

Oppdragsgiver	Navn Kvinesdal kommune	Kontaktperson Ivar Aarstad
Oppdrag	Nummer og navn 18204 Kvinesdal, Knaben – Skredfarekartlegging for områderegulering	Oppdragsleder Andrea Taurisano
Dokument	Nummer 18204-01-1 Utført av Andrea Taurisano	Dato 2018-07-25 Kontrollert av Kalle Kronholm

## Skredfarekartlegging i bratt terreng

### Sammendrag

Kvinesdal kommune har engasjert Skred AS til å utføre en skredfarekartlegging ifb. omregulering av et større område på Knaben. Formålet er å vurdere om området tilfredsstiller gjeldende sikkerhetskrav for tiltak som faller i sikkerhetsklasse S2, som inkluderer både boliger og fritidsboliger. Formålet er også å vurdere skredfare og ev. behov for risikoreduserende tiltak i delområder der scooterløyper planlegges etablert.

Snøskred, samt stedvis sørpeskred og steinsprang, vurderes å være dimensjonerende skredtyper i fjellssidene i og ovenfor det vurderte området. Det er ikke faresoner av relevans for sikkerhetsklasse S1 i de vurderte områdene.

I delområder omfattet av tidligere skredfarekartlegging av NGI, er det kun gjort mindre utvidelser av faresonen for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$ . De nye faresonene berører ikke mer eksisterende bebyggelse enn det som allerede var kartlagt som skredutsatt av NGI.

Der det er aktuelt med ny bebyggelse / fritidsbebyggelse, anbefaler vi at dette i størst mulig grad etableres utenfor relevant faresone. Ved behov for å etablere bebyggelse innenfor faresonen, kan denne de fleste steder reduseres ved fysiske sikringstiltak. Eventuelle sikringstiltak må i så fall detaljprosjekteres.

Når det gjelder scooterløyper har vi vurdert faren for skred mot løypene, inkludert mulig fjernutløsning av snøskred fra løypene. Vi har derimot ikke vurdert muligheten for skredulykker ved ferdsel eller kjøring utenfor løypene. Vår vurdering er at foreløpig trase for scooterløyper i hovedsak ikke krever sikringstiltak. Kun langs Stølsvegen nedenfor Geiteryggen vil sikringstiltak eller andre risikoreduserende tiltak kreves, dersom sikkerhetskravet for sikkerhetsklasse S2 i TEK17 legges til grunn. Skred AS kan bistå dersom

kommunen vil gå videre med fysisk sikring eller midlertidig sikring, for eksempel lokal varsling av snøskredfare.

I området rundt utmunningen av elva i Store Knabetjødn, rett nord for Knaben, anbefaler vi å utføre en detaljert flomfarevurdering dersom bebyggelsen tenkes etablert.



## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Mål	8
1.3	Befaring	8
1.4	Forbehold	8
<b>2</b>	<b>Krav til sikkerhet mot skred</b>	<b>9</b>
2.1	Lovverket	9
2.2	Aktuelle krav	10
2.3	Vurderte skredtyper	10
2.3.1	Snøskred og sørpeskred	10
2.3.2	Skred i fast fjell	10
2.3.3	Jordskred og flomskred	11
2.3.4	Skredfare og klimaendringer	11
<b>3</b>	<b>Beskrivelse av området</b>	<b>12</b>
3.1	Topografi	13
3.2	Geologi	14
3.3	Vegetasjon	14
3.4	Registrerte skredhendelser	14
3.5	Tidligere rapporter	14
3.6	Aktsomhetsområder	14
3.7	Eksisterende skredsikringstiltak	14
3.8	Klimatiske trekk av betydning for skredfare	15
<b>4</b>	<b>Delområde 1</b>	<b>16</b>
4.1	Topografi	16
4.2	Snøskred	18
4.3	Sørpeskred	19
4.4	Løsmasseskred	20
4.5	Skred i fast fjell	20
4.6	Faresoner for skred	20
4.7	Mulighet for å redusere faresonene	21
4.8	Sikkerhet for ev. scooterløyper	21
<b>5</b>	<b>Delområde 2</b>	<b>22</b>
5.1	Topografi	22
5.2	Snøskred	24
5.3	Sørpeskred	25
5.4	Løsmasseskred	26
5.5	Skred i fast fjell	26
5.6	Faresoner for skred	26
5.7	Mulighet for å redusere faresonene	26

5.8	Sikkerhet for ev. scooterløyper .....	27
<b>6</b>	<b>Delområde 3 .....</b>	<b>28</b>
6.1	Topografi.....	28
6.2	Snøskred .....	30
6.3	Sørpeskred .....	30
6.4	Løsmasseskred .....	30
6.5	Skred i fast fjell .....	30
6.6	Faresoner for skred.....	30
6.7	Sikkerhet for ev. scooterløyper .....	30
<b>7</b>	<b>Delområde 4 .....</b>	<b>31</b>
7.1	Topografi.....	31
7.2	Snøskred .....	32
7.3	Sørpeskred .....	32
7.4	Løsmasseskred .....	33
7.5	Skred i fast fjell .....	33
7.6	Faresoner for skred.....	33
7.7	Sikkerhet for ev. scooterløyper .....	33
<b>8</b>	<b>Delområde 5 .....</b>	<b>34</b>
8.1	Topografi.....	34
8.2	Snøskred .....	35
8.3	Sørpeskred .....	36
8.4	Løsmasseskred .....	36
8.5	Skred i fast fjell .....	37
8.6	Faresoner for skred.....	37
8.7	Sikkerhet for ev. scooterløyper .....	38
8.8	Risikoreduserende tiltak for scooterløype ved Geiteryggen.....	38
<b>9</b>	<b>Delområde 6 .....</b>	<b>40</b>
9.1	Topografi.....	40
9.2	Snøskred .....	42
9.3	Sørpeskred .....	42
9.4	Løsmasseskred og skred i fast fjell .....	42
9.5	Faresoner for skred.....	43
<b>10</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>45</b>
<b>11</b>	<b>Referanseliste .....</b>	<b>46</b>

## Figurer

Figur 1: Lokalisering av det vurderte området, på Knaben, ca. 25 km nord for Kvinesdal..... 7

Figur 2: Det vurderte området med delområdene 1-6 i et flybilde. .... 12

Figur 3: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over det vurderte området. De blå stjernene viser de to snøskredhendelsene registrert i den nasjonale skredtabasen (www.atlas.nve.no, NVE (2018)).	13
Figur 4: Beregnet 3-døgnsnedbør med ulike gjentakintervaller for vintermånedene november til april. Dette antas å være snø ettersom løsneområdene ligger 700 – 900 moh. Data fra www.eklima.no.	15
Figur 5: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 1. Mulige løsneområder for snøskred og sørpeskred er også vist (i blå og grønn farge, henholdsvis). Fargene i helningskartet er som i Figur 3.	16
Figur 6: Dronebilde av delområde 1. Områdeavgrænsingen (blå polygon) er veldig omtrentlig.	17
Figur 7: Dronebilde av delområde 1, vestlig del.	17
Figur 8: Mulige løsneområder for snøskred (lyseblå polygoner) og eksempel på beregnet skredutbredelse, inkl. beregnet trykk fra skredmassene. Varme farger indikerer trykk som kan gi store ødeleggelser, mens kalde farger indikerer trykk som kan skade trekonstruksjoner. Skog av betydning for skredfarevurderingen er angitt i grønne polygoner.	19
Figur 9: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ i delområde 1. Dimensjonerende skredtype er vist med tilleggssymboler (* = snøskred; ▲ = flom- og sørpeskred; ● = steinsprang).	20
Figur 10: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 2. Mulige løsneområder for snøskred og sørpeskred er også vist (i lyseblå og grønn farge, henholdsvis). Fargene i helningskartet er som i Figur 3.	22
Figur 11: Dronebilde av delområde 2, sett fra nordvest.	23
Figur 12: Dronebilde av den øvre (østlige) delen av delområde 2, mot elvedalen og Inntaksdammen.	23
Figur 13: Mulige løsneområder for snøskred (blå polygoner) og eksempel på beregnet skredutbredelse, inkl. beregnet trykk fra skredmassene. Varme farger indikerer trykk som kan gi store ødeleggelser, mens kalde farger indikerer trykk som kan skade trekonstruksjoner. Skog av betydning for skredfarevurderingen er angitt i grønne polygoner. Utløp av sørpeskred fra elvedalen (lysegrønt løsneområde) er også vist.	25
Figur 14: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ i delområde 2. Dimensjonerende skredtype er vist med tilleggssymboler (* = snøskred; ▲ = flom- og sørpeskred; ● = steinsprang).	27
Figur 15: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 3. Scooterløypen tenkes etablert omtrent langs den stiplede linja mellom de to skråningene. Faresonen tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist i figuren (rød polygon). Fargene er som i Figur 3.	28
Figur 16: Dronebilde av delområde 3.	29
Figur 17: Bilde av delområde 3.	29
Figur 18: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 4. Scooterløypen tenkes etablert i foten av skråningen, omtrent langs eksisterende veg (mellom de	



grønne linjene). Faresonen tegnet av NGI i 2006 er også vist i figuren (rød polygon). Fargene i helningskartet er som i Figur 3. ....	31
Figur 19: Dronebilde av delområde 4, omtrentlig avgrenset av den blå polygonen. ....	32
Figur 20: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ i delområde 4 (oransje farge). Faresone tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist (rød polygon). Dimensjonerende skredtype er vist med tilleggssymboler (* = snøskred; ▲ = flom- og sørpeskred; ● = steinsprang). ....	33
Figur 21: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 5. Scooterløypen tenkes etablert langs eksisterende veg (grønne linjer). Faresonen tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist i figuren (rød polygon). Fargene i helningskartet er som i Figur 3. .....	34
Figur 22: Dronebilde av delområde 5, omtrentlig avgrenset i den blå polygonen. ....	35
Figur 23: Mulige løснеområder for snøskred (lyseblå polygoner) og eksempel på beregnet skredutbredelse, inkl. beregnet trykk fra skredmassene. Varme farger indikerer trykk som kan gi store ødeleggelser, mens kalde farger indikerer lavere trykk, men allikevel nok til å skade trekonstruksjoner. Skog av betydning for skredfarevurderingen er angitt i grønne polygoner. ....	36
Figur 24: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ i delområde 5 (oransje farge). Faresonen tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist (rød polygon). Dimensjonerende skredtype er vist med tilleggssymboler (* = snøskred; ▲ = flom- og sørpeskred; ● = steinsprang). ....	37
Figur 25: Eksempel på støtteforbygning i løснеområde for snøskred ( <a href="http://www.geobrugg.com">www.geobrugg.com</a> ). 39	
Figur 26: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 5. Scooterløypen tenkes etablert langs eksisterende veg (grønne linjer). Faresonen tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist i figuren (rød polygon). Fargene i helningskartet er som i Figur 3. .....	40
Figur 27: Dronebilde av delområde 6 (nordre del), med støtteforbygninger fra 1950-tallet. 41	
Figur 28: Dronebilde av delområde 6 (sørlig del), omtrentlig avgrenset i den blå polygonen. .....	41
Figur 29: Løснеområder for snøskred (lyseblå farge) og skog av betydning for skredfarevurderingen (grønn farge) i delområde 6. ....	43
Figur 30: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ i delområde 6 (oransje farge). Faresonen tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist (rød polygon). De to områdene der vi foreslår justeringer til NGIs faresone er fremhevet i de svarte ovalene. Dimensjonerende skredtype er vist med tilleggssymboler (* = snøskred; ▲ = flom- og sørpeskred; ● = steinsprang). ....	44

## Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2016). ....	9
Tabell 2: Oversikt over de benyttede meteorologiske stasjonene. .... <b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>	

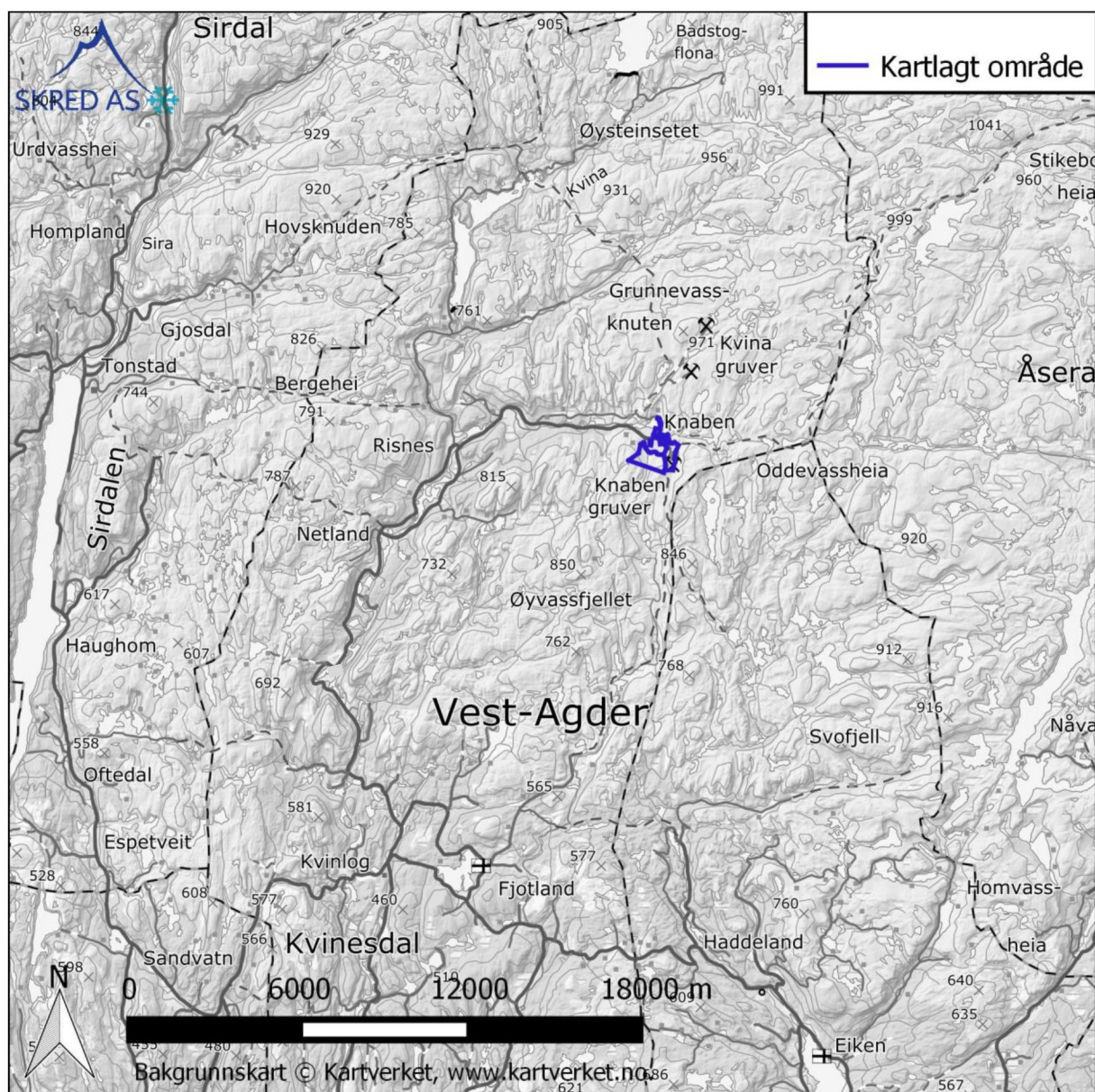


# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Skred AS er bedt om å utføre en skredfarekartlegging for et større reguleringsområde ved Knaben i Kvinesdal kommune. Formålet er å vurdere om området tilfredsstillende gjeldende sikkerhetskrav for tiltak som faller i sikkerhetsklasse S2, som inkluderer både boliger og fritidsboliger. Formålet er også å vurdere skredfare og ev. behov for risikoreduserende tiltak i deler av området der scooterløyper planlegges etablert. Etter ønske fra kommunen, er dette også vurdert opp mot kravene i sikkerhetsklasse S2.

Området er vist i figur 1 og figur 2.



Figur 1: Lokalisering av det vurderte området, på Knaben, ca. 25 km nord for Kvinesdal.



## 1.2 Mål

Skred AS er bedt om å utføre en skredfarekartlegging for områdene vist i figur 1. Dagens krav til sikkerhet mot skred, definert i TEK17 med veileder, for sikkerhetsklasse S2 skal legges til grunn for vurderingene.

## 1.3 Befaring

Befaring i området ble gjennomført av Andrea Taurisano, Skred AS, den 21.6.2018. Det var lettskyet oppholdsvær, med bar mark og gode observasjonsforhold på befaringstidspunktet. En drone ble anvendt for observasjon og fotografering av ufremkommelige deler av fjellsidene.

## 1.4 Forbehold

Informasjon om tidligere skredhendelser er viktige for vurdering av skredfare. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere skred, bør det tas med i betraktningene.

Vurderingene er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik de var på vurderingstidspunktet, på tilgjengelig bildemateriale, flyfoto, og kotegrunnlag. Hvis terreng eller vegetasjon endres, kan det ha betydning for skredforholdene. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

## 2 Krav til sikkerhet mot skred

### 2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg:

*«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»*

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (Tabell 1). Sannsynligheten i Tabell 1 angir den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, dvs. skred med intensitet som kan medføre fare for liv og helse og/eller større materielle skader. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2018).

*Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).*

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

I sikkerhetsklasse S1 inngår byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der et skred vil føre til middels konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Driftsbygninger i landbruket samt parkeringshus og havneanlegg er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S3 omfatter tiltak der et skred vil føre til store konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer og/eller der det er store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er:

- eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med mer enn 10 boenheter
- arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer
- skole, barnehage, sykehjem og lokal beredskapsinstitusjon

Kravet til sikkerhet for uteareal tilhørende bygninger, skal i utgangspunktet være lik kravet til bygningen. Allikevel åpner lovverket for å redusere sikkerhetsnivået til uteareal med en klasse, dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er blant annet eksponeringstiden for personer og antall personer som oppholder seg på utearealet.

## 2.2 Aktuelle krav

Det er opp til kommunene å vurdere aktuelle krav til sikkerhet i de ulike regulerings- og byggesakene. I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler, nevnt ovenfor. I det vurderte området er det ifølge kommunen aktuelt med tiltak som faller i sikkerhetsklasse S2, eks. boliger og fritidsboliger. Samme sikkerhetskrav legges av kommunen til grunn for de påtenkte scooterløypene, ettersom disse ventes å være relativt mye trafikkert om vinteren. Det kan også være aktuelt med tiltak som faller i sikkerhetsklasse S3. Vi har derfor vurdert skredfare i forhold til alle sikkerhetsklassene i TEK17.

## 2.3 Vurderte skredtyper

I TEK17 er det spesifisert at samlet sannsynlighet for alle skredtyper skal legges til grunn for vurderingen av årlig sannsynlighet. Vi har derfor vurdert følgende skredtyper:

- Skred i fast fjell
- Skred i løsmasser
- Snøskred, inkludert sørpeskred

Den endelige vurderingen av skredfare er samlet nominell årlig sannsynlighet for skred, som kan sammenliknes direkte med kravene i Tabell 1.

### 2.3.1 Snøskred og sørpeskred

Snøskred kan inndeles i løssnøskred og flakskred. Løssnøskred utløses i snø med lav fasthet, som gjerne starter med en liten lokal utglidning. Etter hvert som nye snøkorn blir revet med utvider skredet seg og kan få en pæreform. Flakskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flakskred som har størst skadepotensiale. Store snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 30-50° grader bratt. Der det er brattere enn dette glir snøen stadig ut slik at det ikke dannes større skred. Snøskred kan skape skredvind med kraft til å utrette stor skade.

Sørpeskred er en strøm med vannmettede snømasser. Sørpeskred følger som oftest forsenkninger i terrenget, og oppstår når dreneringen i grunnen er dårlig, som for eksempel på grunn av tele og is. Sørpeskred kan utløses i slakt terreng, for eksempel når kraftig snøfall blir etterfulgt av regn og mildvær. Sørpeskred kan også utløses når varme gir intens snøsmelting. Skredmassene har høy tetthet og skred med lite volum kan gi stor skade. Det er ikke utarbeidet aktsomhetskart for sørpeskred.

### 2.3.2 Skred i fast fjell

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller, eller sklir nedover en skråning benyttes begrepene steinsprang (volum <100 m<sup>3</sup>) og steinskred (volum 100-10.000 m<sup>3</sup>).

Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 40-45°.

### 2.3.3 Jordskred og flomskred

Jordskred starter med en plutselig utglidning i vannmettede løsmasser og blir som regel utløst i skråninger som er brattere enn 25-30°. Man kan skille mellom kanaliserte og ikke-kanaliserte jordskred.

Et kanalisert jordskred skaper en kanal i løsmassene som kan fungere som skredbane for nye skred. Skredmasser kan bli avsatt og danne langsgående rygger parallelt med kanalen. Når terrenget flater ut blir skredmassene avsatt i en tungeform. Over tid kan flere slike skred bygge en vifte av skredavsetninger. I et ikke-kanalisert jordskred flytter massene seg nedover langs en sone som gradvis kan bli bredere. Mindre jordskred kan oppstå i slakere terreng med finkorna, vannmettet jord og leire, gjerne på dyrka mark eller i naturlig terrasseformede skråninger i terrenget.

Flomskred er raske, vannrike, flomlignende skred som følger elve- og bekkeløp, eller raviner, gjel eller skar, ofte uten permanent vannføring. Helningen i utløsningsområdet kan være ned mot 10°. Skredmassene kan bli avsatt som langsgående rygger på siden av skredløpet, og oftest i en stor vifte nederst, der de groveste massene ligger ved roten av vifta og finere masser blir avsatt utover vifta. Massene i et flomskred kan komme fra store og små flomskred langsetter flomløpet, undergraving av sideskråninger og erosjon i løpet, eller i kombinasjon med sørpeskred.

### 2.3.4 Skredfare og klimaendringer

Spesielle værforhold er en dokumentert utløsende faktor for de fleste typer skred, og forekomsten av disse skredtypene vil naturlig bli påvirket dersom klimaet utvikler seg slik at ekstremt vær inntreffer oftere. Generelt vil et varmere og våtere klima kunne påvirke frekvensen av jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred, men i hvilken grad skredaktiviteten vil endres i hver landsdel er uvisst.

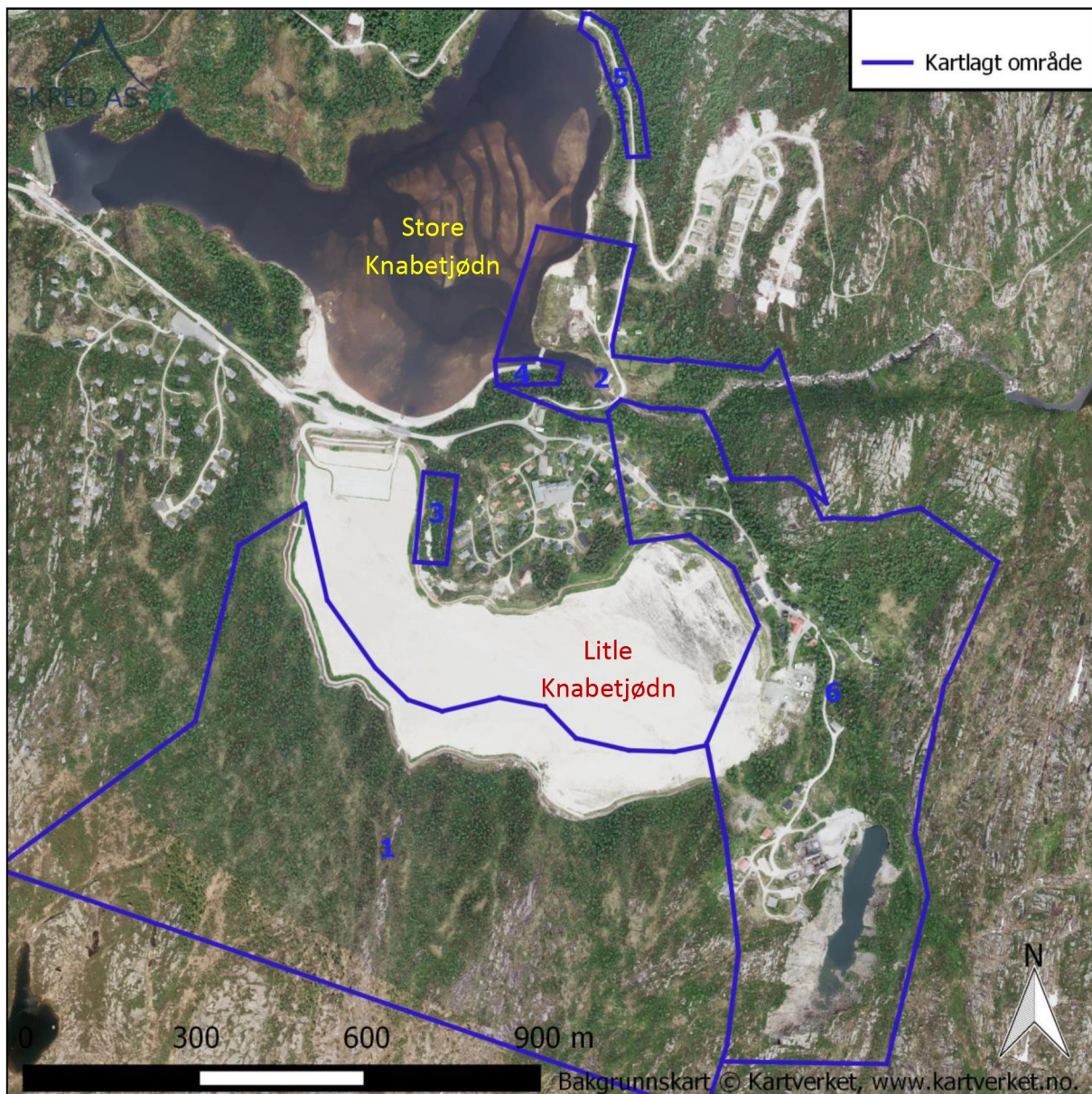
Det er ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for skredsannsynlighet, skredstørrelse eller skredutløp og så bruke dette i skredfarekartlegging. Klimautviklingen inngår dermed i en rekke usikkerhetsmomenter som det ikke finnes verktøy for å kvantifisere, men som vurderes skjønnsmessig når en utreder eller kartlegger skredfare.



### 3 Beskrivelse av området

Det vurderte området (Figur 2) ligger ved gruvebyen Knaben og strekker seg på østsiden av Store Knabetjødn (590 moh.) og rundt mesteparten av Litle Knabetjødn (600 – 610 moh.). Som flyfotoet viser er sistnevnte nå fylt opp av sand fra utvasking av malm under gruvedriften avsluttet i 1973.

Det aktuelle området er av kommunen delt opp i 6 delområder. Vi har nummerert disse som vist i Figur 2 for å gjøre det enklest å omtale delområdene i rapporten.



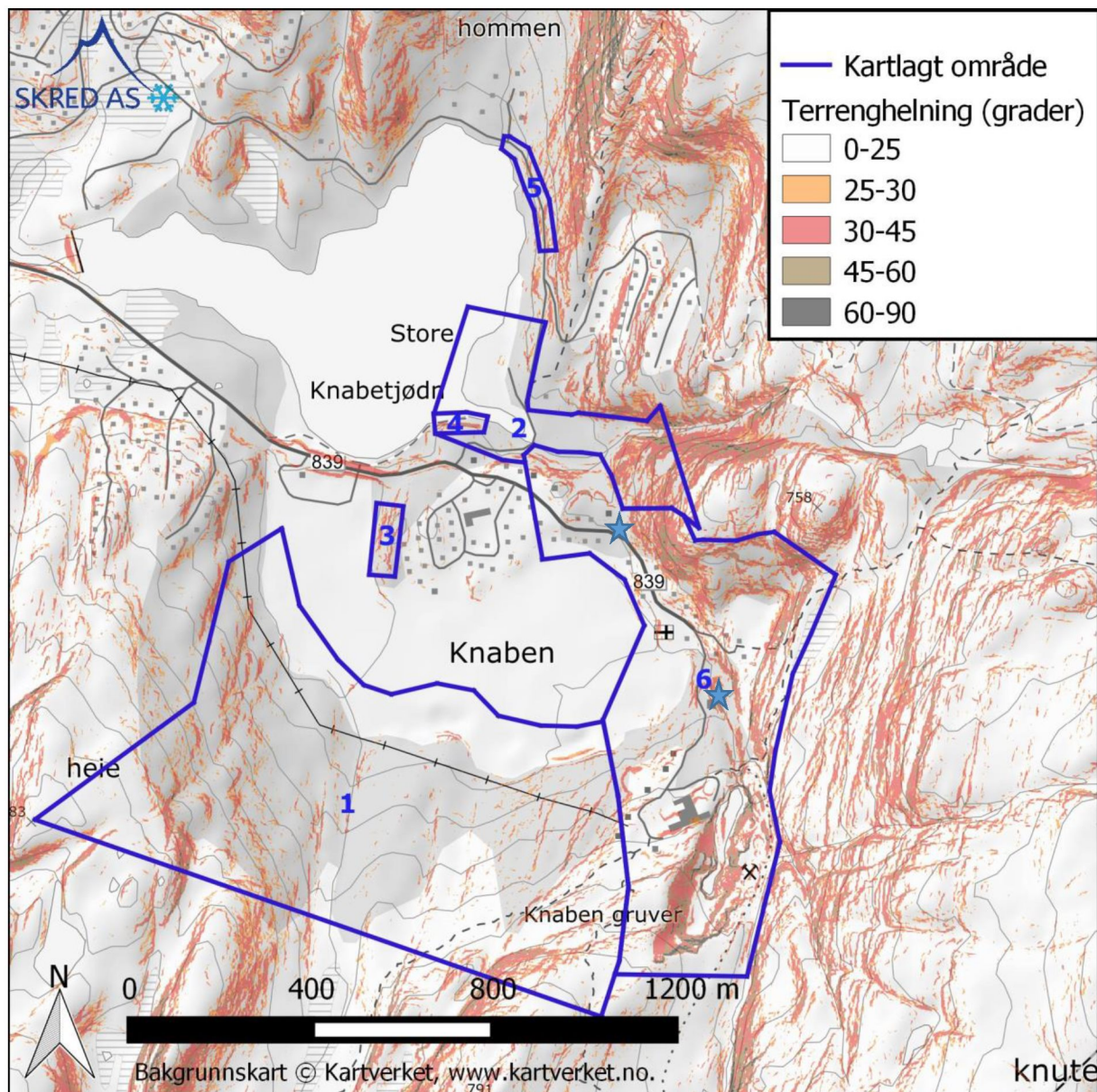
Figur 2: Det vurderte området med delområdene 1-6 i et flybilde.



### 3.1 Topografi

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med 1 x 1 m oppløsning fra laserscanning (LiDAR) utført i 2008 og 2010, istedenfor den nasjonale terrengmodellen med horisontal oppløsning på 10 m x 10 m. Kart med terrenghelning beregnet fra først nevnte terrengmodellen er vist i figur 3.

De topografiske forholdene i de 6 delområdene er veldig ulike, og vi har derfor valgt å beskrive dem i detalj i egne avsnitt nedenfor.



Figur 3: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over det vurderte området. De blå stjernene viser de to snøskredhendelsene registrert i den nasjonale skred databasen ([www.atlas.nve.no](http://www.atlas.nve.no), NVE (2018)).



### 3.2 Geologi

Berggrunnen i fjellsiden er bare kartlagt i målestokk 1:250 000 og består ifølge NGUs berggrunnsdatabase av metamorfe bergarter som diorittisk og granittisk gneis og migmatitt (NGU, 2018a).

Ifølge NGU løsmassekart (NGU, 2018b), er det tynt morenedekke i store deler av de aktuelle fjellsidene, og fjell i dagen i resten av dem. Ved Litle Knabetjødn og enkelte områder med bolig- og hyttefelt er det kartlagt antropogene materialer, dvs. fyllmasser.

### 3.3 Vegetasjon

Fjellsidene i og ovenfor kartleggingsområdet er delvis dekket av lauvskog med noen innslag av gran og furu. Den øvre skoggrensen er vanskelig å kartfeste nøyaktig, men ligger i dette området på ca. 700 – 800 moh.

Sammenligning av flyfoto fra perioden 1955 – 2014 viser bare en svak tendens til fortetting av skogen, og ellers ingen tydelige tegn på skred.

### 3.4 Registrerte skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2018) er det registrert to snøskredhendelser som har kommet inn i det vurderte området (Figur 3).

Den første er et snøskred som gikk i februar 1955 over bebyggelsen Ljosland og Uleberg ved Nedre Benkehommen, dvs. i midten av bebyggelsen på Knaben. Dette skredet begravde fire barn, hvorav tre døde.

Den andre hendelsen er et lite snøskred eller skavelbrudd i en lokal skråning mellom bebyggelsen og graven på Knaben, som i mars 1972 begravde og tok livet av to barn.

### 3.5 Tidligere rapporter

Vi har fått oversendt to tidligere skredfareutredninger, begge utført av NGI i 2006.

Den første rapporten (NGI, 2006a) inneholder en faresone for 1000 års skred for delområdene 3, 4 og 6 i vår rapport.

Den andre av dem gjelder Ørnehommen og Reinshommen, med et nytt hyttefelt der (NGI, 2006b). Denne rapporten er relevant for delområde 5 i vår rapport.

### 3.6 Aktsomhetsområder

Det vurderte området ligger delvis innenfor aktsomhetssoner for snøskred (delområder 1, 2, 5 og 6), steinsprang (delområde 6), samt jord- og flomskred (delområde 2 og 6) ifølge NVEs aktsomhetskart (NVE, 2018).

### 3.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Ingen sikringstiltak er registrert i nasjonal skreddatabase (NVE, 2018). På befaring registrerte vi to rader med gamle støtteforbygninger mot snøskred på vestsiden av Nedre Benkehommen. Vi får opplyst at disse er fra 1955 og antar derfor at de ble bygd rett etter den første ulykken nevnt i avsnitt 3.4.

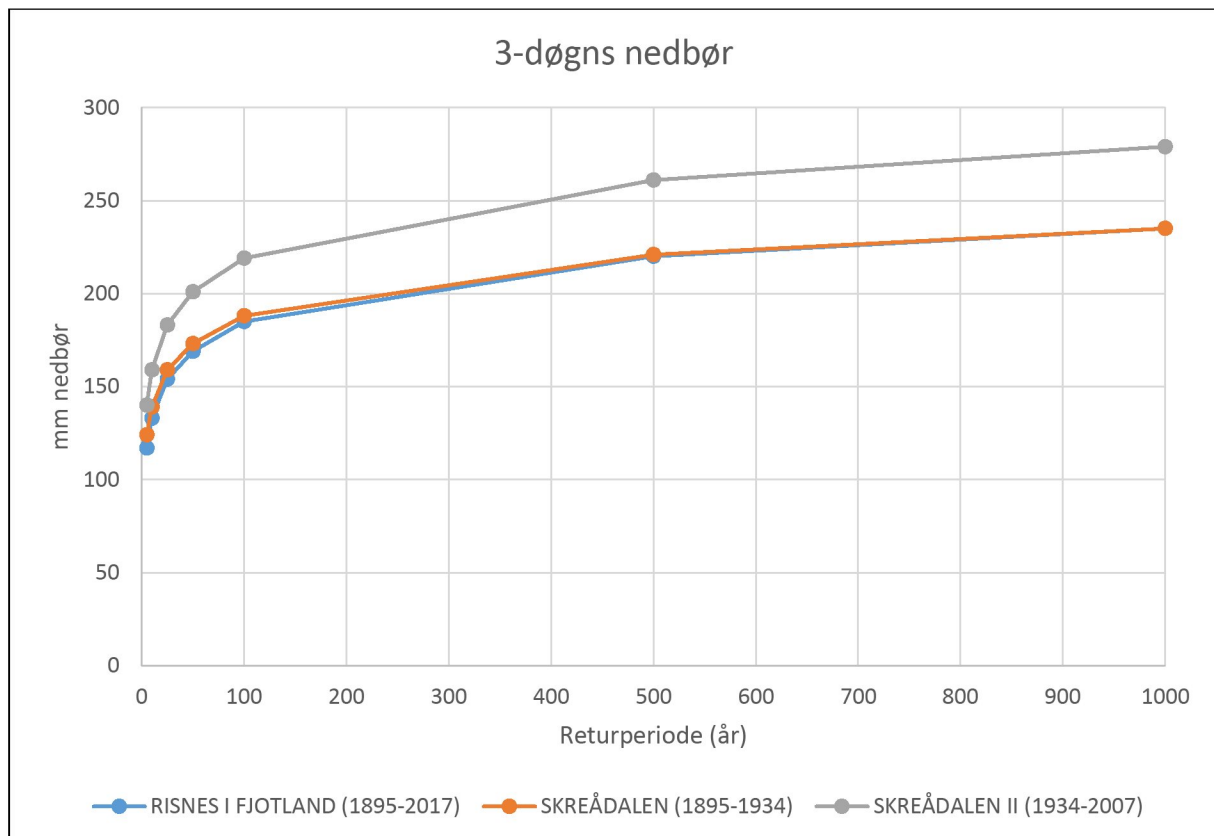
### 3.8 Klimatiske trekk av betydning for skredfare

I skredfareutredninger der snøskred forventes å være en aktuell skredtype, er det vanlig å utføre en analyse av områdets klimatiske trekk med størst betydning for snøskredfarevurderingen.

Begge NGI-rapportene nevnt i avsnitt 3.5, inneholder et kort avsnitt om områdets klima. Dette viser at området er nedbørsrikt (ca. 2000 mm nedbør i året), at 1-døgns og 5-døgns nedbør med 100 års gjentaksintervall er på henholdsvis 112 og 238 mm, og at vestlig og sørvestlig vind gir mest nedbør, selv om østavær også kan gi nedbør og mye vind.

Dette er basert på data fra stasjonene Risnes i Fjotland og Skreådalen.

Vi har utvidet analysen til å inkludere 3-døgns nedbør med 1000 års gjentaksintervall, ettersom vi mener dette er av større betydning for vurderinger i forhold til sikkerhetsklasse S2. Vår analyse (Figur 4) viser at forventet 3-døgns nedbør med 1000 års gjentaksintervall ved de to stasjonene er på 235 og 279 mm. Dette betyr at en 3-døgns nysnøtilvekst på ca. 2,5 m bør påregnes, ved slike gjentaksintervall. Dette inkluderer ikke tilvekst av nysnø grunnet vindtransport og økning av nedbør med høyden.



Figur 4: Beregnet 3-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for vintermånedene november til april. Dette antas å være snø ettersom løsnedområdene ligger 700 – 900 moh. Data fra [www.eklima.no](http://www.eklima.no).



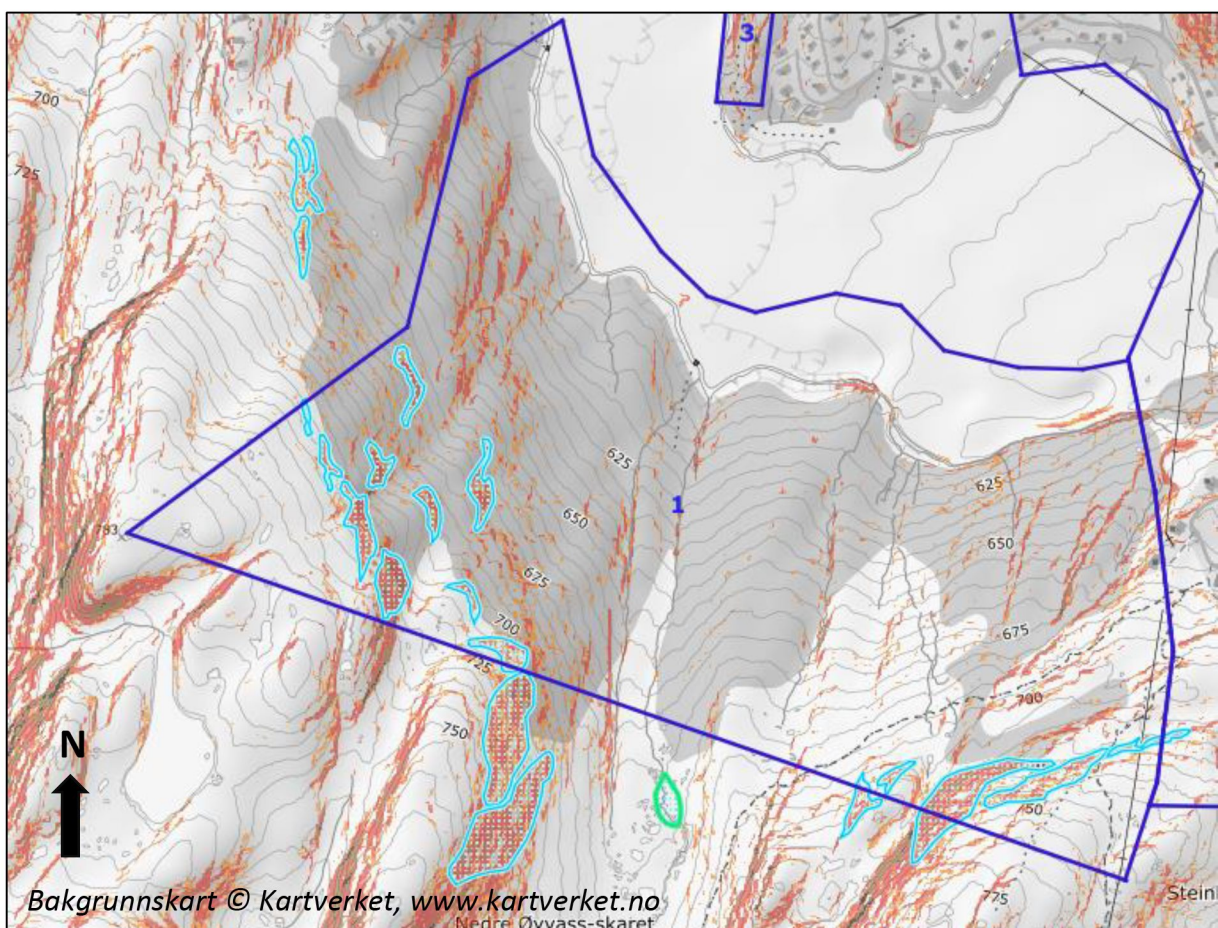
## 4 Delområde 1

### 4.1 Topografi

Delområdet strekker seg langs sørsiden av Litle Knabetjødn (600 – 610 moh.). Fjellsiden ovenfor området stiger opptil ca. 790 moh., dvs. ca. 200 m fra den sandfylte tjønna, og vender mot nord til øst. Delområdet er vist i Figur 5, Figur 6 og Figur 7.

Terrenget i fjellsiden er i all hovedsak slakere enn 25°. Det finnes imidlertid en del små partier som har helning over 25 - 30°. I den vestlige delen av delområdet ligger små brattheng spredt i hele fjellsiden. De som ligger opptil 650 moh. er skogdekket, mens de som ligger lenger oppe er i hovedsak bare. I den østlige delen av delområdet er de bratte partiene under 700 moh. veldig små og skogdekket, men det er et litt større sammenhengende bratt parti mellom 720 – 750 moh., og dette er bart.

Mellom den vestlige og den østlige delen av delområdet ligger en liten dal, Nedre Øyvass-skaret, hvorfra to bekker renner ned mot tjønna.



Figur 5: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 1. Mulige løснеområder for snøskred og sørpeskred er også vist (i blå og grønn farge, henholdsvis). Fargene i helningskartet er som i Figur 3.





Figur 6: Dronebilde av delområde 1. Områdeavgrensingen (blå polygon) er veldig omtrentlig.



Figur 7: Dronebilde av delområde 1, vestlig del.



## 4.2 Snøskred

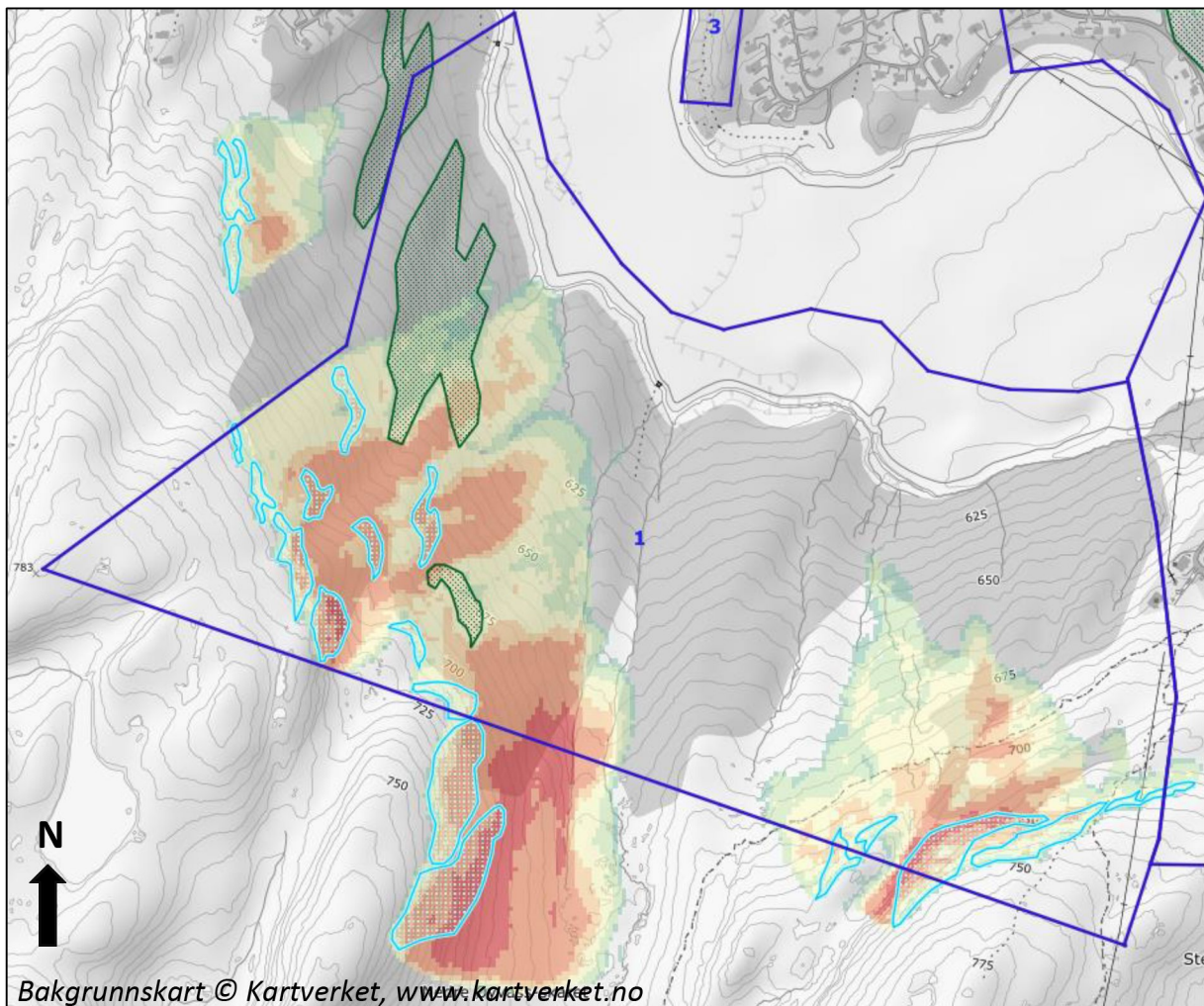
Det er flere potensielle løснеområder for snøskred, der terrenget er brattere enn 30° og bart. Tatt individuelt er løснеområdene små (Figur 5), faktisk så små at de færreste av dem fanges opp av aktsomhetskartet for snøskred, som bygger på en terrengmodell med 25 x 25 m oppløsning.

Deler av fjellsiden ligger imidlertid i le for sørvestlig vind, som ofte assosieres med store snøfall. Vi vurderer derfor at det er mulig med relativt store nysnømengder i den aktuelle fjellsiden, spesielt i vest. Dette tilsier at utløsning av snøskred er mulig. Det at flere løснеområder ligger relativt nære hverandre i ulike høyder, tilsier også at et eventuelt snøskred fra et høyereliggende løснеområde kan mobilisere snø fra bratte terrengpartier lenger ned (medriving).

Utløpet av snøskred fra aktuelle løснеområder er derfor beregnet ved hjelp av den vel utprøvde dynamiske modellen RAMMS (Christen m.fl., 2010). Det forutsettes utløsning av flak med gjennomsnittlig dybde på 2,5 m, som omtrent tilsvarer 3-døgns snøfall med 1000 års gjentaksintervall. Valget av akkurat 3-døgns nedbør, og ikke ett eller flere døgns nedbør, er basert på gjeldende retningslinjer i Sveits, i mangel på nasjonale norske standarder for slikt arbeid. For de minste løснеområdene er det imidlertid lagt større vekt på resultatet av beregninger som forutsetter utløsning av flak med 1,5 m dybde.

Resultatet av beregningene (Figur 8) viser at snøskred tilsvarende et scenario med antatt årlig sannsynlighet 1/1000, kan komme ned til foten av fjellsiden i vest, og nært foten i øst. Skogen er tatt med i beregningen, som indikerer at vegetasjonen ikke kan stoppe et 1000 års snøskred før dette har gått relativt langt ned i fjellsiden.

Tatt i betraktning klima- og terrenganalysen, samt modellresultatene, mener vi at den årlige sannsynligheten for skader fra snøskred i deler av dette delområdet er høyere enn 1/1000.



*Figur 8: Mulige løsneområder for snøskred (lyseblå polygoner) og eksempel på beregnet skredutbredelse, inkl. beregnet trykk fra skredmassene. Varme farger indikerer trykk som kan gi store ødeleggelse, mens kalde farger indikerer trykk som kan skade trekonstruksjoner. Skog av betydning for skredfarevurderingen er angitt i grønne polygoner.*

#### 4.3 Sørpeskred

Sørpeskred kan oppstå under ulike terrengsetninger og hydrologiske forhold og utløses etter forskjellige mekanismer. I likhet med andre skred styrt av høyt vanninnhold (eks. flomskred) har sørpeskred tendens til å følge forsenkede terrengpartier som bekkeløp og raviner.

Fjellsiden over dette delområdet har flere partier som er konkave og derfor egnet til akkumulasjon av snø. Utløsning av sørpeskred krever imidlertid også at tilstrekkelig store vannmengder skal bygges opp i snødekket uten at vann finner en naturlig avrenning. Vi mener at slike forhold, dvs. potensielle løsneområder for sørpeskred, er tilstede i deler av Nedre Øyvass-skaret (Figur 5).

Det er ikke gjort utløpsberegninger for dette løsneområdet fordi terrenget tilsier at eventuelle sørpeskred derfra vil følge bekkene som drenerer skaret, med potensielt utløp ned til tjønna. Et slikt scenario mener vi har en større årlig sannsynlighet enn 1/1000.



#### 4.4 Løsmasseskred

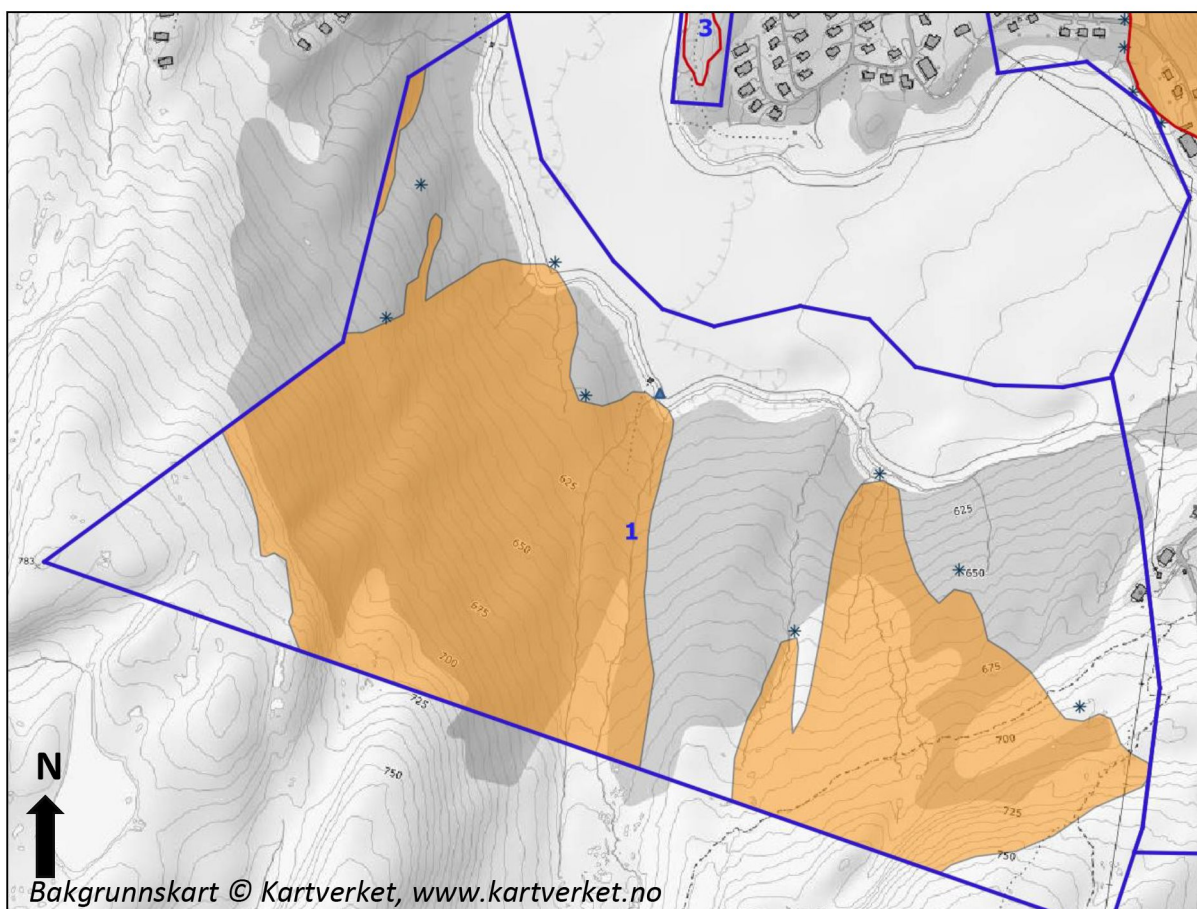
Det er bart fjell eller tynn morene i den aktuelle fjellsiden. Kun små terrengpartier er brattere enn 25 - 30°, og de fleste av disse synes å bestå av blottet fjell. Dette, samt at terrengeanalysen ikke viser tegn på løsmasseskred, tilsier at den årlige sannsynligheten for løsmasseskred er lavere enn 1/1000.

#### 4.5 Skred i fast fjell

Utfall av steinblokker krever skrenter med blottet fjell og helning over 40 - 45°. Det er få og svært små skrenter med en slik helning i dette delområdet. Utfallspotensialet fra skrenter på bare 2 - 5 m høyde, er erfaringsmessig begrenset og stopper normalt opp i utflatingene like nedenfor kildeområdene. Vår vurdering er derfor at steinsprang ikke er en dimensjonerende skredtype i dette delområdet.

#### 4.6 Faresoner for skred

Snøskred og sørpeskred er de dimensjonerende skredtypene i dette delområdet. Faresonene for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  er presentert i Figur 9. Komplet sett med faresoner for alle sikkerhetsklasser er presentert i Bilag 2. Skogen av betydning for faresonene er vist i Bilag 1.



Figur 9: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  i delområde 1. Dimensjonerende skredtype er vist med tilleggsymboler (\* = snøskred; ▲ = flom- og sørpeskred; ● = steinsprang).

#### 4.7 Mulighet for å redusere faresonene

Dersom nye bygg må plasseres innenfor faresonen, behøves sikringstiltak. Siden det er relativt mye plass i foten av fjellsiden, bør det være mulig å oppnå en betydelig reduksjon av faresonene ved hjelp av løsmassevoller, enten i form av fangvoller eller ledevoller. Det er også mulig å redusere eller fjerne faresonene ved å etablere støtteforbygninger i løsneområdene. Støtteforbygninger blir i praksis det eneste alternativet dersom fritidsbebyggelse skal etableres midt eller oppe i fjellsiden, dvs. nærmere løsneområdene, og ikke bare i foten av fjellsiden.

Eventuelle sikringstiltak må detaljprosjekteres, og kostnadene ved bygging av fysiske sikringstiltak ventes å kunne bli store i forhold til evt. nye private boliger / fritidsboliger. Ny bebyggelse anbefales derfor plassert utenfor faresonene.

#### 4.8 Sikkerhet for ev. scooterløyper

Eventuelle scooterløyper vurderes å kunne etableres langs sørsiden av Litle Knabetjødn. Dette innebærer at ev. løype veldig marginalt kommer inn i faresonen for 1000-års skred. Dersom dette ikke aksepteres kan løypen etableres lenger nord, eks. langs delområdet nordlige grense (Figur 9).



## 5 Delområde 2

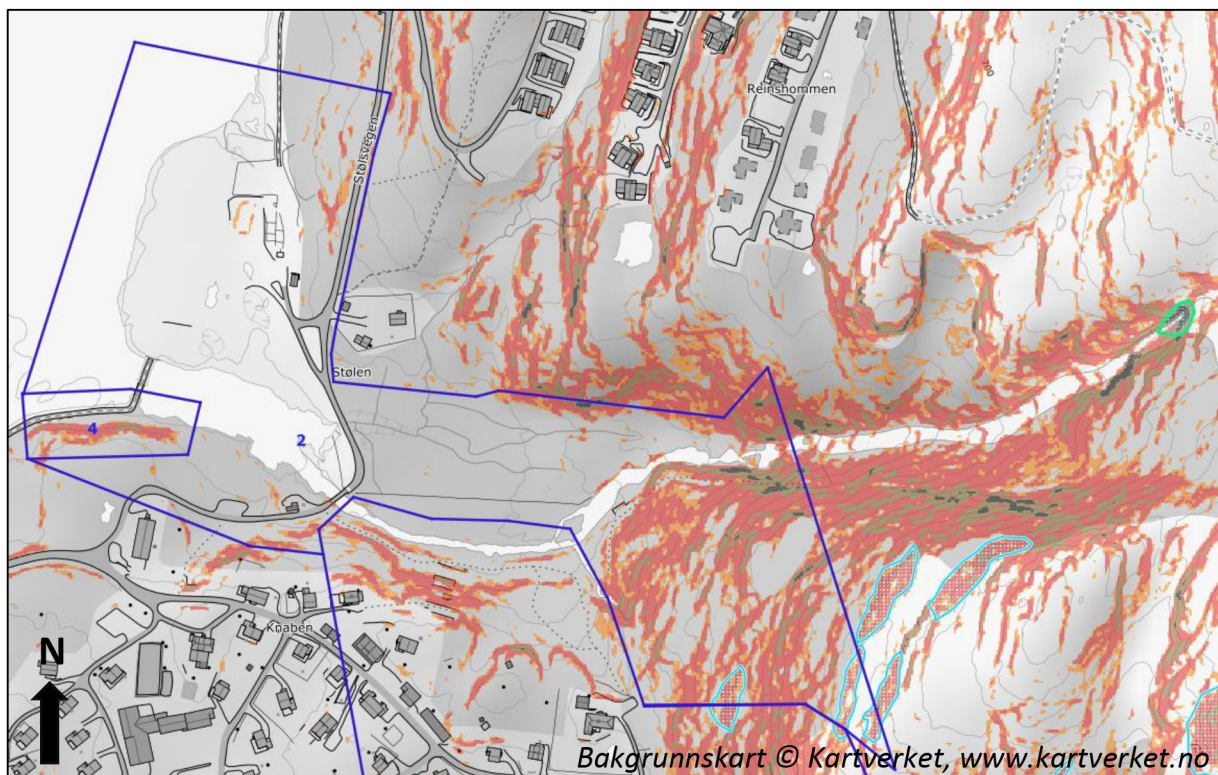
### 5.1 Topografi

Delområdet ligger på sørøstsiden av Store Knabetjødn (589 moh.), mellom Knaben og Reinshommen, samt delvis i den nederste delen av elvedalen der Inntaksdammen og Finndalsdammen ligger.

Den vestlige delen av delområdet er flatt og ser delvis ut å ligge på flomavsetninger fra elva som renner ned fra øst (Figur 10).

Den østlige delen av delområdet, mot elvedalen, har betydelig brattere skråninger: I nord er en skråning på opptil 70 m høyde med terrenghelning mellom 30 - 60°. På sørsiden av elva stiger en bratt skråning opptil 740 moh., dvs. en ca. 150 m relativ høyde i forhold til elva.

Det er veldig bratt terreng langs mesteparten av elvedalen (Figur 11 og Figur 12).



Figur 10: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 2. Mulige løснеområder for snøskred og sørpeskred er også vist (i lyseblå og grønn farge, henholdsvis). Fargene i helningskartet er som i Figur 3.





*Figur 11: Dronebilde av delområde 2, sett fra nordvest.*



*Figur 12: Dronebilde av den øvre (østlige) delen av delområde 2, mot elvedalen og Inntaksdammen.*



## 5.2 Snøskred

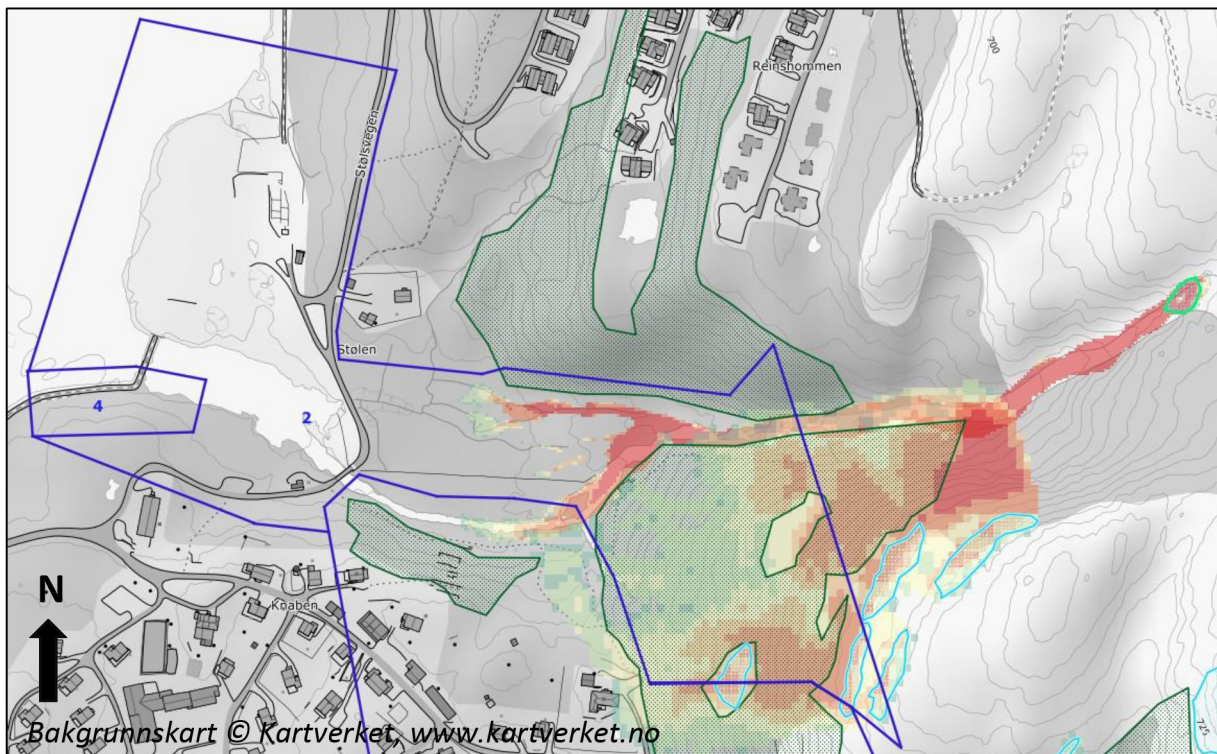
Det er 4 - 5 potensielle løснеområder for snøskred, der terrenget er brattere enn 30° og bart, ovenfor den sørøstlige delen av delområdet (Figur 10). Dette er samme fjell der et snøskred løsnet i 1955. Løsneområdene som er relevante for dette delområdet, ligger rett nord for de som ga skred i 1955, og vender mot vest til nordvest istedenfor vest-sørvest. I det store bildet, der store snømengder kan komme både med sørvestlig og med østlige vindretninger, har de aktuelle løsneområdene et like stort skredpotensial som de (nå delvis sikret) som ga skred i 1955.

Det er skog med varierende tetthet i fjellsiden nedenfor løsneområdene. Denne skogen vurderes å redusere størrelsen på løsneområdene, ved at den begrenser den mulige bruddforplantingen i eventuelle flakskred. Skogen vurderes også å kunne ta litt av energien av eventuelle skred, selv om den ikke vil kunne stoppe skredmasser før disse har nådd foten av fjellet.

Utløpet av snøskred fra aktuelle løsneområder er beregnet ved hjelp av den vel utprøvde dynamiske modellen RAMMS (Christen m.fl., 2010). Det forutsettes utløsning av flak med gjennomsnittlig dybde på 2,5 m, som omtrent tilsvarer 3-døgns snøfall med 1000 års gjentaksintervall. Valget av akkurat 3-døgns nedbør, og ikke ett eller flere døgns nedbør, er basert på gjeldende retningslinjer i Sveits, i mangel på nasjonale norske standarder for slikt arbeid.

Resultatet av beregningene (Figur 13) viser at snøskred tilsvarende et scenario med antatt årlig sannsynlighet 1/1000, kan forsere skogen og komme ned til elva.

Tatt i betraktning klima- og terrengeanalysen, samt modellresultatene, mener vi at den årlige sannsynligheten for skader fra snøskred i deler av dette delområdet er større enn 1/1000.



Figur 13: Mulige løснеområder for snøskred (blå polygoner) og eksempel på beregnet skredutbredelse, inkl. beregnet trykk fra skredmassene. Varme farger indikerer trykk som kan gi store ødeleggelser, mens kalde farger indikerer trykk som kan skade trekonstruksjoner. Skog av betydning for skredfarevurderingen er angitt i grønne polygoner. Utløp av sørpeskred fra elvedalen (lysegrønt løснеområde) er også vist.

### 5.3 Sørpeskred

Sørpeskred kan oppstå under ulike terrengsettinger og hydrologiske forhold og utløses etter forskjellige mekanismer. I likhet med andre skred styrt av høyt vanninnhold (eks. flomskred) har sørpeskred tendens til å følge forsenkede terrengpartier som bekkeløp og raviner.

Ettersom området er snørikt antar vi at den smale og bratte elvedalen (Figur 12) kan samle relativt store mengder snø. Uten at vi vet hvordan elva er regulert nå som gruvedriften er avviklet, mener vi at forholdene langs elveløpet kan ligge til rette for sørpeskred.

Eventuelle sørpeskred ventes å følge elvedalen til denne åpner seg mot Stølen. Der viser utført modellering (Figur 13) at masser med en flyte høyde, energi og hastighet i stand til å gi skader, ville spre seg mellom hovedveløpet i sør og noen bekkeløp som representerer flomløp, litt lenger nord. Vann og slam ville nok få enda lenger utløp, i praksis helt til tjønna, dog ikke nødvendigvis med betydelig skadepotensial. Et slikt scenario mener vi har en større årlig sannsynlighet enn 1/1000.



#### 5.4 Løsmasseskred

Det er bart fjell eller veldig tynn morene i den aktuelle fjellsiden. Dette, samt at terrengeanalysen ikke viser tegn på jordskred, tilsier at den årlige sannsynligheten for det er mindre enn 1/1000.

Det ligger relativt mye og grovt materiale i midtre og nedre del av elveløpet, og dette tilsier at flommer i denne elva kan ha betydelig energi. Sannsynligheten for flomskred vurderes derfor å være større enn 1/1000. Dynamikken av flomskred og sørpeskred er på mange måter lik. Som nevnt i avsnittet om sørpeskred, ventes de faste massene å avsettes ved utmunningen av dalen, mens vann og slam ventes å kunne gå helt ut i tjønnna.

Mesteparten av dette delområdet ligger innenfor aktsomhetssone for flom, med maksimal vannstandstigning på 4 – 5 m. Det aktuelle kartet er imidlertid veldig grovt, og en detaljert flomfarevurdering anbefales dersom området tenkes omregulert til byggeformål.

#### 5.5 Skred i fast fjell

Utfall av steinblokker krever skrenter med blottet fjell og helning over 40 - 45°. Både på nord- og på sørsiden av elvedalen, øst i delområdet, er det skrenter med en slik helning. Observasjoner viser at de er stedvis ganske oppsprukket. Utfall av blokker derfra vurderes som mulig, men det meste av det materialet vil falle ut mot elveløpet, der dalen er så smal og bratt at utbygging er veldig usannsynlig. Eventuelt utfall mot vest, der terrenget flater ut nok til å gjøre utbygging teoretisk mulig, ventes ikke å ha utløp som kan overskride det beregnede utløpet for eventuelle snøskred og spesielt sørpeskred.

Derfor vurderes ikke steinsprang å være en dimensjonerende skredtype i dette delområdet.

#### 5.6 Faresoner for skred

Sørpeskred og i noen grad snøskred er de dimensjonerende skredtypene i dette delområdet. Faresonene for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  er presentert i Figur 14. Komplet sett med faresoner for alle sikkerhetsklasser er presentert i Bilag 2. Skog av betydning for faresonene er vist i Bilag 1.

#### 5.7 Mulighet for å redusere faresonene

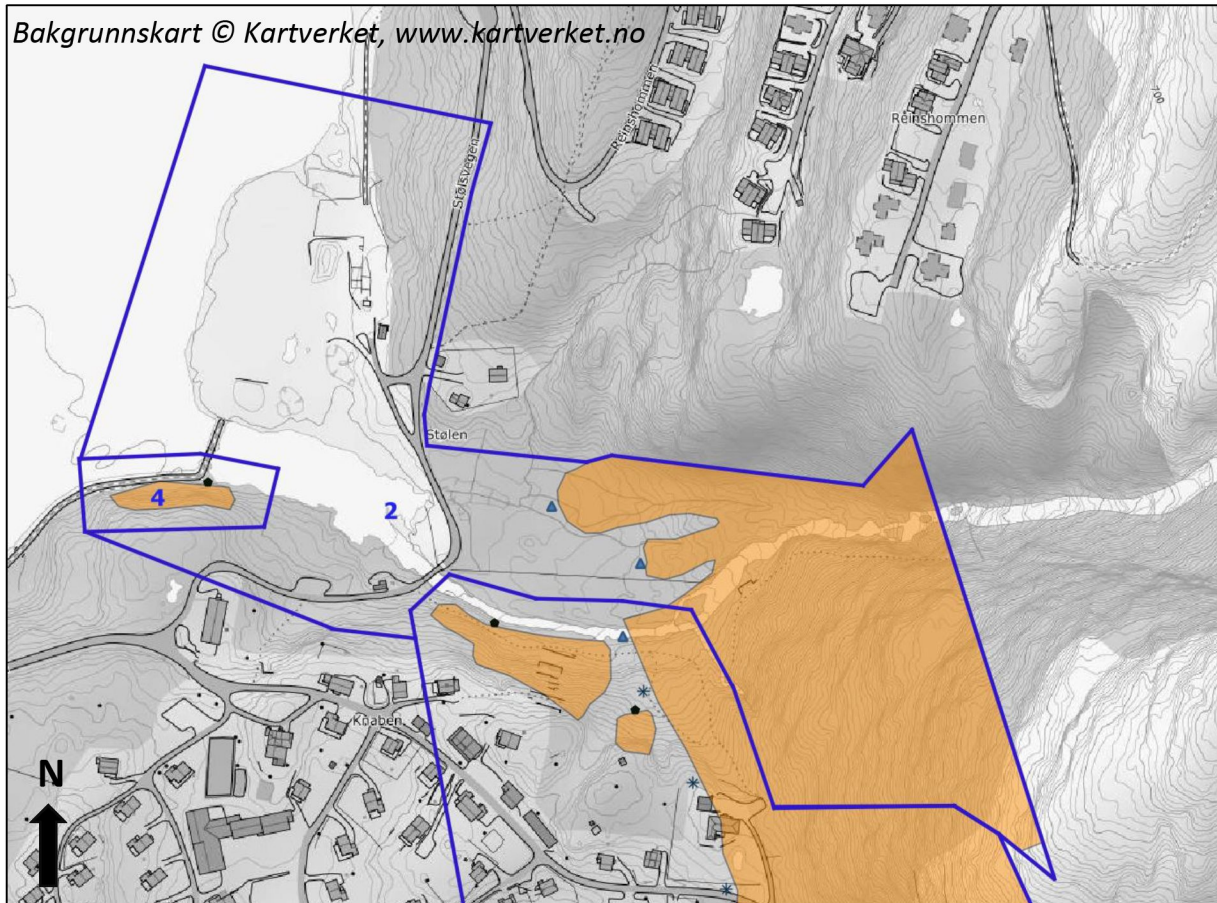
Dersom nye bygg må plasseres innenfor faresonen, behøves sikringstiltak. Der faresonen er dimensjonert av sørpeskred, er det for en betydelig reduksjon av faresonen nødvendig med tiltak som kan fange opp, kanalisere eller lede om skredmassene. Dette ville bety omfattende terrengeingrep (sedimentasjonsbasseng eller flomforebygging i stand til å ta opp sørpeskred).

Der faresonen er dimensjonert av snøskred (i den bratte fjellsiden i sørøst) er det mulig å redusere eller fjerne faresonene ved å etablere støtteforbygginger i løsnemårene.

Eventuelle sikringstiltak må detaljprosjekteres, og kostnadene ventes å kunne bli store i forhold til ev. nye private boliger / fritidsboliger. Ny bebyggelse anbefales altså plassert utenfor faresonene.

## 5.8 Sikkerhet for ev. scooterløyper

Eventuelle scooterløyper vurderes å kunne etableres langs eller nedenfor Stølsvegen uten at disse kommer inn i faresonen for 1000-års skred, og derfor uten behov for sikringstiltak.



Figur 14: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  i delområde 2. Dimensjonerende skredtype er vist med tilleggssymboler (\* = snøskred; ▲ = flom- og sørpeskred; ● = steinsprang).



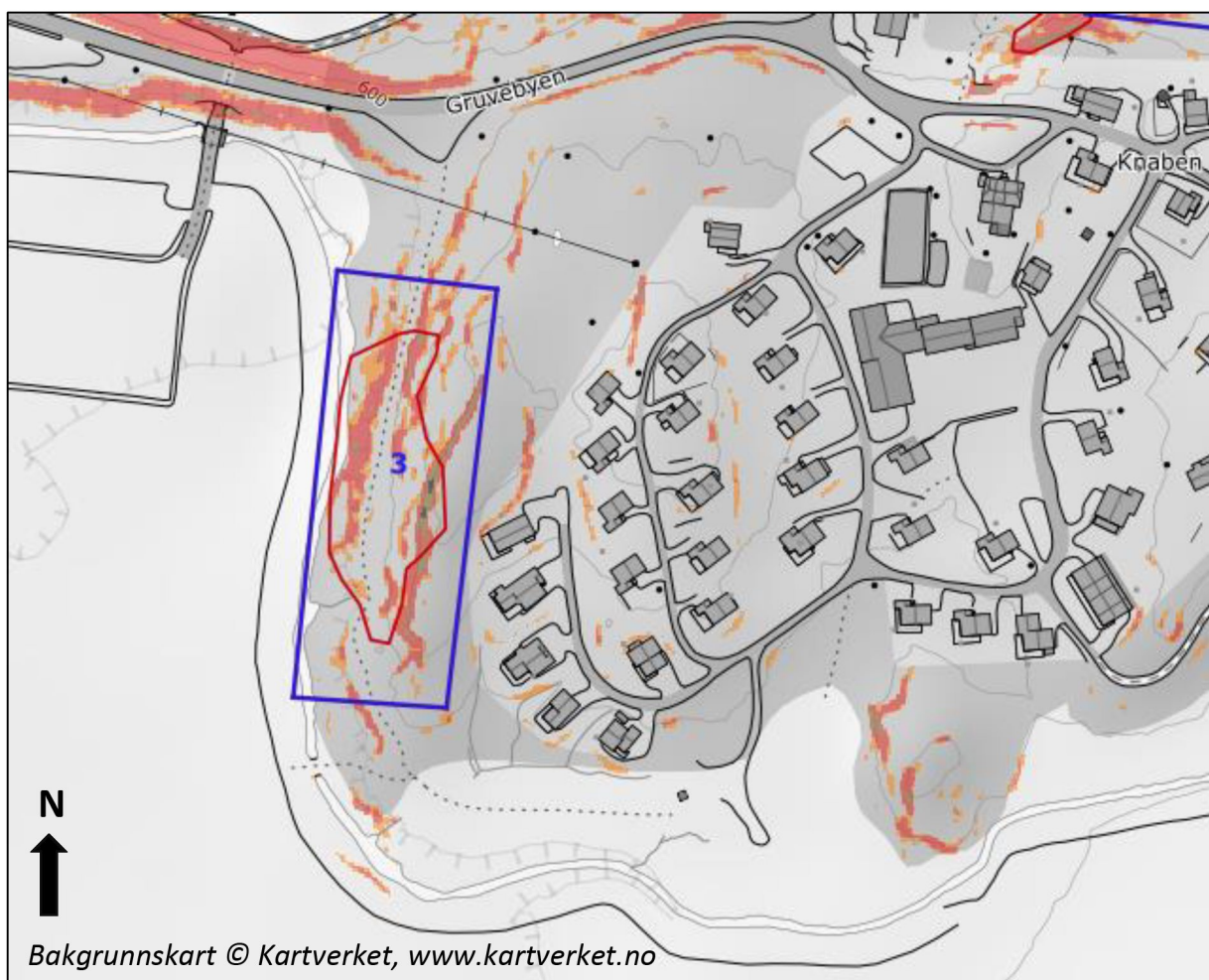
## 6 Delområde 3

### 6.1 Topografi

Dette delområdet er omtalt som «o\_FRI\_2» i kommunen tilbudsforespørsel. Delområdet ligger mellom etablert fritidsbebyggelse på Knaben og østsiden av Litle Knabetjødn (600 - 610 moh.). Det er en faresone for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  tegnet av NGI for dette området (NGI, 2006a).

Den totale skråningshøyden er på ca. 15 - 18 m (Figur 15), men området består egentlig av to lange og parallelle løsmasseskråninger hver med høyde på 5 – 6 m og terrenghelning på 25 - 40°, samt en lang fjellskrent også med høyde opptil 5 – 6 m og helning på 45 - 80°. Mellom de to løsmasseskråningene, og mellom den øvre av disse og fjellskrenten, er det slakere terreng.

En scooterløype planlegges etablert i det slakere terrengbeltet mellom de to nedre skråningene, dvs. omtrent langs den stiplede linja i Figur 15.



Figur 15: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 3. Scooterløypen tenkes etablert omtrent langs den stiplede linja mellom de to skråningene. Faresonen tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist i figuren (rød polygon). Fargene er som i Figur 3.





Figur 16: Dronebilde av delområde 3.



Figur 17: Bilde av delområde 3.



## 6.2 Snøskred

De tre terrengbeltene der terrenget er brattere enn  $30^\circ$ , har en høyde på maks 5 – 6 m og er adskilt av mye slakere avsatter. I tillegg til å ha liten størrelse og fallhøyde er to av de tre bratte terrengbeltene delvis skogsdekket. Det tredje terrengpartiet er en tilnærmet loddrett fjellskrent. Vi vurderer disse tre terrengbeltene så vidt å kunne gi snøskred av betydning for skiløpere / scooterkjøring, der skred utløses på grunn av tilleggsbelastning, men ikke snøskred av betydning for faresoner iht. TEK17 i sikkerhetsklasse S2.

Dersom scooterløypen legges langs et av de slakere terrengbeltene som går på langs mellom skråningene, og vegetasjonen i resten av terrenget ikke fjernes, mener vi at muligheten for at turgåere eller scooter på løypen utløser farlige snøskred også vil være svært liten.

Muligheten for at scooterkjøring på løypen fjernutløser skred i det lille, bratte terrengbeltet ovenfor, vil være ytterligere redusert dersom løypen brukes mer eller mindre regelmessig gjennom vinteren: Trafikking av løypen vil nemlig hindre at snødekket der får en farlig lagdeling med vedvarende svake lag som fortsetter uavbrutt mot bratthengene. Dette forutsetter at scootertrafikken holder seg på scooterløypen.

## 6.3 Sørpeskred

Vi vurderer det ikke aktuelt med sørpeskred i dette lille delområdet.

## 6.4 Løsmasseskred

Det er løsmasser i de bratte delene av dette delområdet. Skråningene er imidlertid bare opptil 5 – 6 m høye og består av sand eller sandholdige masser. Disse er forholdsvis lett eroderbare, men relativt permeable og har liten tendens til å gi utglidninger slik man ser i mer finkornede løsmasser. Alt dette tilsier at den årlige sannsynligheten for farlige løsmasseskred er lavere enn 1/1000.

## 6.5 Skred i fast fjell

Utfall av steinblokker krever skrenter med blottet fjell og helning over  $40 - 45^\circ$ . Det er en ca. 70 m lang og 2 – 6 m høy skrent med en slik helning i dette delområdet. Skrenten er imidlertid svært lite oppsprukket, men veldig solid og avrundet. Det er ikke registrert utfallsmateriale i avsatsen rett under skrenten. Vår vurdering er derfor at sannsynligheten for steinsprang er betydelig lavere enn 1/1000.

## 6.6 Faresoner for skred

Vi vurderer sannsynligheten for skred i dette delområdet som mindre enn 1/1000, og derfor er ikke denne faresonen tegnet. Komplet sett med faresoner er presentert i Bilag 2.

## 6.7 Sikkerhet for ev. scooterløyper

Dersom scooterløypen legges langs et av de slakere terrengbeltene som går på langs mellom bratte skråninger (dvs. løypen legges langs stiplet linje i Figur 15), og vegetasjonen i resten av terrenget ikke fjernes, mener vi at muligheten for skred på løypen vil være svært liten. Dette betyr at scooterløype i dette delområdet ikke krever risikoreduserende tiltak.



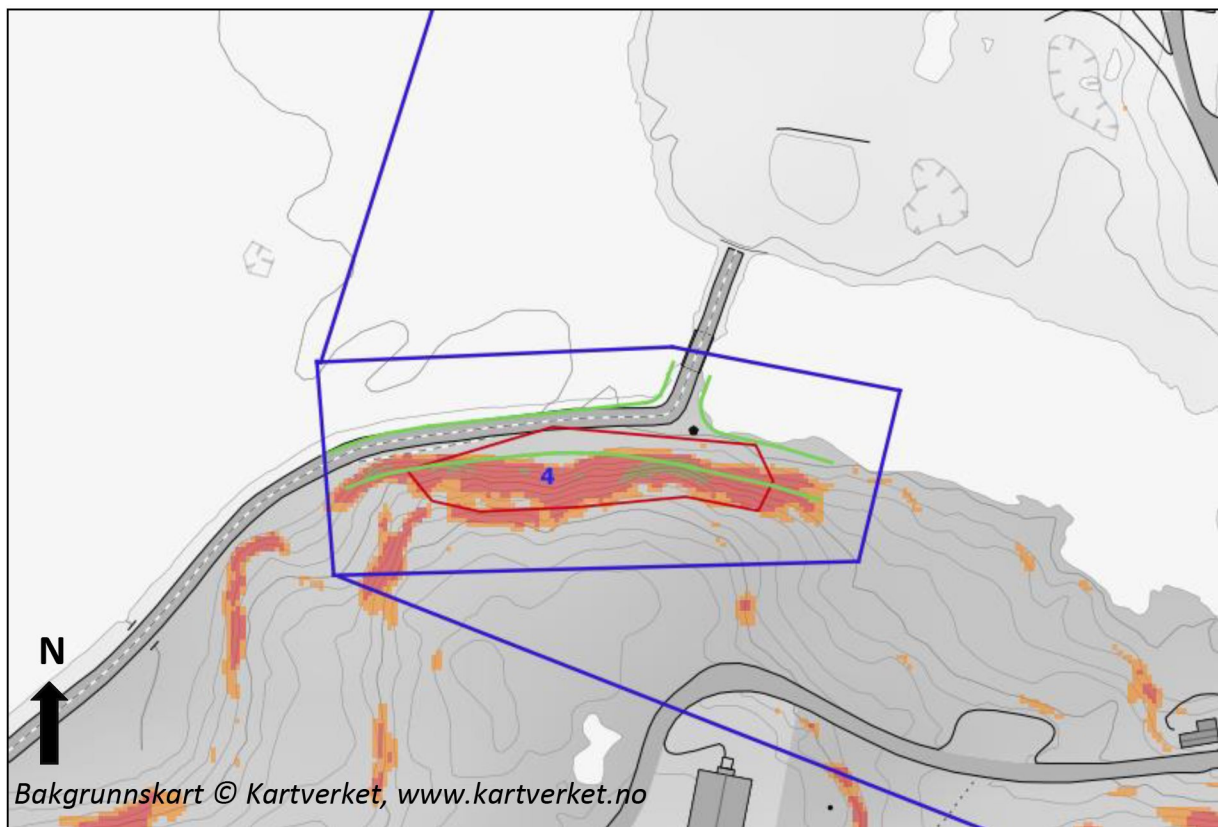
## 7 Delområde 4

### 7.1 Topografi

Dette delområdet er omtalt som «o\_FRI\_1» i kommunen tilbudsforespørsel. Delområdet ligger rett nord for bebyggelsen på Knaben, ved sørøstenden av Store Knabetjødn (590 moh.). Det er en faresone for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  tegnet av NGI i dette området (NGI, 2006a).

Den totale skråningshøyden er på ca. 12 m (Figur 18), hvorav 5 – 9 m har terrenghelning på 25 - 50°.

En scooterløype planlegges etablert i foten av skråningen, antakelig langs den eksisterende vejen, som er vinterstengt for biltrafikken.



Figur 18: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 4. Scooterløypen tenkes etablert i foten av skråningen, omtrent langs eksisterende veg (mellom de grønne linjene). Faresonen tegnet av NGI i 2006 er også vist i figuren (rød polygon). Fargene i helningskartet er som i Figur 3.



Figur 19: Dronebilde av delområde 4, omtrentlig avgrenset av den blå polygonen.

## 7.2 Snøskred

Terrengbeltet der terrenget er brattere enn  $30^\circ$ , har en høyde på maks 9 m og er skogsdekket. Vi vurderer dette terrengbeltet så vidt å kunne gi snøskred av betydning for skiløpere / scooterkjøring, og det kun hvis mennesker ferdes i selve bratthenget der plantene ikke står veldig tette.

Dersom scooterløypen legges langs den etablerte vegen i vannkanten, og vegetasjonen i terrenget ovenfor ikke fjernes, mener vi at muligheten for at turgåere eller scooter på løypen utløser farlige snøskred også vil være svært liten.

Muligheten for at scooterkjøring på løypen fjernutløser skred i bratthenget ovenfor, vil være ytterligere redusert dersom løypen brukes mer eller mindre regelmessig gjennom vinteren: Trafikking av løypen vil nemlig hindre at snødekket der får en farlig lagdeling med vedvarende svake lag som fortsetter uavbrutt mot bratthenget. Dette forutsetter at scootertrafikken holder seg på scooterløypen.

## 7.3 Sørpeskred

Vi vurderer det ikke aktuelt med sørpeskred i dette lille delområdet.



#### 7.4 Løsmasseskred

Det er løsmasser i de bratte delene av dette delområdet. Det er imidlertid også relativt tett skog, og ingen tegn etter løsmasseskred. Alt dette tilsier at den årlige sannsynligheten for løsmasseskred er lavere enn 1/1000.

#### 7.5 Skred i fast fjell

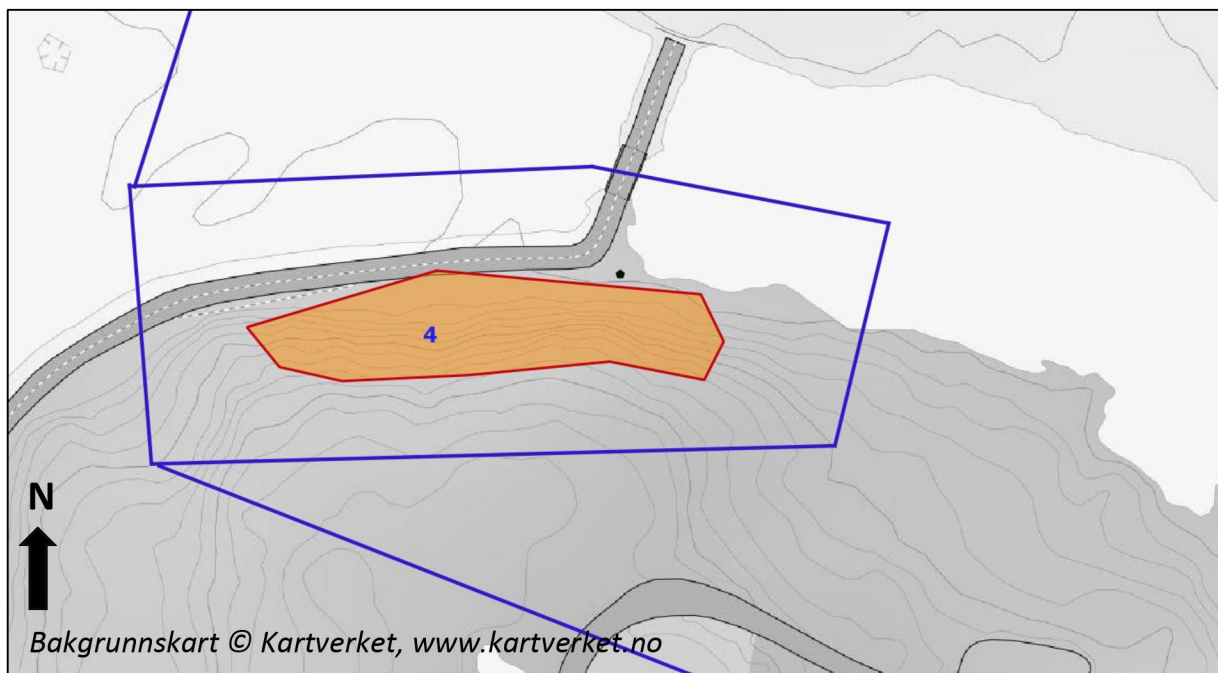
Utfall av steinblokker krever skrenter med blottet fjell og helning over 40 - 45°. Det er en ca. 75 m lang og opptil 9 m høy skrent i dette delområdet. Enkelte, små deler av skrenten er bratte nok til at stein i teorien kan falle ut. Det er tilnærmet umulig å tallfeste sannsynligheten for skred fra svært små skrenter som den aktuelle. Konservativt, mener vi at NGIs faresone kan brukes videre. Det vil si at sannsynligheten for steinsprang i selve bratthenget kan være høyere enn 1/1000, men på den eksisterende vegen der scooterløypen tenkes etablert er lavere enn 1/1000.

#### 7.6 Faresoner for skred

Vi vurderer at sannsynligheten for skred i selve bratthenget kan være høyere enn 1/1000, men på den eksisterende vegen der scooterløypen tenkes etablert er lavere enn 1/1000 (Figur 20). Vi opprettholder altså faresonen fra NGI, 2006a. Komplet sett med faresoner iht. TEK17 er presentert i Bilag 2.

#### 7.7 Sikkerhet for ev. scooterløyper

Dersom scooterløypen legges langs den etablerte vegen i vannkanten, og vegetasjonen i terrenget ovenfor ikke fjernes, mener vi at muligheten for skred ned på løypen vil være svært liten. Scooterløype i dette delområdet krever ikke risikoreduserende tiltak.



Figur 20: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  i delområde 4 (oransje farge). Faresone tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist (rød polygon). Dimensjonerende skredtype er vist med tilleggssymboler (\* = snøskred; ▲ = flom- og sørpeskred; ● = steinsprang).

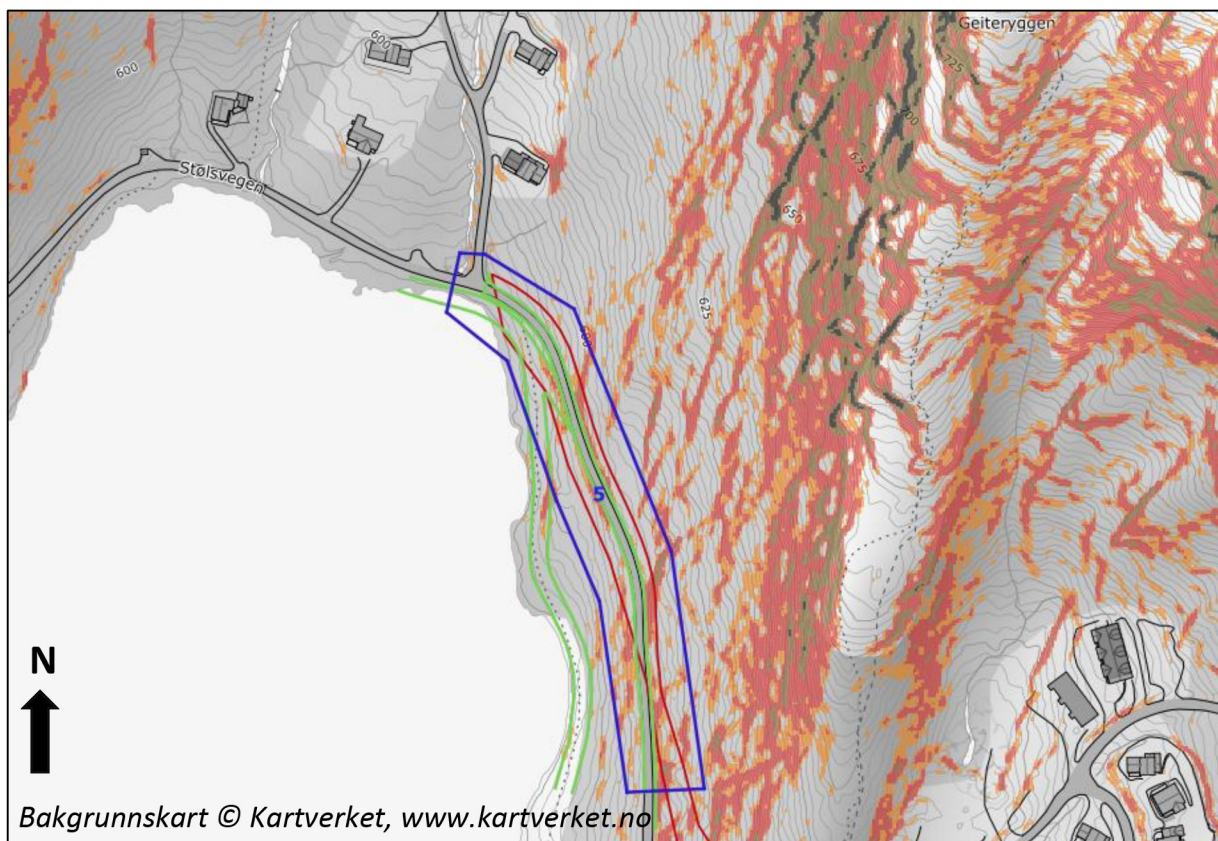
## 8 Delområde 5

### 8.1 Topografi

Dette delområdet er omtalt som «LNFRN\_8» i kommunen tilbudsforespørsel. Delområdet ligger nord for bebyggelsen på Knaben, på nordøstsiden av Store Knabetjødn (590 moh.). Det er en faresone for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  tegnet av NGI i dette området (NGI, 2006b).

Området strekker seg i foten av en fjellrygg (Geiteryggen) hvis høyde avtar mot sør, slik at den totale skråningshøyden over eksisterende veg er opptil 120 m i nord og ca. 35 m i sør (Figur 21 og Figur 22). Langs hele området har den øvre halvparten av skråningen terrenghelning over 25 - 30°. Innenfor dette bratte terrengbeltet er det også en del tilnærmet vertikale fjellskrenter.

En scooterløype planlegges etablert i foten av skråningen, langs den eksisterende veg, som er vinterstengt for biltrafikken.



Figur 21: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 5. Scooterløypen tenkes etablert langs eksisterende veg (grønne linjer). Faresonen tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist i figuren (rød polygon). Fargene i helningskartet er som i Figur 3.





Figur 22: Dronebilde av delområde 5, omtrentlig avgrenset i den blå polygonen.

## 8.2 Snøskred

Øverst i fjellsiden, over skoggrensen, er det et terrengbelte brattere enn  $30^\circ$ . Dette beltet består stedvis av loddrette skreter som neppe akkumulerer mye snø, men inneholder også flere små konkave partier der snøakkumulasjon er mulig, spesielt i forbindelse med snøfall under østlige vindretninger eller dersom østlig vind etterfølger store snøfall fra andre vindretninger, slik at tørr snø blåses inn i løснеområder østfra.

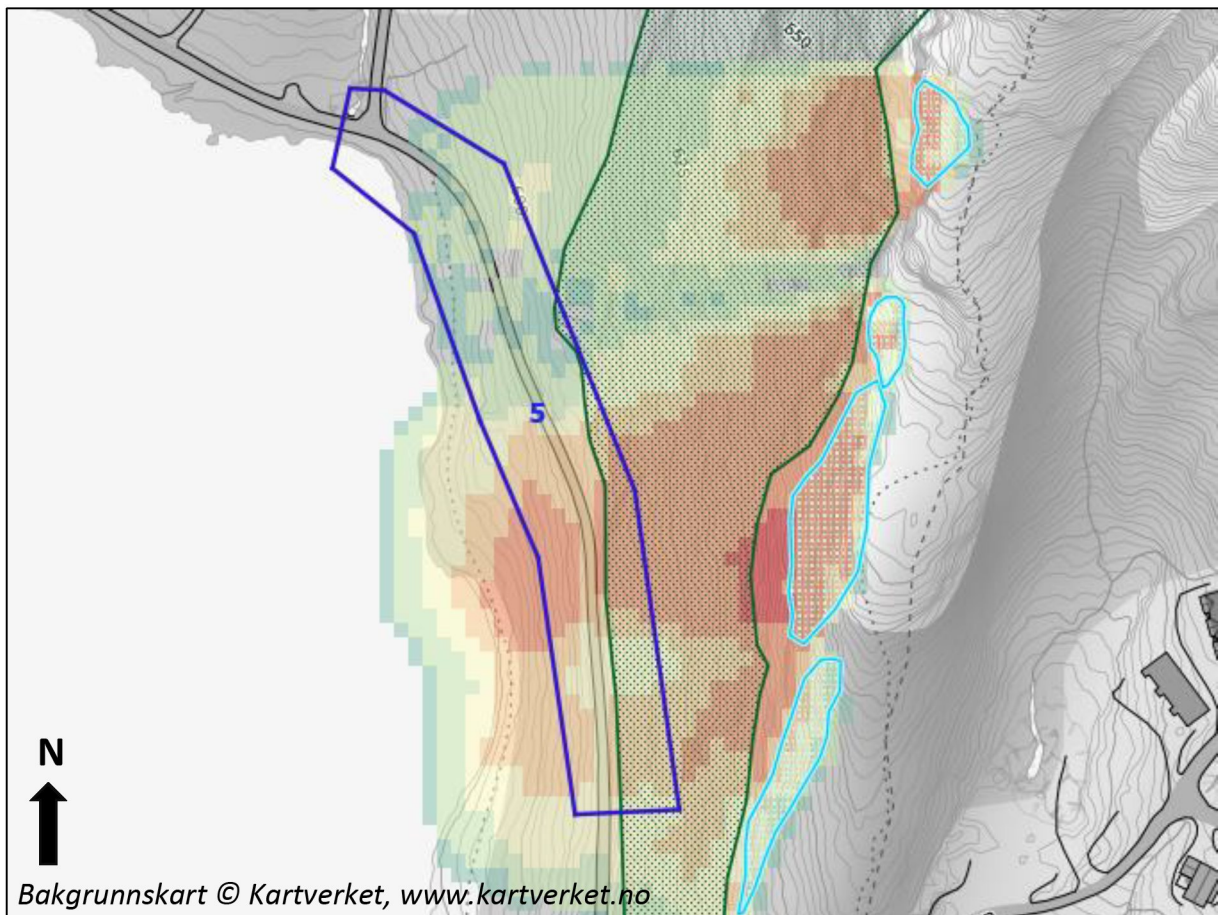
Skogen mellom de potensielle løśnieområdene og veg-/scootertraseen er for glissen til å sikkert kunne stoppe eventuelle skred, men kan i beste fall ta noe av skredets energi.

Utløpet av snøskred fra aktuelle løøgneområder er beregnet ved hjelp av den vel utprøvde dynamiske modellen RAMMS (Christen m.fl., 2010). Det forutsettes utløsning av flak med gjennomsnittlig dybde på 2,5 m, som omtrent tilsvarer 3-døgns snøfall med 1000 års gjentakintervall. Valget av akkurat 3-døgns nedbør, og ikke ett eller flere døgns nedbør, er basert på gjeldende retningslinjer i Sveits, i mangel på nasjonale norske standarder for slikt arbeid. I sør blir løøgneområdene betydelig mindre, og der er det derfor forutsatt utløsning av flak med 1,5 m tykkelse.

Resultatet av beregningene (Figur 23) viser at snøskred tilsvarende et scenario med antatt årlig sannsynlighet 1/1000, kan forsere skogen, passere vegen og komme ned til vatnet.

Tatt i betraktning klima- og terrenganalysen, samt modellresultatene, mener vi at den årlige sannsynligheten for snøskred i dette delområdet og på scooterløypen er større enn 1/1000.

Muligheten for at det er selve scooterkjøring på løypen som fjernutløser snøskred i fjellsiden ovenfor, vurderes å være veldig liten dersom løypen brukes mer eller mindre regelmessig gjennom vinteren: Trafikkering av løypen vil nemlig hindre at snødekket der får en farlig lagdeling med vedvarende svake lag som fortsetter uavbrutt oppover mot bratthenget. Dette forutsetter at scootertrafikken holder seg på scooterløypen og at skogen i fjellsiden bevares.



Figur 23: Mulige løsnedområder for snøskred (lyseblå polygoner) og eksempel på beregnet skredutbredelse, inkl. beregnet trykk fra skredmassene. Varme farger indikerer trykk som kan gi store ødeleggelser, mens kalde farger indikerer lavere trykk, men allikevel nok til å skade trekonstruksjoner. Skog av betydning for skredfarevurderingen er angitt i grønne polygoner.

### 8.3 Sørpeskred

Vi vurderer det ikke aktuelt med sørpeskred i dette lille delområdet.

### 8.4 Løsmasseskred

Det er løsmasser i de bratte delene av dette delområdet. Det er imidlertid også relativt tett skog, og ingen tegn etter løsmasseskred. Alt dette tilsier at den årlige sannsynligheten for løsmasseskred med mot veg-/scootertraseen er lavere enn 1/1000.

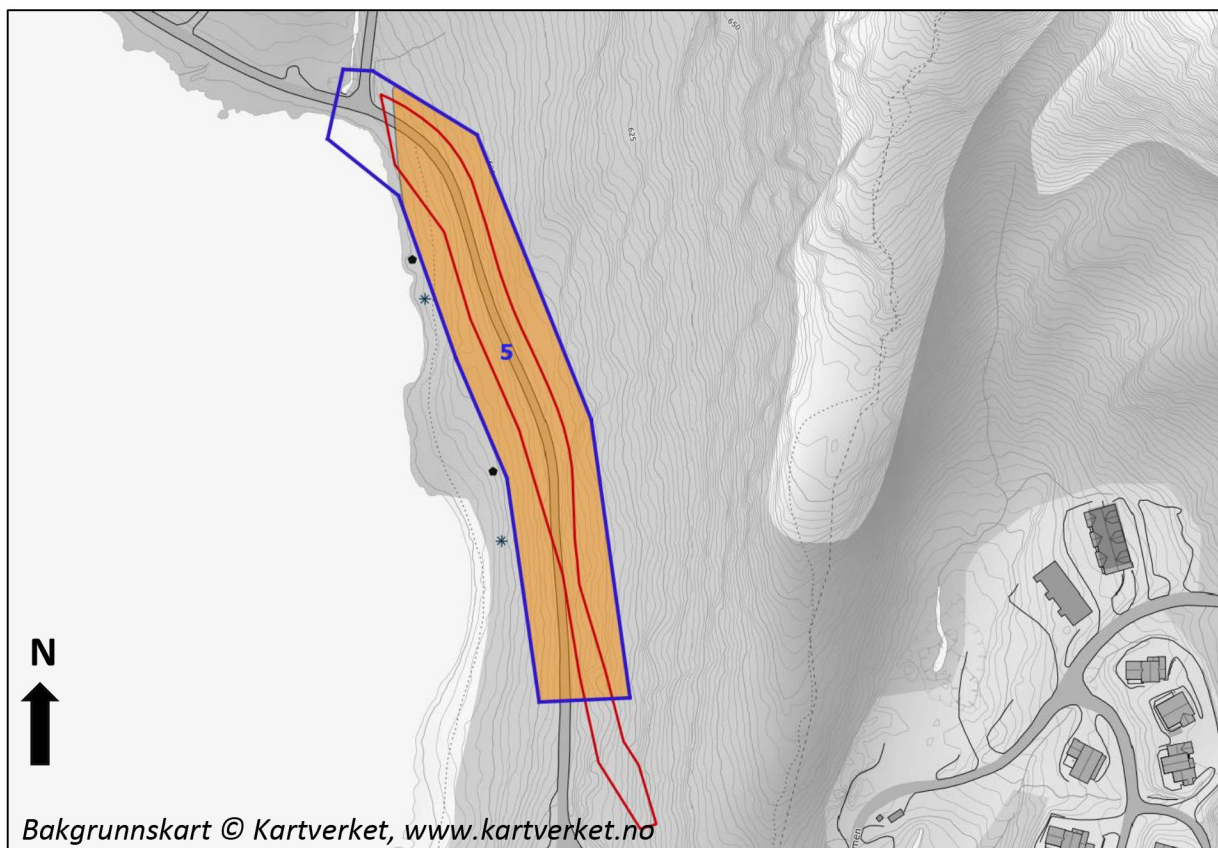


## 8.5 Skred i fast fjell

Utfall av steinblokker krever skrenter med blottet fjell og helning over 40 - 45°. Øverst i fjellsiden ovenfor dette delområdet er det skrenter bratte nok til å gi steinsprang. Det er noen få steinblokker lenger nede i terrenget som representerer tidligere utfall fra skrentene, spesielt nord i området der skrentene er høyere. Av alle blokkene vi registrerte, ligger den som kom nærmest vegen, ca. 10 m ovenfor den. Vi mener derfor at sannsynligheten for at stein treffer vegen er litt lavere enn 1/1000. Sannsynligheten for at steinblokker kommer inn i kartleggingsområdet, uten å nå vegen, vurderes derimot som litt høyere enn 1/1000.

## 8.6 Faresoner for skred

Vi vurderer at sannsynligheten for skred ned til veg-/scootertraseen er høyere enn 1/1000, og at snøskred er skredtypen som dimensjonerer faresonen (Figur 24). Steinsprang er også en aktuell skredtype, men litt mindre enn snøskred. Det er vanskelig å tolke NGI sin tidligere faresone, men vi tolker det slik at de har vurdert et smalere parti enn det vi her har gjort, og at de har tegnet faresoner i hele dette partiet. Komplet sett med faresoner iht. TEK17 er presentert i Bilag 2. Skogen av betydning for faresonene er vist i Bilag 1.



Figur 24: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  i delområde 5 (oransje farge). Faresonen tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist (rød polygon). Dimensjonerende skredtype er vist med tilleggssymboler (\* = snøskred; ▲ = flom- og sørpeskred; ● = steinsprang).

## 8.7 Sikkerhet for ev. scooterløyper

Selv om scooterløypen legges langs den etablerte vegen i vannkanten, og vegetasjonen terrenget ovenfor bevarer, vurderes den årlige sannsynligheten for at naturlig utløste skred treffer traseen å være på mellom 1/100 og 1/1000.

De aktuelle scooterløypene er av kommunen vurdert å måtte tilfredsstillere sikkerhetskravet for tiltak i sikkerhetsklasse S2, ettersom de ventes å være relativt mye trafikkert. I så fall kreves risikoreduserende tiltak.

## 8.8 Risikoreduserende tiltak for scooterløype ved Geiteryggen

Det finnes flere typer risikoreduserende tiltak som kan anvendes i det aktuelle tilfellet:

### 1. Fysiske sikringstiltak som reduserer faresonene.

Disse kan være en løsmassevoll som stopper skredmassene eller leder dem bort fra det utsatte objektet, eller støtteforbygninger i løsneområdene som hindrer at skred løsner.

De dimensjonerende hastighetene beregnet for 1000 års snøskred er imidlertid høye, og ovenfor vegen er det ikke nok plass til en fangvoll med høyde og resulterende «fotavtrykk» dimensjonert mot 1000 års skred. Terrengforholdene gjør det heller ikke mulig med ledevoller, som normalt er litt lavere og rimeligere enn fangvoller.

Støtteforbygninger i løsneområdet (Figur 25) kan derfor lett bli det eneste realistiske alternativet dersom man fysisk skal sikre traseen mot 1000 års skred. Støtteforbygninger er imidlertid en dyr løsning: Minst 250 løpemeter av støtteforbygninger ville være nødvendige for å sikre de mest realistiske løsneområdene. Med orienterende pris på ca. 30.000 kr/lm, ville sikringstiltaket i beste fall koste ca. 7,5 millioner kr eks. prosjekteringskostnader. Eventuelle sikringstiltak må detaljprosjekteres, uansett type.

### 2. Ikke-fysiske tiltak som kun reduserer konsekvenser av skred.

Dette kan for eksempel være lokal varsling av snøskredfare, slik at løypen stenges i perioder med stor skredfare. Et slikt opplegg vil kunne gi grunnlag for stenging av løypen mellom Knaben og Ørnehommen hyttfeltet (dvs. under Geiteryggen) i situasjoner med skredfare i vestvendte fjellsider. Tilgang til hyttfeltet ville da kunne skje fra vest, ettersom Stølsvegen går rundt tjønna. I situasjoner med større skredfare i østvendte sider, for eks. etter kraftig snøvær og vestlig vind, vil man kunne stenge vegen vest for hyttfeltet og åpne vegen langs østsiden av Store Knabetjødn. Dette ville betydelig redusere sannsynligheten for ulykker som involverer trafikanter, og vil fortsatt garantere tilgang til hyttene langs tjønna de aller fleste vinterdagene.

Skred AS kan bistå med denne typen varsling, og dersom ønskelig kan vi skissere et mulig opplegg og kostnadsoverslag for varsling av skredfaren på Knaben. Et varslingsopplegg for periodene der det forventes mest trafikk (jul, romjula, påske) ventes å påbeløpe seg til ca. 100.000 kr for planlegging + 300.000 kr/år for varsling. Ved varsling for hele vinteren ville



kostnadene bli større, men avhengige av blant annet den ønskelige hyppigheten for varslene (eks. daglig, kun helgedager, kun på forespørsel, osv.).



*Figur 25: Eksempel på støtteforbygning i løsneområde for snøskred ([www.geobrugg.com](http://www.geobrugg.com)).*

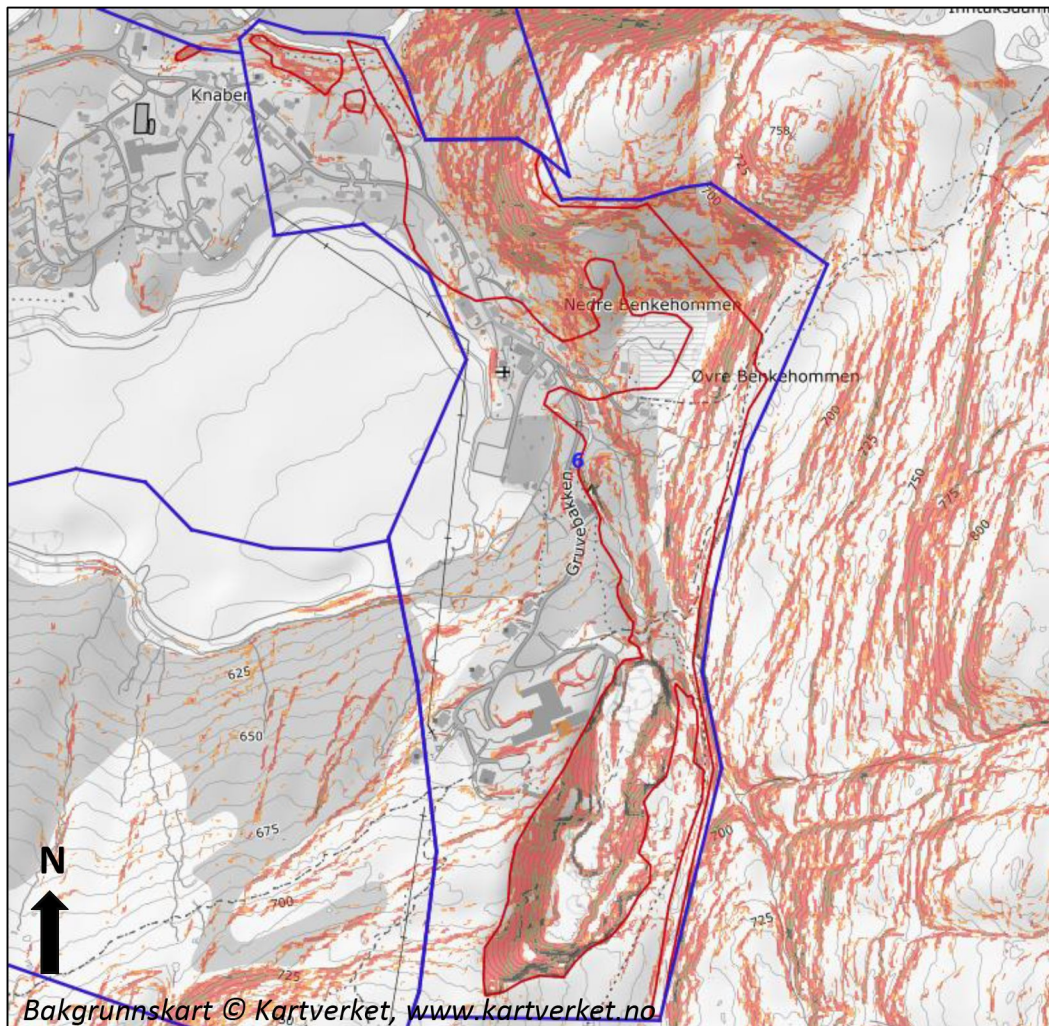
## 9 Delområde 6

### 9.1 Topografi

Delområdet omfatter mesteparten av sentrumsbebyggelsen på Knaben.

Det er en faresone for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  tegnet av NGI i dette området (NGI, 2006a). I utgangspunktet ønsker kommunen ikke en ny skredfarekartlegging i dette området, men kun at Skred AS vurderer om det er flere momenter (eks. andre skredtyper) som bør tas hensyn til, samt at vi avgrensner skogen av betydning for skredfare i området.

Området strekker seg i foten av en sørvendt fjellside som har topp på 758 moh. i nord, og i foten av Øyevassknuten (901 moh.) i sør. Fjellsiden i nord inneholder store sammenhengende partier godt over  $30^\circ$  og svaberg brattere enn  $45 - 50^\circ$  (Figur 26 og Figur 27). Fjellsiden i sør er i grove trekk slakere, men inneholder mange små terrengbelter som er brattere enn  $30^\circ$ , adskilt av slakere avsatser (Figur 26 og Figur 28). Noen bekker kommer ned mot den sørlige delen av området, fra øst.



Figur 26: Kart med beregnet terrenghelning i fjellsiden over delområde 5. Scooterløypen tenkes etablert langs eksisterende veg (grønne linjer). Faresonen tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist i figuren (rød polygon). Fargene i helningskartet er som i Figur 3.





Figur 27: Dronebilde av delområde 6 (nordre del), med støtteforbygninger fra 1950-tallet.



Figur 28: Dronebilde av delområde 6 (sørlig del), omtrentlig avgrenset i den blå polygonen.



## 9.2 Snøskred

I fjellsidene ovenfor delområdet, mellom 650 og 800 moh., er det flere løsneområder for snøskred, dvs. terrengpartier som er brattere enn 30° og uten skog i stand til å forebygge skredutløsning.

Løsneområdene på vestsiden av fjellsiden i nord ble sikret rett etter snøskredulykken i 1955 ved hjelp av støtteforbygninger i stål og tre (Figur 27). Disse fremstår fortsatt som hele, men tilstanden av bæreelementene i stål og elementene i tre er ikke kjent. Disse konstruksjonene har nå stått lenger enn den forventbare levetiden av moderne støtteforbygninger uten vedlikehold. De bør derfor inspiseres nærmere og muligens oppgraderes. Vi registrerer også at skogen rett under støtteforbygninger bærer tydelige tegn på kraftig snøsig, dvs. at den i praksis må tåle snømengder og krefter som en ytterligere, nedre rad med støtteforbygninger burde ha tatt opp. Skogen gir per i dag ikke tilstrekkelig garantier for at ikke snøskred kan starte rett under eksisterende støtteforbygninger, og dette er nok et argument for å nærmere vurdere og ev. oppgradere tiltaket.

Utløpet av snøskred fra alle de aktuelle løsneområdene er beregnet ved hjelp av den vel utprøvde dynamiske modellen RAMMS (Christen m.fl., 2010). Modellen er kjørt både med og uten skog og med forskjellige sett med friksjonsparametere.

Alle forhold tatt i betraktning er vi enige i NGIs skredfarevurdering i dette området, bortsett fra at vi mener dimensjonerende snøskred fra den korte dalen ovenfor Benkehei (Figur 29) kan gå lenger enn det NGIs faresone tilsier.

Skogen mellom de potensielle løsneområdene og bebyggelsen er for glissen til å på sikkert vis kunne stoppe eventuelle skred, men kan i beste fall ta noe av skredets energi. Skogen som har mest betydning for skredfarevurderingen er også anvist i Figur 29.

## 9.3 Sørpeskred

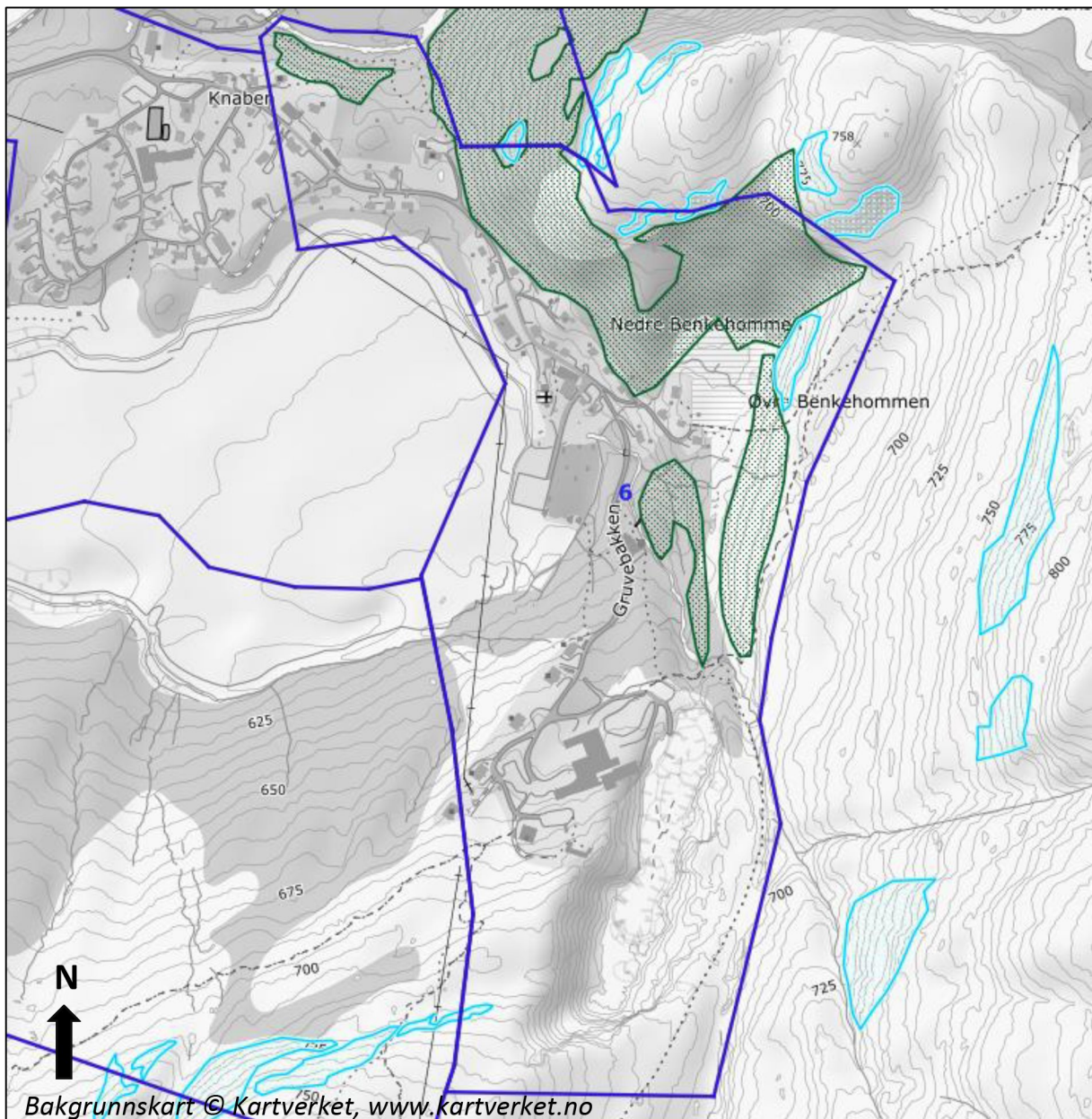
Vi vurderer at det er mulig med sørpeskred i noen bekker øst for delområdet, sørlige del.

Utløpet av eventuelle sørpeskred er beregnet ved hjelp av den vel utprøvde dynamiske modellen RAMMS (Christen m.fl., 2010). Alle forhold tatt i betraktning mener vi at NGIs faresone helt sørøst i delområdet bør justeres litt.

## 9.4 Løsmasseskred og skred i fast fjell

Uten at vi har vurdert alle forholdene i detalj, er vårt inntrykk at disse ikke er dimensjonerende skredtyper i dette delområdet. Dvs. faresonen tegnet av NGI i 2006, med justeringene vi foreslår for å bedre dekke snøskred og sørpeskred, vurderes å være tilstrekkelig dekkende for eventuelle løsmasseskred og steinsprang.



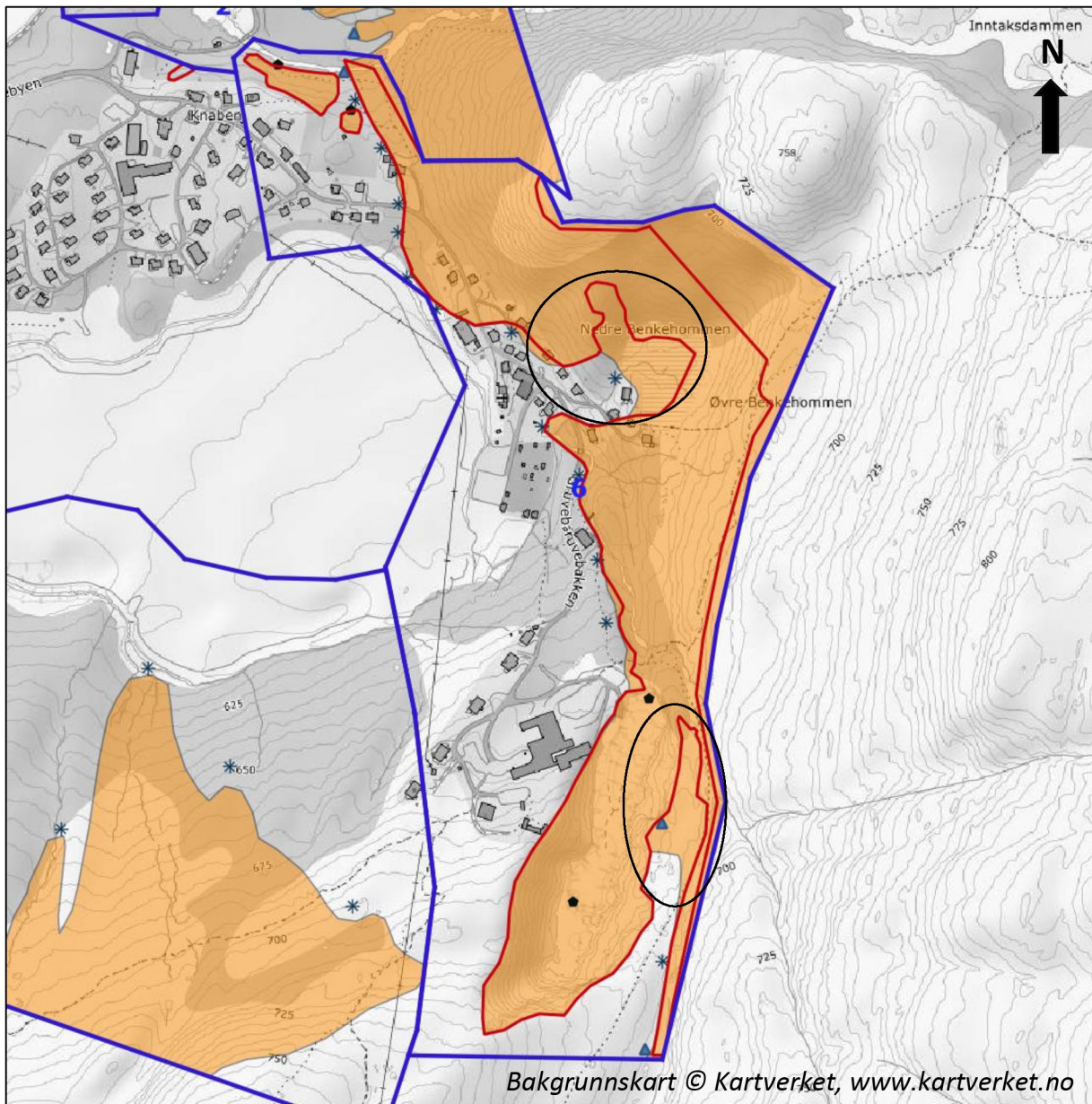


Figur 29: Løsneområder for snøskred (lyseblå farge) og skog av betydning for skredfarevurderingen (grønn farge) i delområde 6.

### 9.5 Faresoner for skred

Vi vurderer at sannsynligheten for skred i deler av dette delområdet er høyere enn 1/1000, og at snøskred er skredtypen som dimensjonerer faresonen (Figur 30). Foreslåtte justeringer i forhold til NGIs faresone av 2006 er også vist i figuren. Komplet sett med faresoner iht. TEK17 er presentert i Bilag 2. Skogen av betydning for faresonene er vist i Bilag 1.





Figur 30: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  i delområde 6 (oransje farge). Faresonen tegnet av NGI (NGI, 2006a) er også vist (rød polygon). De to områdene der vi foreslår justeringer til NGIs faresone er fremhevet i de svarte ovalene. Dimensjonerende skredtype er vist med tilleggssymboler (\* = snøskred; ▲ = flom- og sørpeskred; ● = steinsprang).



## 10 Konklusjon

Skred AS har kartlagt skredfare ifb. omregulering av et større område på Knaben. Formålet har vært å vurdere om området tilfredsstillende gjeldende sikkerhetskrav for tiltak som faller i sikkerhetsklasse 2. Vi har også vurdert behov for risikoreduserende tiltak i deler av området der scooterløyper planlegges etablert.

I delområder omfattet av tidligere skredfarekartlegging av NGI, er det kun gjort mindre justeringer av faresonen for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$ .

Snøskred, samt stedvis sørpeskred og steinsprang, vurderes å være dimensjonerende skredtyper i fjellsidene i og ovenfor det vurderte området. Det er ikke faresoner av relevans for sikkerhetsklasse S1 i de vurderte områdene.

Der det er aktuelt med ny bebyggelse / fritidsbebyggelse, anbefaler vi at dette i størst mulig grad etableres utenfor faresonen. Ved behov for å etablere bebyggelse innenfor faresonen, kan faresonen de fleste steder reduseres ved fysiske sikringstiltak. Disse må i så fall detaljprosjekteres, men ventes å bli kostbare. Tilstanden til eksisterende støtteforbygninger bør undersøkes nærmere.

Når det gjelder scooterløyper har vi vurdert faren for skred mot løypene, inkludert mulig fjernutløsning av snøskred fra løypene. Vi har derimot ikke vurdert muligheten for skredulykker ved ferdsel eller kjøring utenfor løypene.

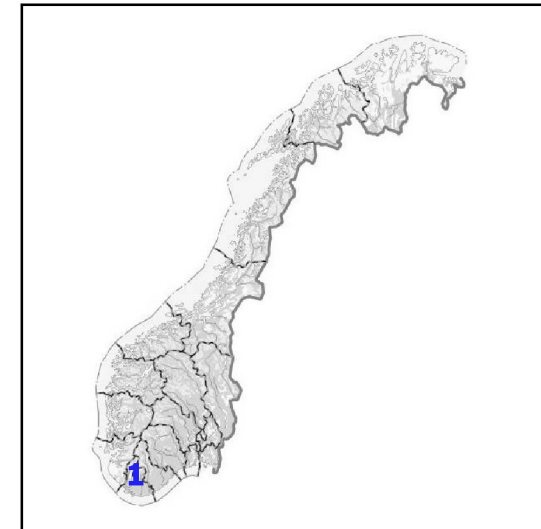
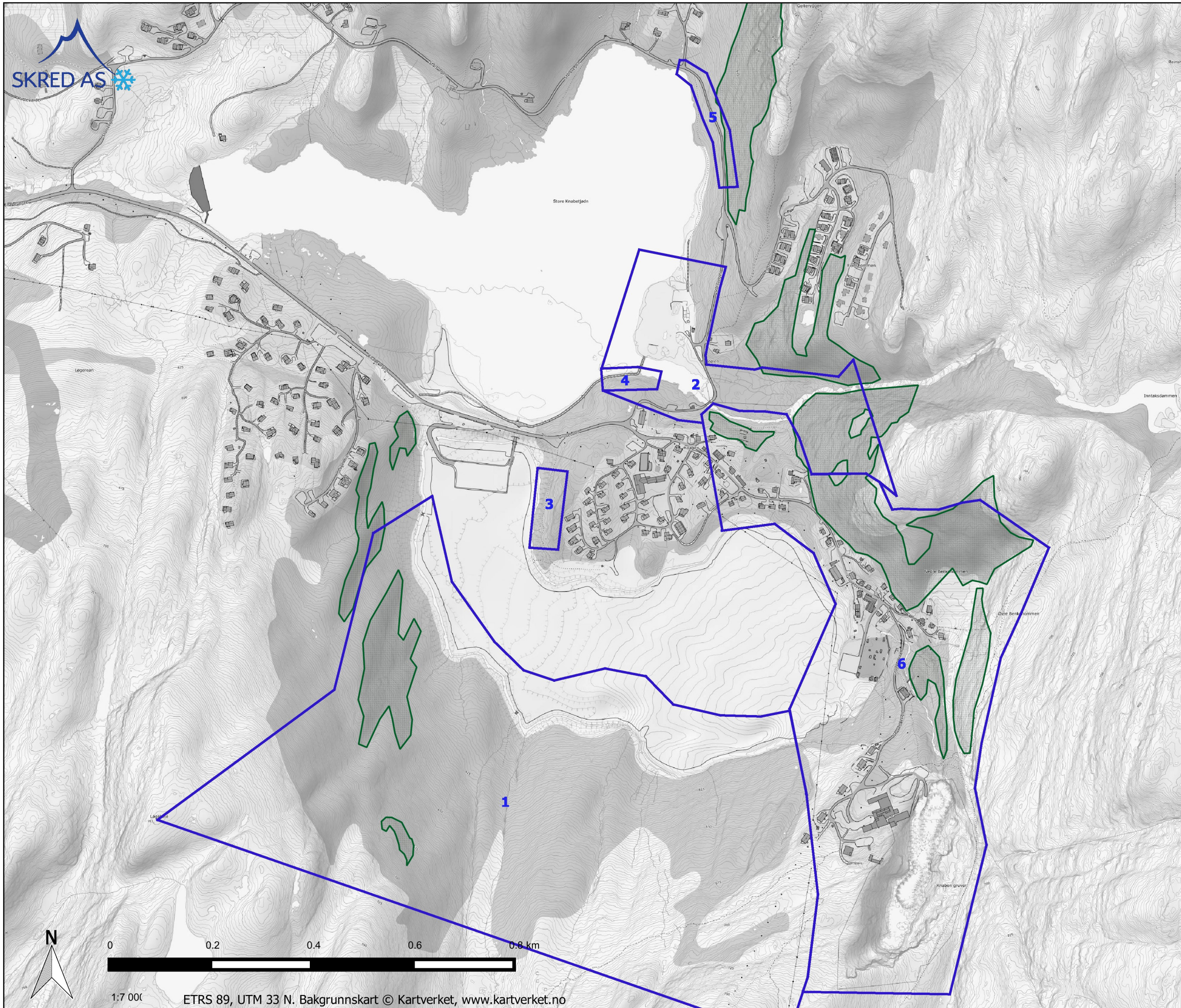
Vår vurdering er at foreløpig trase for scooterløyper i hovedsak ikke krever sikringstiltak. Kun langs Stølsvegen nedenfor Geiteryggen vil sikringstiltak eller andre risikoreduserende tiltak kreves, dersom sikkerhetskravet for sikkerhetsklasse S2 i TEK17 legges til grunn. Skred AS kan bistå videre dersom kommunen vil gå videre med fysisk sikring eller lokal varsling av snøskredfare.

I området rundt utmunningen av elva i Store Knabetjødn, rett nord for Knaben, anbefaler vi å utføre en detaljert flomfarevurdering dersom bebyggelsen tenkes etablert.

## 11 Referanseliste

- Christen, M., Kowalski, J., Bartelt, P., 2010. RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Reg. Sci. Technol.* 63, 1–14.  
doi:10.1016/j.coldregions.2010.04.005
- DiBK, 2018. Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17). Hjemmeside. URL  
<http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>
- NGI, 2006a. Rapport nr. 20061501. Knaben gruber - skredvurderinger.
- NGI, 2006b. Rapport nr. 20061253-1. Knaben - Skredfarevurderinger, Ørnehommen og Reinshommen og hyttelfelt.
- NGU, 2018a. Nasjonal berggrunnsdatabase. Hjemmeside. URL  
[http://geo.ngu.no/kart/berggrunn\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/)
- NGU, 2018b. Nasjonal løsmassedatabase. Hjemmeside. URL  
<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- NVE, 2018. Skredatlas. Hjemmeside. URL <http://skredatlas.nve.no>



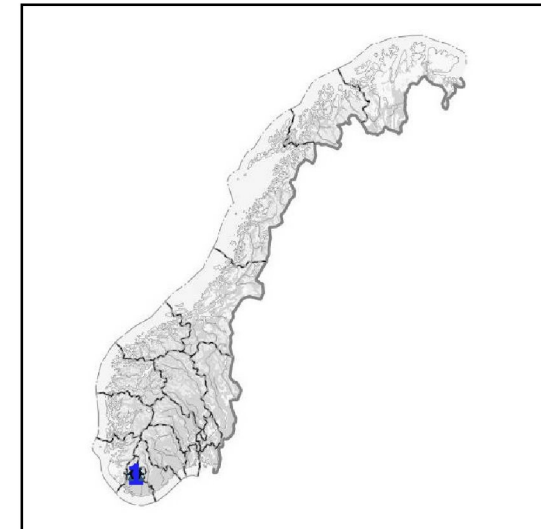
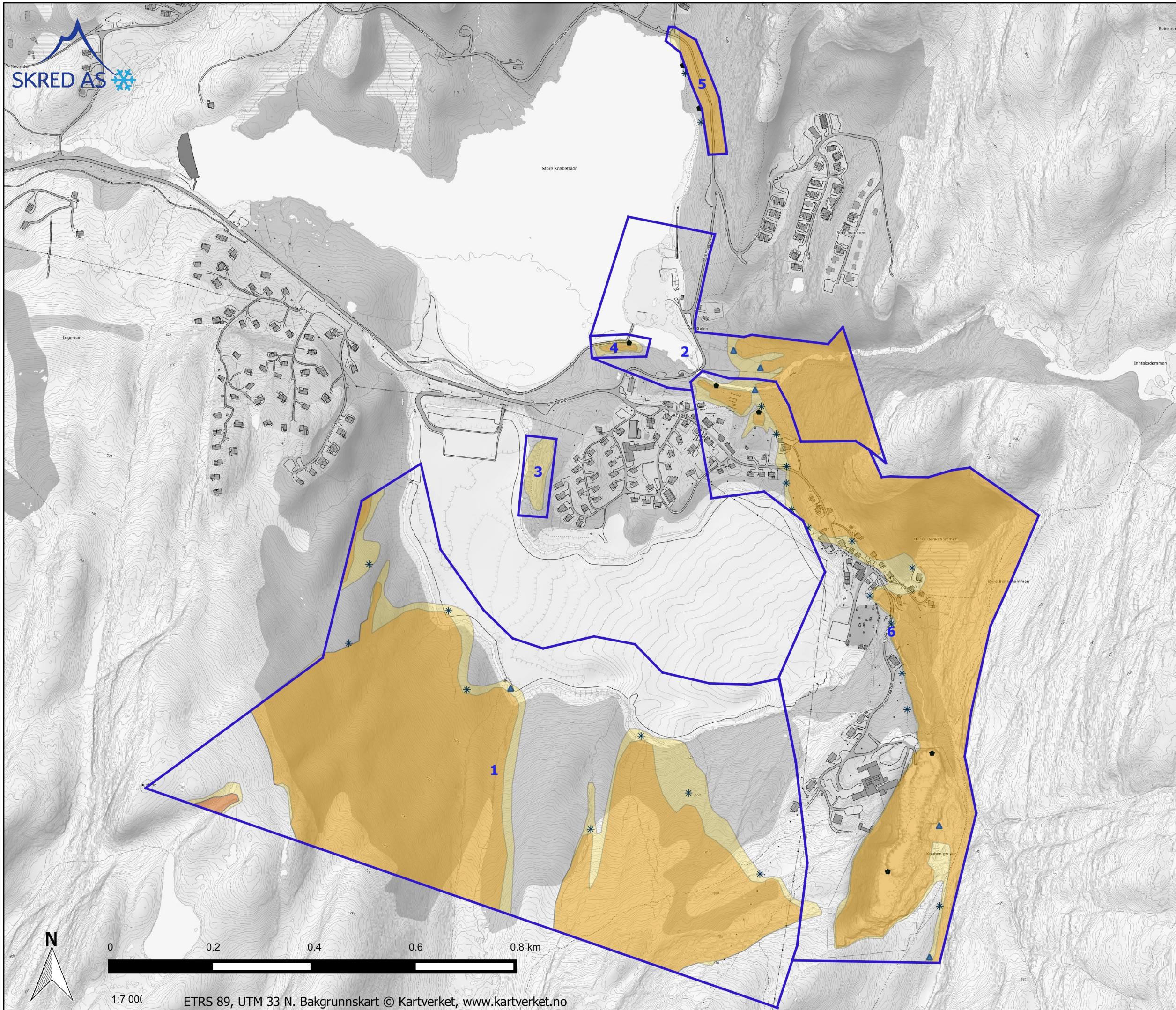


### Kartforklaring

- Kartlagt område
- Skog av betydning for faresonene

<b>Prosjekt</b>	18204 Kvinesdal – Skredfarekartlegging Knaben
<b>Oppdragsgiver</b>	Kvinesdal kommune
<b>Rapport</b>	18204-01 Skredfarekartlegging
<b>Kartbilag 1</b>	Skog av betydning for faresonene
<b>Dato</b>	2018-07-25
<b>Utført</b>	Andrea Taurisano
<b>Kontroll</b>	Kalle Kronholm





### Kartforklaring

- Kartlagt område
- Faresoner skred
  - S2 (Årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$ )
  - S3 (Årlig sannsynlighet  $\geq 1/5000$ )
- Dimensjonerende skredtype P
  - \* Snøskred
  - ▲ Sørpeskred
  - Steinsprang

<b>Prosjekt</b>	18204 Kvinesdal – Skredfarekartlegging Knaben
<b>Oppdragsgiver</b>	Kvinesdal kommune
<b>Rapport</b>	18204-01 Skredfarekartlegging
<b>Kartbilag 2</b>	Faresoner, inkl. dimensjonerende skredtype
<b>Dato</b>	2018-07-25
<b>Utført</b>	Andrea Taurisano
<b>Kontroll</b>	Kalle Kronholm