkjosen 2015. Fellestrekkene er kvikkleire med innslag av sandlag i strandsonen, utfyllingsarbeider som destabiliserende inngrep og nedbør/snøsmelting som utløsende årsak.

11 Læringspunkter

11.1 Faresonekartlegging, Alta 2009-2011

Skredhendelsen på Kråknes aktualiserer en problemstilling som oppstår når man kartlegger, og avmerker faresoner på kart. Det er mange områder, ofte små, som ikke blir kartlagt, men det betyr ikke at de er friskmeldt.

NGI utførte på oppdrag fra NVE kvikkleirekartlegging i Alta kommune i perioden 2009-2011 («NGI (2011) Kvikkleirekartlegging - Kartblad Alta - Risiko for kvikkleireskred. Rapport nr. 20091762-00-1-R.»). Dette ble gjort som en del av et landsomfattende arbeid med å kartlegge skredfarlige kvikkleireområder i Norge. Kartleggingen omfattet fra start kun kartblad Alta 1834 I, som på dette tidspunktet var det eneste utgitte kvartærgeologiske kartbladet i området. I innledningen av NGIs rapport står det at "Alta kommune er ikke fullstendig kartlagt..." og at "... det kan finnes skredfarlige kvikkleireområder også utenfor de angitte faresonene". Rapporten ble presentert Alta kommune av NVE og NGI i et overleveringsmøte. Rapporten er tilgjengelig for alle på NVEs nettsider.

NVE Atlas

I dag er informasjon om kartlagte kvikkleiresoner tilgjengelig for alle via NVE Atlas. Verktøyet gir tilgang til et bredt spekter av geografiske temadata og er først og fremst et støtteverktøy for forvaltningen. Verktøyet gir ikke alltid riktig detaljeringsgrad av hvor mye som er kartlagt innenfor et område, før man zoomer godt nok inn på kartet. For kartbladet Alta, ser det på NVE Atlas ut som at hele området innenfor kartbladet er kartlagt med tanke på kvikkleire, noe som er motstridende til NGIs rapport (Figur 11-1). For en mer riktig visualisering av kartlagte områder i dette verktøyet, er det nå begynt å benytte en mer presis visning i atlaset hvor avgrensning på vurderte områder er vist tydeligere (se Figur *11*-2).

Når NVE ble kontaktet angående skredhendelsen ved Kråknesveien 470 natt til 30.05.2020, ble det gjort en undersøkelse mot NVE Atlas og faresoner for kvikkleireskred. Det ble konstatert at det aktuelle området ikke var kartlagt, kun nærliggende områder.

En økt bevissthet knyttet til hva faresonekart viser, og ikke viser, vil være et sentralt læringspunkt fra skredhendelsen. Hvordan man presenterer data og forbehold i karttjenester vil også være et element i denne sammenhengen.



Figur 11-1: Områder som ble kartlagt av NGI i 2009-2011 med hensyn på faresoner for kvikkleire (røde firkanter).



Figur 11-2: Utklipp av NVE Atlas som viser et eksempel på områder som anses som kartlagt med hensyn til kvikkleire ved Molde. Den nye måten å vise kartlagte området på er mer presis enn den gamle, men hvis man zoomer enda litt inn på et område vil den røde firkanten bli erstattet med de faktisk kartlagte sonene.

11.2 Hydrogeologiske forhold

De hydrogeologiske forholdene på Kråknes er sentrale som underliggende faktor for skredet. Det å kartlegge, forstå og ta hensyn til vannførende lag i grunnen samt artesiske poretrykk i stabilitetsvurderinger understrekes som et viktig moment å sette søkelys på i bransjen. Dette inkluderer økt bruk av poretrykksmålinger. Dagens praksis fremstår til dels som fokusert ensidig på udrenerte beregninger.

11.3 Indikasjoner på skredhendelser i strandsonen

I motsetning til skred i ravinert terreng, er ikke erosjon i vassdrag nødvendigvis fremtredende som utløsende årsak i strandsoneskred. For Kråknesskredet ble det observert en betydelig sprekk, med bevegelse både vertikalt og horisontalt over 10 cm, før skredhendelsen. Ved bekymringsmeldinger knyttet til naturfare til NVE og andre, bør det legges vekt på å undersøke observasjoner om tilsvarende sprekker når det gjelder stabilitet i strandsonen. Det samme gjelder i situasjoner hvor evakuering av et område vurderes.

11.4 Byggesaksbehandling

Faggruppen er kjent med at det i 2015 ble gjennomført søknadspliktig byggetiltak for Kråknesveien 450. Tiltaket er nærmere beskrevet i kapittel 7.2. Det ble oversendt en byggesøknad til kommunen.

Søknadspliktige tiltak skal oppfylle kravene til plan- og bygningsloven og tilhørende forskrifter. Planog bygningsloven stiller blant annet krav til byggesaksbehandling og krav til sikker byggegrunn, mens TEK10/17 stiller krav om sikkerhet mot alle typer naturpåkjenninger. Kapittel 7 «Sikkerhet mot naturpåkjenninger» inneholder både et generelt krav om tilfredsstillende sikkerhet mot skade og vesentlig ulempe fra naturpåkjenning i § 7-1 og konkrete sikkerhetskrav for enkelte naturfarer som flom, stormflo og skred i §§ 7-2 til 7-4.

Faggruppen har ikke vurdert aktuelle søknader eller kommunens byggesaksbehandling av tiltaket. Faggruppen anbefaler at byggesaken gjennomgås med tanke på å identifisere eventuelle læringspunkter.

Vedlegg A - Kvikkleireskred i Kråknes i Alta, 03. juni 2020 – Sammenstilling av hydrometeorologiske forhold



Internt notat

Til:	Toril Wiig
Fra:	Graziella Devoli, Hervé Colleuille
Ansvarlig:	Hervé Colleuille
Dato:	28.7.2020
Saksnr.:	NVE
Arkiv:	
Kopi:	Stein-Are Strand

Kvikkleireskred i Kråknes i Alta, 03. juni 2020 – Sammenstilling av hydrometeorologiske forhold

1. Innledning

Onsdag 03. juni 2020 ca. kl. 15:30 gikk et stort kvikkleireskred ved Kråknes i Alta kommune, i Troms og Finnmark fylke. Kråknes ligger nordvest for Alta og ca. 6 km øst for Talvik.

Skredet ble rapportert ganske raskt i flere aviser, som Altaposten, VG og NRK Troms og Finnmark, og ble godt dokumentert med bilder og videoer, tatt av beboere som var i området, journalister, redningsmannskapet og NVEs personell i Region Nord. Skred ble registrert samme dag i regobs.no (<u>https://www.regobs.no/Registration/237921</u>) av jordskredvakt i Jordskredvarslingen i NVE. Skredet ble omtalt som *«jordskred»* i flere aviser, men beskrivelse og informasjonen fra nyheter, bilder og videoer indikerte veldig tydelig at dette var et kvikkleireskred. Fra informasjonen tilgjengelig på samme dag, kunne Jordskredvarslingen beskrive at skredmassene, bestående av leire, har glidd ut i sjøen lang hele strandlinjen, over en total strekning på ca. 650m og ca. 160 m dypt. Skred gikk i et område hvor ligger flere fritidsboliger. Ingen personer ble tatt av skred eller ble skadet, men ca. 8 bygninger og en campingvogn har gått med i skredet. En person som oppholdt seg i et bolighus ble evakuert. En hund også ble tatt av skred og ble brakt i sikkerhet av hovedredningstjenesten noen timer senere. På grunn av flere småskred, ble redningsaksjonen forsinket, men avsluttet ca. kl. 19:00 samme dag.

Dagen skred gikk, hadde Jordskredvarslingen i NVE sendt et regionalt gult varsel publisert i varsom.no (<u>https://varsom.no/flom-og-jordskredvarsling/varselid/326317</u>). Varselet var utstedt på grunn av unormalt kraftig og vedvarende snøsmelting som hadde ført til stor vannmetning i bakken i store områder i Nord-Norge, inkludert Altaområdet.

I dette notatet gir vi en oversikt over de hydrometeorologiske forholdene før og da skredet gikk. Informasjonen er samlet fra daglig vurdering gjennomført av Jordskredvarslingen i NVE fra uke 21 (mai 2020) til uke 23 (juni 2020). Vi ønsker å bidra til arbeidet av ekspertgruppe, organisert for å studere årsaken til skredet i Kråkenes, bestående av fagfolk i NVE, Multiconsult, NGI, Statens vegvesen og NTNU.



2. Hydrometeorologiske forhold og regionalt jordskredvarsel for den dagen skredet gikk og i forkant av skredet

2.1. Temperatur og nedbør

Onsdag 03. 06.2020 var værsituasjonen preget av et svakt lavtrykk i Sør-Norge som skulle gi veldig liten nedbør (under 10 mm) i form av regn stor sett over hele Norge. I Nord-Norge var det prognosert oppholdsværet, uten nedbør eller stedvis under 10 mm. Prognoserte temperaturer var mellom 5-10°C og ganske like til prognoser som var dag før, tirsdag 02.06.2020 (Fig.1).



Figur 1. Oversikt av prognosert nedbør og temperatur. Venstre: Værkart, Analysekart, som beskrive hvordan værsituasjonen faktisk var onsdag morgen (kilde: yr.no); Midt: prognosert nedbør (kilde: xgeo.no); Høyre: prognosert temperatur for tirsdag 02.06.2020 (kilde: xgeo.no).

Mai-måneden ved Alta-Talvik kan betraktes som relativt normalt i forhold til gjennomsnitlig temperatur og nedbør (Fig. 2 og 3).



Figur 2. Kart over månedsnedbørsavvik (venstre) og månedsmiddeltemperatur (høyre) avvik for mai måned (kilde: senorge.no).



Dato	Min. temp.	Maks temp.	Gjennomsnitt	Normal temp.	Nedbør mm (måles kl 07)	Snødybde cm	Vind m/s	Kraftigste vind m/s
1.	7,6°	18,7°	13,6°	7,6°	0,0	0,0	2,4	5,5
2.	7,9°	17,4°	11,1°	7,8°	0,0	0,0	2,5	4,7
3.	5,9°	12,0°	8,5°	8,0°	0,7	0,0	2,3	3,5
4.	5,2°	9,2°	8,1°	8,1°	0,0	0,0	4,4	7,3
28.	4,1°	11,8°	8,7°	6,9°	0,0	0,0	3,6	5,7
29.	6,9°	10,1°	8,2°	7,1°	0,0	0,0	4,1	6,5
30.	6,3°	10,4°	7,6°	7,3°	0,1	0,0	3,1	5,4
31.	5,6°	17,2°	10,8°	7,4°	1,8	0,0	2,0	4,1

I forkant av skredet ble det registrert ubetydelig mengder regn (stor sett under 10 mm) og temperaturen var mellom 5° og 18° C.

Figur 3. Tabell over meteorologisk forhold ved Talvik (kilde: yr.no/MET)

2.2. Snøforhold

Satelittbildene viser at det var fortsatt snø i fjellet sør for Kråknes fredag 22. mai, og at mye snø hadde forsvunnet 01. juni slik at det var sannsynligvis lite snø igjen rundt 03. juni (Fig. 4).



Figur 4. Satellittbildene over Kråknes området (kilde: xgeo.no). Bilde fra 22.05.2020 (venstre). Bilde fra 1.06.2020 (høyre). Vi presentere ikke satellitt bildet for den 3.06.2020 fordi viser for mye skyer.

Snøkartmodellen (Saloranta, 2014, og xgeo.no) indikerer også at lavlandet ved Kråkenes-Talvik var snøfritt dagen skredet gikk, men at det var snø i fjellet over 200-300 moh., og mye mer snø enn normalt over ca. 500-600 moh (Fig. 5).





Figur 5. Estimert snøsmengde i Kråknes, beregnet med snøkartmodellen og oppgitt i prosent av normalen for oppgitt dato. Normalen er medianverdien for referanseperioden 1981-2010. Kart fra 22.05.2020 (venstre). Kart fra 03.06.2020 (høyre) (kilde: xgeo.no, pikslene er 1 km²).

Snødekning er også estimert fra satellittbilder som bekrefter at Kråknes området var snø fritt dagen skredet gikk (Fig. 6). Kart er avledet fra Sentinel-2 i Copernicus-programmet med algoritmen SNOMAP.



Figur 6. Estimert snøsdekning fra satelittbilder i Kråknes. Kartet viser snø når snødekt areal er større enn 50-60%, ellers vises snøfritt. Kart fra 22.05.2020 (venstre). Kart fra 03.06.2020 (høyre) (kilde: xgeo.no, pikslene er 20 m).

Informasjonen fra satelittbilder og snøkartmodellen bekrefter at det var et sterk snøsmelting dagene før skred gikk og at at snøsmelting startet å være signifikant i området i midten av mai og spesielt fra 14.-15. mai, når temperatur startet å være over 5°C. Modellene estimerer en snøsmeltingsrate på ca. 15-25 mm/døgn før skredet i mange dager. Vi ser fra modellen at det har vært to signifikant temperaturøkning mellom 21. og 24. mai (fra 4° til over 10°C) og mellom 31. mai og 2. juni (fra 6° til 14°C) (Fig. 7).





Figur 7. Estimert regn og snøsmeltning** i steder rundt Kråknes for den 3.06.2020. Øverst: i Kråknes, rundt 0 moh.; midt, sør for Kråknes, rundt 75 moh.; og nederst, lengre sør på vest siden av fjellet rundt 250 moh. (kilde: xgeo.no, pikslene er 1 km²). ** I denne perioden er det ubetydelig regn, dvs. at alt vanntilførsel skyldes først og fremst snøsmeltingen.



2.3 Teledyp

Det var sannsynligvis ikke noe tele lenger da skredet gikk. Ifølge modellen gikk teleløsningen i først halvdel av mai (Fig. 8).



Figur 8. Estimert teledyp i cm, sør før Kråknes (kilde: xgeo.no, pikslene er 1 km²).

2.4 Vannføring

Det finnes vannføringsmålinger fra målestasjon Halsnes som ligger noen få kilometer vest fra Kråknes (den gule prikken på kartet i Fig. 9). Observasjoner viser en tydelig vannføringsøkning rett før den 03. juni, spesielt fra 31.mai som indikerer sterk snøsmeltingen. Det er imidlertid ikke registrert flomvannføring ennå på det tidspunktet. Stasjonen nådde middel flomnivå den 8. juni (Fig. 9).



Figur 9. Lokalitet av målestasjon Halsnes (gule punktet på kart) og vannføring observert den 3.juni (venstre) og vannføringsmålinger på Halsnes stasjoner mellom midt av mai og midt av juni (høyre) (kilde: xgeo.no).



2.5 Mark- og grunnvannstand

Det finnes to NVEs grunnvannstasjoner i nærheten av Kråknes: Lakselv (den blå prikken på kartet i Fig. 10) og Kvænangen (den svarte prikken på kartet i Fig. 10). Data fra Lakselv ror viser at fra 18. mai grunnvannstand startet å øke. Simulert grunnvanntilstand ved bruk av HBV-modellen (Beldring m. fl. 2003) viser også at det var svært høyt grunnvannsstand i Alta området den 3.juni (Fig. 10). Grunnvanntilstand i Alta området startet å være stedvis høy den 19.mai og startet å være svært høy fra den 23.mai, også i Talvik og gradvis i Kråknes området. Den 1. og 2. juni grunnvanntilstand var svært høy i store deler av Alta kommune.



Figur 10. Grunnvannstasjoner i nærheten av Kråknes, observert grunnvannstand ved Lakselv (øverst) og simulert grunnvanntilstand den 03. juni 2020 i Alta området og i Kråknes (nederst) (kilde: xgeo.no, pikslene er 1 km²).

Simulert vannmetning i jord ved bruk av HBV-modellen viser at det var fullt vannmetningen i jord (100%) da skredet gikk (Fig. 11). Vannmetnings i jord startet å være over 60 % 18.mai i Kråknes området og over 90% fra 26.mai.





Figur 11. Simulert vannmetning i jord i Alta området (øverst) og utviklingen av vannmetningsgrad sør for Kråknes (nederst). Kartet viser prosentvis vannmetning i jord. Prosentandelen beskriver forholdet mellom dagens simulerte vannlager i forhold til maksimalt simulert vannlager i referanseperioden 1981-2010 ved bruk av HBV-modellen. Kråknes området er indikert med grå firkant (kilde: xgeo.no, pikslene er 1 km²).

Analyser av historiske simulerte vannmetningsgrad i periode 1957-2020 viser at forholdene som var observert i ukene 22 og 23 i dette området er sjelden. Vi har registrert kun fire perioder tidligere med nær 100% vannmetning: 09.06.1996 (100%), 23.05.2013 (101%), 22.05.2014 (96%), 09.06.2017, (102%) (Fig. 12). Alle disse perioder var i våren og tilknyttet snøsmeltingen. Verdier over 100% skyldes at referanseperioden i modellen er 1981-2010.





Figur 12. Vannmetning i jord estimert av modellen i perioden 1957-2020.

3. Jordskredvarsel for Nord-Norge og skredhendelser ved Kråknes i ukene 22 og 23

På grunn av vedvarende snøsmelting og høy vannmetning i bakken har Jordskredvarslingen i NVE utstedt et regionalt jord-, sørpe- og flomskredvarsel for Nord Norge og spesielt for Troms og Finnmark fylke allerede den 23. mai for på gult nivå. Området var på gult nivå 23 konsekutive dager til og med den 14. juni. Alle varsel er tilgjengelig på varsom.no.

Et gult varsel for jordskredfare indikerer at det er fare for utglidning, jordskred, flomskred og sørpeskred som er utløst av regn eller/or snøsmelting eller en kombinasjon av begge. Utglidninger og små jordskred kan forekomme både i moremateriale og leirområder. Erfaringen viser at utglidninger/jordskred i leirområder (marin avsetning) forutsetter svær høy vannmetning nær 90-100%, mens jordskred/flomskred i moremateriale kan forekomme med lavere vannmetning, men forutsetter veldig høy vanntilførsel (regn og snøsmelting).

Et gult varsel indikere at er det utfordrende situasjonen som krever oppfølging og kan medføre skader lokalt. På et gult varsel venter vi mellom ca. 1-5 jord/flomskred¹ innenfor varsel området, enkelte store hendelse kan forekomme.

Under den lange perioden med varsel i Nord Norge har det gått mest små jordskred og utglidninger. Det gikk skred nesten hver dag både i Troms og Finnmark området. Listen over skredhendelser finnes på <u>https://varsom.no/varflom-statusoppdatering/hendelsesoversikt/?ref=mainmenu</u>. Noen steinsprang ble også observert på grunn av snøsmelting.

Fare for jordskred vurderes gjennom analyse av flere hydro-meteorologiske parameter og spesielt på Jordskredindeks, Hydmet Geo, som er basert på en kombinasjon av vannmetningsgrad, relativ vanntilførsel (regn og snøsmelting) for perioden 1981-2010, samt et aktsomhetskart for løsmasseskred i små nedbørfelt. Indeksen er beregnet fra en griddet versjon av HBV-modell.

Fra midt av mai og midt av juni Hydmet Geo visste moderat og stor fare i flere steder i Finnmark og Troms. Analyser viser også at jordskredindeks har vært moderat og stor for flere dager også i Kråknes området (Fig. 13).

¹ Eller opptil 10 små grunne utglidninger.





Figur 13. Jordskredindeks ved Kråknes mellom 22. mai og 3. juni (kilde: xgeo.no, pikslene er 1 km²).

3.1 Varsel 29. mai 2020

29. mai var det utstedt et jord-, sørpe- og flomskredvarsel for Ofoten og store deler av Troms, Finnmark og Nordland (Fig. 14).



Figur 14. Varsel publisert den 29. mai 2020 (kilde: varsom.no).



Den dagen ble det rapportert til NVE beredskap et lite jordskred som gikk i Kråknes, i tilknytning til bolig på adresse Kråknesveien 470 i Alta kommune.

Skredet ble rapportert av en privat person sent på kveld, men skred mulig gikk i ettermiddagen den 29. mai. Informasjonen ble videresendt samme kveld (etter kl 23:30) til NVEs Region Nord og til Jordskredvarslingen. Informasjonen som Jordskredvarslingen fikk var at *«Jordskredet har foreløpig ikke rørt bebyggelse eller vei, men privat vannforsyning er ødelagt, og vannet «har tatt nye veier». Innringer melder om at det er mye leir i området, og hun er bekymret for videre utvikling. Innringer er eier av eiendommen, men er ikke selv på stedet.»* Hendelse var registrert i regobs.no(https://www.regobs.no/Registration/237480) (Fig. 15).

Informasjonen sendt til Jordskredvarslingen fra NVE Region Nord den 30.mai kl 8:30. «Ble oppringt av beredskapsvakta kl 00.15 vedrørende jordskred på Kråkenes i Alta kommune (GBnr 14/27, Kråkenesveien 27). Jeg har nå pratet med innringer/eier Irene Nilsen (som ikke er på stedet) og hennes datter Marit Ekerhovd (som er på stedet). Jordskredet er ikke i tilknytning til bebyggelse eller vei, men privat vannforsyning er berørt. Vannet i området har «tatt nye veier». Berørt gård benyttes som fritidsbolig, eierne bor i Hammerfest, men er på stedet nå i helga. De har kontaktet nabo, eneste fastboende i bygda. Han sier det er mye leir i området, men vurderte at bebyggelse eller veier foreløpig ikke er truet. Mye vann i terrenget på grunn av smelting. Innringer kontaktet først vakttelefonen hos kommunen, men fikk der beskjed om å kontakte NVE beredskapsvakta. I hht. NVE Atlas viser løsmassekartet marine avsetninger tynt dekke. Det er ikke påvist kvikkleire i området Kråknes, men flere andre steder i denne delen langs Altafjorden, blant annet i Melsvik ca en kilometer sør for berørt område. Innringer har sendt bilder og video fra stedet, se vedlegg. Jeg har ikke vært i kontakt med kommune eller politi. Vurderer at vi ikke trenger å foreta oss mer i saken da hverken bebyggelse eller infrastruktur er berørt. Jeg kontakter kommunen i morgen.»







Figur 15. Jordskred ved Kråknes som gikk den 29. mai. 2020 i ettermiddagen (kilde: regobs.no). Plassering på kart kan være litt upresis.

3.2 Varsel 3. juni 2020

Den 3. juni var det fortsatt jordskredfare på gult nivå for store deler av Troms, Finnmark og Nordland (Fig. 16) med følgende varslingstekst: «Vannmetningsgraden i bakken er svært høy og øker i takt med snøsmeltingen. Det ventes fortsatt snøsmelting, stedvis opp til 10-20 mm/24t. Dette gir økende fare for sørpeskred, jord- og flomskred langs bekker og i skråninger der snøen smelter. Bratte skråninger, samt bekker og elveløp med stor vannføring er spesielt utsatt. Faren for utløsning av sørpeskred



gjelder særlig i områder med mer enn 50 cm snø, der snøen er vannmettet. Grunnvannstanden og vannmetningsgraden i bakken er svært høy.»



Figur 16. Varsel publisert den 03. juni 2020 (kilde: varsom.no).

Kvikkleireskredet som gikk i Kråknes ble oppdaget av Jordskredvarslingen fra media kl 16.12 som informerte NVE region nord via eposten og registrert det på regobs.no (<u>https://www.regobs.no/Registration/237921</u>).

4. Konklusjon

Perioden (fra midten av mai) i forkant av kvikkleireskredet i Kråknes er preget av veldig lite regn (under 10 mm), temperatur mellom 5° og 18°C, samt av vedvarende og kraftig snøsmelting. Snøsmeltingen førte til full vannmetningen i jorda i område ved Kråknes, og sannsynligvis til en stor strømning av grunnvannet fra fjellet mot sjøen, og høyt grunnvanntrykk i leire ved Kråknes.

De hydrometeorologiske forholdene betraktes ikke som ekstremt, men likevel svært sjelden, siden de har inntruffet de siste 63 årene kun 5 ganger (100% vannmetning). Figur 17 oppsummerer de hydrometeorologiske forhold som ble observert i området mellom midten av mai til midten av juni.





Figur 17. Ulike simulerte hydrometeorologiske parameter i perioden 15. mai til 15. juni 2020. Tidspunktene for skredene som gikk i Kråknes i uke 22 og uke 23 er indikert med piler.

Dataene antyder at skredet kan ha en naturlig utløsende årsak, men det er sannsynlig at andre faktorer som erosjon i en bekk, menneskelige aktiviteter eller et undersjøisk skred kan ha medvirket i utløsningen av kvikkleireskredet. Vi anbefaler også å analysere skredet som gikk ved Kråknesveien 29. mai: Kan dette skredet betraktes som et faretegn? Kan konsekvensen av skredet (ødelagt vannforsyning med påfølgende vannlekkasjer og vann på avveie) være årsaken til kvikkleireskredet? Kan dette heller tolkes som mulig første skred i skredutvikling?

Vi anbefaler også å vurdere mulige medvirkende faktorer som:

- Undersjøisk skred Effekt av flo og fjære (data kan sannsynligvis leveres av Meteorologisk institutt og havnivå.no)
- Ifølge Fylkesmannen (registrert i CIM) har bygningen av den nye E6 gjennom Malsvika endret på mange vannløp i området slik at tidligere bekker og elver i Melsvika, fører med seg mye større vannmengder enn før veg-utbygging. I tillegg har utførende entreprenør lagt en stikkrenne slik at vann renner i området ved Larshaugen og nedover mot gamle E6.

Det er ikke registrert løsmasseskred (jordskred, utglidning, flomskred eller leirskred) vest side av Altafjorden (i området mellom Vollstrand, i nord og Alta i Sør) i nasjonal skreddatabasen og ikke heller ingen tidligere skredhendelser på samme forhold som de observerte i mai-juni 2020 (nær 100% vannmetning):

• 09.06.1996 (100%), høy vannmetning i jord fra 1. juni, lite nedbør (under 10-20mm), snøsmelting (10-25 mm) fra 24.mai. Ingen skred ble rapportert i databasen.



- 23.05.2013 (101%), høy vannmetning i jord fra 9. mai og lite nedbør (under 10 mm), snøsmelting (15-25 mm) fra 16. mai. Den 22. mai ble rapportert jordskred nord for Alta under marine grenser (finnes ikke mer detaljert informasjonen, registrert i Regobs. <u>https://www.regobs.no/Registration/17425</u>). Gult jordskredvarsel i Nord Norge for flere dager fra 16.mai til 1.juni.
- 22.05.2014 (96%), høy vannmetning i jord fra 16. mai, lite nedbør (under 10 mm) snøsmelting (15-25 mm). Ingen skred ble rapportert i databasen. Ingen varsel ble sendt.
- 09.06.2017, (102%), høy vannmetning i jord fra 29. mai, lite nedbør (under 10 mm), snøsmelting (10-35 mm) fra 5. juni. Det ble rapportert utglidning nord for Alta i leireterreng <u>https://www.regobs.no/Registration/129273</u>. Gult jordskredvarsel i Nord Norge for flere dager fra 8.juni til 11. juni.

Referanser

Beldring, S., Engeland, K., Roald, L. A., Sælthun, N. R., Voksø, A. (2003). Estimation of parameters in a distributed precipitation runoff model for Norway, Hydrol. Earth Syst. Sci., 7, 304–316, https://doi.org/10.5194/hess-7-304-2003

Saloranta T. (2014). New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. NVE rapport 6/2014. <u>http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_06.pdf</u>

Vedlegg B - Strukturgeologisk beskrivelse av Kråkneset og vurdering av strukturenes mulige påvirkning på kvikkleireskredet 03.06.2020



Notat

Til:	Anders Samstad Gylland
Fra:	Kjetil Indrevær
Ansvarlig:	Toril Hofshagen
Dato:	04.11.2020
Vår ref.:	202006025-24
Arkiv:	
Kopi:	Emilie Bjarghov

Strukturgeologisk beskrivelse av Kråkneset og vurdering av strukturenes mulige påvirkning på kvikkleireskredet 03.06.2020

Dette notatet er utarbeidet gjennom kart- og litteraturstudie, analyse av dronevideoer samlet inn i tiden etter skredet, tolkning av høyoppløselig terrengdata, tilsendte strukturgeologiske data fra masterstudenter og samtaler med Prof. Steffen Bergh (UiT) og post doc. Louise Vick (UiT) som begge kjenner området. Notatet vurderer ikke løsmassenes betydning for skredet.

Oppsummering

Det er i dette notatet dokumentert at det eksisterer forkastninger/bruddsoner på Kråkneset som kan være vannførende. Det er plausibelt at snøsmelting har ført til økt vanntrykk i forkastninger/bruddsoner og dermed økt vanntrykk langs kontakten mellom berg og overliggende leire. Videre har bergartsoverflaten i området et relieff som kan ha bidratt til å kanalisere grunnvann i sedimentene ut mot skredet. Begge disse forholdene ansees å kunne være bidragsgivende til at skredet ble utløst. Det understrekes at de beskrevne strukturgeologiske forhold ikke er av en slik karakter at de ansees som absolutte utløsningsårsaker. Skredet kan ha blitt utløst av andre årsaker, som for eksempel av forhold som i sin helhet er knyttet til løsmassene (ikke vurdert her).

Beskrivelse

Bergarter

Utsnitt av kartblad «Talvik» (Figur 1a) viser at Kråkeneset hovedsakelig består av metabasalt, basaltisk tuff og tuffitt og metagabbro.

Bergartene på Kråkneset er en del av Kvenvikformasjonen i Raipasovergruppen (se f.eks. Bergh & Torske, 1988; Torske & Bergh, 2004; Roberts, 1973; Zwaan 1988; Krill et al, 1985; Sandstad et al., 2012 for flere detaljer og datering).

Strukturer

Bergartene har en tydelig lagdeling som ifølge berggrunnskart stryker NNV-SSØ med fall på ~60 grader mot VSV (Roberts, 1973; Zwaan 1988; Pettersen & Sandnes, in prep.). Lagdelingen og lineamenter som kutter på tvers av lagdelingen med orientering ca. Ø-V til ØNØ-VSV er synlige på lidardata (Fig. 1b) Disse sammenfaller i orientering med normalforkastninger som er kartlagt på vestsiden av Altafjorden og er trolig mindre forkastningssegmenter som tilhører Altafjordforkastningen 1 og 2 (Koehl et al. 2019). Disse forkastningene stryker ØNØ-VSV til NØ-SV



og faller hovedsakelig mot nordvest. Forkastningssegmenter tilhørende Altafjordforkastningene er beskrevet til å bestå av en kjerne av forkastningsmel og kataklastiske linser av vertsbergarten, omringet av en destruksjonssone rundt kjernen som er sterkt oppsprukket (Koehl et al. 2019). Slike forkastninger er som regel svært permeable.

Forkastningene viser lite til ingen indikasjon på bevegelse etter paleozoikum (siste 300 millioner år) (Koehl et al. 2018; 2019).

Bergartenes og bergartsstrukturenes mulige påvirkning på områdestabiliteten.

Bergartstyper og strukturer på Kråkneset er vurdert til å kunne påvirke grunnvannstrømninger på følgende måter:

• Grunnvannstrømninger som følger svakhetssoner i berggrunnen, som f.eks. bruddkorridorer og/eller forkastninger.

Vurdering

Lidardata indikerer at det er flere forkastninger nært skredområdet (Fig. 1b) og mye oppsprukket berg er synlig på tilgjengelig dronemateriale (Fig 2a). Det er også observert fuktige bruddplan i bakre skredkant langs det som er tolket som mindre forkastninger (Fig. 2b). Dette indikerer at bergartsstrukturer på Kråkneset kan være vannførende. Det ble meldt om svært våte forhold høyere opp i terrenget grunnet kraftig snøsmelting i dagene før og etter skredet.

Det vurderes som <u>plausibelt</u> at snøsmelting kan ha ført til økt vannføring i/langs sprekker/forkastninger i berggrunnen og dermed bidratt til økt poretrykk i kontakten mellom berggrunn og overliggende leire.

• Grunnvannstrømninger som følger overflaten av fast fjell i kontakten mellom bergartene under og permeable løsmasser over.

Vurdering

Bergartsoverflaten har i området et relieff som kan ha bidratt til å kanalisere grunnvann i sedimentene ut mot skredet. Dette relieffet er stedvis forårsaket av forkastninger og bruddkorridorer som over tid har vært mindre motstandsdyktige mot erosjon. Det er stedvis gode eksempler i skredsåret på slikt relieff som kan ha ledet grunnvann ut mot skredområdet (fig. 3a). Fra dronevideo samlet inn i timene etter skredet er det mulig å identifisere punktkilder av grunnvann i skredets bakkant som ser ut til å ligge i grensen mellom fast fjell og overliggende løsmasser (Fig. 3b & 4a) (det kan også være tilfeller av punktkilder på grensen mellom leire under og permeable løsmasser over (fig. 4b).

Det vurderes som <u>sannsynlig</u> at bergets overflate har vært med på å kanalisere og lede grunnvann ut mot skredområdet og på den måten bidratt til økt vanntrykk i kontakten mellom berggrunn og overliggende leire.

• Grunnvannstrømninger i kalk/dolomitt i lagrekken der vann over tid har løst opp kalkstein og dannet underjordiske vannsig («karstpiper»).



Vurdering

Kalkstein/dolomitt skal i hovedsak ligge i vestlig og østlig grense av Kvenvikformasjonen og dermed ikke kunne følges ut på Kråkneset (Fig. 1). Det kan likevel ikke utelukkes at det finnes mindre forekomster med kalkstein/dolomitt på Kråkneset som ikke er kartlagt. Det er ikke observert karststrukturer på dronevideoer fra skredområdet.

Fordi det hverken er kartlagt kalkstein/dolomitt på Kråkneset eller observert karststrukturer i tilgjengelig dronemateriale, vurderes som <u>lite sannsynlig</u> at grunnvannstrømninger i kalk/dolomitt har vært av betydning for skredet.





Figur 1: A) Utsnitt av kartblad TALVIK 1835 II, kartlagt av A.Gautier og K.B. Zwaan, 1976. Kråkneset er kartlagt bestående av metabasalt, basaltisk tuff og tuffitt og metagabbro. B) Lidardata over Kråkneset og terrenget sørover. Lagdeling (stiplede linjer) og lineamenter tolket som forkastninger (heltrukne linjer) er markert.





Figur 2: A) Eksempel på sterkt oppsprukket fjell i bakkant av skredsåret. Bruddene er av en slik orientering at de vil kunne lede grunnvann inn mot skredområdet (hvit pil). B) Eksempel på fuktige brudd/forkastningsplan synlig i fast fjell i skredsåret (pil). Dette indikerer at bruddkorridor/forkastninger i området kan være vannførende.





Figur 3: A) Eksempel på hvordan underliggende berggrunn kan ha vært med på å kanalisere grunnvann ut mot skredområdet. B) Eksempler på punktkilder av grunnvann i bakre skredkant (lilla piler).

Side 6





Figur 4: *A*) Eksempel på siv av grunnvann i bakre skredkant (se skarpt skille mellom tørre og fuktige løsmasser). B) Eksempel på punktkilder av grunnvann i bakre skredkant som ser ut til å ligge i kontakten mellom berggrunn leire under og mer permeable masser over.



Referanser:

Bergh & Torske, T., 1988: Palaeovolcanology and tectonic setting of a Proterozoic metatholeiitic sequence near the Baltic Shield margin, northern Norway. Precambrian research, 39(4), 227-246.

Koehl, J. B. P., Bergh, S. G., & Wemmer, K., 2018: Neoproterozoic and post-Caledonian exhumation and shallow faulting in NW Finnmark from K–Ar dating and p/T analysis of fault rocks.

Koehl, J. B. P., Bergh, S. G., Osmundsen, P. T., Redfield, T. F., Indrevær, K., Lea, H., & Bergø, E., 2019: Late Devonian–Carboniferous faulting and controlling structures and fabrics in NW Finnmark. *Norwegian Journal of Geology*, *99*(3).

Krill, A.G., Bergh, S & Lindahl, I.,1985; Rb-Sr, U-Pb and Sm-Nd isotopic dates from Precambrian rocks of Finnmark. NGU Bulletin 403, 37-54.

Roberts, D., 1973: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart. Hammerfest 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse.

Sandstad, J. S., Bjerkgård, T., Boyd, R., Ihlen, P., Korneliussen, A., Nilsson, L. P., Often, M., Eilu, P. & Hallberg, A., 2012: Metallogenic areas in Norway. In: Eilu, P. (ed.), 2012. Minera deposits and metallogeny of Fennoscandia. Geological Survey of Finland Special Paper 53: 35-138

Pettersen, S.M. & Sandnes, T. in prep. Strukturgeologiske målinger utført i forbindelse med masteroppgave om kvikkleireskredet på Kråkneset 03.06.2020. Oppgaven forventes ferdigstilt mai 2021. Universitetet i Tromsø.

Torske, T. & Bergh, S.G., 2004: The Caravarri Formation of the Kaukokeino Greenstone Belt, Finnmark, North Norway: a Palaeoproterozoic foreland basin succession.,*NGU Bulletin 442, 5-22*

Zwaan, K.B., 1972: Berggrunnskart Alta 18341 1:50 000 trykt i farger NGU Skrifter nr. 32.

Zwaan, K.B., 1988: Nordreisa, berggrunnsgeologisk kart M 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse.

Zwaan, K. B. & Gautier, A. M., 1980. Beskrivelse til de berggrunnsgeologiske kart 1834 I og 1934 IV, M 1:50000. Norges geologiske undersøkelse 357: 1-47.
Årsaksvurdering

Vedlegg C – Kvartærgeologi og hydrogeologi ved Kråkneset i Altafjorden. Innspill til utredning av Kråknesskredet 3. juni 2020

NGU RAPPORT 2020.029

Kvartærgeologi og hydrogeologi ved Kråkneset i Altafjorden. Innspill til utredning av Kråknesskredet 3. juni 2020





NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE POSTBOKS 6315 SLUPPEN 7491 TRONDHEIM TLF. 73 90 40 00



NGU RAPPORT

GEOLOGI FOR SAMFUNNET

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE POSTBOKS 6315 TORGARDEN 7491 TRONDHEIM TLF. 73 90 40 00

	ISSN: 0800-3416 (trykt)						
Rapport nr.: 2020.029	ISSN: 2387-3515 (online)		Graderin	g: Åpen			
Tittel: Kvartærgeologi og hydrogeologi ved Kråkneset i Altafjorden.							
Forfattere: Louise Hansen, Atle	Oppdragsgiver:						
Georgios Tassis og Raymond S. Eilertsen		NVE					
Fylke: Finnmark		Kommune: Alta					
Kartblad (M=1:500.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)					
Finnmark		196S					
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 48	Pris	: 240 NOK			
		Kartbilag: 1					
Feltarbeid utført:	Rapportdato:	Prosjektnr.:	1	Ansvarlig:			
Juni-august 2020	20/12-2020	383500/384000/		Man Man			
č		368300					

Sammendrag:

Denne rapporten oppsummerer de kvartærgeologiske og hydrogeologiske forholdene ved Kråkneset i Altafjorden i Finnmark der det 3. juni 2020 gikk et større løsmasseskred ved Flatstrand. Rapporten er bestilt som innspill til faggruppa som ble nedsatt for å utrede skredhendelsen med hensyn til forløp og mulige årsakssammenhenger. Arbeidet har benyttet seg av feltbefaringer, bilder og videoer, analyse av georadarprofil, studier av sonderboringer utført etter skredhendelsen, analyse av høyoppløselig topografiske kart og sjøbunnskart fra før og etter at skredet gikk, samt InSAR data. Noen vitneskildringer er også benyttet. Annen relevant geologisk informasjon er vedlagt, blant annet et berggrunnskart over området. Beskrivelse av forhold som har/kan ha påvirket de hydrogeologiske forholdene i skredområdet er vektlagt.

Det kartlagte området ved Kråkneset domineres av oppstikkende fjellrygger og lavtliggende dalfyllinger med grove strandavsetninger og tydelige strandlinjer/rygger. Et viktig element i landskapet, som eksisterte allerede før skredhendelsen i 2020, er spor etter et eldre skred i nesten nøyaktig det samme området som 2020-skredet. Tidligere undersjøiske data viser kanaler og en grop som kan ha blitt dannet i forbindelse med det gamle skredet. Det er også spor etter mindre endringer av havbunnen som kan være skjedd i etterkant. Nye sjøbunnsdata viser at 2020 skredet har etterlatt en flate på 8 meters dyp som kan representere toppen av skredmasser eller eventuelt et glideplan. De dype, ferske undersjøiske kanalene viser at masser fra skredet brøt opp og beveget seg ut på dypt vann i en løsmassestrøm.

Lagrekkene i den nye skredkanten viser at sidene av skredet er dominert av silt- og leirholdige masser (hav- og fjordavsetninger), noen steder med tynne sandlag, under et topplag av grus- og steinholdige strandavsetninger. De sentrale og høyeste deler av skredkanten er dominert av flere meter tykke, grus- og steinholdige breelvavsetninger med lag som heller mot sjøen. Avsetningen finnes også som grove lag i de underliggende hav- og fjordavsetninger. Sonderboringene nær skredgropen ved Flatstrand viser liknende skift i lagdelingen mellom grove sedimenter og leire mot dypet. De utførte undersøkelsene viser at de grovkornete lagene i skredområdet trolig sto i hydraulisk kontakt med de høyereliggende, grove løsmassene i Kråkvikdalen. Høyt grunnvannsnivå i dette området forut for skredhendelsen som følge av snøsmelting, og en geologisk oppbygging som hindret en rask drenering, førte trolig til en betydelig poretrykksøkning i de dypereliggende vannførende sedimentene ved Flatstrand. Dette kan igjen ha ført til en destabilisering av mulig omkringliggende kvikkleire gjennom poretrykksøkning, eventuelt forsterket av et lokalt hydraulisk grunnbrudd, og dermed utløst den store skredhendelsen. De bakenforliggende geologiske forholdene er skissert i en geologisk modell.

Emneord:	Kvartærgeologi	Skred
Stratigrafi	Strandsone	Marin leire
Grunnvann	Stabilitet	Fagrapport

INNHOLD

1. Innledning	2
2. OMRÅDEBESKRIVELSE 2.1 Geologisk ramme 2.2 Terreng og nedbørsfelt rundt Kråkneset	3 3 3
 3. RESULTATER 3.1 Kvartærgeologisk kart over Kråkneset 3.2 Lagrekker (stratigrafi) langs skredkanten 3.2.1 Sektor I: Nordligste del av skredkant 3.2.2 Sektor II: Skredkant ved foten av blå hus på fjell 3.2.3 Sektor III: Skredkant mellom partier med blottlagt fjell 3.2.4 Sektor IV: Skredkant rett sør for blottlagt fjell 3.2.5 Sektor V: Skredkant som tok Kråknesveien 3.2.6 Sektor VI: Skredkant mellom to sørlige grusveier 3.2.7 Sektor VII: Sørvestlig del av skredkant 3.3 Georadar data (GPR) 3.4 Kobling av land og sjødata 3.4.1 Terreng forhold før juni 2020 3.4.2 Forhold etter 3. juni 2020 	6 9 10 12 13 15 16 22 24 25 26 27 29 31
 4. SAMLET GEOLOGISK OG HYDROGEOLOGISK TOLKNING 4.1 Langsiktig landskapsutvikling og geologisk oppbygging 4.2 Nyere landskapsutvikling 4.3 Spesielle hydrologiske og hydrogeologiske forhold før og rett etter skredhendelsen 	32 32 33 33
5. KONSEKVENSER VED PORETRYKKSØKNING OG STABILITET	34
6. KONKLUSJON	34
7. Takk	35
8. REFERANSER	35

Vedlegg 1: BERGGRUNNSGEOLOGISK MANUSKART FRA KRÅKNESETOMRÅDET (NGU) Vedlegg 2: KVARTÆRGEOLOGISK KART OVER KRÅKNESET (NGU) Vedlegg 3: GEORADARPROFIL FRA KRÅKNESET (NGU)



Skredgropa på Kråknes sett mot nord (Foto: Anders Bjordal, NVE)





NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE POSTBOKS 6315 TORGARDEN 7491 TRONDHEIM TLF. 73 90 40 00

1. INNLEDNING

Den 3 juni 2020 kl 15.15 gikk det et større løsmasseskred i strandsonen ved Kråkneset, Altafjorden i Finnmark. Det meste av skredhendelsen varte i omtrent en time og utviklet seg litt i dagene som fulgte frem til 6 juni da en del av gamle E6 ble tatt. Volumet av skredet er i etterkant, inkluderte undersjøiske deler, vurdert til å være på over 800.000 m³ (pers. com., Anders Bjordal, NVE). Videoopptak fra deler av skredhendelsen viser hvordan masser beveget seg ut i sjøen i et stort flak og forsvant. Det var flere fritidshus som gikk tapt i skredet, men ingen personer ble skadd. Utredningen av slike skredhendelser og deres forløp er et viktig ledd i å forstå årsakssammenhenger og de bakenforliggende forholdene som kan ha forårsaket skredet. Denne kunnskapen gjør det mulig at man i framtiden kan bli bedre til å utpeke og kartlegge skredutsatte områder og dermed forebygge skredulykker.

Denne rapporten om Kråknesets kvartærgeologi og hydrogeologi skal fungere som et innspill til faggruppen som er nedsatt for å gjøre en utredning av Kråknesskredet. Den kvartærgeologiske informasjonen som presenteres her baserer seg på litteratur samt befaringer i området. Da det ikke fantes detaljert kvartærgeologisk kart for området, ble det utarbeidet et slikt kart for et lite område rundt skredet basert på morfologisk tolkning av skyggerelieffet fra en høyoppløselig terrengmodell (LiDAR data fra Kartverket, 2018) og enkelte feltbefaringer. Beskrivelse av de stratigrafiske forholdene er basert på observasjoner i bakkanten av skredgropen ved hjelp av fotografering fra ulik avstand med vanlig kamera og fra droner. Disse beskrivelsene er supplert med informasjon fra boringer som ble utført i området kort tid etter skredhendelsen og et enkelt georadarprofil målt i området sørøst for skredet. De undersjøiske forholdene er kort beskrevet ut ifra batymetrisk informasjon fra før og etter skredet. Det er ikke utført feltbefaring med fokus på de hydrogeologiske forholdene. Vurdering av disse baserer seg på de kvartærgeologiske og stratigrafiske beskrivelsene samt på informasjon fra intervju med beboere på Flatstrand. De meteorologiske forholdene før skredet og selve skredutviklingen er ikke omtalt i detalj.



Figur 1. Plassering av

Kråkneset i Altafjorden. Kartutsnittet dekker c. 32 km i bredden og nord er oppad (fra Statens kartverk).

2. OMRÅDEBESKRIVELSE

2.1 Geologisk ramme

Kråkneset er den nordligste spissen av en halvøy ut i Altafjorden (Fig. 1).

Kråkneset ligger nord for de store iskontaktavsetningene fra Yngre Dryas kuldeperioden representert ved de markante grusryggene i og ved Alta (Fig. 2). Disse ryggene ble dannet ved randet av det Skandinaviske isskjoldet da det trakk seg gradvis sørover i Nord-Norge ved slutten av istiden. Kråkneset ble altså isfritt før Yngre Dryas kuldeperiode, dvs. for rundt 13 tusen år siden. Havet fulgte etter brefronten som stegvis trakk seg sørover og oversvømte landet som stadig var presset ned av de tunge ismassene. Etter nedsmeltingen av innlandsisen falt havnivået i takt med landhevingen frem til vår tid. Landhevningen var størst over de første tusenårene og avtok deretter av frem til vår tid. Det høyeste nivået havet hadde rett etter istiden kalles for marin grense (MG) og ligger ca. 70 moh. ved Kråkneset basert på høytliggende strandavsetninger på halvøya (Marthinussen 1960).

Berggrunnen, som dominerer halvøya, består av metabasalt med innslag av basaltisk tuff, tuffit og metagabbro (Gautier & Zwaan 1976). Et berggrunnsgeologisk manuskart over området vises i Vedlegg 1.



Figur 2. Sorte opptrukne linjer, som noen steder er forbundet med stiplede linjer, markerer den rekonstruerte margin av det Skandinaviske isskjoldet under forskjellige tilbaketrekkingsstadier (randtrinn) på slutten av siste istid (fra Romundset et al. 2011 basert på Sollid et al. 1973). Kråkneset, som ligger rett nord for randtrinnet fra Yngre Dryas, er markert med en rød prikk.

2.2 Terreng og nedbørsfelt rundt Kråkneset

Terrenget på Kråkneset er varierende med høyder opptil 200 moh. nord for Vintersetnesvatnet (167.5 moh) og opptil 280 m lengre mot sør ved Skavvikhaugen (Fig. 3). Det finnes to mindre lavere liggende områder på halvøya som står i forbindelse med hverandre: Dette gjelder Flatstrand, der Kråknesskredet gikk vest for Storhaugen 3. juni 2020, og Kråkvikdalen sør for Storhaugen (Fig. 3). Skredområdet ved Flatstrand har et nedbørsfelt som avgrenses topografisk av fjellrygger i sør og nordøst for skredet (Storhaugen), men strekker seg langt sørover langs Kråkvikdalen og videre mot Vengbergan i sør-øst. Det er flere bekkeløp og drensgrøfter i området som er beskrevet senere i rapporten.



Figur 3. Topografisk kart med stedsnavn rundt Kråkneset (fra Statens kartverk).



Figur 4. Overblikk mot nordøst over Kråknesskredet ved Flatstrand (foto: Raymond Eilertsen, 22. juni). Romertal angir sektorer av skredets bakkant som beskrives i teksten mht lagfølger, se også Figur 10. Grensene mellom sektorene er markert med stiplet strek.



Figur 5. Overblikk over Kråkvikdalen i sørlig retning fra foten av Storhaugen. Kråknesskredet tok en del av veien (gamle E6) lengre mot høyre i bildet. Fjell med høyder opptil nesten 150 moh sees bak Kråkvikdalen. (foto: Louise Hansen, 22. juni).

3. RESULTATER

3.1 Kvartærgeologisk kart over Kråkneset

Et kvartærgeologisk kart over kråkneset fra før skredet gikk i juni 2020 er vist i Vedlegg 2. Et kart der løsmassetypene er drapert over et skyggerelieff av terrenget basert på LiDAR data fra 2018 er vist Figur 6. Omtrentlig posisjon av marin grense er også indikert (MG). Viktige linjeelementer fra det kvartærgeologiske kartet er også tatt med. Dette gjelder strandlinjer, strandrygger og en skredkant til en eldre skredgrop. Skredkanten, som lokalt har vært hele 9 m høy, er markert med lilla linje i Figur 6. Skyggerelieffet viser at overflaten inne i skredgropen er litt uregelmessig og kan muligens representere skredmasser. Det er viktig å merke seg at den gamle skredgropen eksisterte i det samme området der Kråknesskredet fant sted i 2020. Skredkanten fra det sistnevnte skredet er stiplet i hvit i Figur 6. Plassering av en kildehorisont registrert sist i juni 2020 lengre mot sørøst er også markert.

Ved Flatstrand, der Kråknesskredet fant sted i juni 2020, og i Kråkvikdalen finnes det relativt tykke og sammenhengende løsmasser (Figur 6 og Vedlegg 2). Løsmassene har en jevn overflate med varierende humusdekke mellom de oppstikkende og ofte bratte berggrunnspartiene (Fig. 7). Løsmassene domineres i overflaten av grus og stein, noen steder med betydelig innhold av blokker. Løsmassenes sammensetning kan lokalt observeres i enkelte veiskjæringer og i et par gamle, grunne løsmassetak (Fig. 8). Det sammenhengende området med løsmasser kan følges oppover den sørlige del av Kråkvikdalen til omtrent 70 moh. (MG). Noen moreneavsetninger finnes også høyere i terrenget sør for dette.



Figur 6. Oversiktskart over løsmassetypene på kråkneset før det ferske skredet basert på kvartærgeologisk kart (Vedlegg 2; Hansen 2020), og er drapert over et skyggerelief fra LiDAR data. Marin grense er også vist (modellert MG; fra løsmassedatabasen på NGU). Georadarprofil er stiplet i svart (GPR). Tall i kursiv viser til Fig. nr.



Figur 7. Veiskjæring, nordøst for den ferske skredgropa, som viser steinrikt material (strandavsetninger) med blokker som også synes gjennom vegetasjonen i det slakt hellende område ved foten av det blottede fjell i bakgrunnen. For plassering, se Fig. 6 (7) (foto: Louise Hansen, 18. juni).



Figur 8. Grunt grustak sør for gamle E6 (se Fig. 6). Seksjonen er c. 1 m høy. For plassering, se Fig. 6 (8) (foto: Louise Hansen, 22. juni).



Figur 9. Skråfoto fra drone i sørlig retning over nordlig del av Kråkvikdalen med strandrygger. Gamle E6 vises i nederste høyre hjørne. For plassering, se Fig. 6 (9). Ryggene synes på grunn av mye overflatevann i de litt lavereliggende områder (mørke) og grunnvannsutslaget (kildehorisonten vist i det kvartærgeologiske kartet i figur 6) følger en av ryggene. Det finnes litt myr i det våte området (foto: Anders Bjordal, NVE, 5. juni 2020).

De sammenhengende områdene med løsmasser viser serier av horisontale og til dels parallelle, små strandrygger (Fig. 9). Det finnes enkelte mer markante knekk i terrenget for eksempel rundt 25 moh. Noen smårygger dekker en større og bredere rygg på tvers av Kråkvikdalen ved omtrent 63 moh. Det finnes større ansamlinger av kantete blokker ved foten av flere bratte fjellskråninger. I et enkelt område, som var ganske våt under befaring, finnes det litt myr (Fig. 9). Dagens uberørte strand er steinrik.

3.2 Lagrekker (stratigrafi) langs skredkanten

I bakkanten av den ferske skredgropen ble stratigrafien (dvs. lagrekken) i området blottlagt. Observasjoner fra lagrekkene er beskrevet under. Beskrivelsene tar utgangspunkt i sektorene presentert med romertall i Figur 10. Den omtrentlige plassering av borepunkter er også vist på Figur 10 (Multiconsult 2020). En overordnet tolkning av lagfølgene presenteres i et senere kapitel.



Figur 10. Detalj fra oversiktskart med løsmassetyper som vist i Fig. 6. Omtrentlig plassering av borepunkter er vist med svarte tall (fra Multiconsult 2020). Den ferske skredgropen fra 2020 er stiplet i hvit. Romertal angir sektorer av skredets bakkant som beskrives i teksten mht lagfølger, se også Figur 4.

3.2.1 Sektor I: Nordligste del av skredkant

Sektor I dekker den nordligste del av skredkanten. Her varierer skredkanten i høyde fra under 1 m til c. 10 m over havnivå (Fig. 11). I skredets bakkant sees minst et par meter med lagdelt sand og grus/stein over grålig leire/silt (Fig. 12). Det ser ut til at å være noe blottet fjell sør for det rosa huset (Fig. 12). Leire/silt sees også ved foten av skredmassene, som domineres av tykk leire/silt med noe grus over. Øvre grense for silt/leire i skråningen er dekket til slik at den er vanskelig å se. Gransking av flere foto tilsier at grensen ligger relativ høyt, dvs. et par meter under landoverflaten (Fig. 13).



Figur 11. Foto fra drone i nordøstlig retning over skredkant i sektor I (foto: Raymond Eilertsen, 22. juni). Omtrentlig grense mellom leire/silt (grålig) under sand/grus/stein er stiplet. Leire/silt sees også ved foten av skredmassene i forgrunnen. Skråningen er dekket til slik at grensen mellom leire/silt og grus/stein kun kan anes enkelte steder et par meter under terreng (og fra tidligere bilder av skredet, Fig. 13).



Figur 12. Foto i nordøstlig retning over sektor I (foto: Anders Bjordal, 18. juni). Leire/silt (grålig) sees under grovere, lagdelte masser (strandavsetninger). Det ser ut til å være fjell som blottes til høyre i fotoet.



Figur 13. Tykke skredmasser mellom sektor I og sektor II. Overkanten av leire/silt i bakkanten er for det meste dekket, men synes en enkelt plass øverst der den er stiplet. For plassering, se kuttet steintrapp ved stjerne i Figur 14 (foto: Anders Bjordal, 18. juni).

3.2.2 Sektor II: Skredkant ved foten av blå hus på fjell

I sektor II sees fjell tydelig ved havnivå på grunn av bølgevasking (Figs 14 og 15). Løsmassedekket over varierer og fjell er blottet ved huset bak skredkanten. I et parti i skåningen vist i Figur 14 ser det ut til at det er blottet leire/silt (hav- og fjordavsetninger). Over dette er det sand og grus/stein og fyllmasser. I sjøkanten er det to hull der leire/silt vaskes ut (svarte piler, Fig. 14). Om det er tale om uthuling på grunn av bølgevask eller om det også er grunnvannsutslag ('piping') kan ikke avgjøres med sikkerhet.



Figur 14. Fjell er blottet flere steder i sektor II. Mulig fjell er markert med spørsmålstegn. Eksponert leire/silt er også vist. Over leire er det sand/grus/stein og fyllmasser. Svarte piler markerer hull hvorfra det ser ut til å vaskes ut leire/silt. Dette sees av den liten sky i vannet av leire ved høyre hull. Ved venstre hull er det vasket frem steiner. Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni.



Figur 15. Sørlige del av sektor II på grensen til sektor III. Fjell ligger sannsynligvis grunt i partiet som stikker litt frem. Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni.

3.2.3 Sektor III: Skredkant mellom partier med blottlagt fjell

Bakkanten på skredet i sektor IIII ligger på 13-20 moh. Fjell er ikke observert og tykkelsen av løsmassene er over 5 m. På foto kort tid etter skredet synes silt/leire (evt sand) å forkomme relativt høyt i skråningene under noen meter med sand/grus/stein (Fig. 16). Under dette synes det å være en litt grovere linse som sannsynligvis inneholder grovere material (Fig. 16). Under linsen er det tykk leire/silt. I en boring langs veien rett bak kanten er det registrert leire/silt under c. 2 meter med grovere masser (boring 12, Multiconsult 2020; Fig. 10). Mens den blottede lagfølgen i skredkanten viser tykk leire under linsen, er den dypere del av lagfølgen i boring 12 dominert av grovkornete sedimenter helt ned til fjell på 17 meters dyp. En boring lengere bak domineres av grovt material ned til fjell, men inneholder en meter med sand og silt på halvannen meters dyp (boring 11, Multiconsult 2020). Den grove linsen kan muligens følges lengre sørover langs skredkanten (Fig. 16). Overflaten bak skredgropen er generelt dekket med stein og blokk. Dette gjelder i mindre grad flaten som stikker litt frem og der det synes bare å være et tynt lag med grus over leire/silt/sand (Fig. 17). I den sørligste delen av skredkanten ses det en tydelig lagdeling i leire/silt som inneholder grovere lag, sannsynligvis av sand. Det ser ut til å renne ut litt slamholdig vann fra et av lagene (hvit pil, Fig. 18).



Figur 16. Sektor III samme dag som skredet gikk. Mye finstoff (leire/silt) er eksponert i skredkanten. En linse med tilsynelatende grovere sediment er fremhevet med svarte piler. Linsen synes muligens å fortsette langs skredkanten mot sør (svart pil til høyre i fotoet). Omtrentlig plassering av boring 11 og 12 er markert (Multiconsult 2020; foto: Anders Bjordal, 3. juni).



Figur 17. Oversikt over sektor I-III. Merk det lyse relativ finkornede laget (sand/silt?) under litt grus i toppen av skråningen ved øverste pilen til høyre. Mulige sandlag i leire/silt er også vist med nederste pilen. Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni.



Figur 18. Lagdelt leire/silt med tynne sandlag sørligst i sektor III. Se Fig. 19 for plassering. pil peker på et lite hulrom det der det tilsynelatende siver ut litt vann (og sediment) fra et av sandlagene ('piping'). Antatt grense mot sand/grus i toppen er stiplet (Foto: Anders Bjordal, 18. juni).

3.2.4 Sektor IV: Skredkant rett sør for blottlagt fjell

Fjell er tydelig blottet i en et fremspring mellom sektor III og sektor IV (Fig. 19). Langs skredkanten som ligger på rundt 15-22 moh. i sektor IV blir mektigheten av grus i toppen av lagserien tydelig tykkere med en nordvestlig hellende lagdeling. Grusen ser ut til å være fuktig i grensen mot (sannsynlig) mer finkornet material under (Fig 20). Boring 7 og 8 langs veien bak skredkanten viser også 10-12 m tykke lagdelte grove masser over fjell (Fig. 10 og Multiconsult 2020).



Figur 19. Fjell er tydelig blottet mellom sektor III og IV. En mulig plassering av den gamle skredkant fra før skredet 3. juni 2020 er stiplet (sammenlign med Fig. 6). Hvit stjerne angir steiner vist i Fig. 20. Foto: Louise Hansen, 18. juni.



Figur 20. Gruslag som heller i nordvestlig retning i sektor IV. Piler peker på mørk, fuktig grus, i grensen til mer finkornet material under. Hvit stjerne angir plassering av steiner på Fig. 19. Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni.

3.2.5 Sektor V: Skredkant som tok Kråknesveien

Sektor V inkluderer den del av skredkanten som strekker seg lengst sørøstover og har tatt en del av den gamle E6 på ca. 38 moh. og blottlagt et 8-10 m høyt og ca. 80 m lang sørvestvendt geologisk profil (Fig. 21). Silt/leire kan anes nederst i profilet (hvit pil, Fig. 21 og Fig. 22). Profilet domineres ellers av et tykt lag av grov usortert grus (Fig. 23). Grusen er tydelig lagdelt med jevn helling mot nord (Fig. 21). I den sørøstlige enden av profilet blir lagdelingen bølgete, og noe brattere (Fig. 21).



Figur 21. Profilet, som er ca. 80 m langt, domineres av et tykt lag av grov usortert grus. Silt/leire kan anes i den nedre del av profilet (vist med hvit pil, se forstørret bilde i Fig. 22). Midt i fotoet er gruslaget c. 10 m tykt. Terrengoverflaten stiger sørøstover fra 20 til 38 moh. Grusen er tydelig lagdelt med jevn helling mot nord. Ved de svarte pilene er det observert distinkte groper i grusen, se herunder. I den sørøstligste ende av profilet, der gamle E6 ble tatt av skredet, blir lagdelingen undulerende og noe brattere. Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni.



Figur 22. Det grålige sedimentet ved foten av tykke gruslag i sektor V antas å bestå av lagdelt leire/silt/sand. Plassering, se hvit pil i Fig. 21. Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni.



Figur 23. Nærfoto av lagdelt, usortert grus i nordvestlige del av sektor V-profilet nærmest sjøen. Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni. Grusveggen ligger til høyre for hvit pil i Fig 21.



Figur 24. Hellingen på gruslagene øker i den sørligste del av skredkanten i sektor V. Den tykke, massive grusen under asfalten på gamle E6 og umiddelbart under grusvei (v. topp av rød ledning) består av tilførte fyllmasser. Foto: Louise Hansen, 18. juni.



Figur 25. Nærfoto av groper ('pipes') ved foten av den store profilveggen i sektor V mellom de to svarte piler vist i Fig. 21. To av gropene til høyre i bildet kan se ut som de er forbundne. Foto: Louise Hansen, 18. juni.

Omtrent i midten av det 80 m lange grusprofilet er det ved foten av grusveggen observert distinkte groper i grusen (Figs 25 og 26). Disse er noen dm i diameter og plasseringen av hullene er markert med svarte piler i Fig. 21. Et nærfoto viser at sedimentene ved foten av gropene er mørke hvilket tilskrives fuktighet (Fig. 26). Små sediment vifter synes å stamme fra et par av hullene, hvilket tyder på at det siver/har sivet vann og sediment (sedimentstrømmer) ut av disse. De mørke sedimentene på flaten ved foten av skredkanten kan også muligens ha et innhold av finere sediment i overensstemmelse med lateral eksponering av dyptliggende finkornete sedimenter av leire/silt/sand (Fig. 21 og 22). I et ferskt snitt i den høyeste delen av skredkanten som tok gamle E6, kan det se ut til at de nedre delene av grus avsetningen er relativ sandig (Fig. 27).



Figur 26. Nærfoto av groper ('pipes') ved foten av den lange profilveggen i sektor V mellom svarte piler vist i Fig. 21. De mørke sedimentene i nedre halvdel av fotoet er fuktig. Små sediment vifter synes å stamme fra et par av gropene, hvilket tyder på at det siver/har sivet vann og sediment (sedimentstrømmer) ut av disse. Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni.



Figur 27. Skredkanten i sektor V kort tid etter at skredet tok gamle E6. Den c. 10 m høye bakkanten er dominert av lagdelt grus, men er muligens mer sandig i den nederste delen (Foto: Anders Bjordal, NVE).



Figur 28. Grus etter vannstrømmer i grøften langs den gamle E6, sannsynligvis i tidsrommet umiddelbart før skredet. Strømmende vann forårsaket også erosjon langs Kråknesveien. Den ferske skredkanten sees i bakgrunnen, sammenlign med Fig. 27 (Foto: Louise Hansen, 18. juni).



Figur 29. Tykke gruslag i den sørligste delen av skredkanten i sektor V. Den gjennombrutte Kråknesveien sees øverst til venstre. Den mørkere grusen ved basis skyldes fuktighet og/eller finstoff. Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni.



Figur 30. Vestlig fortsettelse av skredkanten i sektor V mot en av de sørlige grusveier som også ble tatt i skredet. Gruslagene i forgrunnen er identiske med gruslagene i midten av fotoet i Fig. 29. For plassering, se Fig. 6. (30). Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni.

De nordvestlig hellende gruslagene er også blottet i den NV vendte skredkanten i sektor V (Figs 29 og 30). Gruslagene ser ut til å dominere hele lagserien som er rundt 10 m tykk. Lagserien synes å inneholde litt grovere linser med bølget overflate (Fig. 29). Den nederste del av avsetningen er mørkere, hvilket tilskrives høyere fuktighet, men kan også bety et høyere innhold av finstoff eller finkornete lag i grusen. De lysere lag i toppen av lagserien representerer muligens et mer finkornig lag. Vestover er skredets bakkant delvis skjult av skredmasser (Fig. 30).

3.2.6 Sektor VI: Skredkant mellom to sørlige grusveier

Langs den sørvestligste del av skredkanten mellom to mindre grusveier som ble tatt av skredet, sees en lagfølge av vekslende grus og finere material av leire/silt/sand. Toppen av lagserien er uttørket og lysere og domineres muligens av silt/sand. Undergrensen av laget heller i nordlig til nordvestlig retning. På noen meters dyp ses en veksling mellom grovere og finere lag. Det synes å være et økende innhold av grus i den nederste delen av lagserien. Et grusig lag med bølget overflate er særlig fremtredende og det vises en 'grop' i grusen (Fig. 32). Et lignende 'grop' sees også noen meter lengre vest (til høyre i foto i Fig. 33).



Figur 31. Oversikt over sektor VI og VII langs skredkanten. Merk det lyse overflatelaget som er markert med en hvit pil. Foto: Raymond Eilertsen, 22. juni.



Figur 32. Oversikt over lagfølger i sektor VI. Merk de grusete lag nederst i lagserien der det utvises en tydelig bølget overgrense med en 'grop' (hvit pil). Merk også det lyse, delvis finkornete lag på toppen. Foto: Louise Hansen, 22. juni.



Figur 33. Oversikt over lagfølger i sektor VI som lapper over med foto i Fig. 32. Merk de to 'gropene' i grusete lag ved de hvite piler, det ene til høyre for bjørketreet. Merk det lyse, delvis finkornete lag på toppen og det grove lag på større dyp til venstre. Foto: Louise Hansen, 22. juni.

3.2.7 Sektor VII: Sørvestlig del av skredkant

I den vestligste del av skredgropen i sektor VII, sees det lagdelte finkornete sedimenter sannsynligvis bestående av leire/silt/sand (Fig. 34). Sedimentene er overlagret av et tynt lag med strandgrus under en tynn veifylling. Boringer utført i området vest for skredkanten viser at grunnen består av vekslende silt/sand/grus og bløte leire/silt lag, og fjell ned til 18 meters dybde (Multiconsult 2020). Det er også registrert kvikkleire i dette området (Multiconsult 2020). Det er lokal torv ved landoverflaten.



Figur 34. Lyse lag av uttørket, lagdelt leire/silt/sand under strandgrus i sektor VII. Det ser ut som det ligger et gruslag ved foten av det lyse laget. I toppen er det fyllmasser og to hjulspor er kuttet i den øverste venstre del av fotoet. Foto: Louise Hansen, 22. juni.

3.3 Georadar data (GPR)

Et georadarprofil ble målt 17. august langs grusveien som går fra den gamle E6 og sørover langs Kråkvikdalen (Fig. 35). Informasjon om utstyr som ble benyttet, prosesseringsprosedyrer samt et forstørret bilde av det 425 m lange georadarprofilet er presentert i Vedlegg 3. For mer informasjon om metoden (ground penetrating radar: GPR), se for eksempel Mauring mfl. 1994 eller Tassis mfl. 2015. En kort beskrivelse av data presenteres herunder etterfulgt av en tolkning.

Det målte GPR profilet viser at det er god penetrasjon av georadarsignalet i mesteparten av Kråkvikdalen (10-20 m). Refleksjonene varierer fra å være uregelmessige og diskontinuerte refleksjoner til å være mer sammenhengende. De mer sammenhengende og markante refleksjonene er enten bølgete eller skråstilte i ulik vinkel (NB: profilet har en vertikal overdrivelse på 4 ganger). De tydeligste skrålagene sees ved 100-125 m og 250-280 m. Det synes å være en rygg-struktur i refleksjonene ved 225-275 m. Penetrasjonen reduseres markant fra profillengde 315 m. Herfra synes de lavvinklede/nesten plane refleksjonene å være mer sammenhengende enn i den øvrige del av profilet. I dypet finnes det diffuse parabelrefleksjoner i hver ende av profilet og enkelte kraftige refleksjoner ved 180-200 m.

Refleksjonene tyder på at det er minst 15 - 20 m med relativ grove sedimenter i dalfyllingen. Dette støttes også av de uregelmessige og skråstilte refleksjoner som vanligvis representerer grovere sedimenttyper. De diffuse parabelrefleksjoner i dypet i hver ende av profilet representerer trolig fjelloverflaten. Dette gjelder også en kraftig reflektor mellom profillengde 180 – 200 m. Partier med uregelmessige og delvis skråstilte refleksjoner over dette er sannsynligvis morenemateriale og breelvmateriale (glasifluvialt). Ryggen ved profillengde 225 - 275 m representerer muligens en type begravd morenerygg. Bølgete, markante refleksjoner i overflaten langs store deler av profilet tolkes som grunnmarine avsetninger og strandavsetninger. Den markante reduksjon i penetrasjon fra profillengde 315 m, skyldes trolig økt innhold av finkornede, marine avsetninger (silt/leire) med høyere vanninnhold. Uregelmessige reflektorer mot dypet i denne delen av georadaropptakene kan indikerer grovere lag. En serie av markante refleksjoner i midten av det målte profilet tolkes som sannsynlig grunnvannsspeil (blå linje i Fig. 35). Det tolkede grunnvannsnivået som heller mot nord synes å bli demt opp av den begravde ryggen ved profillengde 225 - 275, og som fungerer som er slags barriere for grunnvannsstrømningen mot sjøen. Det tolkede grunnvannsnivået i georadaropptakene ligger betydelig lavere enn det som ble registrert i juni i dette området, og skyldes omfattende drenering av akviferen etter skredhendelsen.



Figur 35. Georadarprofil fra Kråknesdalen med geologisk tolkning, se tekst. Den blå linjen tolkes som sannsynlig grunnvannsnivå da georadarprofilet ble målt i 17. august 2020. Profilet er vertikalt overdrevet 4 ganger.

3.4 Kobling av land og sjødata

Sjøbunnkartet langs strandsonen ved Kråkneset fra før skredet i 2020, er dekket av 2 ulike oppmålinger fra Sjøkartverket med ulik oppløsning/kvalitet. Den grunneste delen er dekket av målingen hydrograf-5204 fra år 2004 (1 m grid), mens den dypeste delen er dekket av målingen _nhs-0598 fra år 1998 (5 m grid). Det er denne batymetriske informasjonen som ligger bak 1 m dybdekurvene presentert i kartene i Figur 36 og 37. Etter skredet ble sjøbunnen og det endrede terrenget målt opp i detalj av GeoNord Survey team (Alta). Detaljert kartlegging av skredkanten fra Kråknesskredet både over og under vann er utført gjennom sammenligning av topografi og batymetridata samlet inn før og etter skredet. Plassering av dreningskanaler fra tiden før den siste skredhendelsen er markert i figuren. Kildehorisonten og små åpne utgravinger sør for skredet, samt 'pipes' identifisert i bakkanten av skredet er også markert. Foto av de mest markerte pipes er vist i figurene 25/26 og 32/33. Den nordligst markerte 'pipe' er mindre enn de øvrige (Fig. 18).



Figur 36. Kobling av land og sjødata rundt Kråknesskredet fra <u>før 2020</u>. Den forhistoriske skredkanten er vist med grå linje. Kanten av kråknesskredet 3. juni 2020 er vist med rød linje til sammenligning. Dreneringskanaler, kildehorisont i området, samt identifiserte 'pipes' i bakkanten av 2020-skredet er også markerte. For nærmere beskrivelse av de undersjøiske forholdene, se tekst.

3.4.1 Terreng forhold før juni 2020

Uregelmessigheter og bratte partier avslører at fjell trolig stikker frem/ligger grunt flere steder på sjøbunnen (Figur 36). Innen området der skredet skjedde i 2020 var en type grop og noen kanaler (to grå piler i Fig. 36), som løp sammen i en nesten 50 m bred og 4-5 m dyp kanalform der kunne følges langt ut på dypere vann. Disse kanalene har trolig vært dannet i forbindelse med det gamle skredet man finner spor av på land i strandsonen før 2020-skredet (grå linje i Fig. 36). For mer informasjon om landskapet før 2020-skredet, se Kapitel 3.1. Omrisset at det markante undersjøiske kanalsystem som utviklet seg i forbindelse med 2020-skredet og som dominerer den nåværende batymetri er vist i Figur 37.

Langs de diffuse undersjøiske kanalene, i det området som skled ut i 2020, var det et par undersjøiske små-skrenter (vist med svarte piler i Fig. 36). Mellom små-skrentene var en liten 'utposning' eller knekk i batymetrien markert med P i Fig. 36. Opprinnelsen til 'utposningen' er usikker, men siden det ikke kan ha vært fjellbetinget, er den muligens en mindre avsetning/vifteform bygd opp av sediment transportert fra skråningen over (Fig. 36). På land finnes det her flere dreneringskanaler fra før Kråknesskredet 2020. Det er uvisst om denne dreneringen kan ha bidratt til å mobilisere sedimenter i sjøen. Bølgeaktivitet kan dog ha spilt inn og de grunneste områdene langs strandsonen er tydelig utjevnet av bølgeprosesser. Imidlertid vitner den svakt uregelmessige strandlinjen om at utjevningen ikke var helt fullført, og/eller at det har vært endringer i grunnen i nyere tid. InSAR data (Senteniel-1 descending 2015-2019) viser at det var noe bevegelse i deler av Flatstrand i en periode før 2020 skredet (Fig. 38). Dette kan sees av at det er flere målepunkter med liknende utvikling og som dermed angir en generell trend for et mindre område (gjennom-snittlig bevegelse på 3-5 mm/år). Årsaken til de små endringene i denne delen av Flatstrand er ikke kjent, og de trenger ikke å ha noe med skredhendelsen i 2020 å gjøre. Slike data kan dog potensielt fange opp endringer i strandsonen som i noen tilfeller ville kunne vise seg å være viktig i områder med lav stabilitet.



Figur 37. Kobling av land og sjødata rundt Kråknesskredet fra <u>før 2020</u>. Den forhistoriske skredkanten er vist med grå linje. Kanten av kråknesskredet 3. juni 2020 er også vist (rød linje) samt omrisset av de ferske, kanaler i sjøen. Dreneringskanaler, kildehorisont, samt identifiserte 'pipes' i bakkanten av det 2020-skredet er også markerte. For nærmere beskrivelse av de undersjøiske forholdene, se tekst.



Figur 38. Måleserien i diagrammet til venstre angir den gjennomsnittlige bevegelse av InSAR refleksjonspunkter i et utvalgt område av Kråknesfjæra gjennom c. 5 år (markert med svart rektangel). Merk at området med relativ ferske fyllmasser i øst viser varierende bevegelse i motsetning til områdene med fast fjell (Kilde:<u>https://insar.ngu.no/</u>). For mer informasjon om denne typen data henvises det til <u>https://www.ngu.no/</u>.

3.4.2 Forhold etter 3. juni 2020

Den nye sjøbunnskartleggingen viser at Kråknesskredet involverte store mengder undersjøiske masser (Fig. 39). Bakkanten av skredgropen på land er relativ bratt (se beskrivelsene herover). Skredmassene ved foten av bakkanten ligger i uregelmessige og jevnt hellende skråninger ned mot strandlinjen og videre ut i sjøen (Figs 4, 39). Strandlinjen er uregelmessig med et lite fremspring utenfor den del av skredgropen som til slutt tok gamle E6. Sjøbunnen er uregelmessig av skredmasser med enkelte bratte intervaller langs strandlinjen. Dette er særlig tydelig i den sørligste del av skredgropen der en c. 5 m høy undersjøisk brattkant omgir en svakt hellende flate på 8 meters dyp. En mindre flate på c. samme nivået gjenfinnes i den sentrale til østlige del av gropen (F i Fig. 39). Flaten kan muligens representere toppen av skredmasser etter eventuelt et glideplan. Den nye sjøbunnskartleggingen viser også at det ble utviklet en 5-10 m dyp undersjøisk kanal i forlengelse av to markerte kanaler inne i skredgropen (Fig. 39). Dette viser at skredmasser under skredhendelsen ble splittet opp og omdannet til sedimentstrømmer som eroderte i kanalen og førte massene ut på dypere vann. Mye av skredmassene ble ført bort fra skredgropen på denne måten, men det ligger stadig noe forstyrrede masser igjen inne i gropen. Tykkelsen av massene som er fjernet fra området er beregnet som forskjellen mellom beliggenhet av terreng plus havbunn før og etter skredet (Fig. 40).



Figur 39. Kobling av terrengdata fra land og sjø etter 2020 skredet. Lavthellende områder innen skredgropen er merket med et F.



Figur 40. Kart over beregnet forskjell i sedimentmektighet basert på data fra før og etter 2020-skredet.
3.5 Generelle hydrogeologiske forhold

Som tidligere nevnt har området ved Flatstrand et betydelig nedbørsfelt som strekker seg langt mot øst innover i Kråkvikdalen (Fig. 3). Det er verdt å merke seg at bekken fra de sørlige dreneringsområdene av Kråkvikdalen ikke når fjorden, men infiltrerer grunnen i det flate oppdyrkede området i munningen av dalgangen (Fig. 3). Dårlig drenerende forhold i munningen av Kråkvikdalen umiddelbart sør for E6 avspeiles i litt lokale myrforekomster (Vedlegg 2). Høy vannstand i dette området ble også registrert i tiden etter Kråknesskredet (Figs. 9, 41). Ut fra det topografiske kartgrunnlaget er det også nedtegnet kun en bekk på Flatstrand og med utstrømningsområde trolig fra en kildehorisont i skråningen langs Kråknesveien/gamle E6. Ut over de to bekkene i hhv Kråkvikdalen og på Flatstrand er det ikke nedtegnet noen naturlige dreneringsløp i nedbørsfeltet til Flatstrandområdet (Fig. 3). Basert på samtaler med beboere er det imidlertid flere mindre bekkeløp enn dette på Flatstrand som er vannførende på vår og forsommeren. Fra høyoppløselige terrengmodeller kan det også identifiseres flere mindre dreneringslignende kanaler/drensgrøfter (Figs. 36 og 37).

Ifølge beboere på Flatstrand var deler av de lavereliggende sjønære områdene vanligvis våte med vasstrukken mark på vår og forsommeren på grunn av høyt grunnvannsnivå. I forbindelse med et nyere hytteprosjekt ble det fraktet inn og deponert større mengder sprengstein for å få bygd opp terrenget og stabilisere den normalt våte byggegrunnen (Kråknesveien 450). Det var ikke etablert kommunal vannforsyningen i området slik at vannforsyning til hytter og boliger var fra private gravde brønner i løsmasser. Det ble også nevnt at det kunne oppstå overvann på noen av de flate områdene i Kråknesdalen i forbindelse med snøsmelting på vår og forsommeren.

Ut fra disse observasjonene, og at det ikke finnes noe overvannsløp mellom Kråkvikdalen og Flatstrand, er det sannsynlig at overvann infiltrerer grunnen i Kråkvikdalen og strømmer i løsmassene ned mot Flatstrandområdet. Hvor stor andel av dette infiltrerte vannet som kommer ut som overflatevann i Flatstrandområdet (evt via drenskanaler) er uklart, men det er ikke usannsynlig at en del av grunnvannet strømmer direkte ut i havet.



Figur 41. Høy vannstand 18. juni i steinsatt hull (oversvømt gammel kjeller(?) 18. juni, bilde: Louise Hansen)

4. SAMLET GEOLOGISK OG HYDROGEOLOGISK TOLKNING

4.1 Langsiktig landskapsutvikling og geologisk oppbygging

De jevne områder med løsmasser og horisontale smårygger under den marine grensen (MG) på c. 70 moh tolkes, jvf det kvartærgeologiske kartet i vedlegg 2, som strandavsetninger med strandlinjer og strandrygger. Strandavsetningene ble avsatt etter isens tilbaketrekking mot sør. Dette skjedde under det overordnede fall i relativt havnivå fra MG etter siste istid til det nåværende havnivået. Strandmaterialet er dannet ved bølgenes effektive virke på fjellet og på løsmassene som ble etterlatt etter breene som smeltet bort. Perioder med sterk bølgeaktivitet, eventuelt kombinert med frostprosesser, var særlig viktig for bølgeerosjon og dannelse av strandmateriale og strandformer. Løsmassene som finnes over den marine grense lengre mot sør betraktes som moreneavsetninger, men kan være påvirket av fortidens bølger som ble forsterket i de trange fjellpassasjene. Konsentrasjonen av kantede blokker langs fjellveggene tolkes generelt som steinsprangsblokker, men bølgeaktivitet har sannsynligvis bidratt til erosjon og undergraving av eksponert fjell og transport av blokker i det bølgeutsatte området. Enkelte litt større strandrygger kan være dannet på grunn av sterke stormer, mens det gjennomgående knekket i terrenget på c. 25 moh. kan svare til det regionale strandlinjenivået som kalles for Tapes, der avspeiler en periode i midten av Holocen med et relativ stabilt havnivå. Tapesnivået regnes for å være rundt 28 moh. ved Alta (Corner et al. 1990).

Den langsiktige landskapsutviklingen forklarer oppbyggingen av landskap og dalfyllinger rundt Kråkneset. I Kråkvikdalen ligger fjellgrunnen på relativ stort dyp (Fig. 35). Her ser løsmassene ut til å være organisert i en slags trau over en variert fjelloverflate og overlagres av morene og relativ grove og trolig permeable masser inklusive breelvavsetninger. Disse lagene overlagres av grove, lagdelte grunnmarine avsetninger og strandmaterial ved landoverflaten. Disse avsetningene er relativ tykke hvilket avspeiler fortidens omfattende omlagringsaktivitet av bølger og strømmer. De eldre avsetningene inkluderer den begravde ryggen i den nordlige delen av Kråkvikdalen (Fig. 35), samt den tykke grusavsetningen som er synlige i bakkanten av skredgropen (Fig. 21). I den nordlige del av Kråkvikdalen rett sør for E6 og videre ned mot sjøen finnes det begravde hav- og fjordavsetninger hvilket kommer frem av georadar, boringer og observasjoner i bakkanten av skredgropen. Disse avsetningene ble avsatt på noe vanndyp og for en stor del samtidig med at det var breer i området. Det var variasjoner i smeltevannstilførsel og fordeling av understrømmer i ishavet som forårsaket at det ble avsatt lag og linser av grovere material i de ellers finkornede hav- og fjordavsetninger. Lagdelingens helling varierer litt rundt det fremstikkende fjell registrert ved bakkanten av skredgropen. Lagene i hav- og fjordavsetningene forventes å ha mindre helning mot sjøen i forhold til de overliggende grovere lagene nærmere munningen til Kråkvikdalen. Kvikkleire er registrert nær sjøen (Multiconsult 2020). Dyp til fjell i de sentrale, sjønære deler av skredområdet er ikke kjent. Sentrale elementer i geologien er skissert i en geologisk modell (Figur 42).



Figur 42 Stilisert geologisk modell over strandsonen før skredet 3. juni 2020. Mulig bruddflate for dette skredet er skissert med stiplet linje. Illustrasjon: Louise Hansen.

4.2 Nyere landskapsutvikling

Som beskrevet herover var det allerede spor etter skredaktivitet på Flatstrand fra *før* skredhendelsen i 2020. Dette kan ses av den markante skredkanten ved Flatstrand (skredkant i Fig. 6), og av den litt uregelmessige og svakt fremstikkende strandlinja fra før juni 2020. På skyggerelieffet fra LiDAR data (2018) fremkommer det en uregelmessig overflate inne i den gamle gropen hvilket til dels kan representere eldre skredmasser. Det regnes som sannsynlig at gropen avspeiler en enkel skredhendelse, men flere trinnvise hendelser kan ikke utelukkes. Alderen på hendelse(r)n(e) er ikke kjent, men må være fra før bebyggelsen i området. Mangelen på tydelige strandlinjer inne i den gamle skredgropen tyder på at den er relativt ung, muligens fra de siste 1000 år. Over tid ville den uregelmessige strandlinjen fra før 2020-skredet kunne forventes å bli jevnet ut av bølgevirksomhet. Det at strandlinjen ennå ikke var jevnet ut før 2020-skredet kunne bety at noe bevegelse kan ha skjedd i nyere tid og på et tidspunkt da havnivået ikke var så veldig mye høyere enn nå.

Satellittdata avdekker mindre innsynkning av terrenget i en del av området som raste ut i 2020 men en sammenheng er ikke etablert (Fig. 38). Undersjøiske data fra før 2020 skredet viser spor etter småendringer av havbunnen i form av en lokal vifteformet avsetning.

Store mengder med fyllmasser av sand/silt og overskuddsmasser i den østlige del av området stammer fra tidligere arbeid i forbindelse med E6 Alta vest og deponiet ble benyttet fram til rundt 2015. Dette avspeiles i det litt uregelmessige området med nyetablert vegetasjon og fra InSAR data som viser at de ferske massene synker inn (<u>https://insar.ngu.no/</u>). Fyllingen, som regnes for rundt 6 m tykk, ligger stort sett øst for vannskillet mot skredområdet ved Kråknes og regnes ikke som særlig viktig for grunnvannsforholdene på Flatstrand.

4.3 Spesielle hydrologiske og hydrogeologiske forhold før og rett etter skredhendelsen

Ifølge informasjon fra beboere i området var det en spesiell snørik vinter i 2020, noe som medførte til unormalt mye vann i området under snøsmeltingen denne våren («det rant vann overalt»). Det ble fortalt at de flate partiene i Kråkvikdalen for det meste sto under vann, og at det ikke var mulig å ta seg fram til fots i terrenget eller veien inn i området. Det ble også registrert vann i de nedlagte sandtakene i det østlige området nær Kråknesveien/gamle E6. Det ble samtidig registrert betydelig grunnvannsutslag i grøfteskjæringer, og stor vannføring i grøfter og stikkrenner langs Kråknesveien. Vannføringen var til tider så stor at det ble ytret bekymring for skader på veilegeme som følge av erosjon og undergraving. Små kanaler og grusbanker etter kraftig strømmende vann i grøftene langs gamle E6 er vitnesbyrd om dette (Fig. 28).

I forbindelse med befaringene i området kort tid etter skredhendelsen ble det også registrert høy vannstand i det flate terrenget i Kråkvikdalen, og kildeutspring i framkanten av strandvollene i dette området (Fig. 9). Litt senere (rundt 25. juni) begynte det å regne litt, noe som resulterte i at det kom ut vann fra bakkanten av skredet, hvilket kunne tyde på at det var etablert 'frie vannveier'.

Observasjonene av overvann i store deler av de flate områdene i Kråkvikdalen denne våren viser at vannføringsevnen i løsmassene mellom dette området og de lavereliggende utstrømningsområdene ved Flatstrand ikke var tilstrekkelig til å ta hånd om de store mengdene med smeltevann som ble tilført området. Kombinasjonen av stor smeltevannstilførsel og langstrakte forhøyninger i form av strandvoller kan ha gitt en oppdemmende effekt på overvannet og rask stigning av grunnvannsnivå, poretrykk og vannføring i underliggende løsmasser (Fig. 42). Innsnevring i fjelloverflaten og en begravd morenerygg kan også ha hatt en oppdemmende effekt i den nordlige del av Kråkvikdalen (Fig. 42). Effekten av en økning i poretrykk og vannføring kan ha vært medvirkende årsak til at et mindre jordskred ble utløst i området på Flatstrand allerede fredagen 29.05, og som tok med seg brønnen og vannledningen til en fritidsbolig (Kråknesveien 470).

5. KONSEKVENSER VED PORETRYKKSØKNING OG STABILITET

I vurderingen av hvilken betydning økning i poretrykk og vannføring i løsmassene kan ha hatt på stabiliteten til skredområdet ved Flatstrand, må dette sees i sammenheng med de geologiske observasjonene i skredgropa og resultater fra grunnboringene utført etter skredhendelsen. De eksponerte rasskråningene viser flere steder en lagpakke av utholdende vekselsvis grove og finkoring sedimenter med fall ut mot fjorden. Denne vekslingen er også funnet igjen i de sjønære boringene 1 – 6 rett utenfor skredgropa (Fig. 10 og Multiconsult 2020). Det er sannsynlig med en lik geologiske oppbygging i området hvor skredet gikk. Forutsettes det samtidig at noen av disse dypereliggende grovkornete lagene i skredområdet strekker seg oppover mot Kråknesdalen, kan dette ha gitt en hydraulisk kontakt mellom de høyereliggende løsmassene her og løsmassene i de dypere partier i skredområdet (Fig. 41). Gitt et slikt hydrogeologisk senario kan heving av grunnvannsnivået i de høyereliggende områdene ha gitt en betydelig økning i poretrykk i de dypereliggende lagene under Flatstrand og ut under sjøen. Dette kan igjen ha gitt økt poretrykk og svekket stabilitet i de marine leirlagene, og muligheter for hydraulisk grunnbrudd (piping) og økt erosjon i undersjøiske kilder. Alle disse tre faktorene kan hver for seg eller samlet ha destabilisert løsmassene under Flatstrand og videre ut under sjøen, og utløst skredet. Utstrømmende grunnvann og punkterosjon ved basis av skredets bakkant understøtter også hydraulisk kommunikasjon mellom skredområdet og området mot Kråkvikdalen.

6. KONKLUSJON

Kvartærgeologisk feltundersøkelser, topografiske og batymetriske data, georadar, InSAR data, og grunnboringer utført i etterkant av skredhendelsen i juni 2020 ved Kråkneset har avdekket en kompleks løsmasseoppbygging samt mulige bakenforliggende prosesser som kan ha ført til skredhendelsen.

Analyser av eldre topografiske data har avdekket spor fra et eldre skred på nesten samme stedet som 2020 skredet. Batymetridata fra før 2020 skredet viser kanaler fra området og ut på dypt vann, som trolig ble skapt under den tidligere skredhendelsen. De samme dataene viser også noen undersjøiske endringer av havbunnen i etterkant. Den undersjøiske delen av den ferske skredgropen fra 2020 viser en utflating på 8 m dyp som kan representere overflaten til skredmasser eller eventuelt en glideflate. De ferske, dype undersjøiske kanalene viser at massene ble brutt opp og utviklet seg til en strøm som førte massene ut på dypt vann.

Det er flere underliggende, stedegne geologiske og hydrogeologiske forhold som har vært avgjørende for at skred har kunnet utvikle seg i dette området. Løsmassenes oppbygging i området henger sammen med områdets geologiske utvikling siden istiden. Mektige grovkornete avsetninger dominerer de høyereliggende områdene i Kråkvikdalen sørøst for skredområdet. Observasjoner i skredgropa og resultater fra grunnboringene i terrenget rundt viser en lagdelt oppbygging av løsmassene med veksling mellom grov- og finkornige marine sedimenter. Den lagvise oppbyggingen av sedimentene ved Flatstrand med vekselvis marin leire og ferskvannsførende sand og grus har gitt gunstige forhold for utvasking av salt og dermed dannelse av kvikkleire. Ut fra de utførte undersøkelsene er det også forventet at de grovkornete lagene i skredområdet sto i hydraulisk kontakt med de høyereliggende grovkornete løsmassene i Kråkvikdalen.

I dagene forut for skredhendelsen var det mye snøsmelting i fjellområdene rundt Kråvikdalen og mye overvann i de flate områdene av dalen. Den geologiske oppbyggingen hindret rask drenering av området. Det høye grunnvannsnivået forårsaket følgelig en betydelig poretrykksøkning i de dypereliggende vannførende avsetningene ved Flatstrand. Dette kan igjen ha medført en destabilisering av mulig omkringliggende kvikkleire gjennom poretrykksøkning, eventuelt forsterket av lokalt hydraulisk grunnbrudd, og utløst den store skredhendelsen.

Utredningen presentert her understreker nytteverdien av detaljerte data i strandsonen, både over og under vann, og en geologisk tolkning av disse, for å fange opp potensielt problematiske områder. InSAR data viser også et potensiale i å kunne utpeke 'aktive' områder i strandsonen hvilket i noen sammenhenger kan vise seg å være viktig, men det trenges mer erfaring med bruk av slike data.

7. TAKK

Takk til Lina (NGU) for rask sammenstilling og symbolisering av data ved fremstilling av det kvartærgeologiske kartet. Takk til Anders Bjordal fra NVE (Alta) for spennende omvisning ved Kråknesskredet og fotobidrag. Takk til Reginald Hermanns og Anders Gylland for konstruktive kommentarer.

8. REFERANSER

Corner, G.D., Nordahl, E., Munch-Ellingsen, K., Robertsen, K.R. (1990) Morphology and sedimentology of an emergent fjord-head Gilbert-type delta: Alta delta, Norway.

In Colella, A., and Prior, D.B., eds., Coarse-Grained Deltas: International Association of Sedimentologists, Special Publication 10, 155-168.

Gautier, A., Zwaan, B. (1976) Utsnitt av kartblad Talvik 1835 II. Bergrunnsgeologisk manuskart (NGU)

Marthinussen, M. (1960) Coast and fjord area of Finnmark. With remarks on some other districts. I Holtedahl, O. (red.): Geology of Norway. Norges geologiske undersøkelse 208, 416-429.

Mauring, E., Koziel, J., Lauritsen, T., Rønning, J.S., & Tønnesen, J.F. (1994) Målinger med georadar. Teori, anvendelse, teknikker og eksempler på opptak. NGU Rapport 94.024.

Multiconsult (2020) Ras Kråkneset. Datarapport – Geotekniske grunnundersøkelse. Rapport 10219825-RIG-RAP-001.

Romundset, A., Bondevik, S., Bennike, O. (2011) Postglacial uplift and relative sea level changes in Finnmark, northern Norway. Quaternary Science Reviews 30, 2398-2421.

Sollid, J.L., Andersen, S., Hamre, N., Kjeldsen, O., Salvigsen, O., Stuerød, S., Tveitå, T., Wilhelmsen, A., (1973) Deglaciation of Finnmark, north Norway. Norsk Geografisk Tidsskrift 27, 234-325.

Tassis G., Rønning, J.S., Hansen, L. & Tønnesen, J.F. (2015) Comparison between Sensors & Software and Malå GPR equipment based on test measurements at Bøaøyna, Stryn Municipality, Norway. NGU Report 2015. 014

VEDLEGG 1 BERGGRUNNSGEOLOGISK MANUSKART FRA KRÅKNESETOMRÅDET (NGU)



Utsnitt av kartblad TALVIK 1835 II, kartlagt av A. Gautier og K.B. Zwaan 1976

Tegnforklaring



Overdekket (vesentlig sand og grus)

STEDEGNE BERGARTER

BOSSEKOP-GRUPPEN (SEN PREKAMBRIUM)

|--|--|--|

3
4
5
6
222
8
9
===10===
00 1100
12

RAIPAS-GRUPPEN (PREKAMBRIUM)

3	Dolo
4	San
5	Leir
6	Bas
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	Bas
8	Bas
9	Meta
10	Meta
0 1100	Meta
12	Meta
	Berg
	Fork

Dolomitt og kalkstein ndstein med noen leirskiferlag

skifer

Kvartsitt

saltisk tuff og tuffitt

altisk tuff og tuffitt med leirskiferlag

altisk tuff og tuffitt med dolomittlinser

abasalt

tabasalt med tufflag

abasalt med putestruktur

agabbro

gartsgrense sikker, usikker

kastning eller sprekk sikker, usikker

# VEDLEGG 2: KVARTÆRGEOLOGISK KART OVER KRÅKNESET (NGU)



t	100, Humusdekke / tynt torvdekke over berggrunnen	00000000	201, Strandvoll	
z	120, Fylimasse		202, Strandilnje i løsmasser	
Δ	402, Høyt blokkinnhold i overflaten	<del></del>	306, Skredkant	
U	42, Marin strandavsetning		012-Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen	
£	505, Massetak, nedlagt eller i sporadisk drift		011-Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet	
đ	551, Kilde (grunnvannsutslag)		043-Hav- og fjordavsetning og strandavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen	
•	710, Grus		042- Marin strandavsetning, sammenhengende dekke	
•	711, Steinig grus		130-Bart fjell	
•0	712, Grusig stein		100-Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn	
۰	713, Stein		120-Fylimasse (antropogent materiale)	
æ	720, Rydningsrøys		307-Steinsprangavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet	
R	80, Skredmateriale			
Sp	85, Steinsprang			
т	90, Torv og myr			
	0 0,25		0,5 1 km	

NB: Målestokk 1:10.000 refererer til kartets kvalitet. Kartet er skalert i dette vedlegget. Bruk km skala for vurdering av avstander.



GPR Processing Results: Kråkneset

Processing Software: EKKO_project v.5

LiDAR Topography: NDH Alta 2pkt 2018 - 0.50m

Vertical Exaggeration 4



Årsaksvurdering

Vedlegg D – Stabilitetsberegninger: Årsakvurdering av kvikkleireskredet ved Kråknes i Alta 3. juni 2020



# Statens vegvesen

# Notat: Stabilitetsberegninger: Årsakvurdering av kvikkleireskredet ved Kråknes i Alta 3. juni 2020

Til:Stein Are Strand, v/NVEFra:Klima og geofag, VegdirektoratetKopi til:

Saksbehandler:Samson DegagoTlf. saksbeh.48056796Vår dato:31-11-2020

Dok. nr. (Mime-nr): 20/230513

Dokumentkontroll						
Rev. Dato Beskrivelse Egenkontroll Kollegakontroll (Intern systematisk kontroll) Seksjonsleder						
00	31.11.2020	Originaldokument	Samson Degago	Sigurdur Mar Valsson	Roald Aabøe	

#### 1.0 Innledning

Dette notatet presenterer stabilitetsberegninger utført i forbindelse med årsakvurdering for kvikkleireskred ved Kråknes. Formålet med beregningene er å vurdere initial-stabilitetsforholdene og den mest sannsynlige utløsningsmekanismen for skredet. Dette notatet inngår som vedlegg til hovedrapporten (10220443-RIG-RAP-001).

#### 2.0 Grunnundersøkelser og grunnforhold

Grunnundersøkelser utført etter skredet er oppsummert i hovedrapporten og rådata er gitt i Multiconsults datarapport (Multiconsult 2020). Dette data danner grunnlag for tolkning av parametere benyttet i stabilitetsberegningene og det gis her en kort oppsummering av grunnforhold basert på grunnundersøkelsene utført sørvest for skredgropa.

Løsmassene består generelt av leire med sand- og siltlag og enkelte gruskorn. Leira ligger vekselvis rett over og rett under grensen til å ha sprøbruddegenskaper fra ca. 9,5 m under terreng i borpunkt 2 og fra ca. 5 m under terreng i borpunkt 4. I borpunkt 4 er det påvist kvikkleire mellom ca. 11 og 14 m under terreng. Bergoverflaten faller mot sjøen. Løsmassemektigheten varierer fra 5 til 24 meter og er størst i fjæra. Jordartsklassifisering ut ifra CPTU, basert på Robertson et al. (1986), er gitt i Figur 1. Klassifiseringen viser et godt samsvar med resultater fra prøveanalyser



Figur 1: Tolkning av jordlagdeling/jordartsklassifisering ut ifra CPTU.

# 3.0 Tolkning av geotekniske parameter for stabilitetsberegninger

Det er utført stabilitetsberegninger basert på totalspennings- og effektivspenningsanalyser. Hovedparametere benyttet i beregningene og deres tolkning i beregninger er oppsummert her.

# 3.1 Tyngdetetthet

Tyngdetetthet er hovedsakelig tatt fra rutineundersøkelser utført etter skredet (Multiconsult 2020). Basert på 10 prøveserie ligger variasjonsområdet på 18,7 -19,4 kN/m³.

#### 3.2 Udrenert skjærfasthet

Datagrunnlag for bestemmelse av udrenertskjærfasthet omfatter treaksialforsøk, CPTU, erfaringsverdier (SHANSEP) og rutineundersøkelser data (konus og enaks). Tolkning av udrenert skjærfasthet basert på CPTU er utført ved hjelp av regnearket utviklet av SVV (Valsson mfl. 2020). Dette regnearket gir referanser til de ulike metoder benyttet i tolkning av CPTU data.

Skjærfasthet fra treaksialforsøkene er bestemt ved 1% skjærtøyning. Kvalitet på forsøkene er evaluert etter kriterier gitt i NGF melding nr. 11 (2013) og Lunne m.fl. (1997). Dermed klassifiseres forsøkene fra 8,6 m og 14,6 m dybde henholdsvis som «godt til brukbar» og «dårlig».

Kvaliteten av CPTU resultatene er kontrollert i henhold til NGF melding nr. 5 (2010) og gitt i Multiconsult (2020). Kvalitetskontrollene påviser at spissmotstand og poretrykksmålinger av CPTU utført på hull 2 og 4 havner i anvendelsesklasse 1.

CPTU tolkninger basert på korrelasjoner fra Lunne et al. (1997), Karlsrud et al. (2005) og SHANSEP (Ladd et al. 1997, Karlsrud og Hernandez-Martinez. 2013).) er benyttet. Styrkeprofiler fra SHANSEPmetoden er generert ved bruk av OCR tolket fra ødometerforsøk og CPTU korrelasjoner vist i Figur 2 og

Figur 3. Resultater fra enkas og konus er omgjort til aktiv styrke. Samleplott for tolkning av udrenert skjærfasthet i hull 2 og 4 er gitt i Figur 4 og Figur 5.

I bestemmelse av designlinjen er det tatt hensyn til de tolkede verdier fra CPTU og laboratorieforsøk samt kvalitet på datagrunnlaget. NIFS (2014b) gir anbefaling for valg av karakteristisk  $c_{uA}$  – profil basert på felt – og laboratorieundersøkelser med en rekkefølge/vektlegging. Dette er benyttet i bestemmelse av designlinnene vist i Figur 4 og Figur 5.



Figur 2: Overkonsolideringsgrad (OCR) benyttet i tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet med SHANSEP i borhull 2



Figur 3: Overkonsolideringsgrad (OCR) benyttet i tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet med SHANSEP i borhull 4



Figur 4: Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet ved borhull 2



Figur 5: Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet ved borhull 4

#### 3.3 ADP-faktorer

NIFS rapport nr. 14 (2014a) gir en omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer basert på plastisitetsindeks ( $I_p$ ). I presentasjon av konus og enaks forsøk i Figur 4 og Figur 5 er det regnet en ADP-faktor basert på variasjon av  $I_p$  mot dybde. Dette er gitt øverst på figurene. Ut ifra grunnundersøkelser er en gjennomsnittlig  $I_p = 16\%$  og ifølge formelen gitt i NIFS (2014a) gir dette en ADP faktor på 1-0,66-0,37. Dette er brukt i totalspenningsanalyser. 3.4 Styrkeparametere for effektivspenning analyser

Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon er gjennomført basert på treaksforsøkene gitt i Multiconsults datarapport (Multiconsult 2020). Det er tolket friksjonsvinkel på 26° og 34° med attraksjon på 4-10 kPa.

#### 3.5 Ekstra parametere for elementmetode (FEM)

Inngangsparametere for elementmetoden omfatter også permeabilitet- og deformasjons-/stivhetsparameter. Disse påvirker stabilitetsanalyse lite, men kreves for å kunne bruke metoden. Det forsøkt å benytte verdier som gir en fornuftig beskrivelse av de stedlige massene. Der dette er mulig baseres parameterne på treaks- og ødometerforsøkene, men i tillegg benyttes erfaringsverdier fra litteratur (f.eks. SVV Håndbok V220 (SVV, 2018) og standardverdier (f.eks. fra Plaxis Manual (Plaxis BV 2019). Parameterne oppsummeres i Tabell 2.

3.6 Grunnvannstand og poretrykksforhold (artesisk trykk)

Topografiskforholdet i området gir grunnvannstrømning fra høyere partier i Kråkvikdalen til skredområdet. Dette betyr økt poreovertrykk i grunnen. Effekten av dette er tilbakeregnet og presentert i kap. 5.

### 4.0 Valg av beregningsprofiler

Basert på hendelsesforløp av skredet samt profil for grunnundersøkelse er det vurdert tre profiler for stabilitetsberegninger. Oversikt over plassering av disse profilene framgår av Figur 6. Selve profilene er gitt senere med beregningsresultater i kap. 5 og 6. Hensikt med valg av disse profilene er kort gitt her

**Profil A-A**: Tolkning av beregningsparametere og bestemmelse av jordlagdeling i profilet er utført i henhold til grunnundersøkelser fra dette området. I profilet finnes det mer nøyaktig data for vurdering av løsmassemektighet og bergnivå. Derfor er profilet er benyttet som en basis for ekstrapolering av data til andre profiler. Da er det hensiktsmessig å ta et utgangspunkt for å utføre en innledende/kontroll beregninger i profilet.

**Profil B-B:** Profilet representerer den første observerte utglidningen. Derfor er dette valgt for en forenklet stabilitetsberegninger. Lagdeling og jordartsparametere er ekstrapolert fra Profil A-A siden det ikke finnes tidligere utførte grunnundersøkelser i profilet.

**Profil C-C:** Profilet representerer stabilitet sentralt i skredområdet, samt at det dekker utfyllingsarbeidene ved hytta 450. Lagdeling og jordartsparametere er ekstrapolert fra Profil A-A siden det ikke finnes tidligere utførte grunnundersøkelser i profilet.



Figur 6: Profiler valgt for stabilitetsberegninger.

# 5.0 Innledende/forenklet stabilitetsberegninger

#### 5.1 Generelt

Innledende stabilitetsberegninger ble utført ved hjelp av dataprogrammet Geosuite Stability. Programmet benytter grenselikevektprinsippet for beregning av stabilitet. Det benyttes både udrenerte totalspenningsanalyser og drenerte effektivspenningsanalyser. Det er prøvd å benytte en tilnærming som kan gjenspeile stabilitetsberegninger som ville vært gjort i prosjekteringssammenheng. Beregningene er ment å indikere hva en praktiserende ingeniør ville konkludert med ved å benytte vanlige analysemetoder. Beregningene skal danne et inntrykk av initialstabiliteten og gi utgangspunkt for den relativt avanserte beregningsmodellen som presenteres i kap. 6.

Sikkerhetsfaktorer i Geosuite er beregnet både ved bruk av sirkulærsylindriske- og sammensatte glideflater. For udrenert totalspenningsanalyser ville det i prosjekteringssammenheng blitt brukt 15% reduksjon av aktiv udrenert skjærfasthet for kvikkliere/ sprøbruddmateriale. Her tilbakeregnes en skredhendelse og reduksjon av aktiv skjærfasthet er ikke utført, dvs. kun direkte og passiv skjærfasthet er redusert med ADP faktorer gitt i kap. 3.3. For drenerte effektivspenningsanalyser benyttes hydrostatiske poretrykksforhold i begge profilene og poreovertrykk i Profil B-B. Ytterligere detaljer om stabilitetsberegninger og resultater er gitt nedenfor.

### 5.2 Resultater Profil A-A



Figur 7: Profil A-A: Udrenert totalspenningsanalyse (Sjøvannsnivå 0 m)



Figur 8: Profil A-A: Drenert effektivspenningsanalyse (Sjøvannsnivå 0 m, Hydrostatisk poretrykksfordeling fra terreng)

# 5.3 Resultater Profil B-B



Figur 9: Profil B-B: Udrenert totalspenningsanalyse (Sjøvannsnivå -1,29 m)



Figur 10: Profil B-B: Drenert effektivspenningsanalyse (Sjøvannsnivå -1,29 m, Hydrostatisk poretrykksfordeling fra terreng)



Figur 11: Profil B-B: Effektivspenningsanalyse med poreovertrykk (Sjøvannsnivå -1,29 m, To profil med hydrostatisk poretrykksfordeling fra terreng og tre profiler der poreovertrykk på 40 kPa er lagt til på dybde 4-8 m fra terrenget)

# 5.4 Diskusjon av resultater

Tabell 1 oppsummerer resultater av stabilitetsanalyser for profil A-A og B-B.

abell 1 Stabilitetsresultater GS-Stabilitet				
Analysetype	Beregnet kritiske sikkerhetsfaktor (SF			
	Profil A-A	Profil B-B		
Udrenert totalspenningsanalyse	1,09	1,10		
Drenert effektivspenningsanalyse med hydrostatisk poretrykksfordeling	1,69	1,93		
Effektivspenningsanalyse med poreovertr	ykk	1,02		

Tabell 1 Stabilitetsresultater GS-Stabilitet

Fra begge profilene er det beregnet veldig lavt sikkerhetsfaktor med udrenert totalspenningsanalyse (Figur 9 og Figur 7). Dette indikerer at initialstabilitetsforhold i området er veldig lavt.

Sikkerhetsfaktorer oppnådd med drenert effektivspenningsanalyse er relativt høyt (Figur 8 og Figur 10). Dette skyldes hovedsakelig av antagelse om hydrostatisk poretrykksforhold. Derfor tyder på at det har vært høyere poretrykksforhold enn antatt i beregningene. I profil B-B er det regnet med effektivspenningsanalyse der poreovertrykk på 40 kPa er lagt til på del av skråningen og på dybde 4-8 m fra terrenget (Figur 11). Dette ga et brudd situasjon og viser at poretrykket har mye å si for stabiliteten.

### 6.0 Stabilitetsberegninger med artesisk trykk

# 6.1 Bakgrunn

Topografiske- og kvartærgeologiske forhold i området fører til grunnvannstrømning fra høyere partier i Kråkvikdalen mot Kråknesområdet (Flatstrand), se Figur 6 for plassering av disse lokasjonene. Dette innebærer at vanninnfiltrering på Kråkvikdalen gir økt poretrykk på Kråknesområdet. For mer dokumentasjon om dette henvises det til notater som gir beskrivelse av strukturgeologisk og hydrometeorologiske forhold av området (Vedlegg A og B i hovedrapporten). I dette kapittelet undersøkes disse aspektene videre med geotekniske numeriske analyser.

### 6.2 Vannførende lag

Det er forventet å ha lagdeling med vannførende lag i glacifluviale avsetninger og strandavsetninger som del av sedimentasjonsprosesser i området. I denne seksjonen er det prøvd å identifisere vannførendelag fra CPTU data. Dette er viktig for å modellere soner der det er forventet økt poretrykk/ artesisk trykk. Dette er utført basert på spissmotstand og poretrykksmålinger, Figur 12 og Figur 13.



Figur 12: Tolkning av sannsynlige vannførende lag fra CPTU i borhull 2



Figur 13: Tolkning av sannsynlige vannførende lag fra CPTU i borhull 4

Lagene som er tolket fra CPTU-ene tegnes inn i på det opprinnelige profilet (blå pil i Figur 14). Formålet med dette er både å etablere lagdeling samt lagenes helning. Totalsonderingene benyttes for å supplere og ekstrapolere tolkningen av CPTU forsøkene. Resulterende sammensetting av vannførende lag i profil A-A fram går av Figur 14.



Figur 14: Sammensetting av vannførende lag i profil A-A

Ut ifra sonderingene er det tolket flere lag som kan virke som vannførende. Det bemerkes at lagene blir tynnere i bp. 4 i forhold til bp.2. Dette støtter en antagelse at disse lagene blir tynnere utøver sjøen.

### 6.3 Numerisk idealisering

Aspekter knyttet til numerisk idealisering av problemstillingen er kort nevnt her. Modellen for numeriskanalyse er bygget opp på tverrfaglige data der sannsynlige mekanismer for skredårsaket er indikert. Beregningen skal gi en numerisk illustrasjon av disse vurderingene og er utført med elementmetodeprogrammet Plaxis Ver. 2019.

For stabilitetsberegninger presentert her er det valgt profil C-C (Figur 6). Profilet ligger omtrent i midten av bukta der det er forventet største akkumulering av kanalisert-/artesisk vanntrykk fra omliggende områder gjennom bakken. Derfor er størst fokus i beregningene rettet mot dette profilet. I tillegg skal det undersøkes påvirkning av fyllingen ved hytta 450 i stabiliteten.

En kombinert analyse er utført, dvs. totalspennings- og effektivspenningsanalyser. Udrenerte forhold oppstår i leire ved hurtige spenningsendringer over kort tid. Det er antatt at økt artesisk trykk på grunn av stor snøsmelting i dagene før skredet førte til at leira oppførte seg udrenert. Derfor modelleres leire som udrenert materiale med totalspenningsanalyse.

Vannførende lagene er modellert med en effektivspenningsanalyse slik at poretrykksenderinger kunne simuleres.

På tre ulike dybder er det definert jordlag som representerer vannførende lag mellom leiravsetningene. Disse lagene følger helning på terrenget og blir tynnere utover sjøen. I disse lagene påføres økt poretrykk (artesisk trykk). Det endelige tilbakeregnede poretrykket evalueres i forhold til topografiske/strukturgeologiske og hydrometeorologiske aspekter i området (Se vedlegg A og B til hoved rapporten 10220443-RIG-RAP-001).

#### 6.4 Model oppsett og geometri

2D plantøyningsanalyse med 15-noders trekant-elementer er benyttet. Et meget fint nett med 5296 elementer er benyttet. På det øvre vannførende laget og leira ovenfor er nettet forfinet. Figur 15 viser geometrien til elementmodellen som ble benyttet i beregningene.



Figur 15: Elementnett med 5296 elementer a) viser hele geometrien i beregningen b) viser nærmere syn på leiravsetning

#### 6.5 Jordlagdeling og inndata

Leirelag (vist med blå farge) er modellert med NGI-ADP jordmodell (Grimstad et. al (2012). Modellen er egnet for å modellere udrenert materialoppførsel med anisotropisk udrenert skjærfasthet.

GS-Stability er benyttet for å interpolere/tilpasse skjærfasthetsverdier på de ulike sone definert for bruk med NGI-ADP modell. Interpoleringen er basert på udrenert aktiv skjærfasthet vist i Figur 4 og Figur 5. Resulterende styrkeprofil for de ulike soner er gitt Tabell 2. Simulering av dette i Plaxis er gitt i Figur 17

Vannførende lagene er modellert med Hardening Soil modell. For topplaget og friksjonsmasser er det benyttet Mohr-Coulomb modell med drenert oppførsel.

Det finnes ikke en detaljert dokumentasjon av formasjonen bak løsmasseskråningen og beregningsmessig påvirker dette ikke resultatene presentert her. Dette er inkludert kun for å vise topografisk aspekter av området. Derfor er formasjonen betegnet som «fjell» for enkelhets skyld og modellert med Linear Elastic jordmodell.

For modellering av fyllingsarbeid ifm. bygging av hytta 450 er det benyttet materialegenskaper til friksjonsmasser.

Alle inngangsparametere benyttet i Plaxis beregning er gitt i Tabell 2.



Figur 16: Jordlagdeling

Utskrift av State-parameter c (tilsvarer aktiv udrenert skjærfasthet) er vist Figur 17



Figur 17: Utskrift av State-parameter c (tilsvarer aktiv udrenert skjærfastheti Plaxis)

Matreialtype: Leire									
Material modell: NGI-ADP									
			Vero	lier for z	onene g	gitt i Figu	r 16		
Parameter [enhet]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\gamma_{unsat}$ [kN/m ³ ]	19	19	19	19	19	19	19	19	19
γ _{sat}	19	19	19	19	19	19	19	19	19
$G_{ur}/s_u^A$ [-]	500	500	500	500	500	500	500	500	500
$\gamma_f^C$ [%]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$\gamma_f^E$ [%]	4	4	4	4	4	4	4	4	4
$\gamma_f^{DSS}$ [%]	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
$s_{u ref}^{A}$ [kPa]	45	40	30	30	25	25	17	17	17
$S_u^{C,TX}/S_u^A$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
y _{ref} [m]	10	7,5	5	3	1	-3	-8,5	-15,5	-22,5
$s_{u inc}^{A}$ [kPa/m]	1,5	1,5	1,5	1,2	1,6	1,6	2,1	2,1	2,1
$s_u^P/s_u^A[-]$	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
$\tau_0 / s_u^A[-]$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
$S_u^{DSS}/S_u^A$	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
$v_{ref}[-]$	0,495	0,495	0,495	0,495	0,495	0,495	0,495	0,495	0,495
K ₀ [-]	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Taball 2 Matariala	naramatra har	wttot for do	uliko lagon	
Tabell 2 Materiale	parametre per	iyilei ior ue	unke lagen	e i Pidxis

Matreialtype: Vannførendelag				
Materiallmodell: Hardenng Soil				
Parameter [enhet]	Verdier			
$\gamma_{unsat}$ [kN/m ³ ]	19			
$E_{50}^{ref}$ [kPa]	35000			
<i>E^{ref}_{oed}</i> [kPa]	35000			
$E_{ur}^{ref}$ [kPa]	105000			
<i>c</i> ' [kPa]	3			
arphi' [°]	30			
y [°]	0			
$K_0[-]$	0,73			
OCR[-]	1,9			

Matreialtype: «Fjell»			
Materialmodell: Linear elastic			
Parameter [enhet]	Verdier		
$\gamma_{unsat}$ [kN/m ³ ]	25		
E [kPa]	500000		
ν'[-]	0,3		

Matreialtype: Friskjosnmasser og fylling				
Material modell: Mohr-Couloub				
Parameter [enhet] Verdier				
$\gamma_{unsat}$ [kN/m ³ ]	18,8			
<i>E'</i> [kPa]	50000			
ν' [-]	0,2			
<i>c</i> ' [kPa]	10			
arphi' [°]	38			
<i>y</i> [°]	0			
K ₀	0,38			

### 6.6 Modellering av grunnvannstilstand/artesisk trykk

Simulering av artesisk trykk er gjennomført for å studere hvordan poretrykket påvirker stabilitet og bruddmekanismer. Dette er gjort ved å legge høyere vanntrykk på vannførende lag. Røde linjen i Figur 18 viser vanntrykkshøyde i et fiktivt standrør hvis det hadde vært plassert i de vannførende lagene (grønne lag). Det er dette trykket som ble tilbakeregnet og benyttet i presentasjon av stabilitetsanalysene samt etterfølgende vurderinger. For resten av lagene er det benyttet en hydrostatisk poretrykksfordeling som starter fra nivået gitt som «global» i Figur 18 (blå linje).



Figur 18: Trykkhøyde for artesisk trykk (rød linje) som påvirker vannførende lag (tegnet grønne). A) viser hele modellen og b) viser utsnitt av leiravsetningene.

#### 6.7 Beregnings fremgangsmåte

Generering av initialspenninger er utført med «gravity loading» prosedyre med drenert Mohr-Coulomb materialmodell. Deretter er det satt ett trinn med NIL-Step og etterfulgt av et trinn der NGI-ADP materialmodellen er initiert. Deretter er det utført flere analyser/trinn som er oppsummert nedenfor

- Etablere en initial tilstand med hydrostatiskforhold
- Artesisk trykk/økt poretrykk satt på vannførende lag
- Stabilitetsanalyse
- Fyllingen er satt på (i tillegg til artesisk trykk)
- Stabilitetsanalyse

# 6.8 Analyseresultater

Hovedresultater fra beregningene omfatter evaluering av artesisk trykk, sikkerhetsfaktor (SF) med artesisk trykk samt SF med fylling kombinert med artesisk trykk.

Det er viktig å fremheve at alle sensitivitetsanalysene viste lavere sikkerhetsfaktor med fyllingen enn det som ble funnet uten fylling. Resultatene viser poretrykksnivå som er nødvendig for å oppnå kritisk sikkerhetsfaktor (dette er påvist i Figur 18). Stabilitetsanalyser som viser dette artesiske trykket er vist i Figur 19 og Figur 20.

# a) Stabilitet med artesisk trykk

Bruddflater fra stabilitetsresultatene er presentert med både inkrementelle skjærtøyninger (Figur 19a) og inkrementelle forskyvninger (Figur 19b).





Figur 19: Resultat fra stabilitetsanalyser med artesisk trykk vist i Figur 18. Brudd skjer i overgangen mellom leire og det øverste vannførende laget (Oppnådd SF=1,07).

# b) Stabilitet med artesisk trykk + fylling

Bruddflater fra stabilitetsresultatene er presentert med både inkrementelle skjærtøyninger (Figur 20a) og inkrementelle forskyvninger ((Figur 20b).





Figur 20: Resultat fra stabilitetsanalyser med artesisk trykk (som vist i Figur 18) og fylling. Brudd skjer i overgang mellom leire og det øverste vannførende laget (Oppnådd SF=1,01)

# c) Beregnede sikkerhetsfaktorer



Beregnet sikkerhetsfaktor med kun artesisk trykk og artesisk trykk med fylling er gitt i Figur 21.

Figur 21: Beregnede sikkerhetsfaktorer (SF= 1,075 med kun artesisk trykk og SF=1,01 med artesisk trykk og fylling)

#### 6.9 Diskusjon og evaluering av resultater

Artesisk trykk er tilbakeregnet for å finne realistisk sikkerhetstilstand i skråningen. Den gjennomsnittlige høyden for det artesiske trykket må ligge på +10 m for å oppnå brudd når effekten av fyllingen tas med i beregningene. Skredområdet har to topografiske hovedelementer med høydeforskjell på mer enn 50 m. Dette og kvartærgeologiske forhold i området fører til grunnvannstrømning fra høyere partier i Kråkvikdalen mot Kråknesområdet. I tillegg ble det meldt om svært våte forhold høyere opp i terrenget grunnet kraftig snøsmelting i dagene før og etter skredet. I lys av dette anses det tilbakeregnede artesiske trykket å være sannsynlig. Det er vanlig å påvise poreovertrykk i strandsonen slik at dette resultatet hverken anses som "uventet" eller unormalt. Det er slik poretrykk og grunnvannstrømning gjennom marine avsetninger som danner grunnlag for forekomst av kvikkleire i strandsonen. Det er tidligere gjort målinger, for eksempel i Finneidfjord, som viser at poreovertrykk i strandsonen kan være relativt høyt (L'Heureux et al. 2018).

Aspekter relatert med 2D og 3D stabilitetsanalyse er diskutert kort her. Beregningsmodeller som er benyttet baseres på 2D analyse og med jordmodell som ikke tar hensyn til sprøbruddeffekt. Dette betyr i praksis at profilet som analyseres anses å strekke seg uendelig langt i den tredje dimensjonen (som ikke vises). På grunn av sidefriksjon langs virkelige 3D bruddflater forventes høyere sikkerhetsfaktorer i 3D stabilitetsanalyser i forhold til 2D stabilitetsanalyser. Likevel er det også forventet enda høyere sprøbruddeffekt («strain-softening») effekt for 3D tilfeller i forhold til 2D tilfeller som igjen vil gi lavere sikkerhetsfaktorer for 3D enn 2D (Jostad mfl. 2021). I tillegg gir 3D-effekter en god forbedringseffekt når tilstøtende terreng har vesentlig bedre stabilitet enn det profilet som beregnes. Ut ifra disse betraktningene anses de utførte stabilitetsanalysene å være representativt for å utforske den relative stabilitetsforskjellen med og uten fylling. Fyllingen er utført i et punkt og forverret ikke stabilitetsbildet for hele området, men grunnen til at skredet startet der var at den utgjorde en lokal overbelastning der den ligger. Siden hele vika allerede stod med svært lav stabilitet kunne bruddet spre seg progressivt fra fyllinga og utover på grunn av progressive spenningsomlagringer i sprøbruddsmaterialet i området.

Stabilitetsanalyse med artesisk trykket ga en sikkerhetsfaktor på SF=1,07. Deretter ble fyllingen etablert og dette senket sikkerhetsfaktoren til SF=1,01 som i praksis representerer en bruddtilstand. Dette kan også formuleres omvendt – uten fyllingen ville skråningen stå med SF =1,07 slik den gjorde da slike situasjoner inntraff tidligere før fyllingen ble lagt ut. Det relative forskjellen i sikkerhetsfaktor tilsier at fyllingen har hatt en forverrende effekt på stabiliteten.

Bruddmekanismen observert i beregningene (Figur 20) viser et flakskred som i stor grad tilsvarer utglidning observert rundt profil C og samsvarer med det som er dokumentert gjennom video-opptak av skredet.

# 7.0 Sammendrag og konklusjon

Dette notatet oppsummerer utførte stabilitetsberegninger. Det er viktig å presisere at det kan være en del usikkerheter i beregningene som hovedsakelig skyldes av mangel på grunnundersøkelser før skredet gikk. Dette kan påvirke materialegenskaper, lagdeling samt grunnvannstand i området. Likevel er det gjort vurdering etter beste «engineering judjement», supplert med grunnundersøkelser nær skred området. Studiet er også supplert av tverrfaglige dokumentasjoner og andre kilder, se oppsummering i hovedrapporten. Undersøkelsesgruppa betrakter stabilitetsberegningene til å være rimelige og representative nok til å trekke noen konklusjoner og læringspunkter.

- Gjeldende regelverkene krever at både udrenert totalspenningsanalyse og drenert effektivspenningsanalyse utføres og oppfyller krav på sikkerhetsfaktorer. Forenklede stabilitetsanalyser er utført ved å følge tilnærminger som anvendes i vanlig geoteknisk praksis. Disse analysene tyder på at initialstabiliteten i området er lavt. Drenerte analyser med antakelse om hydrostatiske poretrykksforhold ga høyere sikkerhetsfaktorer. Dette viser at den reelle poretrykkstilstand sannsynligvis var høyere. Basert på slike analyser ville utbyggingsaktiviteter i området kreve tiltak for å ivareta stabiliteten.
- Det er også utført stabilitetsanalyser som tar hensyn til tverrfaglig kunnskap samlet etter skredet, dvs. topografiske- og kvartærgeologiske forhold i området. I disse analysene er det simulert/tilbakeregnet artesisk trykk som kan utløse skredet samt med vekt fra fyllingen. Ytterligere er effekten som fyllingen har hatt på stabilitetsforholdene kartlagt. Konklusjonen fra disse beregningene er at fyllingen hadde en forverrende effekt på stabiliteten.
- I stabilitetsvurderinger er det viktig å ta hensyn til topografiske- og kvartærgeologiske forhold som kan føre til økt poretrykk i leiravsetninger. I så fall identifisering av vannførende lag og identifisering av poretrykksnivå sentralt for stabilitetsanalyser.

#### 8.0 Referanser

- Grimstad, G., L. Andresen, and H. P. Jostad 2012. NGI-ADP: Anisotriopc shear strength model for clay. International journal for numerical and analytical methods in geomechanics. 36(4): 483-497.
- Hovedrapporten (2021). Kvikkleireskred ved Kråknes i Alta 3. juni 2020, Rapport om årsaksvurdering. Rapport nummer 10220443-RIG-RAP-001.
- Jostad, H. P., Sivasithamparam, N., Lacasse, S., Degago S.A., Le T.M.H., Giese, S., Rosenquist af Åkershult, A., Johansen, T. and Aabøe, R. (2020). 3D stability analyses of Skjeggestad landslide. The 18th Nordi Geotechnical Meeting. Helsinki, Finland, 18th- 20th of January 2021.
- Ladd C. C. and Foott R.(1974). New Design Procedure for Stability. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Journal of the Geotechnical Engineering Division, vol. 100, pp. 763-786
- Karlsrud K. and Hernandez-Martinez F. G.(2013). Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high-quality block samples. Canadian Geotechnical Journal vol. 50, pp. 1273–1293,
- Karlsrud, K., Lunne, T., Kort, D. A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka 2005. Proceedings, Vol. 2, pp. 693-702.
- Lunne T., Berre T., and Strandvik S. (1997a) Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay. in Proc. of the Symp. on Recent Develop. in Soil and Pavement Mech., Rio de Janeiro, 1997
- Lunne, T., Robertson, P. K. and Powell, J. J. M. (1997b): Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice. Blackie Academic & Professional.
- L'Heureux, J. S., Vanneste, M., Kopf, A., & Long, M. (2018). Use of the free fall cone penetrometer (FF-CPTU) in offshore landslide hazard assessment. In Cone Penetration Testing 2018: Proceedings of the 4th Internat. Symp. on Cone Penetration Testing (CPT'18), 21-22 June, 2018, Delft, The Netherlands (p. 401). CRC Press.
- Multiconsult (2020). Ras Kråkneset. Datarapport for Geoteknisk grunnundersøkelse. Utført av Multiconsult, Dokument nr. 10219825-RIG-RAP-001.
- NIFS (2014a). En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer. (NIFSrapport nr. 14/2014). Oslo: NVE
- NIFS (2014b). Valg av karakteristisk cuA profil basert på felt og laboratorieundersøkelser. (NIFS-rapport nr. 77/2014). Oslo: NVE
- NGF Melding nr. 5 (2010) Veiledning for utførelse av trykksondering. Norsk Geoteknisk Forening

NGF melding nr 11 (2013) Veiledning for prøvetaking. Norsk Geoteknisk Forening

Plaxis BV (2019) Plaxis manuals. Plaxis BV. www.plaxis.nl.

Robertson P K, Campanella R G, Gillespie D, and Greig J 1986. Use of Piezometer Cone data. Use of In-situ testing in Geotech. Engng. GSP 6, ASCE, Specialty Pub. pp 1263-1280.

Statens vegvesen SVV (2018). Håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging, Vegdirektoratet 2018

Valsson mfl. 2020. CPTu regneark utviklet av SVV for tolkning og presentasjon av resultater fra trykksonderinger. Ver. CPTu 2020_01.xltm. Tilgjengelig https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/geofag/Geoteknikk/cptu Årsaksvurdering

# Vedlegg E – Mandat fra NVE

# Kvikkleireskred ved Kråknes i Alta – onsdag 3. juni 2020 Nedsetting av faggruppe for årsaksvurdering og læring Oppdragsbeskrivelse

# Innledning:

Kvikkleireskredet i strandsonen ved Kråknes i Alta 3.juni 2020 tok med seg 8 bygninger, og ca. 600.000 m³ løsmasser. Skredet gikk etter en tid med meget stor snøsmelting etter en vinter med rekordstore snømengder i hele regionen. NVE hadde varslet gult farevarsel for jordskred i hele regionen i perioden før hendelsen. Det er ikke kjent at det er gjort terrenginngrep i forkant av skredhendelsen, og det antas derfor at skredet kan være naturlig utløst. Det er derfor behov for å undersøke nærmere hva som kan være årsaken til skredhendelsen, slik at dette kan settes i sammenheng med behov for videreutvikling av kartleggingsmetodikk for vurdering av fare for tilsvarende hendelser. En gruppe bestående av fagpersoner settes ned for å gjøre denne vurderingen.

### Hva er gjort hittil:

NVE har bistått kommunen med faglige råd knyttet til innledende sikkerhet og evakuering knyttet til hendelsen, og det ble i den forbindelse gjort og påbegynt en del innsamling av data og dokumentasjon:

- Oppmåling av terreng og sjøbunn utført av GeoNord AS, samt anskaffet sjøbunnskart fra Kartverket. skredområdet
- Ortofoto, videodokumentasjon og dronefilm
- Grunnundersøkelser utført i 12 punkt.
- Befaring og intervju med øyenvitner.

#### Faggruppe:

Multiconsult v/ Anders Samstad Gylland (leder) Emilie Bjarghov (redaktør) NGI v/ Jean-Sebastien L'Heureux NTNU v/ Steinar Nordal SVV v/ Samson Degago NVE v/Stein-Are Strand

# **Prosjekteier / koordinator:**

NVE v/ Knut Aune Hoseth

#### Fagressurser:

NVE arealplan: Eva Forsgren NVE hydrometeorologi: Graziella Devoli NGU løsmassegeologi: Louise Hansen NVE strukturgeologi: Kjetil Indrevær
# **Oppdraget:**

### Del 1. Undersøke årsaken til skredet

Faggruppen skal med bakgrunn i tilgjengelig informasjon vurdere og konkludere årsak til skredet ved Kråknes i Alta 3.juni 2020.

Eventuelle ytterligere undersøkelser og analyser som er nødvendig for vurderingen bestilles av NVE etter anmodning fra gruppa.

Forventing til leveranser er beskrevet nærmere under avsnitt «arbeidsmetodikk og rapportering».

#### Del 2. Konkrete tilrådninger med hensyn til identifisering av skredfare

Skredet ved Kråknes lå under marin grense, men dette området ble ikke kartlagt i forbindelse med oversiktskartleggingen som ble gjort i Alta kommune i 2010. Faggruppen skal avklare hvorfor området ikke ble anmerket som en faresone under kartleggingen i 2010, og om området ville blitt definert som en faresone med dagens kartleggingsmetodikk?

Dersom utløsningsårsaken viser seg å være naturlig, så må det vurderes om det har vært forhold her som kunne ha forutsett en slik skredutvikling? Finnes det referanser til andre tilsvarende skred som er utløst på samme måte, og som er egnet å lære av?

Er det spesielle forhold med dette skredet som ikke er dekt opp av veiledere og metoder, og som vi da må jobbe videre med i Strandsoneprosjektet. Dersom faggruppen ser behov for initiering av prosjekter for å kunne øke kunnskapen om jordskred ytterligere, ønskes det at dette foreslås / skisseres, slik at dette kan vurderes inkludert i Strandsoneprosjektet.

### Arbeidsmetodikk og rapportering:

Leder av undersøkelsesgruppa har ansvar for at gruppen kommer frem til en felles konklusjon om årsak til skredet ved Kråknes og at gruppen svarer ut oppgavebeskrivelsen med utarbeidelse av rapport. Rapporten skal inneholde bakgrunn og beskrivelse av situasjonen, dokumentasjon av grunnlag for vurderingene, faglige vurderinger, konklusjoner og videre tilrådninger. Rapporten bør inneholde følgende:

- Beskrivelse av skredutvikling og forløp
- Grunnlagsmateriale:
  - o Geologi og grunnforhold
  - o Metrologi og hydrologi/hydrogeologi
- Tolkning av grunnlagsmateriale
- Stabilitetsberegninger
- Sammenligning
- Vurdering av årsaksforhold
- Burde dette vært en faresone for kvikkleireskred?
  - Avgrensning og klassifisering av sonen etter ny metodikk i strandsonen
- Konklusjoner og anbefalinger

Rapporter fra grunnundersøkelser og sammenstilling av andre grunnlagsdata, vil kunne rapporteres som selvstendige dokumenter som kan legges ved rapporten. Relevant informasjon kan trekkes ut fra dette materialet og gjengis i rapporten.

NVE vil bidra med å sammenstille hydrometeorologiske data fra området i forkant av hendelsen, dette sammenstilles i notat som blir tilgjengelig for arbeidsgruppen.

NGU vil bidra med å sammenstille geologiske og hydrogeologiske vurderinger fra det aktuelle området. Dette sammenstilles i notat/rapport som blir tilgjengelig for arbeidsgruppen.

NVE forutsetter at en av gruppens medlemmer har redaktøransvar for sluttrapporten (gruppens redaktør), men at hele gruppen bidrar til rapportutarbeidelsen og skal stå som forfatter av rapporten. NVE skal godkjenne rapporten før den offentliggjøres.

NVE vil delta på koordineringsmøtene med prosjekteiers representant og/eller NVEs fagressurs geoteknikk. NVE koordinerer nødvendig kontakt med kommunen og andre eksterne. Faggruppen arrangerer koordineringsmøter. Det legges til grunn behov for 3-4 koordineringsmøter samt ett overleveringsmøte, når rapporten overleveres for NVEs gjennomgang og godkjenning.

Det forutsettes at koordineringsmøtene gjennomføres i hovedsak med video-overføring, men med mulighet for gjennomføring i NVEs lokaler i Trondheim.

Rapporten utarbeides i NVE-mal av faggruppen og utgis som NVE-rapport i NVEs rapportserie.

#### Tidsplan:

Det forutsettes at gruppen leverer utkast rapport til NVE innen utgangen av oktober 2020.

Gruppen lager en tidsplan for arbeidene og koordineringsmøtene basert på dette. Tidsplan fremlegges prosjekteier for aksept.

Rapporten gjennomgås i møte med prosjekteier, antatt innen 2 uker etter at utkast rapport foreligger.

Rapporten skal rettes opp innen fire uker etter at alle tilbakemeldinger foreligger.

Årsaksvurdering

# Vedlegg F – Geoteknisk datarapport fra grunnundersøkelser etter skredet

# RAPPORT

# Ras Kråkneset

OPPDRAGSGIVER

Norges vassdrags- og energidirektorat

EMNE

Datarapport - Geoteknisk grunnundersøkelse

DATO / REVISJON: 2020-08-04 / 00 DOKUMENTKODE: 10219825-RIG-RAP-001



# Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

# Multiconsult

#### RAPPORT

OPPDRAG	Ras Kråkneset	DOKUMENTKODE	10219825-RIG-RAP-001
EMNE	Datarapport - Geoteknisk grunnundersøkelse	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat	OPPDRAGSLEDER	Bjarke Gregers-Jensen
KONTAKTPERSON	Stein-Are Strand	UTARBEIDET AV	Martine Johnsen Waldeland
KOORDINATER	SONE: UTM33 ØST: 806639 NORD: 7789260	ANSVARLIG ENHET	10235011 Geoteknikk Nord
KOMMUNE	Alta		

#### SAMMENDRAG

3. juni 2020 gikk det et jordskred ved Kråkneset i Alta kommune. Skredet var omtrent 650 meter bredt og ca. 40 meter høyt. Multiconsult Norge AS har utført grunnundersøkelser i det aktuelle området for å kartlegge grunnforholdene ved skredgropa

Det undersøkte området ligger ved Kråkneset, øst for Talvik, i Alta kommune. Terrenget i området består av jevnthellende terreng ned mot strandsonen i nordvest. Gjennomsnittlig helning er ca. 1:6.

#### Sørvest for skredgropa, BP.1-6

Området består generelt av 2-3 lag. Øverst er det et topplag som har lav til middels sonderingsmotstand og mektighet opptil ca. 2 meter. Derunder er det et lag som har lav sonderingsmotstand. Laget er mellom ca. 2 og 17 meter tykt. Over berg er det stedvis er lag som har stor sonderingsmotstand og mektighet opptil ca. 4 meter.

Registrert dybde til antatt berg varierer mellom 5,4 og 23,8 meter, og bergoverflaten ligger mellom kote -17,0 og kote 6,3 i borpunktene.

Løsmassene består hovedsakelig av leire. Det påvist sprøbruddmateriale mellom 8 og 9 meter i BP.2. I BP.4 er det påvist sprøbruddmateriale og kvikkleire mellom 8 og 15 meter.

#### Øst for skredgropa, BP.7-12

Området består generelt av ett lag som har stor sonderingsmotstand med bruk av spyling og delvis slag. Laget er mellom 2 og 19 meter tykt.

Registrert dybde til antatt berg varierer mellom 1,6 og 18,8, og bergoverflaten ligger mellom kote 1,5 og kote 27,2 i borpunktene.

Løsmassene består generelt av grus/sand/silt/leire og det er ikke påtruffet materialer som har sprøbruddegenskaper.

00	2020-08-04	Datarapport – Geoteknisk grunnundersøkelse	MAJ	BGJ	BGJ
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

# INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innle	ledning	5
	1.1	Formål og bakgrunn	5
	1.2	Utførelse	5
	1.3	Kvalitetssikring og standardkrav	5
	1.4	Innhold og bruk av rapporten	5
2	Omr	rådebeskrivelse	6
	2.1	Området og topografi	6
3	Geo	otekniske grunnundersøkelser	7
	3.1	Tidligere grunnundersøkelser	7
	3.2	Utførte grunnundersøkelser	7
		3.2.1 Feltundersøkelser	7
		3.2.2 Laboratorieundersøkelser	8
4	Gru	Innforholdsbeskrivelse	9
	4.1	Kvartærgeologisk kart	9
	4.2	Eksisterende faresoner for kvikkleireskred	10
	4.3	Grunnforhold tolket ut fra grunnundersøkelser	10
		4.3.1 Generelt	10
		4.3.2 Dybde til berg	10
		4.3.3 Løsmasser	11
		4.3.4 Poretrykk og grunnvann	12
5	Geo	oteknisk evaluering av resultatene	12
	5.1	Avvik fra standard utførelsesmetoder	12
	5.2	Viktige forutsetninger	12
	5.3	Undersøkelses- og prøvekvalitet	12
	5.4	Påvisning av bergnivå	12
6	Beh	nov for supplerende grunnundersøkelser	
7	Refe	eranser	12

#### TEGNINGER

10219825-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	-001	Borplan
	-200	Geotekniske data, BP.2
	-201	Geotekniske data, BP.4
	-202	Geotekniske data, BP.12
	-300	Korngraderingsanalyser, BP.2 og 4
	-301	Korngraderingsanalyser, BP.12
	-400.1-2	Ødometerforsøk, BP.4 dybde 10,5 meter
	-401.1-2	Ødometerforsøk, BP.4 dybde 12,3 meter
	-450.1-5	Treaksialt trykkforsøk, BP.4 dybde 8,6 meter
	-451.1-5	Treaksialt trykkforsøk, BP.4 dybde 14,6 meter
	-500.1-4	CPTU, BP.2
	-501.1-4	CPTU, BP.4
	-600	Profil A og B
	-601	Totalsonderinger BP.7-12

#### BILAG

- 1. Geoteknisk bilag Feltundersøkelser
- 2. Geoteknisk bilag Laboratorieundersøkelser
- 3. Geoteknisk bilag Oversikt over metodestandarder og retningslinjer

# 1 Innledning

Foreliggende rapport presenterer resultater fra utførte geotekniske grunnundersøkelser for Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i Alta kommune.

#### 1.1 Formål og bakgrunn

3. juni 2020 gikk det et jordskred ved Kråkneset i Alta kommune. Skredet var omtrent 650 meter bredt og 40 meter høyt. Til sammen ble 8 bygninger tatt av skredet.

Multiconsult Norge AS har utført grunnundersøkelser i det aktuelle området for å kartlegge grunnforholdene ved skredgropa.

#### 1.2 Utførelse

Boringens utførelse er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 1, mens oversikt over metodestandarder for utførelse er gitt i geoteknisk bilag 3.

Metodikk/prosedyre for utførelse av laboratorieundersøkelsene er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 2.

Feltundersøkelser ble utført av Multiconsult Norge AS med hydraulisk borerigg av typen GT605 i juni 2020. Alle kotehøyder refererer til NN2000, og borpunktene er målt inn i koordinatsystem EUREF89 UTM33 ved hjelp av CPOS DGPS med nøyaktighet ± 5 cm.

Laboratorieundersøkelsene er utført ved Multiconsults geotekniske laboratorium i Tromsø i juni/juli 2020.

#### **1.3** Kvalitetssikring og standardkrav

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet omfatter prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2015 [1]. Feltundersøkelsene er utført iht. NS 8020-1:2016 [3] og tilgjengelige metodestandarder fra Norsk Geoteknisk Forening [6].

Laboratorieundersøkelsene er utført iht. NS 8000-serien og relevante ISO-standarder. Datarapporten er utarbeidet i henhold til NGF-melding nr. 2 [6] og krav i NS-EN-1997 (Eurokode 7) – Del 2 [2].

Oversikt over utvalgte metodestandarder er vist i geoteknisk bilag 3.

#### 1.4 Innhold og bruk av rapporten

Geoteknisk datarapport presenterer resultater fra utførte geotekniske grunnundersøkelser i geotekniske termer og krever geoteknisk kompetanse for videre bruk i rådgivings- og prosjekteringssammenheng. Rapporten inneholder i så måte ingen vurderinger av byggbarhet, metoder eller tiltak, og vi anbefaler at det engasjeres geoteknisk kompetanse i det videre arbeidet med prosjektet.

# 2 Områdebeskrivelse

#### 2.1 Området og topografi

Det undersøkte området ligger ved Kråkneset, øst for Talvik, i Alta kommune. Terrenget i området består av jevnt-hellende terreng ned mot strandsonen i nordvest. Gjennomsnittlig helning er ca. 1:6. Sør og øst for området er det berg i dagen. Figur 2-1 viser et kartutsnitt av det aktuelle området og figur 2-2 viser området i flyfoto. Begge figurene viser området før skredet gikk.



Figur 2-1 Kartutsnitt med undersøkelsesområdet [norgeskart.no].



Figur 2-2 Flyfoto over det undersøkte området [norgeskart.no].

# 3 Geotekniske grunnundersøkelser

#### 3.1 Tidligere grunnundersøkelser

Multiconsult har tidligere utført grunnundersøkelser for E6 i Melsvik (tabell 3-1), omtrent 2 km sør for det aktuelle området. Resultatene fra de tidligere grunnundersøkelsene er ikke innarbeidet i foreliggende rapport.

Tabell 3-1 Tidligere grunnundersøkelser i området

Ref.	Oppdrags- nummer	Utført av	År	Oppdragsgiver	Oppdragsnavn/ rapportnavn	Vist på borplan
[A]	710933	Multiconsult ASA	2010	Statens vegvesen	E6 – parsell 4 Alta vest	Nei

#### 3.2 Utførte grunnundersøkelser

#### 3.2.1 Feltundersøkelser

Utførte feltundersøkelser omfatter:

- 12 stk. totalsonderinger
- 2 stk. trykksonderinger (CPTU)
- 3 stk. prøveserier med naverprøvetaker og ø54 mm sylinderprøver (stål)

Borpunktenes plassering er vist på borplanen, se tegning -001. Utskrift av totalsonderingene er vist i profil i tegning -600 og som enkeltsonderinger i tegning -601.

Tabell 3-2 Koordinat-/høydesystem

Høydesystem	Koordinatsystem	Sone
NN 2000	EUREF 89	UTM 33

3 Geotekniske grunnundersøkelser

Borpunkt	Ко	ordinater		Metode	В	oret dybo	le	Kommentar
	N	Ø	Z		Løs- masse	Ant. Berg	Totalt	
	[m]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	
1	7789136,02	806472,10	11,71	тот	5,40	3,10	8,50	
2	7789147,96	806462,24	8,59	TOT, PR CPTU, PZ	11,00	3,02	14,02	
3	7789157,89	806454,07	6,22	тот	14,65	3,00	17,65	
4	7789169,88	806445,24	3,17	TOT, PR CPTU, PZ	15,70	3,03	18,73	
5	7789180,20	806436,00	1,33	TOT	18,33	3,02	21,35	
6	7789184,71	806458,39	3,15	TOT	23,83	-	23,83	Stopp pga. brudd
7	7789231,39	806744,10	31,87	TOT	11,85	3,02	14,87	
8	7789244,12	806752,97	31,29	TOT	9,35	3,00	12,35	
9	7789269,27	806759,68	29,09	ТОТ	1,85	3,02	4,87	
10	7789297,35	806759,85	25,34	тот	1,67	2,88	4,55	Stopp pga. brudd
11	7789337,62	806754,98	22,11	тот	18,83	2,80	21,63	
12	12 7789330,71 806740,37 18,9		18,99	TOT, PR	17,52	3,00	20,52	
TOT=Totals	ondering; CPTU=1	Trykksondering;	: PZ=Poret	trykksmåling;	PR=Prøve	eserie		

Tabell 3-3 Utførte feltundersøkelser

#### 3.2.2 Laboratorieundersøkelser

Prøvene er undersøkt i geoteknisk laboratorium med tanke på klassifisering og identifisering av jordartene, samt bestemmelse av prøvenes mekaniske egenskaper.

Ved undersøkelser er prøvene klassifisert og beskrevet med måling av vanninnhold og tyngdetetthet, samt udrenert og omrørt skjærfasthet i massene. Det er også utført korngraderingsanalyser, ødometerforsøk og treaksiale trykkforsøk av prøvene.

Følgende laboratorieundersøkelser er utført:

- Rutineundersøkelser av 10 sylinderprøver (54 mm)
- Rutineundersøkelser av 6 poseprøver
- Korngraderingsanalyser i 7 av prøvene
- Ødometerforsøk i 2 av prøvene
- Treaksialt trykkforsøk i 2 av prøvene

Resultatene fra rutineundersøkelsene er presentert som geoteknisk data i tegning -200 til -202. Resultatene fra korngraderingsanalysene er presentert i tegning -300 og -301. Resultatene av ødometerforsøkene er presentert i tegning -400 og -401, og resultatene fra de treaksiale trykkforsøkene er presentert i tegning -450 og -451.

# 4 Grunnforholdsbeskrivelse

#### 4.1 Kvartærgeologisk kart

Figur 4-1 viser et kvartærgeologisk kart over området. Kartet indikerer at området består av tynn hav- og strandavsetning. Tykkelsen på avsetningene er normalt mindre enn 0,5 meter, men den kan være større lokalt. Sør og øst for området er det bart fjell.

Det kvartærgeologiske kartgrunnlaget gir en visuell oversikt over landskapsformende prosesser over tid, samt løsmassenes overordnede fordeling. Utgangspunktet for disse oversiktskartene er i all hovedsak visuell overflatekartlegging, og kun i begrenset omfang fysiske undersøkelser. Kartene gir ingen informasjon om løsmassefordeling i dybden og kun begrenset informasjon om løsmassemektighet. For mer informasjon om kvartærgeologiske kart og anvendelse/kvalitet vises til www.ngu.no.



Figur 4-1 Kvartærgeologisk kart over området [5].

#### 4.2 Eksisterende faresoner for kvikkleireskred

I henhold til faresonekart på NVE-Atlas [7] er det en faresone i Melsvik, omtrent 2 km fra det aktuelle området. Faresonene har middels faregrad.



Figur 4-2 Registrerte faresoner for kvikkleireskred i området [7].

#### 4.3 Grunnforhold tolket ut fra grunnundersøkelser

#### 4.3.1 Generelt

#### Sørvest for skredgropa, BP.1-6

Området består generelt av 2-3 lag. Øverst er det et topplag som har lav til middels sonderingsmotstand og mektighet opptil ca. 2 meter. Derunder er det et lag som har lav sonderingsmotstand. Laget er mellom ca. 2 og 17 meter tykt. Over berg er det stedvis er lag som har stor sonderingsmotstand og mektighet opptil ca. 4 meter.

#### Øst for skredgropa, BP.7-12

Området består generelt av ett lag som har stor sonderingsmotstand med bruk av spyling og delvis slag. Laget er mellom 2 og 19 meter tykt.

Beskrivelse av usikkerhet og evaluering av resultatene fra grunnundersøkelsen er angitt i kap.5.

#### 4.3.2 Dybde til berg

#### Sørvest for skredgropa, BP.1-6

Registrert dybde til antatt berg varierer mellom 5,4 og 23,8 meter, og bergoverflaten ligger mellom kote -17,0 og kote 6,3 i borpunktene.

#### Øst for skredgropa, BP.7-12

Registrert dybde til antatt berg varierer mellom 1,6 og 18,8, og bergoverflaten ligger mellom kote 1,5 og kote 27,2 i borpunktene.

#### 4.3.3 Løsmasser

Løsmassene sørvest for skredgropa består hovedsakelig av leire. Det påvist sprøbruddmateriale mellom 8 og 9 meter i BP.2. I BP.4 er det påvist sprøbruddmateriale og kvikkleire mellom 8 og 15 meter.

Øst for skredgropa består løsmassene av grus/sand/silt/leire og det er ikke påtruffet materialer som har sprøbruddegenskaper.

BP.	Materiale	Vann- innhold	Udrenert skjær- fasthet	Omrørt skjær- fasthet	Plastisitets- indeks	Tegning- nr.
	3-4 m: Leire	28-39 %	15-22 kPa	1,3 kPa	-	
2	6-7 m: Leire	33-49 %	19-25 kPa	1,8-1,9 kPa	15 %	-200
2	8-9 m: Siltig leire	28-35 %	16 kPa	0,8-1,4 kPa	-	-300
	9,5-10,5 m: Siltig leire	28-33 %	19-21 kPa	1,3-1,6 kPa	-	
	2-3 m: Leire	36-44 %	10-14 kPa	1,2-1,4 kPa	-	
	6-7 m: Leire	29-48 %	12-20 kPa	1,2-1,8 kPa	26 %	
_	8-9 m: Leire	22-42 %	11-23 kPa	0,8-1,2 kPa	-	-201
4	10-11 m: Leire	26-33 %	10-13 kPa	0,4-0,9 kPa	15 %	-300
	12-13 m: Kvikkleire	29-39 %	16-23 kPa	0,2-0,3 kPa	-	
	14-15 m: Leire	32-44 %	11-22 kPa	0,4-0,7 kPa	8 %	
	0-1 m: Grusig sand	6 %	-	-	-	
	1-2 m: Grusig, sandig materiale	8 %	-	-	-	
	2-3 m: Siltig, sandig leire	25 %	-	5 kPa	-	-202
12	3-4 m: Siltig leire	25 %	-	2 kPa	-	-301
	4-5 m: Sandig, grusig, siltig leire	18 %	-	-	-	
	5-6 m: Grusig, sandig, siltig, leirig materiale	16 %	-	-	-	

Tabell 4-1 Resultater fra prøveseriene

5 Geoteknisk evaluering av resultatene

#### 4.3.4 Poretrykk og grunnvann

Det er satt ned elektriske piezometere i BP.2 og 4, tabell 4-2.

Tabell 4-2 Piezometer

BP	Piezometer	Dybde under terreng
2	6279	4 meter
2	6278	7 meter
4	6281	9 meter
-	6280	14 meter

# 5 Geoteknisk evaluering av resultatene

#### 5.1 Avvik fra standard utførelsesmetoder

BP.6 og 10 er avsluttet før antatt berg ble nådd pga. brudd i borstålet.

#### 5.2 Viktige forutsetninger

Det gjøres oppmerksom på at grunnundersøkelsene kun avdekker lokale forhold i de respektive utførte borpunktene. Dette benyttes videre til å gi en generell beskrivelse av grunnforholdene i området. Grunnforholdene mellom borpunktene kan variere mer enn det som eventuelt kan interpoleres fra utførte grunnundersøkelser.

#### 5.3 Undersøkelses- og prøvekvalitet

Kvaliteten på utførte undersøkelser og opptatte prøver vurderes som god.

#### 5.4 Påvisning av bergnivå

Spesielt for påvisning av overgang til antatt berg ved totalsondering anmerkes følgende:

- 1. Påvisning av overgang til antatt berg foregår normalt sett ved at det kontrollbores 2-3 m ned i antatt berg. Slik påvisning kan være utfordrende i tilfeller med fast morene over berg. Dette på grunn av at sonderingsresultatet (responsen) fra fast morenemateriale i noen tilfeller er vanskelig å skille fra respons i berg.
- 2. I områder med dårlig bergkvalitet i overgangssonen mellom løsmasser og berg er det ofte meget vanskelig å skille ut berghorisonten, spesielt i overgangen mellom faste løsmasser (f.eks. morene) og berg. Som utgangspunkt settes alltid antatt bergnivå til tolket øvre berghorisont, uavhengig av kvaliteten til berget. Antatt sone med dårlig bergkvalitet er evt. beskrevet i tekst i rapporten og/eller angitt på sonderingsutskrifter.
- 3. I tilfeller der det kan være blokk i grunnen med størrelse over 2-3 m i tverrmål, vil det også være en mulighet for at det som antas som bergnivå i virkeligheten er blokk dersom kontrollboringen avsluttes etter 2-3 m boring i blokk.

I nevnte tilfeller kan virkelig bergnivå/berghorisont avvike vesentlig fra antatte nivåer tolket fra undersøkelsene. Angitte kotenivåer for antatt bergoverflate må derfor benyttes med forsiktighet.

# 6 Behov for supplerende grunnundersøkelser

Iht. NS-EN-1997-2 skal grunnundersøkelser normalt utføres i minst to omganger;

- Forundersøkelser (typisk skisse-/forprosjekt)
- Prosjekteringsundersøkelser (typisk detaljprosjekt)

Det er geoteknisk prosjekterende som er ansvarlig for å bedømme nødvendig omfang for geotekniske grunnundersøkelser for aktuelt prosjekt og relevante problemstillinger. Tilsvarende er det også geoteknisk prosjekterende som må vurdere om det er behov for supplerende grunnundersøkelser, utover de undersøkelsene som er presentert i foreliggende rapport.

# 7 Referanser

- [1] Standard Norge, «Systemer for kvalitetsstyring. Krav (ISO 9001:2015)», Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN ISO 9001:2015.
- [2] Standard Norge, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver (NS-EN 1997-2:2007)», Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1997-2:2007/AC:2010+NA:2008, September 2010
- [3] Standard Norge, «Kvalifikasjonskrav til utførende av grunnundersøkelser Del 1: Geotekniske feltundersøkelser (NS 8020-1:2016)», Standard Norge, Norsk standard NS 8020-1:2016, Juni 2016
- [4] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220)», Vegdirektoratet, Oslo, Veiledning, 2018.
- [5] NGU, «Løsmasser Nasjonal løsmassedatabase kvartærgeologiske kart».
- [6] Norsk Geoteknisk Forening (NGF): NGF-Melding nr. 1-11.
- [7] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE): atlas.nve.no





11 + 22.1 18.8 + 2.8 12 19.0 17.5 +B.0 10 25.3 1.7 + 2.9 9 29.1 1.8 +3.0 8 31.3 9.4 +3.0 7 20.0 11.9 +3.0 KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART FRA NORGESKART.NO HØYDEREFERANSE: NN2000 KOORDINATSYSTEM: EUREF89 UTM33 LAB.BOK NR: Digital lab.bok BORBOK NR: Digital borbok Original format A3 Dato 2020-07-29 Fag RIG 202 Målestokk <u>1:1000</u> Kontrollert Godkjent BGJ BGJ Tegningsnr. Rev. RIG-TEG-001 _

Dybde (m)	Beskrivelse <u>kt. 8,59</u>	Prøve	Test		Vann og kons 10 20	innł siste 30	nold (% ensgre	<b>6)</b> nser 50	p (g/cm ³ )	Porøsitet (%) Organisk		<b>sk</b> 10	Udr jærfas 20	ene sthe 30	rt t (kP 40	<b>a)</b> 50		S _t (-)
	LEIRE sand- og siltlag, enkl.gruskorn					0	6 ⁰		1,92		<b>•</b>	•						16
5	LEIRE sand- og siltlag, enkl.gruskorn						0	0	1,95		•			-				10 11
	LEIRE, siltig forstyrret, sand- og siltlag, enkl.gruskorn		к			0	0		1,96		<b>V</b> 0,8	3	7					8
<u>10</u>	LEIRE, siltig sand- og siltlag, enkl.gruskorn					-0	0		1,98		▼ 1,	3	▼					12 16
<u>15</u>																		
20																		
 ⊥	<u>/mboler:</u> ₁₅ -Å- ₅ Enaksialforsøk (strek O Vanninnhold ¹⁰ ▼ On H Plastisitetsindeks, lp ∇ Uo	k ang nrørf mrø	ir al ko rt k	ksie nu: oni	iell tøyning IS IUS	(%) ρ= s _t =	ved bru : Densit : Sensit	ıdd) et :ivitet	T = Ø K =	= Treaksia = Ødome = Korngra Borhull:	alfors terfor iderin	øk søk g	ρ _s : Grui Bort Lab	nnvai bok: -bok:	nnsta	2,75 nd:	5 g/cı Digi Digi	m³ m tal tal
1	Norges vassdrags- og ener	gid	ire	ek1	torat						2		Dato:	202	0-0	6-2	5	
	Ras Kråkeneset	_			Konstr./Tegn	et:		ŀ	Kontrollert	:			Codkient					
				(	T ^{Oppdragsnur} 10	EF nmer: 21	REZH 9825	<b>K</b>	regningsn RI	MART G-TE	ТМ G-2	00	Rev. nr.	: :	3G. 00			

Dybde (m)	Beskrivelse <u>kt. 3,17</u>	Prøve	Test	0	Van og kor 10 2	ninnl Isiste 0 3	hold ensg 0 4	<b>(%)</b>   <b>rense</b>  0 50	r	p (g/cm ³ )	Organisk innhold (%)		<b>s</b>   10	U kjær 20	Idrer fasti 30	nert net ( ) 4	( <b>kPa</b>	<b>a)</b> 50		S _t (-)
	LEIRE sand- og siltlag						0	0		1,91		<b>▼</b> 1	▼ 2 ∇	<b>,</b>						7 10
5	LEIRE sand- og siltlag, enkl.gruskorn		к				)	-0 0		1,97		▼1.	2 C	▼ ▼ ▼						17 11
	LEIRE sand- og siltlag, enkl.gruskorn		т			0 C	)	0		1,91		▼0, ▼1	8 🗸	▽ (	<b>&gt;-</b>					14 15
<u>10</u>	LEIRE siltlag, enkl.gruskorn		Ø				001			1,94		▼0, ▼0,	9⊽ 4 ⊽	)-  -						11 29
	KVIKKLEIRE enkl.gruskom		КØ			c	, o ^c	>		1,95		▼0, ▼0,	3 2	▼ ,	0					49
<u>15</u>	LEIRE sand- og siltlag, enkl.gruskorn		Т				8	0		1,97		▼0, ▼0,	4 🗸	▼ C	>-					26 21
00																				
<u>∠∪</u> <u>S</u>	/ <b>mboler:</b> ₁₅ -∲-₅ Enaksialforsøk (strek	l ang	l jir ak	ksiell	tøynin	ug (%)	ved	brudd)												
	O Vanninnhold ▼ On ⊣ Plastisitetsindeks, lp ∇ Uo	nrørt mrø	: koi rt ko	nus onus	6	ρ= s _t :	= Der = Ser	nsitet nsitivite	t	T = T Ø = Ø K = K	reaksia Ødomete forngrad	lfors erfoi derir	øk søk Ig	ρ Ο Β L	s: Grunn Sorbol ab-bo	vann k: ok:	istar	2,75 nd:	g/cr Digit Digit	n³ m tal tal
	PRØVESERIE									Bor	nuii:	4		-						
1	Norges vassdrags- og energ	gid	ire	ktc	orat									Date	20	)20	-06	6-2	5	
	Ras Kråkeneset																			
	Multiconsul	1		Ko	nstr./Teg	^{inet:} TEF	REZ	ZK	Kont	trollert: M	ART	Μ		Goo	Godkjent: BGJ					
	www.multiconsult.no			Ор	Oppdragsnummer: 10219825 Tegningsnr.: RIG-TEG-				<u>-2</u>	01	1 Rev. nr.: 00									

Dybde (m)	Beskrivelse kt. 18,99	Prøve	Test	C	<b>V</b> 5g l 10	<b>an</b> kon 2	ninı Isis 0	nhc ten 30	old ( sgr 40	( <b>%)</b> ens	er 0	ρ (g/cm ³ )	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa) 10 20 30 40 50								S _t (-)
	SAND, grusig			0	,																		
	MATERIALE, grusig, sandig		к	C	S																		
	LEIRE, siltig, sandig enkl.gruskorr		к				0								V								_
	LEIRE, siltig enkl.sand- og gruskorr						0					_			▼								_
5	LEIRE, sandig, grusig, siltig		к			0																	
	MATERIALE, grusig, sandig, siltig, leirig		к			0																	
																							-
10								T															-
								T								T							
					+			+								+							
								+				_				+							-
												_											-
												_				+							-
15					+			+								+							-
								+				_				+							-
								+				-				+							-
					_			+				_				+							-
								+				_											
20																							
<u>S</u>	/mboler: 15-0-5 Enaksialforsøk (stre	k ang	jir ak	siel	l tøy	ynin	g (%	6) ve	ed bi	rudd	)	T	= Trea	ksial	fors	øk	ρ				2,	75 g/	cm ³
	✓ Vanninnhold ▼ Or	nrørt mrø	: KOI rt ko	nus onu:	s		ρ s	) = C t = S	Dens Sens	sitet sitivit	et	Ø K	= Ødo = Korr	ngrad	erfor	søk g	G Bo La	runr orbo ab-b	ivar k: ok:	nst	and	: Diç Diç	m gital gital
	PRØVESERIE												Borhull		12								
1	Norges vassdrags- og ener	gid	ire	kto	ora	at											Dato	2	02	0-0	)6-	25	
	Ras Kråkeneset																						
Multiconcult T					Konstr./Tegnet: TEREZK			K	Kontrollert: MARTM					Godkjent: BGJ									
	www.multiconsult.no			0	ppdra	^{agsn}	umme )2′	•r: 19	82	25	Te	egningsr RI	G-T	EG	-2	02	Rev.	nr.:		00	)		

SYM	SERIE	DYBDE			М	ETO	DE
BOL	NR.	(kote)	BESKRIVELSE	ANMERKNINGER	TS	VS	HYD
Α	2	8,2-9,0 m	LEIRE, siltig				x
В	4	6,1-6,9 m	LEIRE				x
C	4	12,1-12,9 m	LEIRE				x
D							
Е							



renn.	Term. – Termedonnet (nvs)									
SYM	Vanninnhold	Telegruppe	Korndensitet	< 0,02 mm	Glødetap	C _u	D 10	D 30	D 50	D 60
BOL	%		$\rho_{s}$	%	%		mm	mm	mm	mm
Α	27,7	T4		57,4				0,004	0,015	0,023
В	29,1	T3		72,1					0,004	0,009
С	34,4	T4		80,3					0,004	0,008
D										
Е										

KORNGRADERING	Konstr./Tegnet	Kontrollert				
Norges vassdrags- og energidirektor	TEREZK	MARTM	M Multiconsult			
Ras Kråkeneset	Dato	Godkjent				
	25.06.2020	BGJ				
MULTICONSULT AS	Tegnings nr.		Rev.			
Kvaløyveien 156, 9013 TROMSØ Tlf.: 77 62 26 00	10219825	RIG-TEG- 300				

SYM	SERIE	DYBDE			М	ETO	DE
BOL	NR.	(kote)	BESKRIVELSE	ANMERKNINGER	TS	VS	HYD
Α	12	1,4-1,9 m	MATERIALE, grusig, sandig		х	x	x
В	12	2,5-2,9 m	LEIRE, siltig, sandig		x	x	x
C	12	4,3-4,8 m	LEIRE, sandig, grusig, siltig		x	x	x
D	12	5,3-5,8 m	MATERIALE, grusig, sandig, siltig, leirig		x	x	x
Е							



SYME	BOL:								METODE:		
Ogl. = Glødetap (%)									TS = Tørr sikt		
Ona. = Humusinnhold (%)				$C_z = \frac{D^2_{30}}{(D_z)^2 (D_z)}$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_z}$					VS = Våt sikt		
Perm. = Permeabilitet (m/s) $(D_{60})$					$(D_{10})$	$D_{10}$			$HYD = H_1$	ydrometer	
SYM	Vanninnhold	Telegruppe	Korndensitet	< 0,02 mm	Glødetap	$C_{\rm u}$	$D_{10}$	D 30	D 50	D 60	
BOL	%		$\rho_{s}$	%	%		mm	mm	mm	mm	
Α	7,9	T2		6,9		66,7	0,046	0,205	0,976	3,084	
В	24,7	T4		54,2				0,002	0,014	0,055	
С	17,6	Т3		28,6				0,028	0,455	1,182	
D	15,7	Т3		22,3				0,115	0,860	2,095	
Е											

KORNGRADERING	Konstr./Tegnet	Kontrollert		
Norges vassdrags- og energidirektor	TEREZK	MARTM	Multiconsult	
Ras Kråkeneset	Dato	Godkjent		
	25.06.2020	BGJ		
MULTICONSULT AS	Tegnings nr. Re		Rev.	
Kvaløyveien 156, 9013 TROMSØ Tlf.: 77 62 26 00	10219825	RIG-TEG- 301		















10219825-RIG-TEG-450 / Plott spenningssti q-p





10219825-RIG-TEG-450 / Plott vannutpressing-tid







10219825-RIG-TEG-451 / Plott spenningssti q-p




10219825-RIG-TEG-451 / Plott vannutpressing-tid

Sonde og utførelse									
Sondenummer	48		27	Boreleder	•		Т	ΊL	
Type sonde		Nc		a Temperaturendring (°C		°C)	1	1,8	
Kalibreringsdato		14.08		3.2018 Maks helni		·	4,0		
Dato sondering		10.06		5.2020 Maks avsta		er (m)	0.02		
Filtertype							· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
			Kalibre	ringsdata					
			Spissm	otstand	Sidefri	ksjon	Pore	trykk	
Maksimal last (MPa)			5	50	0.	5		2	
Måleområde (MPa)			5	50	0.	5		2	
Skaleringsfaktor			15	581	39	<u>-</u> 42	36	510	
Oppløsning 2 ¹² bit (k	(Pa)			-				-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (k	(Pa)		0.4	826	0.00	)97	0.0	211	
Arealforhold	(1 4)		0.8	450	0.00	)10	0,0		
Maks ubelastet temp	effekt (kl	<b>2</b> a)	22	185	0.7	15	0.0	633	
Temperaturområde (	°C)	u)	40	105	0,7	15	0,0	555	
	C)		+0						
			Nullnunk	tskontro	1				
			Nunpun		N	R	NC		
Registrert før sonder	ing (kPa)		600		124			250.2	
Registrert før sonder	oring (kPa)	)	7	' 2	12-	<u>,</u> , γ	239,3		
Avvik under sonderig	$ra(kP_2)$	/	7	, <u>כ</u>	1,0		0.8		
Maksimal temperatu	roffokt (kD	2)	6.5		1,0		0,8		
Maksunai temperatu Maksuordi undor son	doring (kp	a)	8815.3		112 /		508.1		
Maksverur under son	иенну (кр	d)	113,4		0,4	50	0,1		
Vurdering av anver	idelseskla	sse ihht.	ISO 2247	6-1:2012					
rundening ar anver			Snissm	otstand	Sidefri	ksion	Pore	trykk	
			(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	
Samlet nøvaktighet (kPa)			14.3	0.2	1.2	1.1	1.0	0.2	
Tillatt nøvaktighet kl	asse 1		35	5	5	10	10	2	
Tillatt nøvaktighet kl	asse 2		100	5	15	15	25	3	
Tillatt nøvaktighet kl	asse 3		200	5	25	15	50	5	
Tillatt nøvaktighet kl	asse 4		500	5	50	20			
Anvendelsesklasse			1	1	1	1	1	1	
Anvendelsesklasse m	nåleinterva	11	1	1		1	•	•	
Anvendelsesklasse n	larenterva		1						
/ Invendelseskiasse		Målev	erdier und	ler kanasit	et/krav				
Spissmotstand	Sidefri	iksion	Pore	trykk	Helr	ina	Temr	eratur	
	0	K Sjon							
Kommentarer [.]	0				0				
Kommentarer.									
							I		
Prosjekt RAS KRÅKNESET	nmer: 1021	9825 Rappo	rtnummer: Rl	G-RAP-001	Borhull	Kote +8,59 <b>2</b>			
Innhold					Sondenumm	ner			
Dokumentasjon av u	ighet				48	327			
	Tegnet		Kontrollert		Godkient		Anvend klas	se 🗕	
Multiconcult	M	ĄJ	B	GJ	BC	BGI		- 1	
Municonsult	Utførende		Dato sonder	ring	Revisjon		RIG-TEG	500 1	
	Multic	onsult	10.06	5.2020	Rev. dato			1.001	

Z:\010219\10219825-01\10219825-01-03 ARBEIDSOMRAADE\10219825-01 RIG\10219825-01-07 FELT- OG LABREGISTRERINGER\Felt\BP. 2 CPTu v.2019.05





CPTu v.2019.05



Sonde og utførelse								
Sondenummer		48		Boreleder				skil
Type sonde		No	ova Temperatui		urendring (°C)		15,5	
Kalibreringsdato		14.08	3.2018 Maks heln		ning (°)		5,9	
Dato sondering		10.06	5 2020 Maks avst		and måling	er (m)	0.	.02
Filtertype					J	- \ /	,	
			Kalibre	ringsdata				
			Spissm	otstand	Sidefri	ksjon	Pore	trykk
Maksimal last (MPa)			5	50	0.	5		2
Måleområde (MPa)			5	50	0,	5		2
Skaleringsfaktor			15	581	394	42	36	510
Oppløsning 2 ¹² bit (l	kPa)			_	_			-
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (l	kPa)		0,4	826	0,00	)97	0,0	211
Arealforhold			0,8	450	0,00	010		
Maks ubelastet temp	o. effekt (kl	Pa)	22,	185	0,7	15	0,0	533
Temperaturområde	(°C)		40					
			Nullpunk	ktskontrol				
			N	IA	N	В	N	IC
Registrert før sonde	ring (kPa)		61	17,4	122	2,6	259,1	
Registrert etter sond	lering (kPa)		13	3,9	0,	4	-0.5	
Avvik under sonderi	ng(kPa)		13,9 0,4		4	0,5		
Maksimal temperatu	reffekt (kP	a)	8,6		0,3		0,2	
Maksverdi under sor	ndering (kP	a)	10517,8		699,6		63	0,8
Vurdering av anver	ndelseskla	sse ihht.	ISO 2247	6-1:2012				
			Spissm	otstand	Sidefri	ksjon	Pore	trykk
			(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet	(kPa)		23,0	0,2	0,7	0,1	0,8	0,1
Tillatt nøyaktighet k	lasse 1		35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet k	lasse 2		100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet k	lasse 3		200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet k	lasse 4		500	5	50	20		
Anvendelsesklasse			1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse n	nåleinterva		1					
Anvendelsesklasse			1					
		Målev	erdier und	ler kapasit	et/krav		•	
Spissmotstand	Sidefr	iksjon	Pore	trykk	Heln	ing	Temp	eratur
ОК	Ikke	OK	C	DK	0	K		Ж
Kommentarer:	Kapasitete	n for side	friksjon bl	e overskre	det i et mål	epunkt. D	et antas	
at dette skyldes ente	en en stein	eller en se	ensorfeil. [	Det vurder	es at dette i	kke har n	oe betydnii	ng
for tolkningen av CP	TU–sonder	ingen.						
-		-						
Prosjekt	Prosjekt Prosjektnummer: 10219825 Rapportnummer: RIG-RAP-001 Borhull Kote +3							Kote +3,17
RAS KRÅKNESET	-							4
Innhold					Sondenumm	ıer		
Dokumentasion av u	iahet				48	327		
	Teanet		Kontrollert		Godkient		Anvend klas	se -
Multioopoult	M	ĄJ	B	GJ	BC	J		1
Munconsult	Utførende	-	Dato sonder	ring	Revisjon	-	RIG-TEG	501 1
	Multic	onsult	10.06	5.2020	Rev. dato			201.1
Z:\010219\10219825-01\1021	9825-01-03 AR	BEIDSOMRAADE	10219825-01 F	RIG\10219825-0	)1-07 FELT- OG LA	BREGISTRERIN	GER\Felt\BP. 4	CPTu v.2019.05





Z:\010219\10219825-01\10219825-01-03 ARBEIDSOMRAADE\10219825-01 RIG\10219825-01-07 FELT- OG LABREGISTRERINGER\Felt\BP. 4

CPTu v.2019.05



Z:\010219\10219825-01\10219825-01-03 ARBEIDSOMRAADE\10219825-01 RIG\10219825-01-07 FELT- OG LABREGISTRERINGER\Felt\BP. 4 CPT

CPTu v.2019.05



		-20			
		-25			
	Fag RIG		Original format A3	Dato 2020-	07-28
۱	Kontrollert BGJ		Godkjent BGJ	Målestokk 1:4	+00
9825	Tegningsnr.	Rev.			



## Geotekniske bilag 1 Feltundersøkelser

# Multiconsult



## Geotekniske bilag 1 Feltundersøkelser

# Multiconsult



## Geotekniske bilag 2

Laboratorieforsøk

Laboratorieundersøkelser utføres for sikker klassifisering og bestemmelse av mekaniske egenskaper. Forsøkene utføres på prøver som er tatt opp i felt. For utførelsesstandarder henvises det til «Geoteknisk bilag 3 – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer».

## MINERALSKE JORDARTER

Ved prøveåpning klassifiseres og indentifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjonene er:

Fraksjon	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse [mm]	<0,002	0,002-0,063	0,063-2	2-63	63-630	>630

En jordart kan inneholde en eller flere av fraksjonene over. Jordarten benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den fraksjon som har dominerende betydning for jordartens egenskaper og adjektiv for medvirkende fraksjoner (for eksempel siltig sand). Leirinnholdet har størst betydning for benevnelse av jordarten. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leir til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

## ORGANISKE JORDARTER

Organiske jordarter klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

Benevnelse	Beskrivelse		
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet		
Fibrig torv	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke		
<ul> <li>Delvis fibrig torv, mellomtorv</li> </ul>	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene		
Amorf torv, svarttorv	Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens		
Gytje og dy	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler		
Humus	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold		
Mold og matjord	Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanlig det ovre jordlaget		

## KORNFORDELINGSANALYSER

En kornfordelingsanalyse utføres ved våt eller tørr sikting av fraksjonene med diameter d > 0,063 mm. For mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameteren ved slemmeanalyse og bruk av hydrometer. I slemmeanalysen slemmes materialet opp i vann og densiteten av suspensjonen måles ved bestemte tidsintervaller. Kornfordelingen kan da bestemmes fra Stokes lov om sedimentering av kuleformede partikler i vann. Det vil ofte være nødvendig med en kombinasjon av metodene.

#### VANNINNHOLD

Vanninnholdet angir masse av vann i % av masse tørt (fast) stoff i massen og bestemmes fra tørking av en jordprøve ved 110°C i 24 timer.

#### KONSISTENSGRENSER

Konsistensgrensene (Atterbergs grenser) for en jordart angir vanninnholdsområdet der materialet er plastisk (formbart). Flytegrensen angir vanninnholdet der materialet går fra plastisk til flytende tilstand. Plastisitetsgrensen (utrullingsgrensen) angir vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten at det sprekker opp. Plastisitetsindeksen  $I_p = w_f - w_p$  (%) angir det plastiske området for jordarten og benyttes til klassifisering av plastisiteten. Er det naturlige vanninnholdet høyere enn flytegrensen blir materialet flytende ved omrøring (vanlig for kvikkleire).

#### HUMUSINNHOLD

Humusinnholdet kan bestemmes ved kolorimetri og bruk av natronlut (NaOH-forbindelse), glødning av jordprøve i varmeovn eller våt-oksydasjon med hydrogenperoksyd. Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala.

DENSITET, TYNGDETETTHET, PORETALL OG PORØSITET					
Navn	Symbol	Enhet	Beskrivelse		
Densitet	ρ	g/cm ³	Masse av prøve per volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del		
Korndensitet	$\rho_s$	g/cm ³	Masse av fast stoff per volumenhet fast stoff		
Tørr densitet	${oldsymbol{ ho}}_d$	g/cm ³	Masse tørt stoff per volumenhet		
Tyngdetetthet	r	kN/m ³	Tyngde av prøve per volumenhet ( $\Upsilon = \rho g = \Upsilon_s(1+w/100)(1-n/100)$ , der g er tyngdeakselerasjonen)		
Spesifikk tyngdetetthet	Υs	kN/m ³	Tyngde av fast stoff per volumenhet fast stoff ( $Y_s = \rho_s g$ )		
Tørr tyngdetetthet	$\gamma_d$	kN/m ³	Tyngde av tørt stoff per volumenhet ( $Y_d = \rho_d g = Y_s(1-n/100)$ )		
Poretall	е	-	Volum av porer dividert med volum av fast stoff ( $e=n/(1-n)$ , n som desimaltall)		
Porøsitet	n	%	Volum av porer i % av totalt volum av prøven ( $n=e/(1+e)$ )		

## **SKJÆRFASTHET**

Skjærfastheten beskriver jordens styrke og benyttes bla. til beregning av motstand mot utglidninger og grunnbrudd. Skjærfasthet benyttes i beregninger av skråningsstabilitet og bæreevne. For korttidsbelastninger i finkornige materialer (leire) oppfører jorden seg udrenert og skjærfastheten beskrives ved udrenert skjærfasthet. Over lengre tidsintervaller vil oppførselen karakteriseres som drenert. Det benyttes da effektivspenningsparametere.

Effektive skjærfasthetsparametre *a* (attraksjon) og *tan*  $\varphi$  (friksjon) bestemmes ved treaksiale belastningsforsøk på uforstyrrede (leire) eller innbyggede prøver (sand). Skjærfastheten er avhengig av effektiv normalspenning (totalspenning – poretrykk) på kritisk plan. Forsøksresultatene fremstilles som spenningsstier som viser spenningsutvikling og tilhørende tøyningsutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

Udrenert skjærfasthet  $c_u$  (kPa) bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen i en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk ( $c_{ut}$ ), konusforsøk (uforstyrret  $c_{ufc}$ , omrørt  $c_{urfc}$ ), udrenerte treaksialforsøk (kompresjon/aktiv  $c_{uA}$ , avlastning/passiv  $c_{uP}$ ) og direkte skjærforsøk ( $c_{uD}$ ). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) ( $c_{ucptu}$ ) eller vingebor (uforstyrret  $c_{uv}$ , omrørt  $c_{uvr}$ ).



#### SENSITIVITET

Sensitiviteten  $St = c_u/c_r$  uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet ( $c_r < 0.5$  kPa NS8015,  $c_r < 0.33$  kPa ISO 17892-6), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

## Geotekniske bilag 2

## Laboratorieforsøk

## DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved beregning av setninger og deformasjoner. Disse mekaniske egenskapene bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon. Belastningen skjer vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last/spenning ( $\sigma'$ ). Sammenhørende verdier for spenning og deformasjon (tøyning  $\varepsilon$ ) registreres, og materialets stivhet (deformasjonsmodul) kan beregnes som  $M = \Delta \sigma' / \Delta \varepsilon$ . Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen. En sentral parameter som tolkes i sammenheng med ødometerforsøk er forkonsolideringsspenningen ( $\sigma_c'$ ). Dette er det største lastnivået som jorda har opplevd tidligere (f.eks. tidligere overlagring eller islast). Deformasjonsmodulen viser typisk forskjellig oppførsel under og over forkonsolideringsspenningen. I leire vil stivheten for spenningsnivåer under  $\sigma_c'$  representeres ved en konstant stivhetsmodul  $M_{oc}$ . For spenningsnivåer over  $\sigma_c'$  vil stivheten øke med økende spenning. Denne økningen kan beskrives ved modultallet m.



#### TELEFARLIGHET

En jordarts telefarlighet bestemmes ut i fra kornfordelingskurven eller ved å måle den kapillære stigehøyde for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig) etter SVV Håndbok N200.

#### KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet  $\rho_d$  som funksjon av innbyggingsvanninnhold  $w_i$ . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås ( $\rho_{dmax}$ ) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold ( $w_{opt}$ ).

#### PERMEABILITET

Permeabiliteten defineres som den vannmengden q som under gitte betingelser vil strømme gjennom et jordvolum pr. tidsenhet. Generelt bestemmes permeabiliteten fra følgende sammenheng: q = kiA, der A er bruttoareal av tverrsnittet normalt på vannets strømningsretning og i = hydraulisk gradient i strømningsretningen (= potensialforskjell pr. lengdeenhet). Permeabiliteten kan bestemmes ved strømningsforsøk i laboratoriet, ved konstant eller fallende potensial, eventuelt ved pumpe- eller strømningsforsøk i felt samt ødometerforsøk.

## Geotekniske bilag 2

Laboratorieforsøk

# Multiconsult

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - PRØVESKRAVERING							
Analyserte prøver skraveres på prøveserietegningen i henhold til hovedbenevnelsen av materialet. Det er i tillegg en egen							
LEIRE SIL	T SAND	GRUS TORV	GYTJE, DY	MATERIALE	FYLLMASSE	MATERIALE	Borboknot.
<b>NB:</b> Med mindre en på laborantens visu	kornfordelingsanaly elle vurdering av mo	vse er utført, er Iterialet.	dette kun en s	ubjektiv og v	eiledende kl	assifisering	som er basert
LEIRE: Leirinnholdet er større enn 15 % SILT: Siltinnholdet er større enn 45 % og leirinnholdet er mindre enn 15 % SAND: Sandinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 % GRUS: Grusinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 % MATERIALE: Brukes når materialet har en slik sammensetning at ingen av de ovennevnte betegnelsene kan benyttes. Dette fremkommer normalt fra en kornfordelingsanalyse TORV: Mer eller mindre omvandlede planterester GYTJE/DY: Består av vannavsatte plante- og dyrerester. De kan virke fete og elastiske MATERIALE ORG.: Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur FYLLMASSE: Avsetninger som ikke er naturlige (utlagte masser) Borboknotat: Merknader fra borleder (hentet fra borbok), f.eks. «tom sylinder», «foringsrør», «forboring» osv. OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SPESIALFORSØK – Korngradering (K) / Treaksialforsøk (T) / Ødometerforsøk (Ø) Eventuelt utførte spesialforsøk på en prøveserie markeres med K, T eller Ø ved tilhørende prøve. Markeringene indikerer <i>ikke</i> nøyaktig dybde for spesialforsøkene, men er referanse til at det foreligger egne tegninger for forsøket inkludert							
<b>OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Vanninnhold og konsistensgrenser</b> Vanninnhold og konsistensgrenser utført ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom et vanninnhold overstiger grafens maksgrense vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.							
			Plastisitetsgr	ense <b>w</b> p			<b>—</b>
Vanninnhold <b>w</b>			Flytegrense <b>w</b> f				
OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Udrenert skjærfasthet Resultatene fra utførte konus- og enaksiale trykkforsøk ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom en skjærfasthetverdi overstiger grafens maksgrense vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.							
Uomrørt konus <b>c</b> _{ufc}		$\bigtriangledown$	Omrørt konu	S <b>C</b> urfc			7
Enaksialt trykkforsø Strek angir aksiell t brudd	øyning (%) ved		Omrørt konu	s <b>c</b> _{urfc} ≤2,0kP	a		0,9

## METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsesmetoder beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på gjeldende versjon av følgende standarder og referansedokumenter:

Dokument	Tema
NGF Melding 1	SI-enheter
NGF Melding 2, NS-EN ISO 14688-1 og -2	Symboler og terminologi
NGF Melding 3	Dreiesondering
NGF Melding 4	Vingeboring
NGF Melding 5, NS-EN ISO 22476-1	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF Melding 6	Grunnvanns- og poretrykksmåling
NGF Melding 7	Dreietrykksondering
NGF Melding 8	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF Melding 9	Totalsondering
NS-EN ISO 22476-2	Ramsondering
NGF Melding 10	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF Melding 11, NS-EN ISO 22475-1	Prøvetaking
Statens vegvesen Håndbok R211	Feltundersøkelser
NS 8020-1	Kvalifikasjonskrav til utførende av grunnundersøkelser

## METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

Laboratorieundersøkelser beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende standarder og referansedokumenter:

Dokument	Tema
NS8000	Konsistensgrenser – terminologi
NS8001	Støtflytegrense
NS8002	Konusflytegrense
NS8003	Plastisitetsgrense (utrullingsgrense)
NS8004	Svinngrense
NS8005, NS-EN ISO 17892-4	Kornfordelingsanalyse
NS8010, NS-EN ISO 14688-1 og -2	Jord – bestanddeler og struktur. Klassifisering og indentifisering.
NS8011, NS-EN ISO 17892-2	Densitet
NS8012, NS-EN ISO 17892-3	Korndensitet
NS8013, NS-EN ISO 17892-1	Vanninnhold
NS8014	Poretall, porøsitet og metningsgrad
ISO 17892-6:2017	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS8016	Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk
NS-EN ISO 17892-5:2017	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS-EN ISO/TS 17892-8 og -9	Treaksialforsøk (UU, CD)
Statens vegvesen Håndbok R210	Laboratorieundersøkelser



## Norges vassdrags- og energidirektorat

. . . . . . . . . . . . . .

MIDDELTHUNS GATE 29 POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN 0301 OSLO TELEFON: (+47) 22 95 95 95

. . . . . . . . . . . . . .