

10240000-RIG-N02-Rev04

Geoteknisk vurdering områdestabilitet Krøderen



Sweco Norge AS

Prosjekt

Prosjektnummer

Kunde

Opprettet av

Kontrollert av

Dato

Rev

Dokumentnummer

Dokumentreferanse

Organisasjonsnr. 967032271

Områdeplan for Krøderen - utredninger

10240000

Sør Arkitekter AS

Niramaya Adhikari

Jure Kokosin

28.03.2025

04

10240000 RIG N02

10240000_RIG_N02_rev04.docx

Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Godkjent av
00	25.06.2024	Første utgave	noanmd	nojure
01	11.11.2024	Revidert vurdering etter grunnundersøkelser	NO1G8R	NOJURE, utført 11.11.2024
02	04.12.2024	Revidering etter møtet med kunden	NO1G8R	NOJURE
03	16.12.2024	Revidering etter innspill fra kunden	NO1G8R	NOJURE
04	26.03.2025	Revidering etter kommentarer fra NVE	NO1G8R	NOJURE

Sammendrag

Det skal utføres områderegulering av tettstedet Krøderen i Krødsherad kommune. Sweco Norge AS er i den forbindelse engasjert av Sør-Arkitekter for å utføre nødvendige fagutredninger for området. Det er tidligere utført en innledende vurdering av områdeskred. Det er vurdert at områdestabilitet må vurderes fra steg 4 for alle delområder. Dette notatet inneholder dermed utredning av områdestabilitet for detaljreguleringsplan i henhold til NVE veileder nr. 1/2019, fra steg 4 og videre.

Det var utført grunnundersøkelser i forbindelse med områdestabilitetsvurdering. Marin leire ble imidlertid ikke påtruffet under grunnundersøkelsene. Siltige og sandige masser med sprøbruddsegenskaper som ligger i nærheten av strandsonen vurderes å ha opprinnelse fra innsjøavsetninger.

For delområdene 2, 4, 5, 6, 7 og 8 ble utredningen avsluttet i steg 5 etter grunnundersøkelser enten pga. fravær av sprøbruddmateriale. For delområdet 1 ble utredningen avsluttet i steg 5 pga. funn av usammenhengende og tynne sprøbruddslag.

For delområde 3 avsluttes utredningen i steg 9 på grunn av de avgrensede faresonene med lav faregrad befinner seg i delområder med definert tiltakskategori K3. Inngrepet som er assosiert med tiltakene forverrer ikke stabiliteten. Stabilitetsberegningene og registreringen av faresoner iht. NVE veileder nr. 1/2019 utelates.

Det anbefales å etablere rekkefølgebestemmelser i reguleringsplanen for framtidige tiltak i noen områder langs innsjø. Små tiltak som faller i tiltakskategori K0 kan utføres etter anbefalinger i NVE veileder nr 1/2019. Erosjonssikring er vurdert til å ikke forverre stabiliteten langs kysten i faresoneområder. Slike tiltak forhindrer at jord vaskes bort og gjenoppretter det opprinnelige terrenget samt reduserer infiltrasjon i løsmasseskråningen. Stabiliteten for større tiltak, f.eks. tiltakene beskrevet som K1, K2, K3 og K4 tiltak i veileder nr 1/2019, som kommer innenfor Faresone Nord og Faresone Sør skal vurderes av geotekniker. For tiltakene innenfor alle delområder gjelder plan- og bygningsloven sine krav til planlegging, prosjektering og utførelse av tiltak, jfr §28 og §29. Vei- og jernbaneprosjekter, energianlegg og oljeinstallasjoner/-anlegg styres av egne lover og forskrifter.

Kvalitetssikring av dette notatet må gjennomføres av uavhengig foretak.

Notat rev02 og 03 svarer ut kommentarer fra kommunen. Notat rev04 svarer ut kommentarer fra NVE med fokus på å inkludere delområdene hvor sprøbruddsmateriale ikke ble påtruffet eller det er funnet kun usammenhengende og tynne lag.

Tegninger

Tegning nr.	Rev	Tittel	Målestokk
GE0-104	00	Faresoner Avgrensing	1:2000
GE0-100	00	Utrekning områdeskredfare	1:1000

* Se vedlegg 02

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Tegninger	3
1 Innledning.....	4
2 Grunnlag.....	5
2.1 Planlagte tiltak.....	5
2.2 Topografi og grunnforhold	6
2.3 Sikkerhet mot områdeskred.....	7
3 Konklusjon	19
4 Referanser.....	19
Vedlegg 1-Oversiktskart Delområder	20
Vedlegg 2 – Tegninger.....	21
Vedlegg 3 – Faresone Klassifisering.....	22

1 Innledning

Det skal utarbeides ny reguleringsplan av tettsted Krøderen i Krødsherad kommune, se Figur 1-1. Sweco Norge AS er i den forbindelse engasjert av Sør-Arkitekter AS for å bistå med fagutredninger for området. Områdeplanen er delt inn i 8 delområder, og store deler av området ligger innenfor aktsomhetsområde for kvikkleireskred. Det er dermed behov for områdestabilitetsutredning iht. NVE's kvikkleireveileder nr. 1/2019.

Dette notatet omhandler steg 4–9 av utredningen av områdeskredfare iht. NVE Veileder 1/2019. [1] Det er tidligere utarbeidet et premissnotat som omhandler innledende vurdering av områdestabilitet, samt den første versjonen av dette notatet, N02-Rev00, som dekket steg 1–7 før grunnundersøkelser ble utført. Det henvises til notat ref. [2, 3]. Planlagte tiltak per. 29.05.2024 for delområdene omfatter blant annet boliger, skole, barnehage, turistformål, friområder, strand, park og energianlegg – totalt 8 delområder. Dette notatet inneholder områdestabilitetsvurderinger etter grunnundersøkelser som påviste sprøbruddmaterialer i noen borepunkter i nærheten av strandssone. Det er utarbeidet flere revisjoner av notatet etter kommentarer fra kommune og denne revisjonen er utarbeidet for å svare ut kommentarene til NVE. Utredningen for alle delområdene er nå samlet i et notat.



Figur 1-1: Oversiktskart over planområdet. Viser omtrentlig område som videre er delt inn i 7 delområder.

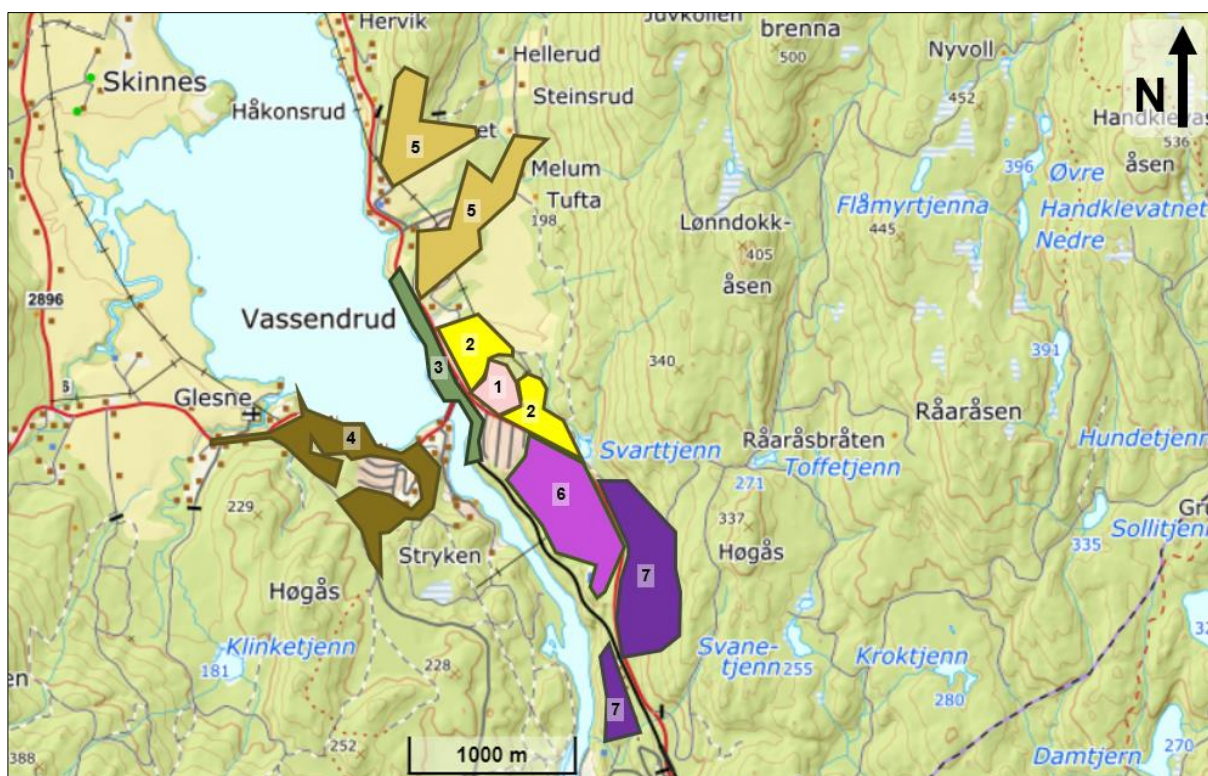
2 Grunnlag

2.1 Planlagte tiltak

Planområdet er delt inn i totalt 8 delområder. Omtrentlig plassering av delområdene er vist i Figur 2-1. Kart i Vedlegg 1 viser mer detaljert inndeling.

Innenfor delområdene er det planlagt følgende tiltak:

1. **Krøderens hjerte:** Skole, barnehage, idrettshall, samfunnshus og friområde. Detaljregulering.
2. **Kransen rundt:** Bolig (frittliggende småhus og konsentrert/leiligheter) og sentrumsformål/næring. Detaljregulering.
3. **Krøderbanen og park:** Parkering/bobilparkering, park, strand, turistformål, jernbane, samfunnslokale, servering. Detaljregulering.
4. **Glesnemoen:** Bolig (frittliggende småhus og konsentrert/leiligheter), turistformål (camping) og friområde. Detaljregulering/områdeplan.
5. **Rikshaugen:** Bolig (frittliggende småhus). Områdeplan.
6. **Sundvollhovet:** Næring, lett industri, lager. Detaljregulering.
7. **B52:** Næring, lett industri, fiskeoppdrett, hydrogenanlegg og energianlegg. Detaljregulering/områdeplan.
8. **Strandsone:** strand, småbåthavn, fiske, badeplass, friområde mm. Tiltak i vann: f.eks. brygge. Detaljregulering/områdeplan.



Figur 2-1: Omtrentlig plassering av alle delområder som skal utredes. Se vedlegg 1 for detaljert inndeling. Delområde 5 er betydelig minsket i areal etter siste revisjon fra ARK. [4]

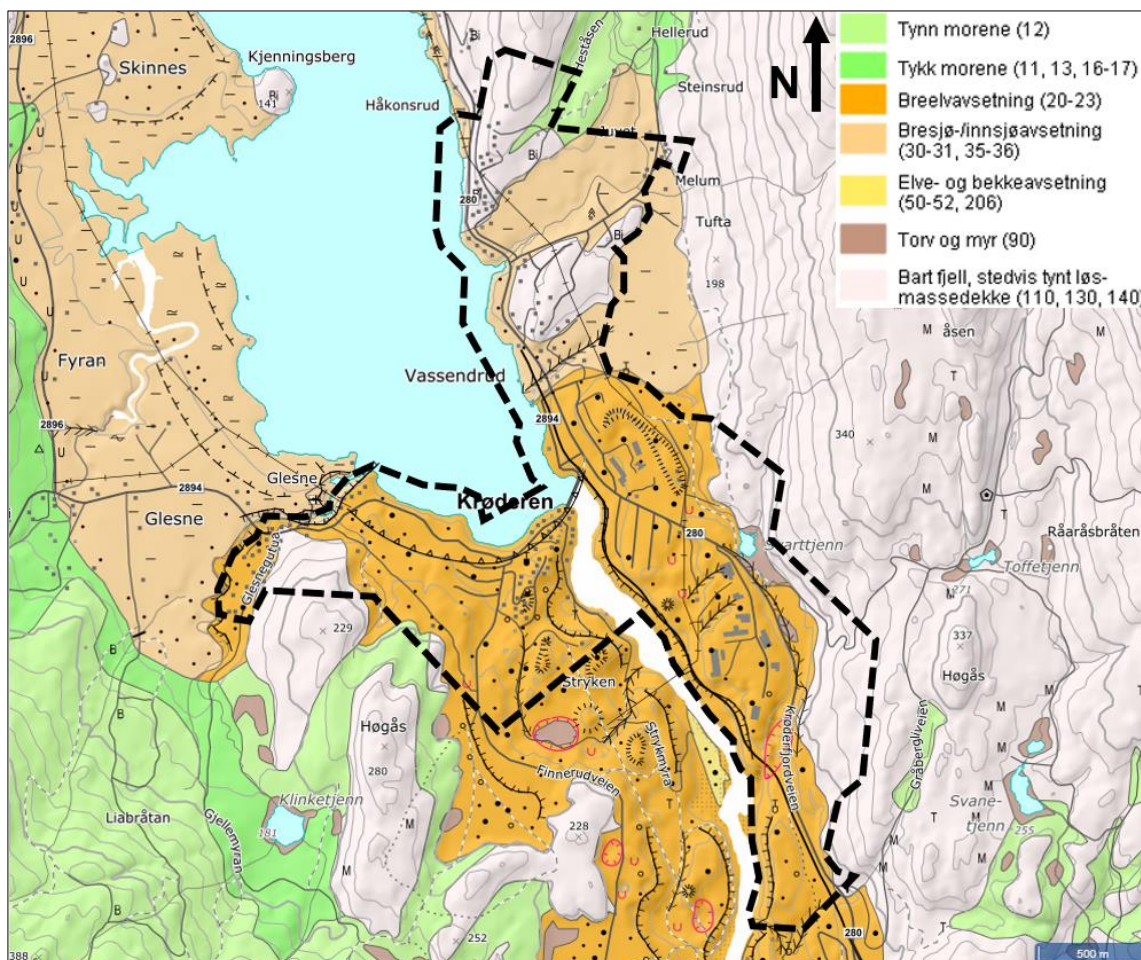
2.2 Topografi og grunnforhold

Det henvises til premissnotat N01, ref. [2] for nærmere beskrivelse av topografi og grunnforhold tolket fra løsmassekart innenfor forskjellige delområdene.

Figur 2-2 viser utklipp fra NGU løsmassekart over Krøderen, omtrentlig planområde er markert med svart stiplet linje, se også vedlegg 1. Generelt ligger delområdene hovedsakelig innenfor områder kartlagt i overflaten som breelvavsetninger, og det forventes at løsmassene i øvre dekke består av avsetninger av forskjellig kornstørrelse fra fin sand til stein og blokk. I nord og mot øst er det kartlagt bart fjell. I nord er det også kartlagt bresjø-/innsjøavsetninger. Dette er løsmasser som ofte inneholder silt og sand.

Generelt heller terrenget i områdene nedover mot innsjøen og elva. Terrenget er stedvis noe kupert, men gjennomsnittlig helning på land varierer mellom 1:10 og 1:12 for to kritiske profiler vurdert i dette notatet.

I dette reviderte notatet inkluderes sjøbunndata til terrengmodellen som ble hentet fra NVE Innsjødatabase. Terrenget ut i sjøen fra stranden er ganske jevnt hellende, mellom 1:12 og høyre. Det er viktig å skille mellom helning på land og i sjøen fordi det endrer hvordan skred utløses.



Figur 2-2: Kartlagte løsmasser i overflaten, utklipp fra NGU løsmassedatabase. Omtrentlig planområde markert med svart stiplet linje. Områdene er kartlagt i målestokk 1:50 000. [4]

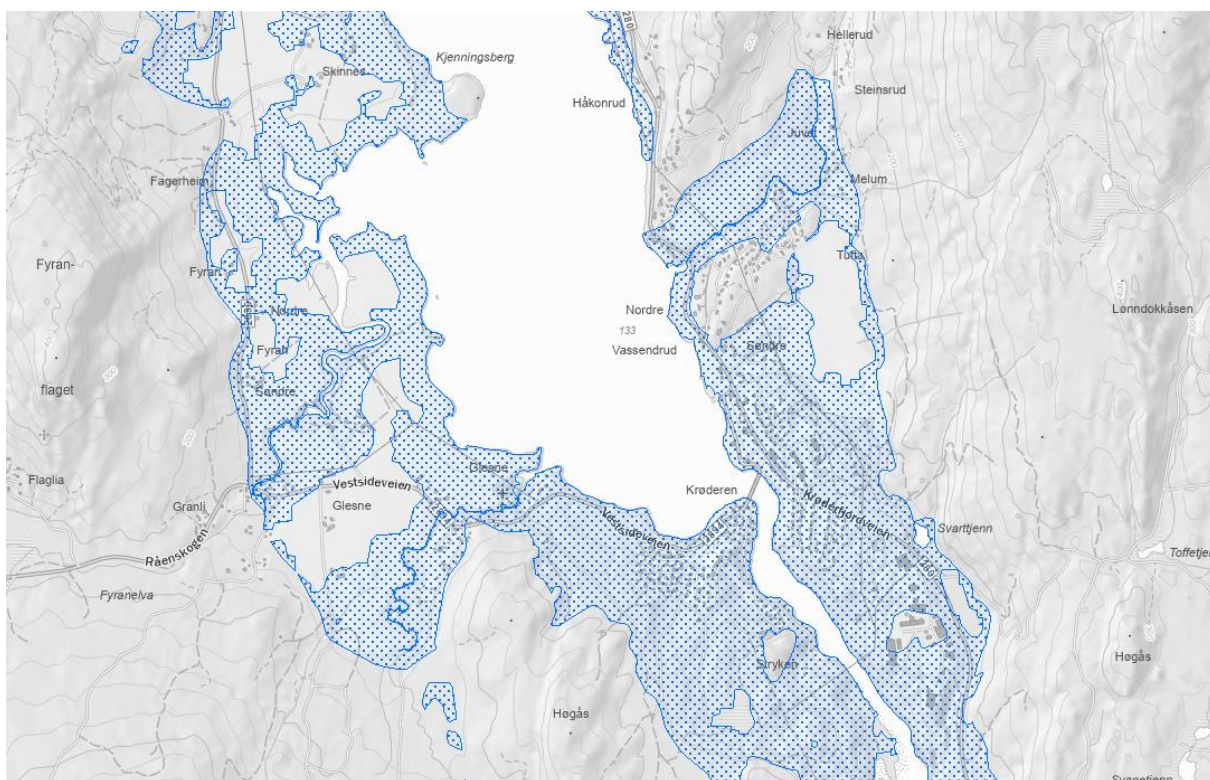
2.3 Sikkerhet mot områdeskred

Byggteknisk forskrift (TEK17) Kapittel 7: *Sikkerhet mot naturpåkjenninger*, ref. [5], stiller krav til sikkerhet mot blant annet skred, og herunder områdeskred. NVE Veileder Nr. 1/2019, ref. [1], gir metodikk for geotekniske utredninger og dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred som oppfyller kravene gitt i plan- og bygningsloven §28-1.

Steg 1-3

Videre er veilederen fulgt stegvis for å vurdere områdestabiliteten innenfor delområdene som skal detaljreguleres. Det er tidligere utført en innledende vurdering av områdeskred, jfr. premissnotat N01. Det er utført vurdering basert på løsmassekart og aktsomhetskart for marin leire.

Senere kom en oppdatering fra NVE som viser aktsomhetskart for kvikkleireskred, se Figur 2-3. Dette kartet kan brukes for å vurdere hvilke områder må vurderes videre.



Figur 2-3: Aktsomhetskart kvikkleireskred [6]

Det ble vurdert at områdestabilitetsvurdering må fortsettes for alle delområdene og dermed ble grunnundersøkelser i de mest kritiske profilene utført.

Dette notatet dokumenterer utredning av områdestabilitet i henhold til NVE veileder nr. 1/2019 fra steg 4 og videre.

Steg 4: Bestem tiltakskategori

Basert på tegning med oversikt delområder datert 29.05.2024, oversendt fra Sør-Arkitekter, er tiltakskategorier vurdert utfra planlagte tiltak. Tabell 1 viser oversikt over de vurderte tiltakskategoriene, og Figur 2-4 viser utklipp fra NVE 1/2019 tabell over tiltakskategorier og eksempler på tiltak. Denne tabellen har vært gjennomgått sammen med kommunen og Sør-Arkitekter i utredningsprosessen.

Tabell 1: Tiltakskategorier for delområdene med begrunnelse.

Delområde	Vurderes til tiltakskategori	Begrunnelse
1	K4	Detaljreguleres til skole, barnehage, idrettshall, samfunnshus og friområde.
2a og 2b	K4	Detaljreguleres til boliger, både frittliggende småhus og leiligheter. Antar mer enn to boligenheter.
2c	K4	Detaljreguleres til sentrumsformål, næring og bolig. Antar mer enn to boligenheter.
3a	K3	Detaljreguleres til parkering og bobilparkering. Innebærer tiltaket oppfylld for plan parkering vil dette medføre K2.
3b	K3	Detaljreguleres til park, strand, turistformål/museum og jernbane(kulturminne)
3c	K3	Detaljreguleres til park, strand, turistformål/museum, jernbane(kulturminne), samfunnslokale og servering.
4a	K4	Områderegulering* til bolig med konsentrert småhus og leiligheter
4b	K4	Detaljregulering til friområde og turistformål/camping. Camping vil medføre større personopphold.
4c	K4	Områderegulering* til bolig med frittliggende småhus
5a, b, (c)	K4	Områderegulering* til frittliggende småhus (bolig)
6	K4	Detaljregulering til næringsområde, lett industri og lager. Antar dette går under mindre nærings- og industribygg.
7a	K4	Områderegulering* til næring, lett industri, fiskeoppdrett, hydrogenanlegg.
7b	K4	Områderegulering* til energianlegg.
Strandsone	K1	Detaljregulering til strand, småbåthavn, fiske, badeplass, friområde mm. Småbåtanlegg i sjø og vassdrag.

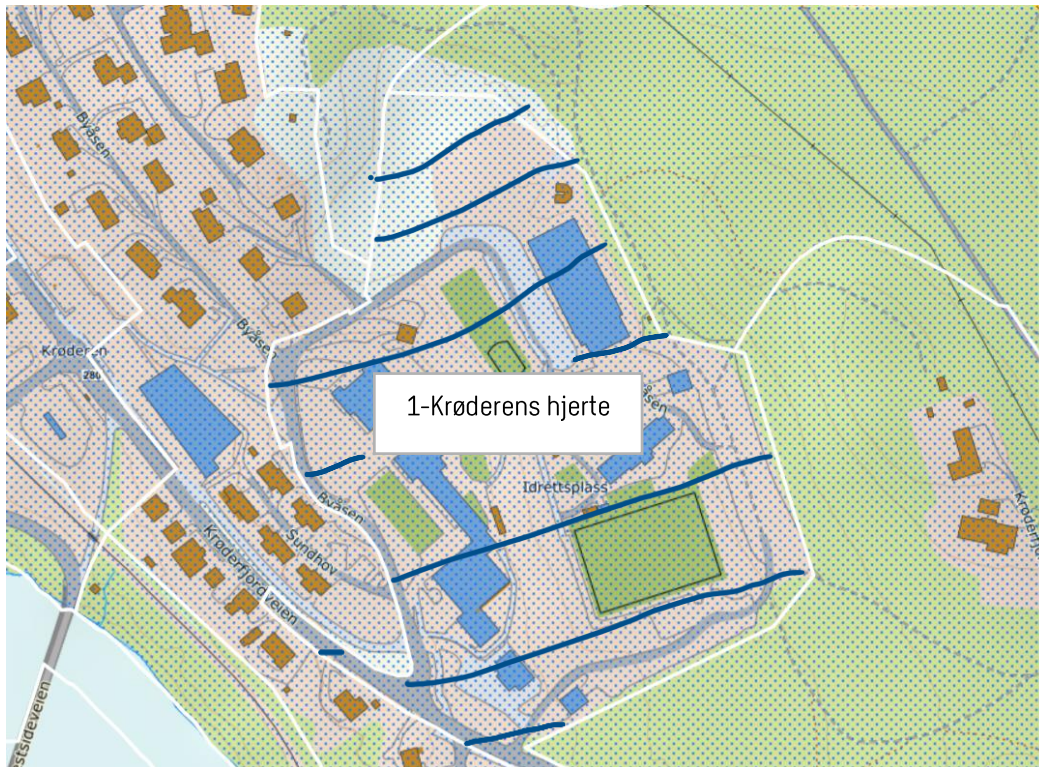
* geoteknisk områdestabilitetsvurdering er utført som om det er en detaljreguleringsplan.

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

Figur 2-4: Tiltakskategori med eksempler på type tiltak. Utklipp fra NVE 1/2019 tabell 3.2, ref. [1].

Steg 5: Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger

Delområde 1



Figur 2-5: Aktsomhetskart for kvikkleireskred-delområde 1

Hele delområde 1 ligger innenfor aktsomhetskartet for kvikkleireskred, og borpunktene BH1-BH5 utført av COWI samt 119 utført av Sweco viser gjennomgående harde friksjonsmaterialer med steininnslag ned til 30 meters dybde. Det ble identifisert kun sand og sandig silt under prøvene ved BH2 og BH5. Kun ved borpunkt 118 er det registrert et tynt lag mellom 1,5 og 2,5 meter under terreng med relativ lav bormotstand. Vi vurderer at det er et sand eller silt lag med mulig sprøbruddegenskaper. Siden dette laget ikke har vært registrert andre steder, vurderer vi at den har kun lokal utbredelse og utgjør ikke noen fare for områdestabiliteten.

Dermed kan områdeskredfare for delområde 1 klareres.

Delområde 2



Figur 2-6: Aktsomhetskart for kvikkleireskred-delområde 2.

Alle delområdene 2a, 2b og 2c ligger innenfor aktsomhetskartet for kvikkleireskred. Grunnundersøkelser i borpunktene A1-A6 utført av Arkimedium AS og 114-120 utført av Sweco viser friksjonsmaterialer ned til 42 meters dybde med høy bormotstand, uten indikasjoner på sprøbruddmaterialer. Hovedmaterialet i prøvene identifiseres som sand, med innslag av grus, silt og fyllmaterialer i de øvre lagene. Det er også registrert sporadisk forekomst av organisk materiale på enkelte punkter.

På bakgrunn av disse funnene kan det konkluderes med at fare for områdeskred kan klareres.

Delområde 3

Det tidligere notatet N02-00 har vurdert 10 profiler rundt forskjellige delområder som ble trukket, og to nye profiler som innebærer borpunktene 108, 109, 111 og 131 ble tegnet opp. Grunnundersøkelser utført av Sweco feltenhet viser i stor grad at det ligger friksjonsmasser langs østsiden av innsjøen. Dette gjelder også vestsiden, hvor materialene i stor grad var sandige. Ved borpunktene 108, 109 og 131 ble det observert svake lag mellom 2,5-4 m ved borpunkt 108, 3,5-5 m ved borpunkt 109, 4,0-5 m ved borpunkt 111, og 2,2-4 m ved borpunkt 131. Borpunktene er delt inn i tre kategorier, se tegning GEO-100 A00 og GEO-104 A00:

- i) sprøbrudd ikke påvist,
- ii) sprøbrudd påvist i laboratorieanalyse,
- iii) sprøbrudd antatt fra totalsonderingene.

Kun borpunkt 109 hadde påvist sprøbrudd mellom 3,8 og 4 m med omrørt skjærfasthet 0,77 kPa. Borpunktene 108, 111 og 131 er tolket som antatt sprøbrudd. Alle andre punkter består av friksjonsmasser uten antydning til sprøbruddmateriale.

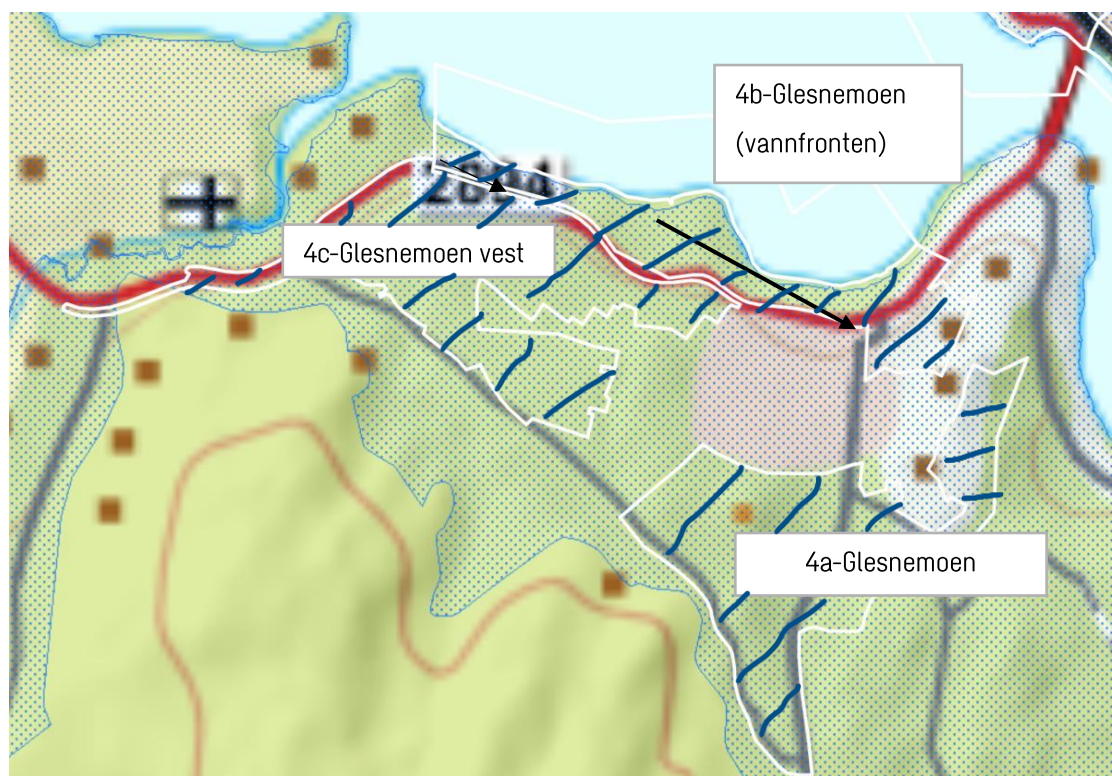
Det antas at det finnes et sammenhengende lag av sprøbrudd mellom borpunktene 108, 109 og 111, som var grunnlag for å tegne opp faresoner. Sprøbruddmaterialer består av silt og leirig silt og er klassifisert i telefarlighetsgruppe T4.

Marin leire ble imidlertid ikke påtruffet under grunnundersøkelsene. Siltige og sandige masser med sprøbruddsegenskaper vurderes det å ha opprinnelse fra innsjøavsetninger.

Ytterligere informasjon om grunnforhold og annen grunnleggende informasjon kan finnes i tidligere notater N01, N02-00 og datarapport <<10244153 RIG_01_A02 Datarapport-Grunnundersøkelser>>. [2, 7, 3]

Dermed må områdeskredfare vurderes videre iht. veileder nr 1-2019. Se fortsettelse av utredningen i notatet under.

Delområde 4

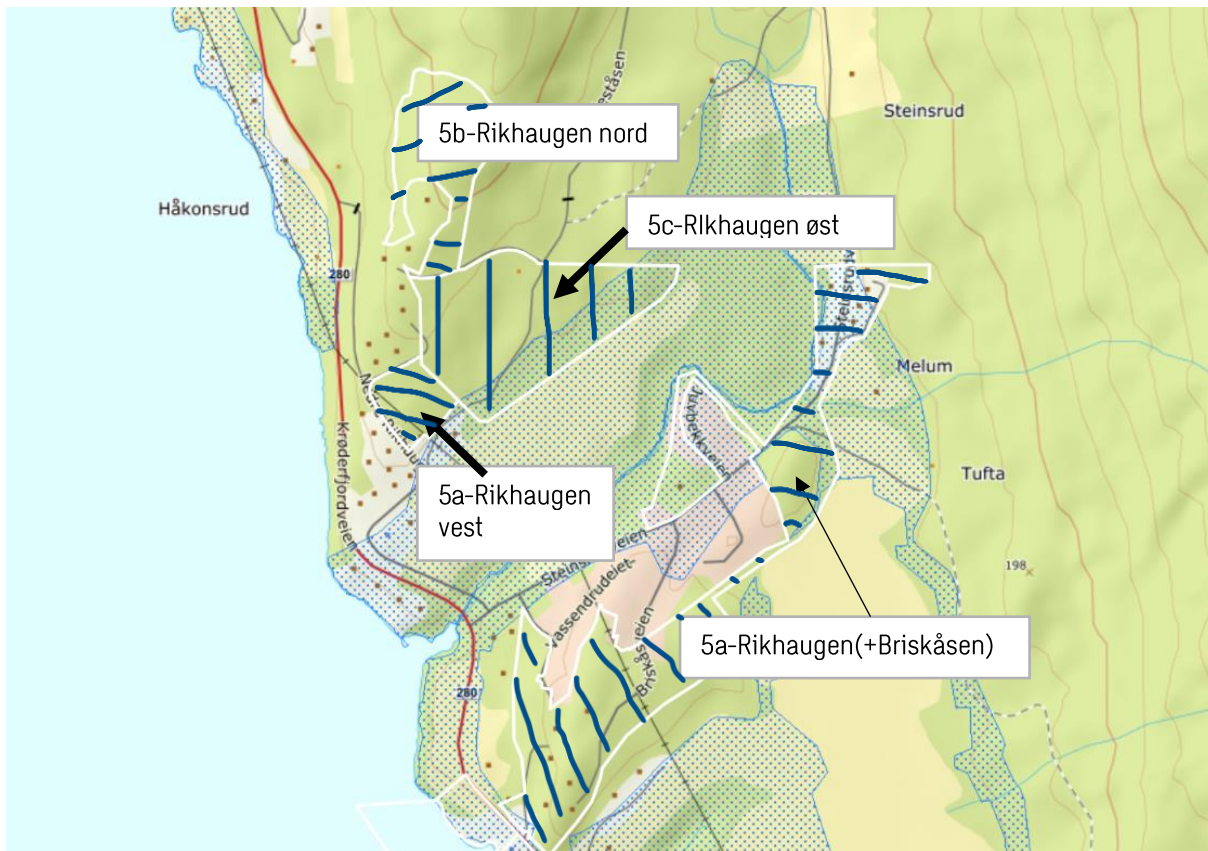


Figur 2-7: Aktsomhetskart for kvikkleireskred-delområde 4

Delområdene 4a, 4b og 4c ligger innenfor aktsomhetskartet for kvikkleireskred. I området er det utført borpunkter 101–107 av Sweco, som viser friksjonsmaterialer ned til 32 meters dybde med innslag av humus, grus, silt og leire. Ved borpunkt 105 ble det registrert lav bormotstand mellom 0,5–2,5 meter under terreng, hvor prøvene identifiserte siltig sand og leirig sandig silt med omrørt skjærstyrke på 10,9 kPa. Vanninnholdet i dette laget ble målt til 10–30 %, og sensitiviteten tolkes på 3.

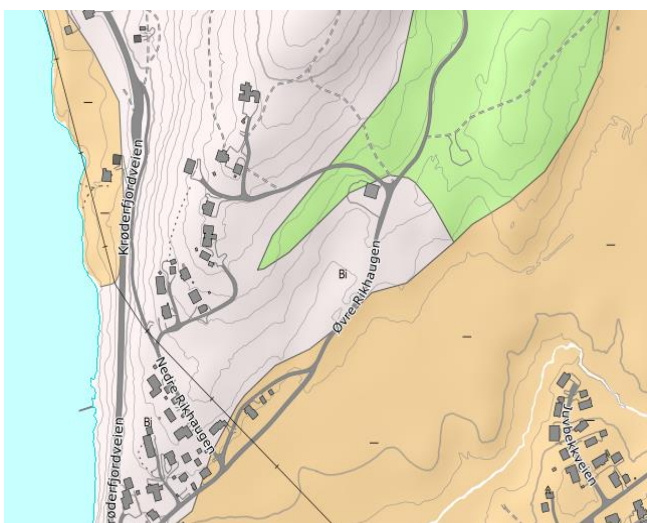
Dermed kan områdeskredfare for delområde 4 klareres.

Delområde 5



Figur 2-7: Aktsomhetskart for kvikkleireskred-delområde 5

Den sørøstlige delen av delområde 5c samt med nordlige delen av 5a ligger delvis innenfor aktsomhetskartet for kvikkleireskred. For delområdet 5b-Rikhaugen nord og det vestlige delområdet 5a-Rikhaugen vest er det registrert berg i dagen.

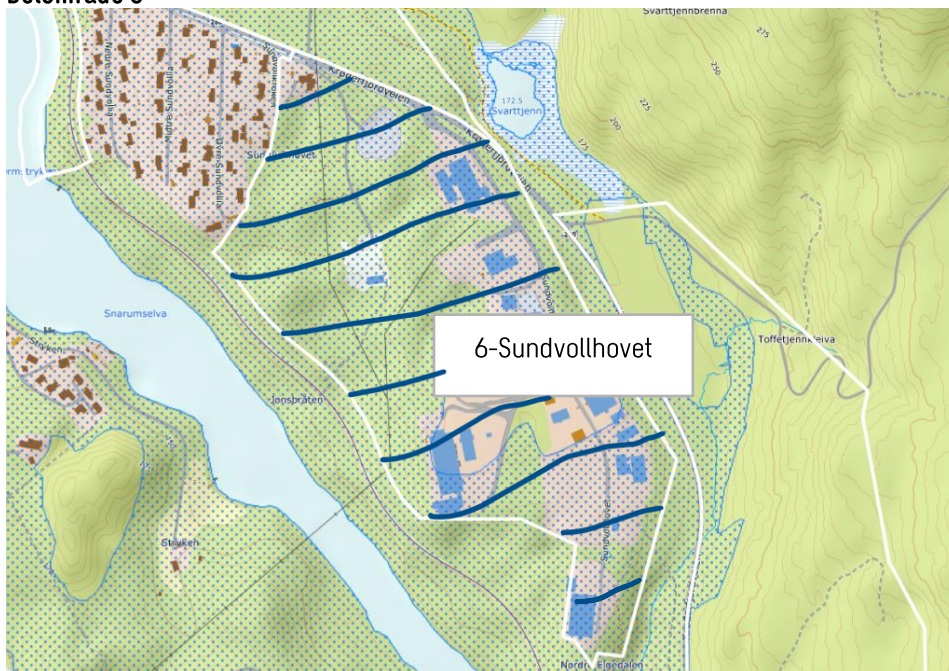


Figur 2-8: Løsmasseskartet i målestokk 1:50000 og høydeplott hentet ut fra hoydedata.no

Det er ikke utført boringer for delområde 5 og det er derfor ikke utført detaljert utredning innenfor respektivt aktsomhetsområde.

Det konkluderes med at områdeskredfare kan klareres for delområde 5b og 5a-Rikhaugen vest. For delområdet 5a Rikhaugen(+Briskåsen) klareres kun områder som ikke overlapper med aktsomhetsområde.

Delområde 6

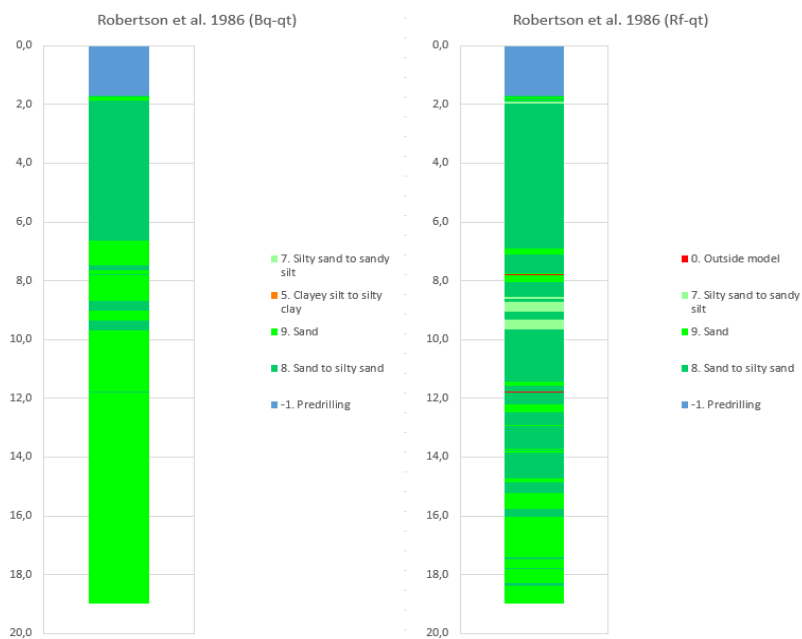
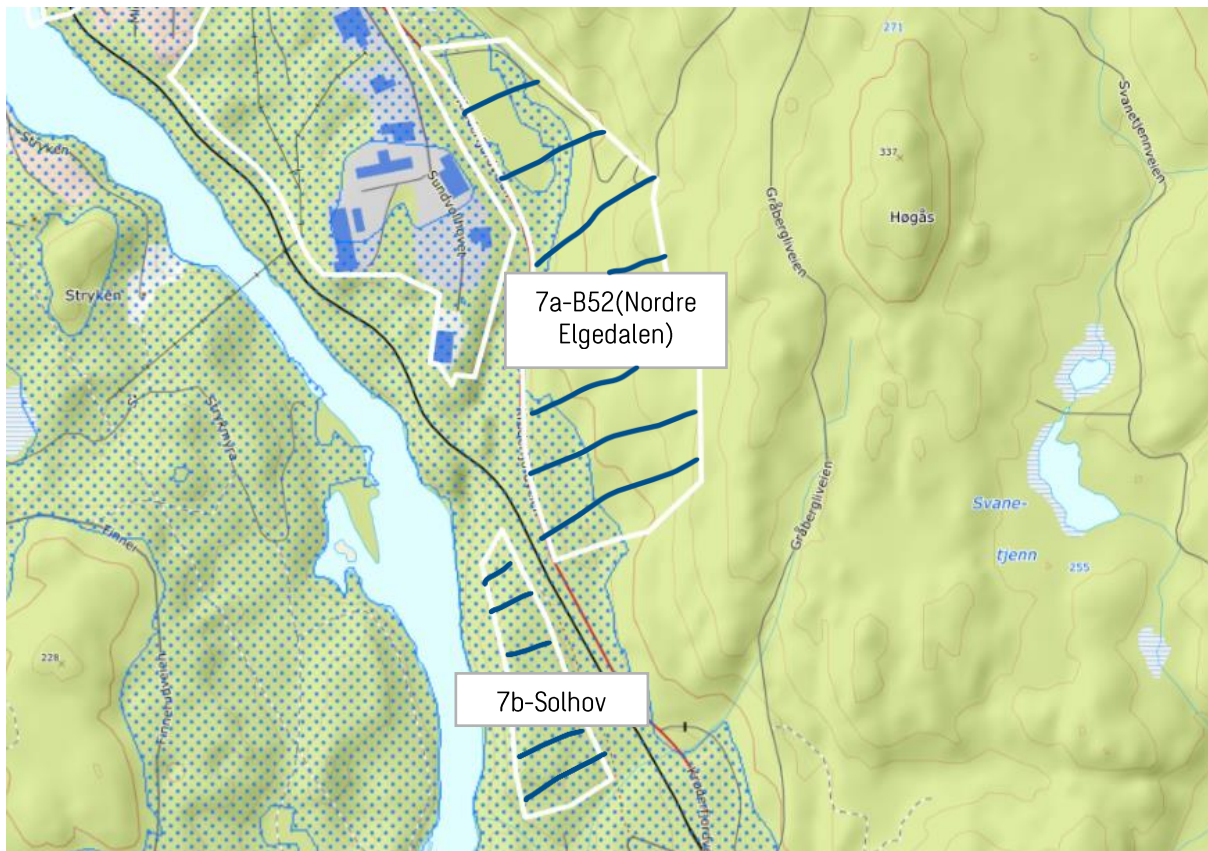


Figur 2-8: Aktsomhetskart for kvikkleireskred-delområde 6

Delområde 6 ligger i sin helhet innenfor aktsomhetskartet for kvikkleireskred. Fem borpunkter 121–125, utført av Sweco innenfor området, viser høy bormotstand ned til 48 meters dybde, typisk for hard morene. Unntaket er borpunkt 121, hvor lav motstand ble registrert i et lag mellom 1m og 3m med humusholdig sand, men tolkes som ikke sprøbruddmateriale (vanninnhold $\leq 5\%$).

Ingen av undersøkelsene har påvist tegn på sprøbruddmaterialer. Dermed kan områdeskredfare klareres for delområde 6.

Delområde 7



Figur 2-9: CPTU korrelasjoner fra borpunkt 123

Delområdene 7a (vestlige del) og 7b ligger innenfor aktsomhetskartet for kvikkleireskred. Totalsonderingene 126 og 127 i 7b viser høy bormotstand typisk for friksjonsmaterialer, mens borpunkt 126 dokumenterer humusholdig siltig sand (<10 % vanninnhold) mellom 2–7 m. Borpunkt 129 og nærliggende 125 bekrefter friksjonsmaterialer ned til 48 m uten tegn på sprøbrudd, og CPTU ved 123 indikerer siltig sand/sandig silt. Borepunkt 130 viser kun harde friksjonsmasser til 26 m. På bakgrunn av disse undersøkelsene vurderes undergrunnen i 7a fri for sprøbrudd.

Dermed kan områdeskredfare klareres for delområde 7.

Delområde 8 - Strandsone

Området ligger ute i sjø like utenfor strandlinja. Området langs med strandlinja er utredet i delområde 3 og vi har valgt å se på disse to områdene sammen. Det er ikke fare for at et områdeskred kunne forplante seg fra sjø pga. slak sjøbunn, dette gjelder for hele strandsone.

Tiltakene i delområde 8 klassifiseres som **K1-kategori**, dermed er soneutredning unødvendig og området bør strengt tatt klareres i steg 4. Vi velger å presentere denne vurderinger under steg 5 hvor alle andre delområder er klarert.

De planlagte tiltakene som småbåtanlegg i sjø og vassdrag i strandsonen vil ikke forverre områdestabiliteten. Det er ikke registrert erosjon i strandsonen, og det vurderes at eventuelt framtidig tiltak i form av erosjonssikring vil heller ikke forverre de kystnære stabilitetsforholdene.

Steg 6: Befaring

For delområdet 3 fortsettes områdestabilitetsvurdering.

Det er ikke utført befaring av områdene.

Tilgjengelige kart på nett og GoogleMaps er gjennomgått for å avdekke mulig berg i dagen og erosjonsforhold. Det ble funnet noen punkter med berg i dagen, se figur 2-2 og tegning.

Terrenget langs strandlinja heller svakt ut i innsjø og ut ifra GoogleMaps er det ikke registrert erosjon langs stranden eller i bekkedalen bak borepunkt 109.

Steg 7: Gjennomfør grunnundersøkelser

Grunnundersøkelser ble utført fra 17 september til 3 oktober 2024 og resultatene ble dokumentert i datarapporten <<10244153 RIG_01_A02 Datarapport-Grunnundersøkelser>>. [7]

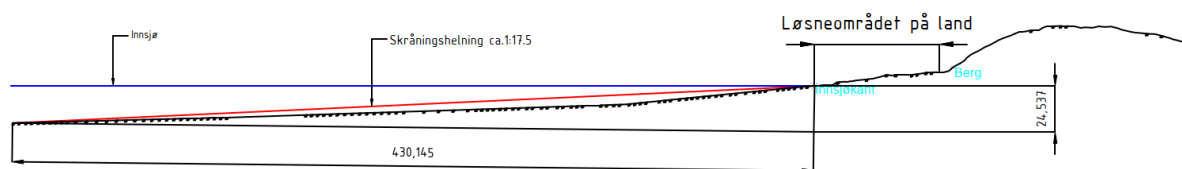
Delområdene 1, 2, 4, 5, 6 og 7 har vært klarert i steg 5 ut i fra grunnundersøkelser.

For delområdet 3 fortsettes områdestabilitetsvurdering.

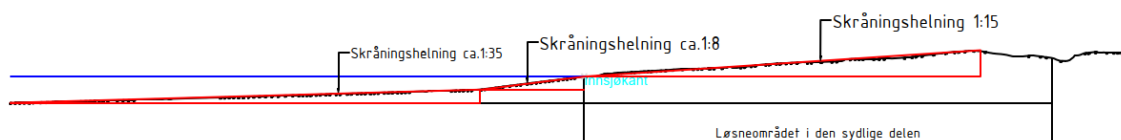
Steg 8: Vurder aktuelle skredkanismer og avgrens løsne og utløpsområder

Faresoner i sjø

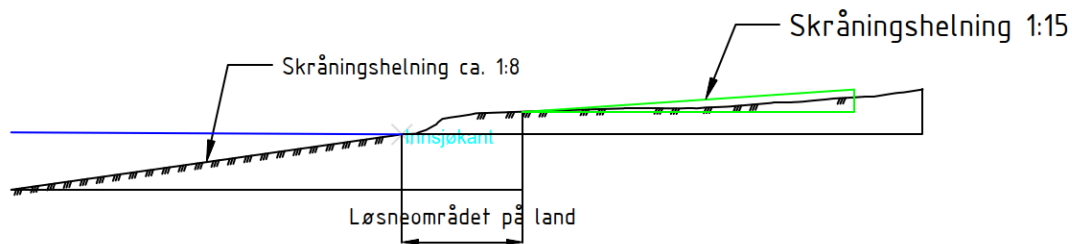
Det er utført en analyse av faresoner i sjø, det vil si om et skred som skjer i sjø kan forplante seg bakover og inn på land. Vurderingen er utført etter Ekstern rapport nr. 9/2020 [8]. Sjøbunnsanalyse viser at det er helning ca. 1:17 fra innsjøens bunn og til strandlinje for profil 1 og helning ca. 1:8 fra bunnen av Snarumselva til strandlinje for profil 2. Se profilene på figurene under.



Figur 2-10: Profil 1 – kritisk profil ved borepunkt 109.



Figur 2-11: Profil 1a- profil ved borepunkter 110 og 111.

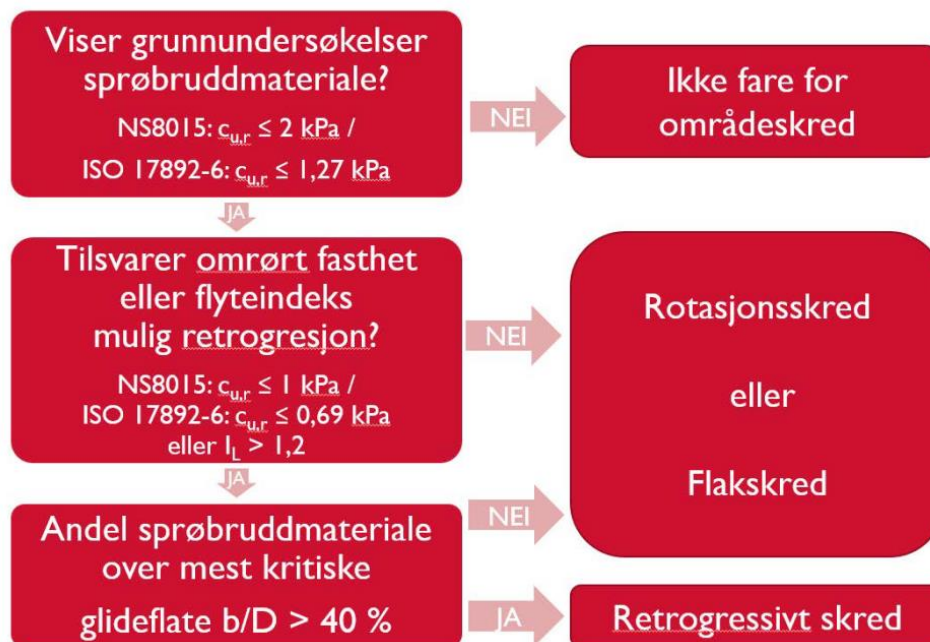


Figur 2-12: Profil 2 – kritisk profil ved borepunkt 131.

Siden skråningene er slakere enn 1:6-vurderes det at det ikke er fare for at et evt. skred i sjøen vil forplante seg inn på land, se figurene over.

Steg 8: Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løсне og utløpsområder Faresoner på land

Vurdering av faresoner på land er utført etter metodene beskrevet i kvikkleireveilederen kap 4.5. Det er benyttet flytskjema for å vurdere skredmekanismen, se figur 2-8.



Figur 4.3 Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme

Figur 2-13: Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme

Viser grunnundersøkelser sprøbruddmateriale? Ja ved borehull: borepunkt 109: $c_{u,r} = 0,77 \text{ kPa}$, jfr. ISO 17892 – 6.

Det antas at de svake lagene som ble funnet i de totalsonderingen i borepunkt 131, 111, 108 der prøvetaking ikke ble utført eller de borehullene der sprøbrudd ble antatt basert på totalsondering, også oppfyller dette kriteriet.

Tilsvarende omrørt fasthet eller flyteindeks mulig retrogresjon? Nei, $c_{u,r} = 0,77 \geq 0,69 \text{ kPa}$, jfr. ISO 17892-6.

Dermed vurderes det at er rotasjonsskred eller flakskred aktuelt som skredmekanisme.

For avgrensning av løsne- og utløpsområdene er det benyttet de samme profilene som er presentert for vurdering av faresoner i sjø, dvs. profil 1, 1a og 2.

Profil 1 og 1a:

Skråningshøyden som er relevant for denne vurderingen varierer fra 7 til 25 m. Løsneområdet er i den nordlige delen begrenset av berg i dagen dom ligger på øvresiden av fylkesveien 280 og i den sydlige delen er den begrenset av endring i terrengskråningen til slakkere enn 1:15. Et komplementært profil 1a er tegnet for å begrense løsneområdet på sørsiden, ettersom det ikke er fjell i dagen der, så løsneområdet strekker seg lenger østover og slutter når terrenget blir flatere. Siden det er påvist sprøbruddmateriale i borepunkt 109 og antatt sprøbruddmateriale i borepunkt 111, vurderer vi at flakskred kan være den reel skredmekanismen. Det potensielle løsneområdet er dermed tegnet ut ifra terrengkriteriet $L=15 \times H$ fra strandlinjen.

Profil 2:

Skråningshøyden over strandlinjen er ca. 4 m høy. Bakover har skråning en generell helning som er litt slakkere enn 1:15. Vi vurderer at sprøbruddslaget er begrenset i tykkelsen og omfanget og at rotasjonsskred er den mest relevant skredmekanisme. Det er vurdert at et mulig skred kan forplante seg ca $5 \times 4 \text{ m} = 20 \text{ m}$ bak strandlinjen. Løsneområdet tangerer kommunal vei 2894.

Steg-9: Klassifiser Faresoner

Faregrad og konsekvensklasse ble vurdert for begge faresoner.

Faregradklasse og konsekvensklasse er definert for de to faresonene. Konsekvensklassen er beregnet ut fra forskjellige kriterier for hver faresone. For resultatene, se vedlegget.

Faresone Nord med profil 1 og 1a dekker borepunktene 108, 109 og 111. Poengene for faregradkriteriene er i stor grad basert på borepunkt 109. Faresone Nord har en total faregrad med 13 poeng, noe som plasserer det i lav faregrad (0-17 poeng). Når det gjelder konsekvenser, oppnår området 14 poeng, klassifisert som middels alvorlig. Spredt Boligheter og vei med moderat trafikknivå bidrar til poengsummen.

Faresone Sør med profil 2 dekker området ved borepunkt 131. Faresone Sør, borepunkt 131, har en total poengsum på 14, noe som indikerer lav faregrad. Når det gjelder konsekvenser, oppnår området 10 poeng, som klassifiseres som middels alvorlig fare.

Faregradklasse: Lav Faregrad

Konsekvensklasse: Middels Alvorlig

Ved steg 9 avsluttes utredningen fordi faresonene som befinner seg i delområder med tiltakskategori K3 har lav faregrad. Det gjelder like krav som for kategori K1, kap. 3.3.4 i NVE veileder nr. 1/2019. De planlagte tiltakene medbringer ikke tilflytting av personer og de forverrer ikke stabiliteten. Stabilitetsberegningene og registreringen av faresoner kreves derfor ikke. Små tiltak som faller i tiltakskategori K0 kan utføres etter anbefalinger i NVE veileder nr. 1/2019. Erosjonssikring er vurdert til å ikke forverre stabiliteten langs kysten i faresoneområder. Slike tiltak forhindrer at jord vaskes bort og gjenoppretter det opprinnelige terrenget samt reduserer infiltrasjon i løsmasseskråningen. Stabiliteten for større tiltak, f.eks. tiltakene beskrevet som K1, K2, K3 og K4 tiltak i veileder nr. 1/2019, som kommer innenfor Faresone Nord og Faresone Sør skal vurderes av geotekniker.

Lokalstabiliteten for tiltakene innenfor alle delområder gjelder plan- og bygningsloven sine krav til planlegging, prosjektering og utførelse av tiltak, jfr. §28 og §29. Vei- og jernbaneprosjekter, energianlegg og oljeinstallasjoner/-anlegg styres av egne lover og forskrifter.

Delområdet 3 vurderes som klarert for områdeskred. Kvalitetssikring av dette notatet må gjennomføres av uavhengig foretak.

3 Konklusjon

Premissnotat N01 dekker områdestabilitetsvurdering på et overordnet nivå med kontroll av løsmasekart og aktsomhetskart for marin leire. Det ble senere vurdert kritiske profiler for alle delområder. Etter grunnundersøkelser utført av Sweco ble det funnet sprøbruddmaterialer ved noen borehull i delområde 3, som har krevet mer detaljert utredning av områdestabilitet. Det har også blitt påtruffet et tynt og usammenhengende lag i delområde 1. Marin leire ble imidlertid ikke påtruffet under grunnundersøkelsene. Siltige og sandige masser med sprøbruddsegenskaper vurderes det å ha opprinnelse fra innsjøavsetninger.

I dette notatet er det konkludert med å klarere områdeskredfare for delområdene 1, 2, 4, 5, 6, 7 og 8 i steg 5. Delområde 3 er derimot valgt ut til nærmere soneutredning. Nye profiler som involverer borepunktene i delområdet 3 ble foreslått, og det ble avgrenset et mer nøyaktig løsn- og utløpsområde for 2 områder langs innsjøen. Det er laget faresone Nord og faresone Sør. Imidlertid viser klassifiseringen av faresoner at det er lav faregrad med middels alvorlig konsekvensklasse. Siden kravene til sikkerhet for tiltakskategori K3 med lav faregrad er lik som for tiltakskategori K1, blir områdestabilitet klarert ved Steg 9. Det anbefales at det gjøres rekkefølgebestemmelser inn i reguleringsplanen for tiltak som plasseres i delområde 3a, 3b, 3c og området øst for fylkesvei 280 i faresone Nord.

4 Referanser

- [1] NVE, «Veileder Nr. 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred,» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2020.
- [2] Sweco Norge AS, «10240000-RIG-N01-A01-Geoteknisk premissnotat områdeplan,» 2023.
- [3] SWECO NORGE AS, «10240000 Geoteknisk vurdering Områdestabilitet Krøderen,» 2024.
- [4] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» 2023. [Internett].
- [5] Direktoratet for byggkvalitet, «Kapittel 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger,» i *Byggteknisk forskrift (TEK 17)*.
- [6] NVE, «NVE Atlas,» 2023. [Internett].
- [7] SWECO NORGE AS, «10244153 RIG_R01_A02 Datarapport-Grunnundersøkelser,» 2024.
- [8] NVE, «Ekstern rapport Nr. 9/2020: Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred,» 2020.

Vedlegg 1-Oversiktskart Delområder

Oversendt fra Sør-Arkitekter AS, datert 29.05.2024

DELOMRÅDE 1: KRØDERENS HJERTE	56 MÅL
AREAL:	SKOLE, BARNEHAGE, IDRETTSHALL,
FORMÅL:	SAMFUNNSHUS(?) FRIOMRÅDE
PLANTYPE:	DETALJREGULERING
DELOMRÅDE 2a: KRANSEN RUNDT (KRØDEREN SYD)	79 MÅL
AREAL:	BOLIG (FRITTLIGGENDE SMÅHUS OG
FORMÅL:	KONSENTRERT / LEILIGHETER)
PLANTYPE:	DETALJREGULERING
2b: KRANSEN RUNDT (VENGARDSLIA NORD)	57 MÅL
AREAL:	BOLIG (FRITTLIGGENDE SMÅHUS OG
FORMÅL:	KONSENTRERT / LEILIGHETER)
PLANTYPE:	DETALJREGULERING
2c: KRANSEN RUNDT (SENTRUM)	14 MÅL
AREAL:	SENTRUMSFORMAL, NÆRING, BOLIG
FORMÅL:	DETALJREGULERING
PLANTYPE:	
DELOMRÅDE 3a: KRØDERBANEN OG PARK	9 MÅL
AREAL:	PARKERING, BOBILPARKERING
FORMÅL:	DETALJREGULERING
PLANTYPE:	
3b: KRØDERBANEN OG PARK	47 MÅL
AREAL:	PARK, STRAND, TURISTFORMÅL
FORMÅL:	(MUSEUM), JERNBANE (KULTURMINNE)
PLANTYPE:	DETALJREGULERING
3c: KRØDERBANEN OG PARK	23 MÅL
AREAL:	PARK, STRAND, TURISTFORMÅL (MUSEUM),
FORMÅL:	JERNBANE (KULTURMINNE), SAMFUNNSLOKALE, SERVERING
PLANTYPE:	DETALJREGULERING
DELOMRÅDE 4a: GLESNEMOEN (BOLIG)	108 MÅL
AREAL:	BOLIG (FRITTLIGGENDE SMÅHUS OG
FORMÅL:	KONSENTRERT / LEILIGHETER)
PLANTYPE:	OMRÅDEPLAN
4b: GLESNEMOEN (VANNFRONTEN)	63 MÅL
AREAL:	VED VANNFRONTEN - FRIOMRÅDE OG
FORMÅL:	TURISTFORMÅL (CAMPING)
PLANTYPE:	DETALJREGULERING
4c: GLESNEMOEN VEST	98 MÅL
AREAL:	BOLIG (FRITTLIGGENDE SMÅHUS), DEL AV G/S-VEG
FORMÅL:	OMRÅDEPLAN
PLANTYPE:	
DELOMRÅDE 5a: RIKHAUGEN (+ BRISKÅSEN)	143 MÅL TILSAMMEN
AREAL:	BOLIG (FRITTLIGGENDE SMÅHUS)
FORMÅL:	OMRÅDEPLAN
PLANTYPE:	
DELOMRÅDE 5b: RIKHAUGEN NORD	36 MÅL
AREAL:	BOLIG (FRITTLIGGENDE SMÅHUS)
FORMÅL:	OMRÅDEPLAN
PLANTYPE:	
DELOMRÅDE 6: SUNDVOLLHOVET (+ UTVIDELSE B53)	158 MÅL (293 MÅL TILSAMMEN)
AREAL:	NÆRING, LETT INDUSTRI, LAGER
FORMÅL:	- BÅDE EKSISTERENDE AREAL OG UTVIDELSE
PLANTYPE:	MOT NORDVEST, BUFFERZONE (FRILUFTSOMRÅDE) MOT BOLIG
	DETALJREGULERING
DELOMRÅDE 7a: B52 (Nordre Elgedalen)	286 MÅL
AREAL:	NÆRING, LETT INDUSTRI, FISKEOPPDRETT, HYDROGENANLEGG
FORMÅL:	OMRÅDEPLAN
PLANTYPE:	
7b: SOLPARK KNYTTET TIL B52	65 MÅL
AREAL:	ENERGIANLEGG
FORMÅL:	OMRÅDEPLAN / DETALJREGULERING (AVKLARES OM KORT TID)
PLANTYPE:	
STRANDSONE	- MÅL
AREAL:	STRAND, SMÅBÅTHAVN, FISKE, BADEPlass, FRIOMRÅDE mm.
FORMÅL:	- PLANLAGT TILTAK I VANN, F.EKS. BRYGGE (LARK)
PLANTYPE:	OMRÅDEPLAN / DETALJREGULERING

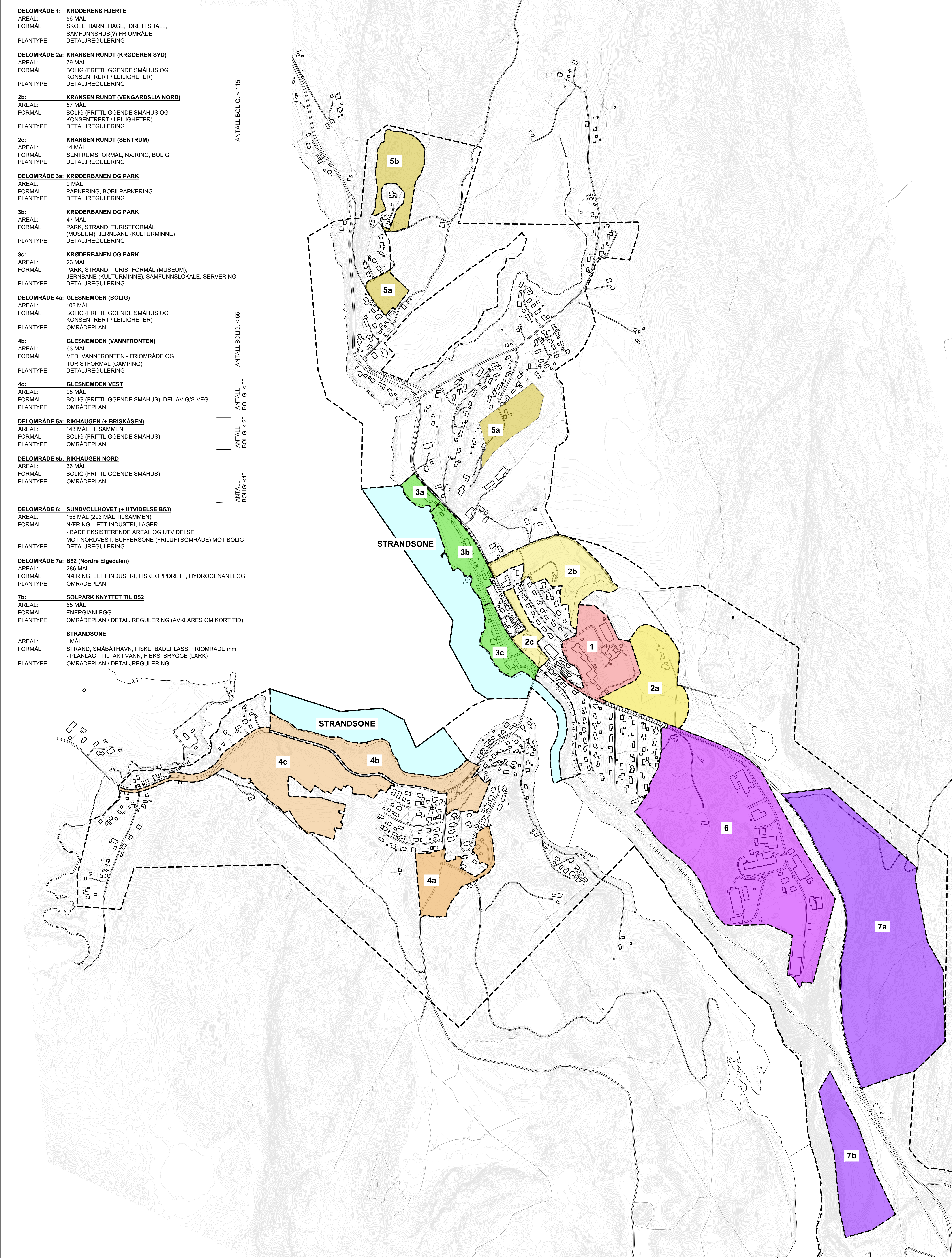
ANTALL BOLIG: < 115

ANTALL BOLIG: < 55

ANTALL BOLIG: < 60

ANTALL BOLIG: < 20

ANTALL BOLIG: < 10



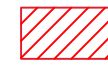
Vedlegg 2 – Tegninger



MERKNADER

- Tidligere utførte grunnundersøkelser kan finnes igjen i følgende rapporter:
- BH1-BH5: A208881 RAP-RIG-001 Krøderen skole GU Geoteknisk datarapport, COWI, datert juni 2020.
 - A1-A6: 10312-G-01 Rapport grunnundersøkelse Coop Marked Krøderen, Arkimedium, datert 28.01.2018. Punkter ikke lagt inn med eksakte koordinater.
 - S1-S5:2008232062-10 Urapporterte grunnboringer FV.191 Krøderen bru, Statens Vegvesen, datert 01.06.1985. Punkter ikke lagt inn med eksakte koordinater.

Punkter 101 - 131 er grunnundersøkelse borpunkter utført av SWECO Feltenheten i forbindelse med videre utredning av områdeskredfare.

-  Løseområdet  Utlepsområdet
-  Sprøbrudd påvist i prøvetaking
-  Sprøbrudd antatt fra Total Sondering
-  Anatt ikke sprøbrudd

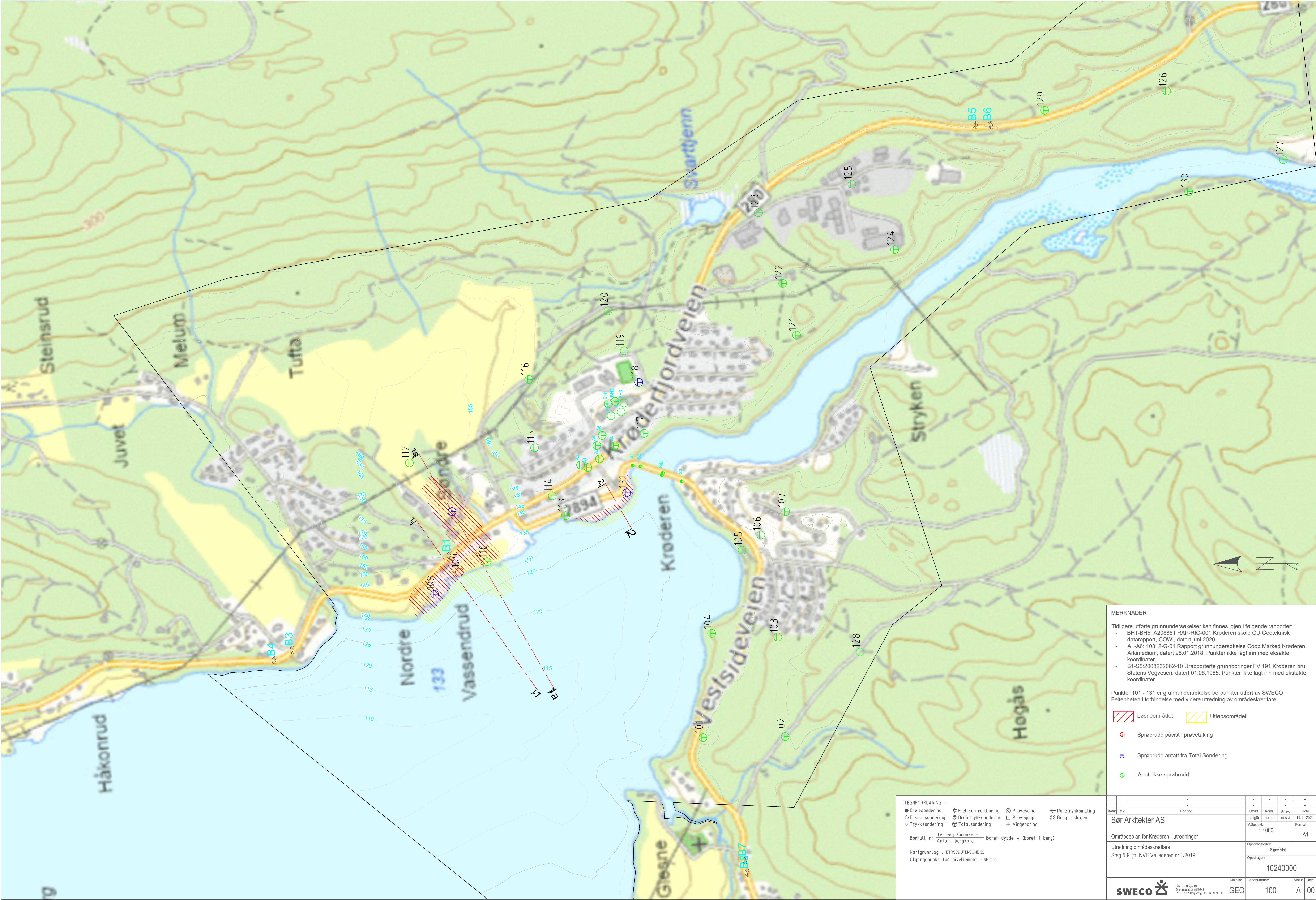
TEGNFORKLARING :

● Dreiesondering ✱ Fjellkontrollboring ⊗ Proveserie ⊕ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering ⬇ Dreiestrykksondering □ Provegrap ⚡ Berg i dagen
▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring

Borhull nr. Terreg-/bunnkote Boret dybde + (boret i berg)
Antatt bergkote

Kartgrunnlag : ETRS89 UTM-SONE 32
Utgangspunkt for nivellement : NN2000

-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Status	Rev.	Ending	Utført	Kontr.	Ansv.
			notgbr	notgbr	notgbr
Sør Arkitekter AS			Målestokk	Format	
Områpdeplan for Krøderen - utredninger			1:2000		A1
Faresoner avgrensning			Oppdragsleder:		
Steg 5-9 jfr. NVE Veilederen nr.1/2019			Oppdragsnr.		
			10240000		
SWECO			Disiplin:	Løpernummer:	Status Rev:
SWECO Norge AS Dronningens gate 32/545 POST 1721 Sandvåg/LF 09 13 96 00			GEO	104	A 00



MERKNADER

- Tidligere utførte grunnundersøkelser kan finnes igjen i følgende rapporter:
- BH1-BH5: A208881 RAP-RIG-001 Krøderen skole GU Geoteknisk datarapport, COWI, datert juni 2020.
 - A1-A6: 10312-G-01 Rapport grunnundersøkelse Coop Marked Krøderen, Arkimedium, datert 28.01.2018. Punkter ikke lagt inn med eksakte koordinater.
 - S1-S5:2008232062-10 Urapporterte grunnboringer FV.191 Krøderen bru, Statens Vegvesen, datert 01.06.1985. Punkter ikke lagt inn med eksakte koordinater.

Punkter 101 - 131 er grunnundersøkelse borpunkter utført av SWECO Feltenheten i forbindelse med videre utredning av områdeskredfare.

- Løseområdet Utlepsområdet
- Sprøbrudd påvist i prøvetaking
- Sprøbrudd antatt fra Total Sondering
- Antatt ikke sprøbrudd

TEGNFORKLARING :

● Dreiesondering ✱ Fjellkontrollboring ⊙ Proveserie ⊕ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering ⊕ Dreieftrykksondering □ Provegrøp ⚡ Berg i dagen
▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring ⚡ Berg i dagen

Terreng-/bunnkote Boret dybde + (boret i berg)
Borhull nr. Antatt bergkote

Kartgrunnlag : ETRS89 UTM-SONE 32
Utgangspunkt for nivellement : NN2000

-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.
			notgbr	notgbr	notgbr
Sør Arkitekter AS			Målestokk		Dato
Områpdeplan for Krøderen - utredninger			1:1000		11.11.2024
Utredning områdeskredfare			Oppdragsleder		Format
Steg 5-9 jfr. NVE Veilederen nr.1/2019			Signe Vinje		A1
			Oppdragsnr.		
			10240000		
SWECO Norge AS			Disiplin		Status
Dronningens gate 32/543 POST 1721 Sørbygd/LF 09 13 96 00			Løpernummer:		Rev.
GEO			100		A 00

Vedlegg 3 – Faresone Klassifisering

Faresone nord, borepunkt 109					
Faktorer	Beskrivelse	Faregrad	Vekt-tall	Score	Poeng
Skredaktiviter	Ikke noen kjente skredhendelser i nærheten	Ingen	1	0	0
Skråningshøyde	Skråning høyde på land ca. 11m	Ingen	2	0	0
Forkonsolidering pga. terrengsenkning	Historisk Belastningen og de fleste kurvene viser OCR > 2, tolket fra CPTU, men justert for usikkerhet.	Lav	2	1	2
Poretrykk	Ingen poretrykk målinger	Lav	3	1	3
Kvikkleiremektighet	Tynt lag - Prøvepunkter 109 ved dybde 3,8m, tykkelse 10-40cm. Totalsondering borepunkt 111, antatt veldig tynt lag.	Ingen	2	0	0
Sensitivitet	St=41	Noe	1	2	2
Erosjon	Ingen erosjon registrert	Ingen	3	0	0
Inngrep	Inngrep vil kunne forverre stabiliteten lite eller konservativt antatt noe.	Ingen	3	2	6
Total Poeng					13
% av maksimal poengsum	51				25%
Faresonen fordeles i faregradklasser etter samlet poengsum					
Lav faregrad = 0-17 poeng Middels faregrad = 18-25 poeng Lav faregrad = 25-51 poeng					
LAV FAREGRAD					
Faktorer	Beskrivelse	Konsekvens	Vekt-tall	Score	Poeng
Boligheter	Spredt bebygget området ligger over berg i dagen	Spredt >5	4	2	8
Næringsbygg	Ingen næringsbygg i nærheten	Ingen	3	0	0
Annen bebyggelse	ikke aktuelt	Ingen	1	0	0
Vei, ÅDT	vegvesen.no/vegkart-FV280 S3D1 m8752	1001-5000	2	2	2
Toglinje	Krøderbanen	Normalt ingen trafikk	2	1	2
kraftnett	Ingen nettanelgg i influensområdet	Lokal	1	0	0
Oppdemning og flodbølge	Liten	Liten	1	2	2
Total Poeng					14
% av maksimal poengsum	45				31%
Faresonen fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum					
Mindre alvorlig = 0-6 poeng Middels faregrad = 7-22 poeng Meget Alvorlig = 23-45 poeng					
MIDDELS ALVORLIG					

Faresone Sør, borepunkt 131					
Faktorer	Beskrivelse	Faregrad	Vekt-tall	Score	Poeng
Skredaktiviter	Ikke noen kjente skredhendelser i nærheten	Ingen	1	0	0
Skråningshøyde	Skråning høyde på land ca. 8,5m	Ingen	2	0	0
Forkonsolidering pga. terrengsenkning	Historisk Belastningen og de fleste kurvene viser OCR > 2, tolket fra CPTU, men justert for usikkerhet. Basert på bp.109	Lav	2	1	2
Poretrykk	Ingen poretrykk målinger	Lav	3	1	3
Kvikkleiremektighet	Tynt lag (Se bp131)	Ingen	2	0	0
Sensitivitet	St=41(antatt lik som bp. 109)	Noe	1	2	2
Erosjon	Ingen erosjon registrert	Ingen	3	0	0
Inngrep	Inngrep vil kunne forverre stabiliteten lite eller konservativt antatt noe.	Ingen	3	2	6
Total Poeng					13
% av maksimal poengsum	51				25%
Faresonen fordeles i faregradklasser etter samlet poengsum					
Lav faregrad = 0-17 poeng Middels faregrad = 18-25 poeng Lav faregrad = 25-51 poeng					
LAV FAREGRAD					

Faktorer	Beskrivelse	Konsekvens	Vekt-tall	Score	Poeng
Boligheter	Spredt området viser som i Google Maps	Spredt <5	4	1	4
Næringsbygg	Ingen næringsbygg i nærheten	Ingen	3	0	0
Annen bebyggelse	ikke aktuelt	Ingen	1	0	0
Vei, ÅDT	vegvesen.no/vegkart-FV280 S3D1 m8752	1001-5000	2	2	2
Toglinje	Krøderbanen	Normalt ingen trafikk	2	1	2
kraftnett	Ingen nettanelgg i influensområdet	Lokal	1	0	0
Oppdemning og flodbølge	Liten	2	1	2	2
Total Poeng					10
% av maksimal poengsum	45				22,2222
					2

Faresonen fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum

Mindre alvorlig = 0-6 poeng

Middels faregrad = 7-22 poeng

Meget Alvorlig = 23-45 poeng

MIDDELS ALVORLIG