

Hemsedal og Gol – Skredfarekartlegging i utvalgte områder

Oppdragsgiver Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Kontaktperson Martine Sagen Slåtten
Oppdrag 17100 Hemsedal og Gol – Skredfarekartlegging i utvalgte områder	Oppdragsleder Kalle Kronholm
Dokument 17100-01-1	Dato 2017-11-25
Utført av Kalle Kronholm, Skred AS	Kontrollert av Andrea Taurisano, Skred AS

Sammendrag

Rapporten presenterer resultatet av faresonekartlegging for skred i bratt terreng i Gol og Hemsedal kommuner utført av Skred AS. De kartlagte områdene er 1) Grøndalen, 2) Tuv-Ulsåk, 3) Gol, 4) Golreppen og 5) Liagardan. I rapporten er område 2 ytterligere inndelt i delområdene 2A-2E.

Kartleggingen omfatter snøskred, sørpeskred, steinsprang, steinskred, jordskred og flomskred og er basert på feltbefaringer, modelleringsarbeid og skredfaglige vurderinger som tar i betraktning lokale forhold.

Faresonekart er utarbeidet i henhold til kravene i TEK17, som viser faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Sannsynlighetene gjelder skred som utgjør fare for tap av menneskeliv og skader på bygg. Faresoner for den samlede skredfaren fastsettes ut fra skredtype med lengst skredrekkevidde (dimensjonerende skredtype) for henholdsvis 100-, 1000-, og 5000-årsskred. Det kan være ulike skredtyper som er dimensjonerende innenfor områdene. Der flere skredprosesser kan nå bebyggelse med gjentakintervall på 100 år eller hyppigere er dette kartlagt og dokumentert.

I kartlagte områder i Hemsedal kommune er snøskred og steinsprang de skredtypene som i de fleste områdene utgjør størst fare for eksisterende bebyggelse. Flere utløsningsområder for snøskred ligger i tregrensa, med glissen vegetasjon. For disse utløsningsområdene er sannsynlighet for utløsning spesielt vanskelig å vurdere, men trolig svært lav. Skogen spiller derfor en viktig rolle for faresonene. For noen områder utgjør også steinskred, sørpeskred, løsmasseskred fare for bebyggelse. Flom er en aktuell problemstilling i mange av de bratte bekkene i de vurderte områdene, men er ikke vurdert i detalj.

I kartlagte områder i Gol kommune er løsmasseskred og steinsprang de skredtypene utgjør størst fare for eksisterende bebyggelse. I Gol sentrum har NGU påvist jordskredavsetninger som tyder på relativt hyppig skredaktivitet forholdsvis langt ned mot dalbunnen. Dette er tatt høyde for i kartleggingen. Steinsprang er dimensjonerende skredtype i området Golreppen.

I Gol ligger et leilighetsbygg i faresonen med årlig sannsynlighet for skred $\geq 1/100$. I samme området ligger flere bygninger inne i faresonen $\geq 1/1000$ og $\geq 1/5000$. I kartleggingsområdene i Hemsedal kommune ligger det flere bolighus og fritidsboliger inne i faresonen $\geq 1/1000$. Enkelte av disse ligger nær faresonen $\geq 1/100$.

Faresonekartene har høyere detaljeringsgrad enn aktsomhetskart og erstatter disse i arealplanlegging for områdene som faresonekartene dekker.

Områder utsatt for skredfare skal avsettes som *hensynssone - skredfare* på arealplankart, og kan tilknyttes bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken. Dette kan gjøres ved at det ikke tillates etablering av ny bebyggelse innenfor faresone for 1000-årsskred, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot skred.

Hensynssonene for skred må innarbeides når kommuneplanen for Gol og Hemsedal kommuner rulleres.

Faresonene kan også brukes til å planlegge beredskaps- og sikringstiltak.

Innhold

SAMMENDRAG	2
1. INNLEDNING	8
1.1 BAKGRUNN	8
1.2 FORMÅL MED KARTLEGGINGEN, DETALNIVÅ OG BRUK AV KARTENE.....	8
1.3 FORBEHOLD.....	9
1.4 SKREDTYPER I BRATT TERRENG.....	9
1.4.1 Steinsprang og steinskred	9
1.4.2 Jordskred	9
1.4.3 Flomskred	10
1.4.4 Sørpeskred.....	10
1.4.5 Snøskred.....	10
1.4.6 Skredfare og klimaendringer.....	10
1.4.7 Effekt av skog	11
1.5 KRAV TIL SIKKERHET MOT SKRED	11
2. OVERSIKT OVER DE KARTLAGTE OMRÅDENE	12
2.1 GEOGRAFI	12
2.2 TOPOGRAFI, GEOLOGI OG GEOMORFOLOGI	13
2.3 KLIMA	16
2.3.1 Hemsedal.....	16
2.3.2 Gol.....	18
3. METODIKK FOR FASTSETTELSE AV FARESONER FOR DETTE OPPDRAGET	21
3.1 SKREDHISTORIKK	21
3.2 HØYDEMODELLER, SKYGGEKART OG HELNINGSKART	21
3.2.1 Grunnlag for terrengmodellene	21
3.2.2 Avledet informasjon fra terrengmodellen	22
3.3 TOPOGRAFI, VEGETASJON OG KLIMAFORHOLD	22
3.4 FELTKARTLEGGING	22
3.5 REGISTRERINGSKART	24
3.5.1 Datagrunnlag Hemsedal kommune	24
3.5.2 Datagrunnlag Gol kommune.....	26
3.6 MODELLERING	26
3.6.1 Beregninger med Rockyfor3d for steinsprang.....	27
3.6.2 Beregninger med RAMMS for snøskred	27
3.6.3 Beregninger med RAMMS for flomskred og sørpeskred	27
3.6.4 Tolkning av modellresultater.....	28
3.7 FASTSETTING AV FARESONER.....	28
4. OMRÅDER.....	28
4.1 OMRÅDE 1 – GRØNDALLEN (HEMSEDAL)	28
4.1.1 Topografi og grunnforhold	30
4.1.2 Vegetasjon og avrenning.....	31
4.1.3 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene	31

4.1.4	Befaring.....	32
4.1.5	Skredhistorikk.....	32
4.1.6	Skredfarevurdering.....	32
4.1.6.1	Steinsprang og steinskred.....	32
4.1.6.1.1	Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse.....	33
4.1.6.2	Snøskred.....	33
4.1.6.2.1	Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse.....	33
4.1.6.3	Sørpeskred.....	35
4.1.6.4	Jord- og flomskred.....	35
4.1.6.4.1	Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse.....	35
4.1.7	Faresoner for skred.....	36
4.1.7.1	Forutsetninger for faresonene.....	36
4.1.7.2	Bebyggelse i faresonene.....	36
4.1.7.3	Mulighet for å redusere faresonene.....	36
4.2	OMRÅDE 2 - HEMSEDAL, TUV-ULSÅK.....	37
4.2.1	Område 2A Brekkheim-Berg.....	38
4.2.2	Topografi og grunnforhold.....	39
4.2.3	Vegetasjon og avrenning.....	40
4.2.4	Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene.....	41
4.2.5	Befaring.....	41
4.2.6	Skredhistorikk.....	41
4.2.6.1	Skredfarevurdering.....	41
4.2.6.1.1	Steinsprang og steinskred.....	41
4.2.6.1.1.1	Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse.....	42
4.2.6.1.2	Snøskred.....	42
4.2.6.1.2.1	Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse.....	42
4.2.6.1.3	Sørpeskred.....	43
4.2.6.1.4	Jord- og flomskred.....	43
4.2.6.1.5	Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse.....	44
4.2.6.2	Faresoner for skred.....	44
4.2.6.3	Forutsetninger for faresonene.....	45
4.2.6.4	Bebyggelse i faresonene.....	45
4.2.6.5	Mulighet for å redusere faresonene.....	46
4.2.7	Område 2B Berg-Hølto.....	46
4.2.8	Topografi og grunnforhold.....	47
4.2.9	Vegetasjon og avrenning.....	48
4.2.10	Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene.....	49
4.2.11	Befaring.....	49
4.2.12	Skredhistorikk.....	49
4.2.12.1	Skredfarevurdering.....	50
4.2.12.1.1	Steinsprang og steinskred.....	50
4.2.12.1.1.1	Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse.....	50
4.2.12.1.2	Snøskred.....	50
4.2.12.1.2.1	Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse.....	51
4.2.12.1.3	Sørpeskred.....	51
4.2.12.1.4	Jord- og flomskred.....	51
4.2.12.1.5	Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse.....	52
4.2.12.2	Faresoner for skred.....	52
4.2.12.3	Forutsetninger for faresonene.....	53

4.2.12.4	Bebyggelse i faresonene	53
4.2.12.5	Mulighet for å redusere faresonene	54
4.2.13	Område 2C Hølto-Kyrkjebøen	54
4.2.14	Topografi og grunnforhold.....	55
4.2.15	Vegetasjon og avrenning	56
4.2.16	Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene	57
4.2.17	Befaring.....	57
4.2.18	Skredhistorikk.....	57
4.2.18.1	Skredfarevurdering	57
4.2.18.1.1	Steinsprang og steinskred.....	57
4.2.18.1.1.1	Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse.....	57
4.2.18.1.2	Snøskred	58
4.2.18.1.3	Sørpeskred.....	58
4.2.18.1.4	Jord- og flomskred	58
4.2.18.1.5	Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse.....	59
4.2.18.2	Faresoner for skred	59
4.2.18.3	Forutsetninger for faresonene	60
4.2.18.4	Bebyggelse i faresonene	60
4.2.18.5	Mulighet for å redusere faresonene	60
4.2.19	Delområde 2D Kyrkjebøen-Imre.....	61
4.2.20	Topografi og grunnforhold.....	62
4.2.21	Vegetasjon og avrenning	63
4.2.22	Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene	63
4.2.23	Befaring.....	64
4.2.24	Skredhistorikk.....	64
4.2.24.1	Skredfarevurdering	64
4.2.24.2	Faresoner for skred	64
4.2.24.3	Forutsetninger for faresonene	65
4.2.24.4	Bebyggelse i faresonene	65
4.2.24.5	Mulighet for å redusere faresonene	66
4.2.25	Delområde 2E Imre-Ulsåk	66
4.2.26	Topografi og grunnforhold.....	67
4.2.27	Vegetasjon og avrenning	68
4.2.28	Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene	68
4.2.29	Befaring.....	68
4.2.30	Skredhistorikk.....	68
4.2.30.1	Skredfarevurdering	68
4.2.30.1.1	Steinsprang og steinskred.....	68
4.2.30.1.1.1	Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse.....	68
4.2.30.1.2	Snøskred	69
4.2.30.1.2.1	Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse	69
4.2.30.1.3	Sørpeskred	69
4.2.30.1.4	Jord- og flomskred	70
4.2.30.2	Faresoner for skred	70
4.2.30.3	Forutsetninger for faresonene	71
4.2.30.4	Bebyggelse i faresonene	71
4.2.30.5	Mulighet for å redusere faresonene	71
4.2.31	Delområde 2F Ulsåk-Markegard.....	72
4.2.32	Topografi og grunnforhold.....	73

4.2.33	Vegetasjon og avrenning	75
4.2.34	Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene	75
4.2.35	Befaring.....	75
4.2.36	Skredhistorikk.....	75
4.2.36.1	Skredfarevurdering	76
4.2.36.1.1	Steinsprang og steinskred.....	76
4.2.36.1.1.1	Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse	76
4.2.36.1.2	Snøskred	76
4.2.36.1.3	Sørpeskred	76
4.2.36.1.4	Jord- og flomskred	76
4.2.36.2	Faresoner for skred	77
4.2.36.3	Forutsetninger for faresonene	78
4.2.36.4	Bebyggelse i faresonene	78
4.2.36.5	Mulighet for å redusere faresonene	78
4.3	OMRÅDE 3 – GOL	79
4.3.1	Topografi og grunnforhold	80
4.3.2	Vegetasjon og avrenning.....	82
4.3.3	Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene	82
4.3.4	Befaring.....	83
4.3.5	Skredhistorikk.....	84
4.3.6	Skredfarevurdering.....	84
4.3.6.1	Steinsprang og steinskred.....	84
4.3.6.2	Snøskred.....	85
4.3.6.3	Sørpeskred	85
4.3.6.4	Jord- og flomskred	85
4.3.6.4.1	Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse	86
4.3.7	Faresoner for skred.....	86
4.3.7.1	Forutsetninger for faresonene	86
4.3.7.2	Bebyggelse i faresonene	86
4.3.7.3	Mulighet for å redusere faresonene	86
4.4	OMRÅDE 4 – GOLREPPEN (GOL)	87
4.4.1	Topografi og grunnforhold	88
4.4.2	Vegetasjon og avrenning.....	89
4.4.3	Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene	89
4.4.4	Befaring.....	90
4.4.5	Skredhistorikk.....	90
4.4.6	Skredfarevurdering.....	91
4.4.6.1	Steinsprang og steinskred.....	91
4.4.6.1.1	Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse	91
4.4.6.2	Snøskred.....	91
4.4.6.3	Sørpeskred	91
4.4.6.4	Jord- og flomskred	91
4.4.7	Faresoner for skred.....	91
4.4.7.1	Forutsetninger for faresonene	92
4.4.7.2	Bebyggelse i faresonene	92
4.4.7.3	Mulighet for å redusere faresonene	92
4.5	OMRÅDE 5 – LIAGARDAN (GOL).....	93
4.5.1	Topograf og grunnforhold.....	94
4.5.2	Vegetasjon og avrenning.....	95

4.5.3	Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene	96
4.5.4	Befaring.....	96
4.5.5	Skredhistorikk.....	96
4.5.6	Skredfarevurdering.....	97
4.5.6.1	Steinsprang og steinskred.....	97
4.5.6.2	Snøskred.....	97
4.5.6.3	Sørpeskred	97
4.5.6.4	Jord- og flomskred	97
4.5.7	Faresoner for skred.....	98
4.5.7.1	Forutsetninger for faresonene	98
4.5.7.2	Bebyggelse i faresonene	98
4.5.7.3	Mulighet for å redusere faresonene	98
5.	REFERANSER	99

Vedlegg 1A, 2A, 3A, 4A, 5A: Fotovedlegg

Vedlegg 1B, 2B, 3B, 4B, 5B: Helningskart

Vedlegg 1C, 2C, 3C, 4C, 5C: Registreringskart

Vedlegg 1D, 2D, 3D, 4D, 5D: Modelleringskart og modellresultater

Vedlegg 1E, 2E, 3E, 4E, 5E: Faresonekart

Vedlegg 1F, 2F, 3F: Skogpolygon

Vedlegg 3G, 4G, 5G: Foreløpig kvartærgeologisk kart

1. Innledning

Rapporten presenterer resultatet av skredfarekartlegging for utvalgte områder i Gol og Hemsedal kommuner utført av Skred AS.

Resultatene presenteres i en hovedrapport, samt i vedlegg med mer detaljert dokumentasjon av det utførte arbeidet. Faresonene er i tillegg tilgjengelig i digital form.

1.1 Bakgrunn

NVE har det overordnede ansvaret for statlige forvaltningsoppgaver innen forebygging av skredulykker. Økt kunnskap og oversikt gjennom kartlegging av fareutsatte områder er et viktig verktøy og underlag for skredforebyggende arbeid.

Plan for skredfarekartlegging (NVE rapport 11/2014) legger rammene for kartlegging i årene framover, og er et grunnlag for prioriteringene med hensyn på faresonekartlegging for ulike typer skred. Som en del av dette gjennomføres kartlegging av faren for skred i bratt terreng. Kartleggingen omfatter snøskred, sørpeskred, steinsprang, steinskred, jordskred og flomskred.

Områdene med bebyggelse som skal kartlegges i hver utvalgt kommune er definert av NVE. De er identifisert ved hjelp av innledende risikoanalyser og nærmere definert i dialog med kommunene.

1.2 Formål med kartleggingen, detaljnivå og bruk av kartene

Kartleggingen presentert i denne rapporten fokuserer på samtlige aktuelle skredprosesser og benytter de metodene som er vanlige ved faresonekartlegging. Utarbeidelse av faresonekart er en kompleks prosess. Først omfatter det innsamling og gjennomgang av eksisterende grunnlagsdata for å identifisere potensielle fareområder. Det følges opp med feltarbeid for å undersøke og kartlegge geologiske forhold som har betydning for skredutløsning og rekkevidde i de skredutsatte områdene. Til slutt er det en skredfaglig vurdering av sannsynlighet og utløpsdistanse for de aktuelle skredtypene. Kartleggingen gjøres i en detaljeringsgrad og med en nøyaktighet som tilsvarer målestokk 1:5.000 eller bedre.

Skredfarekartleggingen vil primært rettes mot å kartlegge eksisterende skredutsatt bebyggelse og er avgrenset til kartlegging av skredfare i naturlige skråninger. Skredfaren ved ny utbygging skal utredes og kartlegges som en del av arealplanprosessen, der utbygger er ansvarlig. Tilsvarende har infrastruktureiere som Statens vegvesen, Bane NOR mfl. ansvar for å sikre sine anlegg, herunder vurdering og kartlegging av skredfare og utføring av sikringstiltak ved ny utbygging.

Faresonekart er utarbeidet i henhold til kravene i TEK17, som viser faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Sannsynlighetene gjelder skred som utgjør fare for tap av menneskeliv og skader på bygg. Kartleggingen omfatter snøskred, sørpeskred, steinsprang, steinskred, jordskred og flomskred.

Faresonekartene har høyere detaljeringsgrad enn aktsomhetskart og erstatter disse i arealplanlegging for områdene som faresonekartene dekker.

Områder utsatt for skredfare skal avsettes som *hensynssone - skredfare* på arealplankart, og kan tilknyttes bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken. Dette kan gjøres ved at det ikke tillates etablering av ny bebyggelse innenfor faresone for 1000-årsskred, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot skred.

Hensynssonene for skred må innarbeides når kommuneplanen for Gol og Hemsedal kommuner rulleres.

Faresonene kan også brukes til å planlegge beredskaps- og sikringstiltak.

1.3 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 det ble observert på befaring, på tilgjengelige flyfoto, og på kotegrunnlag. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, enten naturlig eller på grunn av menneskelige inngrep, kan det ha betydning for skredforholdene. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

Denne rapporten bygger på mal utarbeidet av NVE. Deler av teksten er skrevet av NVE, og vi har ikke hatt lov til å endre denne.

1.4 Skredtyper i bratt terreng

1.4.1 Steinsprang og steinskred

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller eller sklir nedover en skråning, bruker vi begrepene steinsprang eller steinskred. Begge skredtypene inngår i den utførte kartleggingen.

Steinsprang brukes om hendelser der steinmassene til sammen har et volum inntil 100 m³, mens steinskred brukes om hendelser med samlet volum opptil 10.000 m³. Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 45°.

Der hvor det over lang tid har gått mange steinsprang og steinskred, vil det dannes en ur med de groveste steinmaterialene i foten av skråningen. Større steinskred river ofte med seg løsmasser underveis, og skredmassene kan blokkere trange daler og føre til lokal oppdemming av bekker og elveløp. Hvis slike skred går ut i en fjord eller en innsjø, kan det oppstå flodbølger. Vurdering av denne typen sekundæreffekter inngår i kartleggingen, på et forholdsvis grovt detaljnivå.

1.4.2 Jordskred

Jordskred starter ofte med en plutselig utglidning, men også med et gradvis økende sig, i vannmettede løsmasser og utløses oftest i skråninger brattere enn ca. 25°. Jordskred kan grovt deles inn i kanaliserte og ikke-kanaliserte jordskred. Førstnevnte opptrer i tykke løsmasseavsetninger, mens sistnevnte forekommer gjerne der løsmassedekket er tynt.

Kanaliserte jordskred løsner i et punkt eller en bruddsone, før de følger eller skjærer en kanal i løsmassene, som kan fungere som skredbane for senere skred. Skredmasser kan også gå over kantene av kanalen og avsettes som langsgående rygger parallelt med kanalen (leveer). Der hvor terrenget flater ut, blir skredmassene avsatt i en tungeform. Over tid bygger flere slike skred fra samme løp en vifte av skredavsetninger.

Ikke-kanaliserte jordskred løsner gjerne i et punkt eller en bruddsone og beveger seg nedover langs en sone som gradvis blir bredere og bredere. Dette gir ofte slike skred en trekantform. De groveste massene avsettes nederst som en tungeformet rygg.

Mindre jordskred oppstår også i slakere terreng med finkornet, vannmettet jord og leire, gjerne på dyrket mark eller i naturlig terrasseformede skråninger i terrenget. De er særlig vanlige om våren, når jord eller leire kan gli oppå telen. Slike skred er sjelden særlig dype, og de omtales derfor ofte som utglidninger eller grunne jordskred.

1.4.3 Flomskred

Flomskred er et hurtig, vannrikt, flomlignende skred som forekommer langs definerte elve- og bekkeløp og raviner, gjel eller skar der det ikke alltid er permanent vannføring. Helningen i utløsningsområdet kan være ned mot 10°. Vannmassene kan rive løs og transportere store mengder løsmasser, større steinblokker, trær og annen vegetasjon langs løpet.

Skredmassene kan avsettes med langsgående rygger på siden av skredløpet (leveer) og oftest i en stor vifte. På slike vifter vil de groveste massene legges ved viftas rot og gradvis finere masser deponeres utover i vifta og fortsette enda lenger. Massene som transporteres i et flomskred kan komme fra steinsprang eller jordskred langsetter flomløpet, fra undergraving av tilgrensende skråninger og erosjon i løpet, eller i kombinasjon med sørpeskred. Løpet kan også demmes opp av skredmasser, våt snø og vegetasjon. Når dammen bryter kan man få en bølge av vann, løsmasser og vegetasjon som beveger seg raskt nedover i løpet. Høyt vanninnhold gjør at flomskred kan ha svært stor rekkevidde.

Vurdering av faresonene for flomskred, samt sørpeskred, er derfor veldig krevende, spesielt når det gjelder 5000 års skred. Skadepotensialet for den siste delen av skredet, som består av slam og vann, er som regel lite, selv om de fine massene over en tidsperiode på 10.000 år ofte har bidratt til å danne betydelige avsetninger. Det er denne vurderingen som gjenspeiles i faresonen tegnet for skred med årlig sannsynlighet 1/5000 der faresonen er dimensjonert av flomskred eller sørpeskred. Faresonen kan altså i noen tilfeller dekke mindre arealer enn de kartlagte skredavsetningene.

1.4.4 Sørpeskred

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.

1.4.5 Snøskred

Snøskred kan inndeles i løssnøskred og flakskred. Løssnøskred utløses i snø med lav fasthet, som 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 og størst betydning for bebyggelse og infrastrukturer. 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 snøskred. Snøskred kan skape skredvind med kraft til å utrette stor skade.

1.4.6 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 altså ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for 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.

1.4.7 Effekt av skog

Tett skog reduserer sannsynlighet for utløsning av løsmasseskred og snøskred. Tett skog kan også bremse opp snøskred, løsmasseskred og steinsprang. Skogen er derfor viktig å ta med i vurderingene.

I alle de vurderte områdene var store deler av fjellsidene under befaringene dekket med tett skog. Det har hatt stor betydning for utbredelsen av faresonene. Under befaringen fikk vi informasjon om at det tidligere var betydelig mindre skog i fjellsidene. Det er sannsynlig at skredforholdene har endret seg de siste 50-100 årene på grunn av endringer i vegetasjonen.

Vi har kartlagt områder der vi anbefaler at skogsdrift reguleres fordi flatehogst ellers vil føre til betydelige endringer i faresonene. Regulering bør omfatte både flatehogst av skog og etablering og vedlikehold av skogsveger. Til å vurdere disse områdene har vi benyttet terrengmodellen samt kartgrunnlag og feltobservasjoner. Områder der skogsdrift bør reguleres, er definert som områder med skog der terrenget er brattere enn 25-30°. De fleste potensielle utløsningsområder for løsmasseskred er også inkludert i arealet der det er foreslått regulert skogsdrift.

1.5 Krav til sikkerhet mot skred

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 TEK17gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2017).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2017).

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. Tilbygg på inntil 50 m² faller inn under sikkerhetsklasse S1. 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:

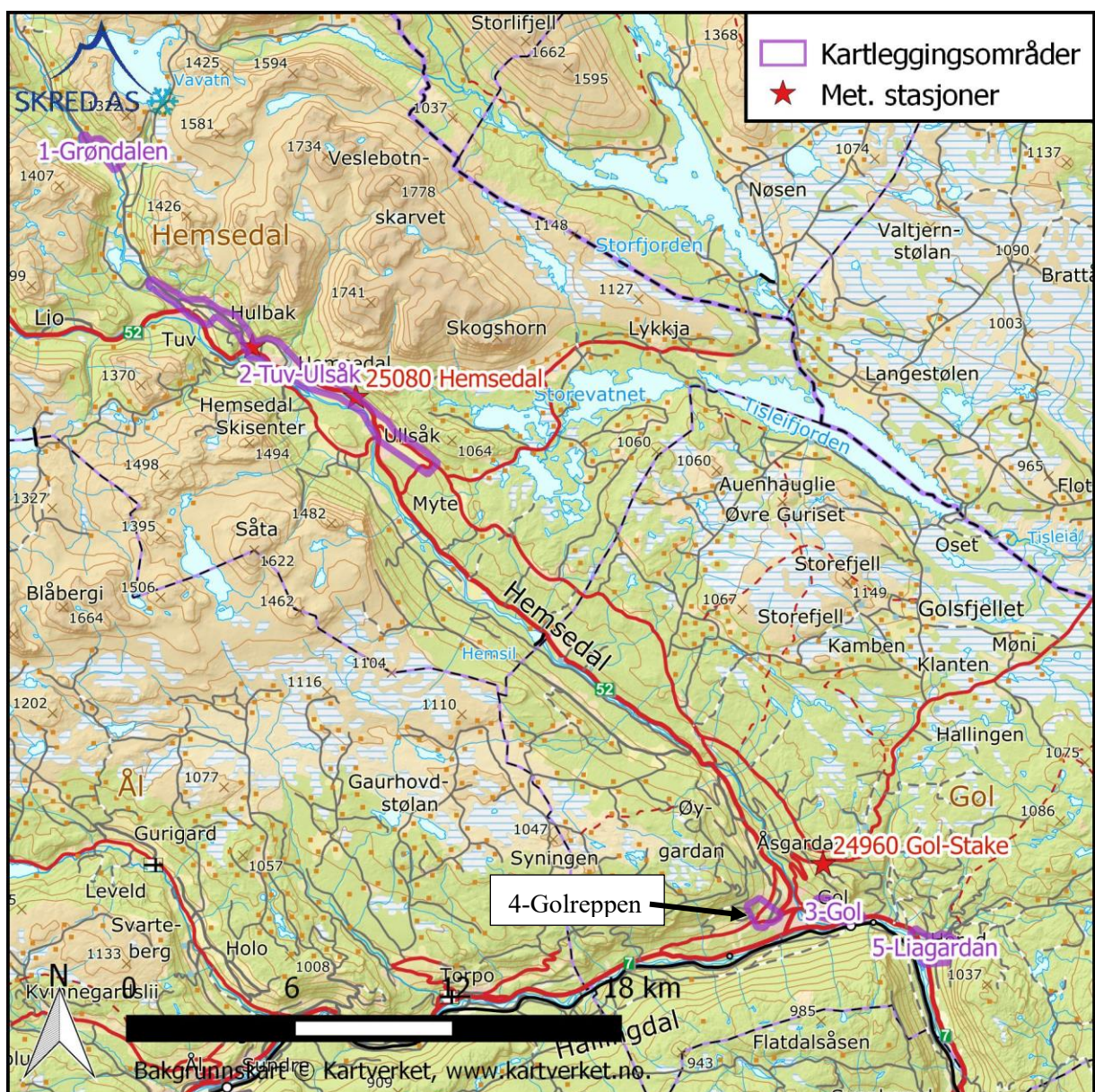
- eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med mer enn 10 boenheter

- arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer
- skole, barnehage, sykehjem og lokal beredskapsinstitusjon

2. Oversikt over de kartlagte områdene

2.1 Geografi

De kartlagte områdene ligger i Gol og Hemsedal kommuner (Figur 1). I Gol kommune ligger de tre områdene rundt Gol sentrum og inkluderer sentrumsområdet av Gol. I Hemsedal kommune skal også sentrumsområdet kartlegges, sammen med flere kilometer med forholdsvis tynt befolket areal.

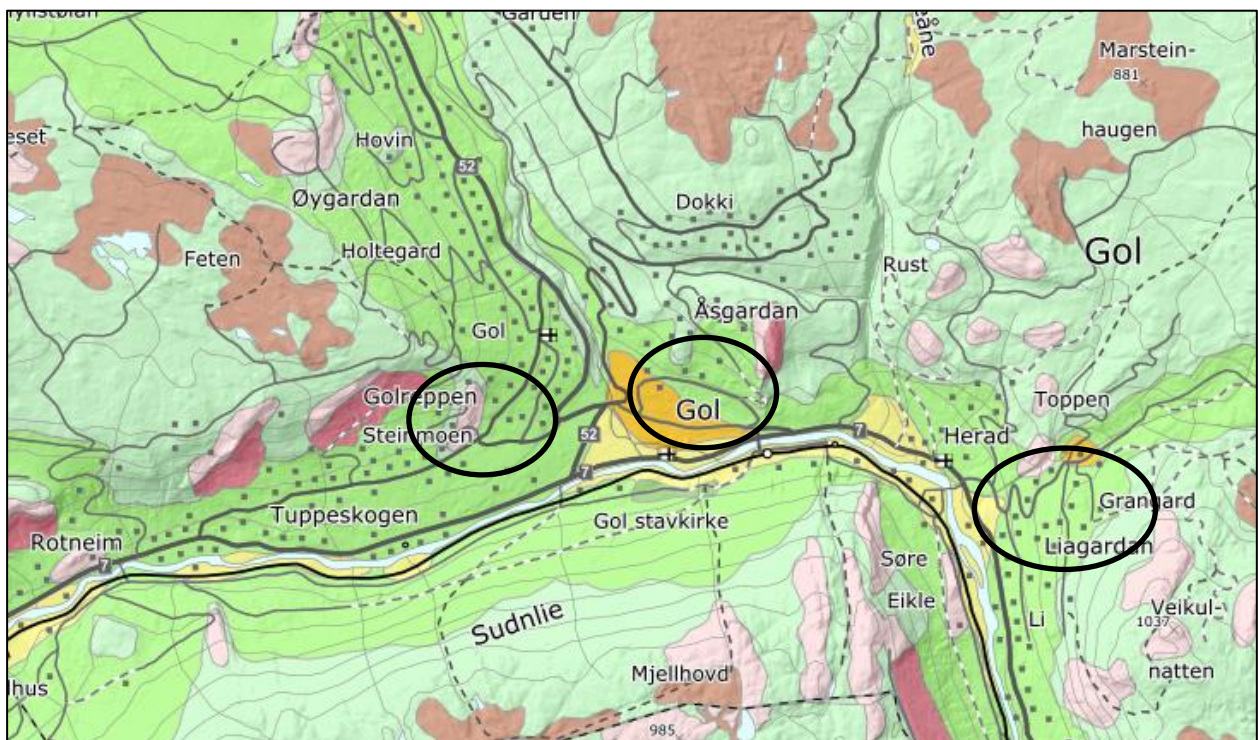


Figur 1: Oversikt over kartlagte områder i Hemsedal og Gol og anvendte værstasjoner.

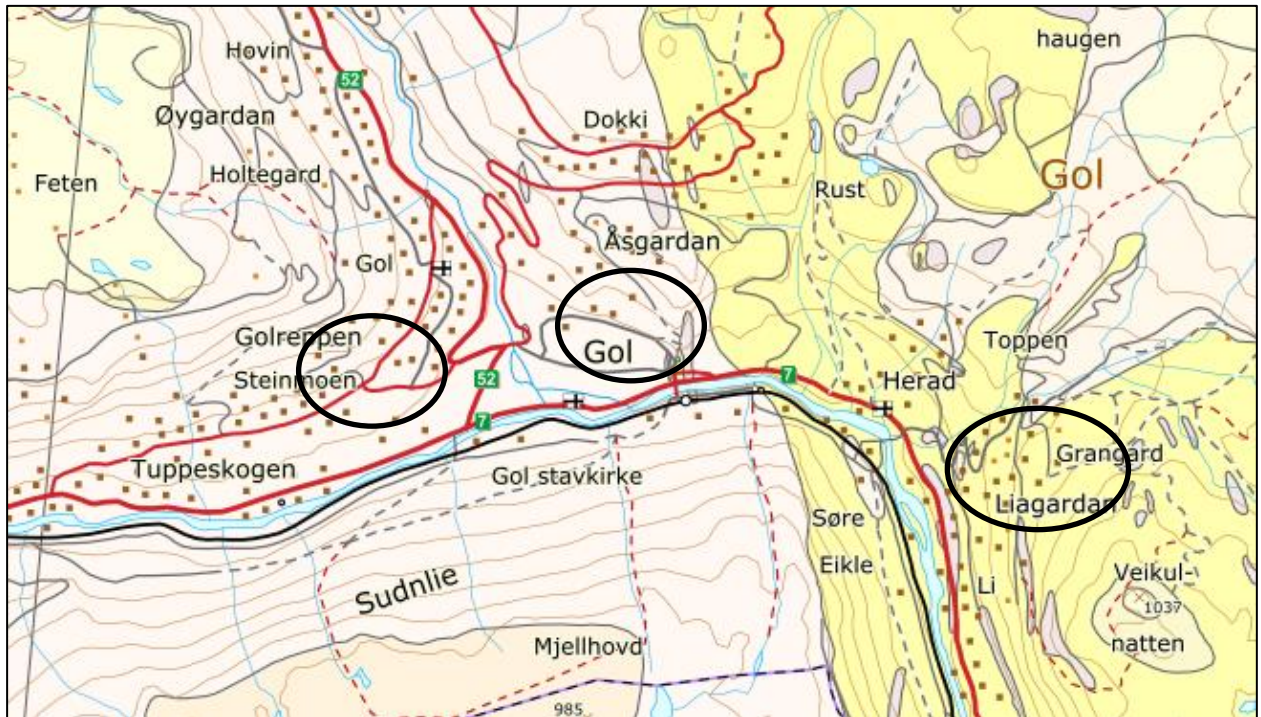
2.2 Topografi, geologi og geomorfologi

Områdene i Gol kommune ligger forholdsvis lavt, med lite alpint terreng. Områdene består av skråninger av løsmasser (morene), og både store og mindre skrenter med berg i dagen (Figur 2). Berggrunnen består hovedsakelig av migmatitt, kvartsitt og gabbro (Figur 3).

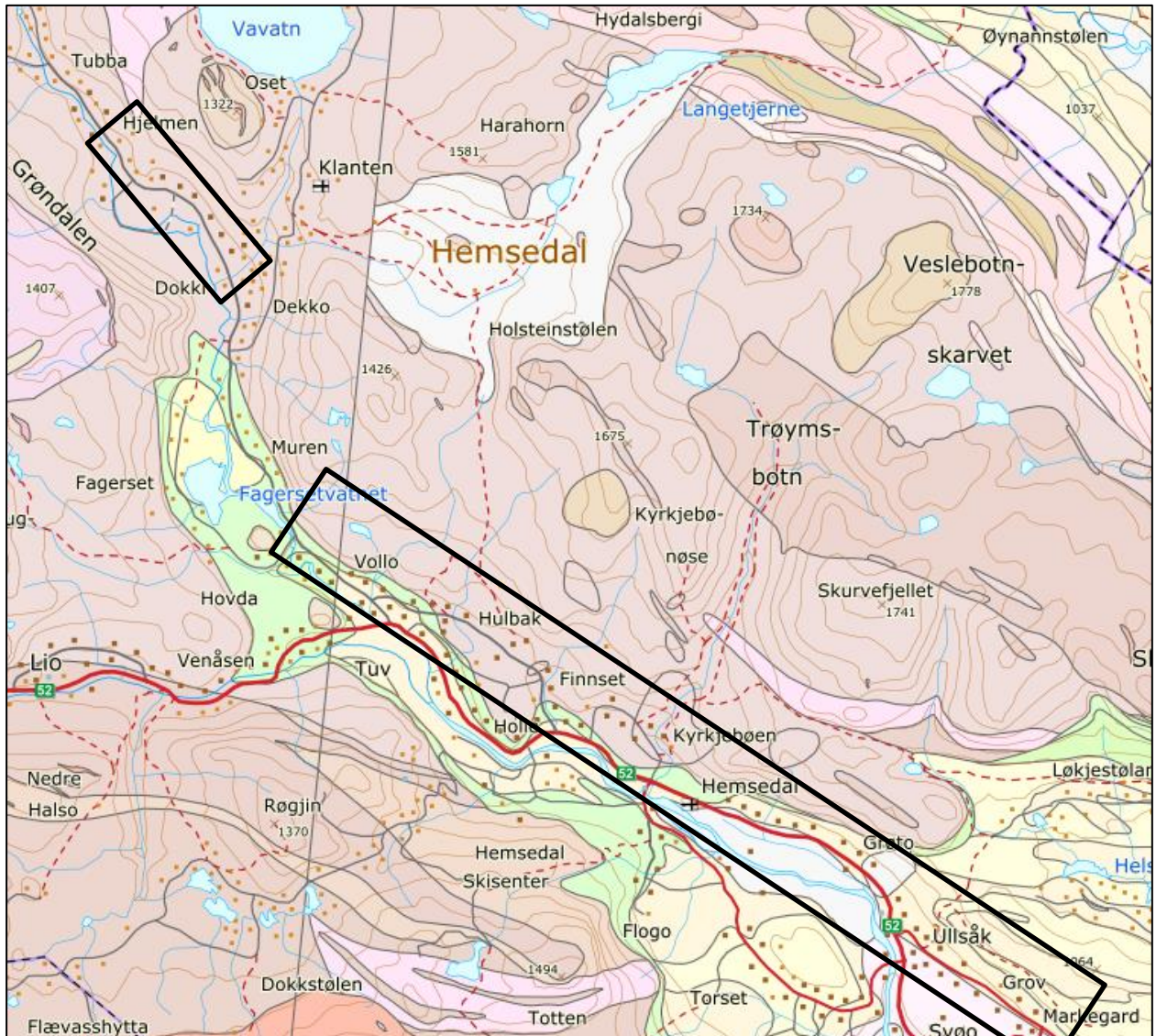
Terrenget i og ovenfor kartleggingsområdene i Hemsedal kommune er forholdsvis alpine, med bratte, høye fjellsider. Berggrunnen består hovedsakelig av metadiabas, amfibolitt og kvartsitt med innslag av andre bergarter, blant annet gabbro (Figur 4). Dalbunnen er dekket av fluviale og glasifluviale avsetninger, som går over i skredavsetninger eller morene oppover i fjellsiden.



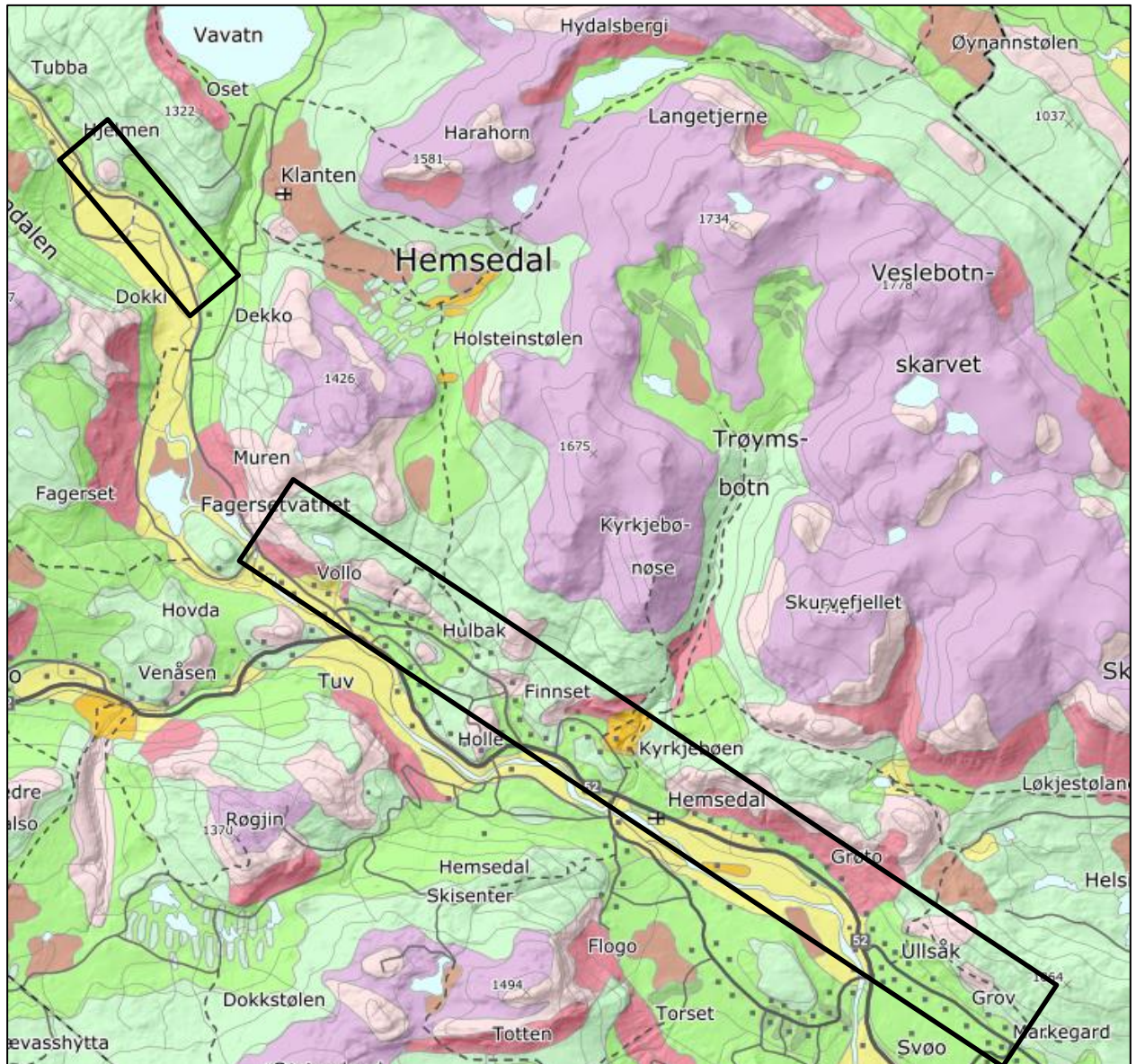
Figur 2: Utsnitt av NGU kvartærgeologisk kart for Gol. Kartlagte områder er indikert omtrentlig. Fra http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/. Grønne farger representerer morene; gule og oransje farger er hhv. fluviale avsetninger og glasifluviale avsetninger; rosa farger er berg i dagen; mørk rosa er skredavsetninger. Merk at dette kartet avviker betydelig fra det detaljerte kvartærgeologiske kartet fremstilt av NGU i 2017 (avsnitt 3.5.2 s. 26).



Figur 3: Utsnitt av NGU berggrunnskart for Gol. Kartlagte områder er indikert omtrentlig. Fra http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/. Den lyse fargen er migmatitt, gul farge er kvartsitt.



Figur 4: Utsnitt av NGU berggrunnskart for Hemsedal. De kartlagte områdene er indikert omtrentlig. Fra http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/. Den mørkebrune fargen er metadiabas og amfibolitt, mens den lysegule er kvartsitt.



Figur 5: Utsnitt av NGU kvartærgeologisk kart for Hemsedal. De kartlagte områdene er indikert omtrentlig. Fra http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/. Grønne farger representerer morene; gule og oransje farger er hhv. fluviale avsetninger og glasifluviale avsetninger; rosa farger er berg i dagen; mørk rosa er skredavsetninger.

2.3 Klima

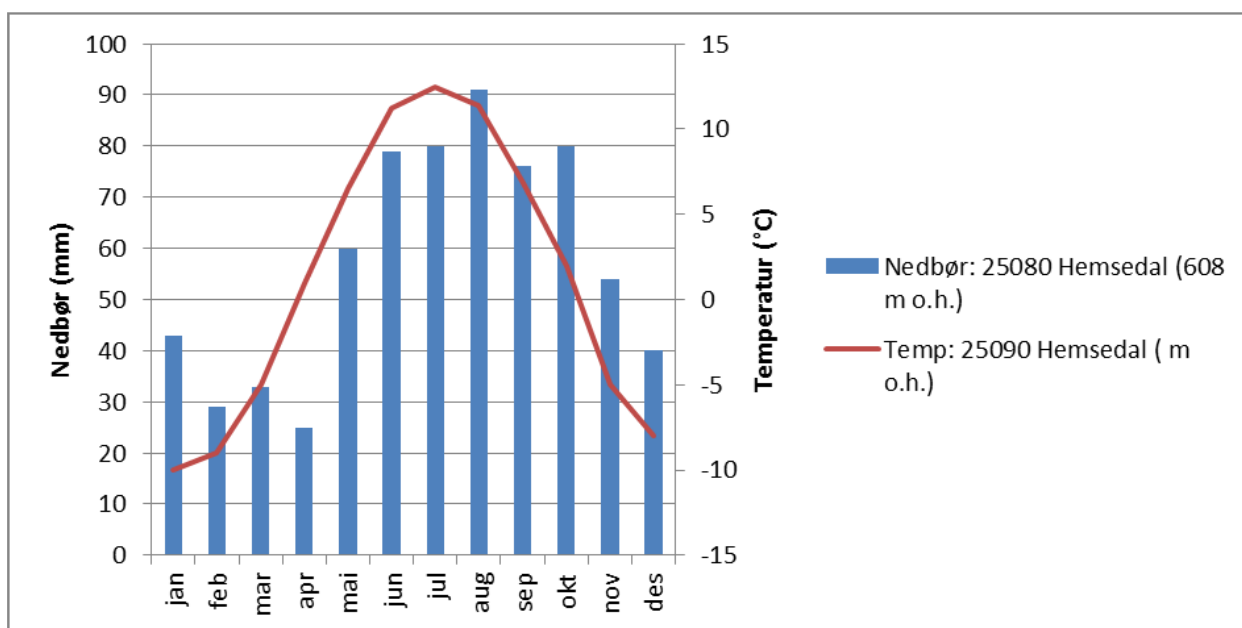
Formålet med klimaanalysen er å anslå hvor mye snø det kan forventes på bakken, samt nedbørmengde og vindretning i ekstreme nedbørsituasjoner som kan føre til utløsning av skred. Klimadata er hentet fra eklima.met.no.

2.3.1 Hemsedal

Aktuelle værstasjoner i området har hatt uregelmessig drift. Stasjon 25080 Hemsedal ligger 608 m o.h. (Figur 1). Stasjonen var i drift fra 1895 til 1981, men har bare registrert snøhøyde i perioden 1957-1981.

Stasjon 25100 Hemsedal-Hølto ligger 648 m o.h. ikke langt fra stasjon 25080. Stasjon 25100 har vært i drift siden 1982. Det ligger andre stasjoner i området, men disse har kortere tidsserier.

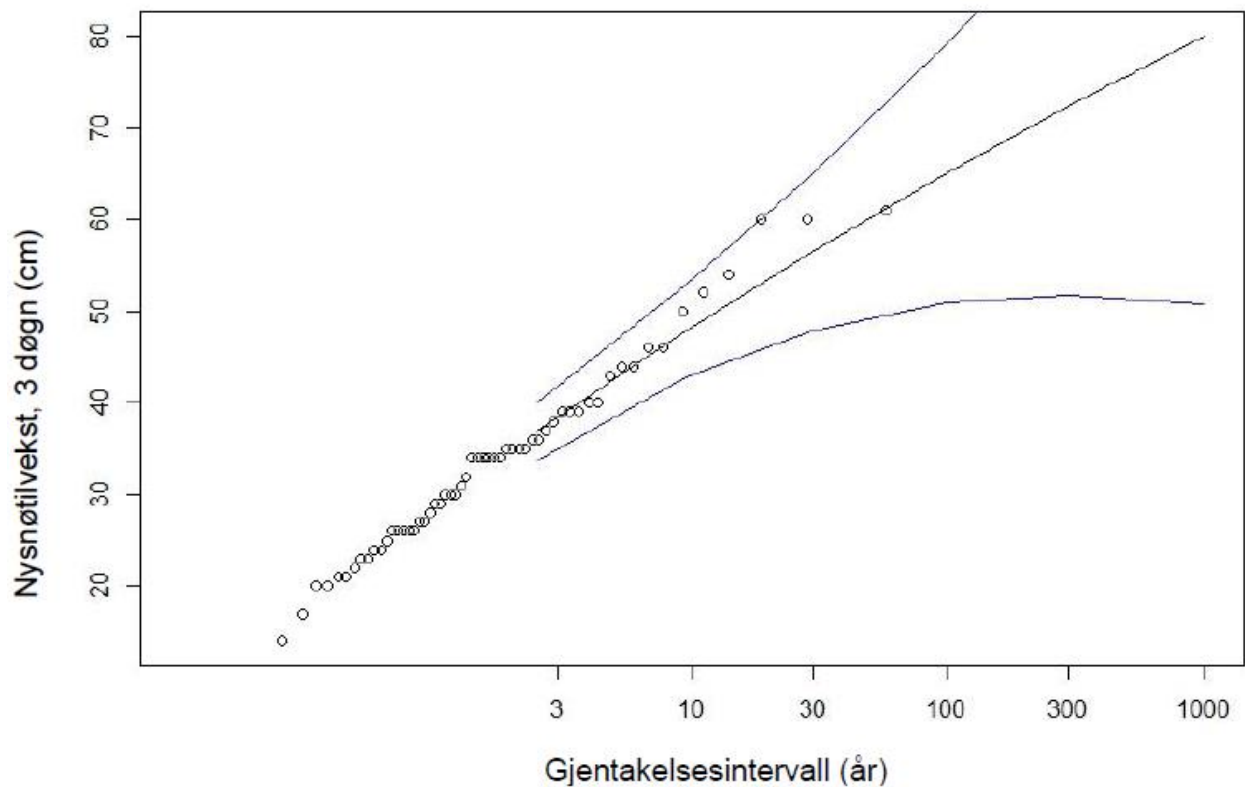
Månedsnormalene for de to stasjonene for normalperioden 1961-1990 er vist i Figur 6. Området er relativt tørt, og mesteparten av nedbøren kommer sommer og høst. Det er ingen god værstasjon i området som viser vindforholdene i høyden, men nedbørførende vindretning er hovedsakelig fra sørvest over vest til nordvest. Allikevel kommer de store snøfallene ofte med vind fra øst. Fremherskende vindretning er fra vest. Fjellsider som ligger i le for vind fra vest er dermed mest utsatte for snøskred i situasjoner der vindtransport av eldre snø er viktig. I situasjoner der nedbør er viktigst for snøskredutløsning, er fjellsiden vendt mot vest mest utsatte.



Figur 6: Månedsnormaler for nedbør og middeltemperatur for met.no stasjon 25080 Hemsedal for normalperioden 1961-1990. Data fra eklime.met.no.

For å få informasjon om forventet bruddhøyde på dimensjonerende snøskred har vi analysert endringen i snøhøyde over 1 døgn, 3 døgn og 5 døgn ved de to stasjonene. Disse verdiene angir omtrent nysnøtilveksten i de tilsvarende perioder. For å få lengst mulig tidsserie for ekstremverdianalyser har vi kombinert data fra stasjonene 25080 og 25100. Allikevel er tidsserien bare på 56 år og ekstremverdianalysene er derfor svært usikre.

Som indikasjon på forventet bruddhøyde av dimensjonerende snøskred anvender vi nysnøtilveksten over tre døgn. Resultatet av ekstremverdianalysen for nysnøtilvekst over tre døgn er vist i Figur 7. Hendelser med et gjentakelsesintervall på 1000 år vil ha en forventet nysnøtilvekst over tre døgn på rundt 80 cm, men øvre grense med 95 % konfidensnivå er vesentlig høyere. Nysnøtilvekst på mer enn 100 cm er ikke usannsynlig.



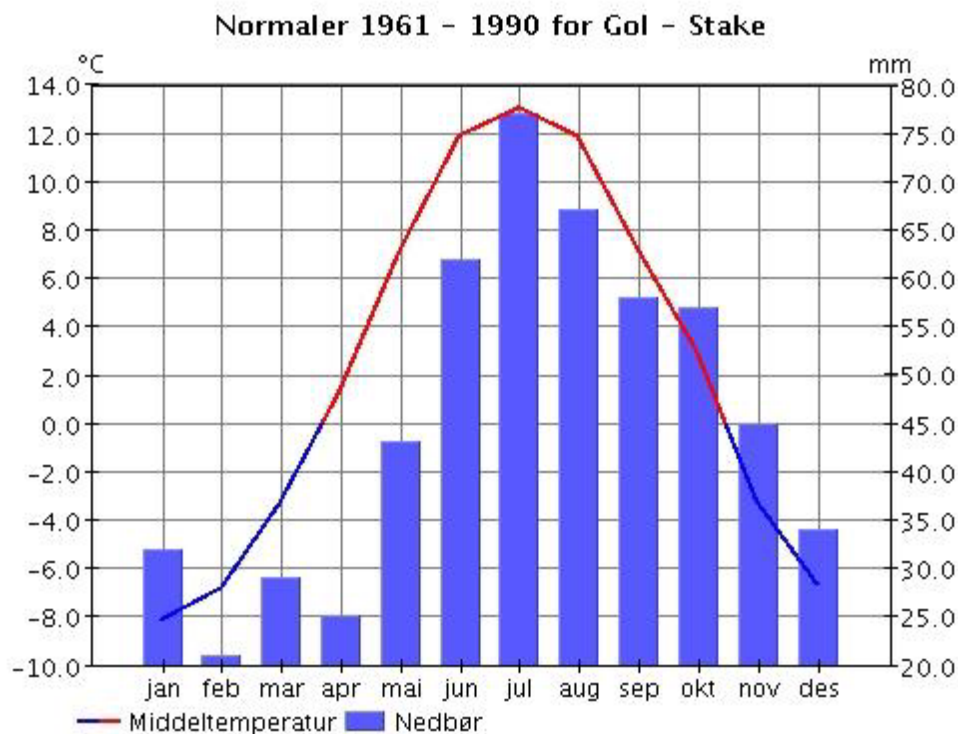
Figur 7: Ekstremverdianalyse for nysnøtilvekst over tre døgn med data fra stasjon 25080 Hemsedal og 25100 Hemsedal-Hølto. Forventet nysnøtilvekst over tre døgn for et gitt gjentakelsesintervall er vist med svart linje. Konfidensnivå på 95 % er angitt med øvre og nedre linje.

Disse verdiene er ved stasjonene. Det forventes en økning av nedbørmengder med høyden. Dessuten er det ikke inkludert nysnøtilvekst på grunn av vindtransportert snø.

2.3.2 Gol

For å anslå frekvensen av ekstreme nedbørsituasjoner som kan føre til utløsning av skred, har vi gjort en vurdering av klimaet i undersøkelsesområdet. Vi har også sett på sannsynligheten for å få store snømengder på kort tid, for å vurdere sannsynligheten for utløsning av snøskred.

Data er hentet fra eklima.met.no. Vi har brukt stasjon 24960 Gol-Stake, 452 m o.h. (Figur 1). Vi antar at stasjonen representerer planområdets klima relativt bra. Stasjonen har målinger fra 1963 til i dag.



Figur 8: Månedsverdier for nedbør og temperatur, for normalperioden 1961-1990. Data fra eklima.met.no.

Månedsverdier for normal nedbør og middeltemperatur for Gol-Stake er vist i Figur 8. Mesteparten av årsnedbøren kommer sommer og høst, mens vinter og vår er relativt tørre. Det er store lokale forskjeller i nedbørmengder. Middeltemperatur er over frysepunktet 7 måneder i året.

En rangering av de største målte nedbørmengder på ett døgn (Tabell 2) viser at det på sommer og høst med jevne mellomrom kan forventes særdeles intense nedbørperioder. I slike situasjoner kan det utløses grunne jordskred og flomskred der terrenget legger til rette for det. I juli 2007 førte intens nedbør for eksempel til flere flomskred i øvre Hallingdal. Skredene var hovedsakelig knyttet til utilstrekkelig kontroll med overflatevann langs skogsbilveger, noe som er typisk for flomskred. Tabell 2 viser at nedbørhendelsen i juli 2007 er relativt sjelden, men ikke unik. Nedbørsituasjoner der flomskred kan utløses kan altså forventes med jevne mellomrom. På grunn av klimaendringer vil antallet av slike situasjoner trolig øke i framtiden.

Tabell 2: De fem største nedbørmengder (mm) målt på ett døgn ved Gol-Stake. Sortert per måned etter rang. Dato for målingen er vist under verdien. Data fra 1963 til 2012.

	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
1	16,7	15,0	19,6	22,5	28,5	39,5	52,1	69,0	31,3	30,2	25,0	18,0
	20.01 .2003	25.02 .1990	18.03 .1987	23.04 .1983	06.05 .2004	01.06 .1973	09.07 .2007	14.08 .1994	23.09 .2003	14.10 .1967	17.11 .1975	22.12 .1967
2	16,5	14,5	18,5	20	21,3	38,7	35	36,7	28,2	29,5	20,5	16
	29.01 .1967	07.02 .2004	24.03 .1968	08.04 .1982	29.05 .2007	24.06 .2007	20.07 .1985	15.08 .2011	28.09 .1996	15.10 .1964	04.11 .1979	18.12 .1965
3	15,2	14	15,9	16,5	20,5	30,2	34	32,5	25	28,5	19,5	15,5
	19.01 .1995	24.02 .1976	12.03 .2008	20.04 .1985	28.05 .1987	11.06 .2011	04.07 .1982	22.08 .1988	07.09 .1985	24.10 .1964	19.11 .1973	09.12 .1966
4	15,2	13,7	15	16	20	29	29,5	31	24,5	26	19	15
	07.01 .2005	27.02 .2011	27.03 .1972	04.04 .1990	25.05 .1981	24.06 .1964	13.07 .1993	18.08 .1964	22.09 .1993	07.10 .1993	06.11 .1973	31.12 .1964
5	13	12,5	14,7	15,8	19,2	29	27,5	27,7	22	25	18	14,9
	18.01 .1993	26.02 .1996	17.03 .1968	26.04 .2012	27.05 .2009	29.06 .1999	07.07 .2008	14.08 .2003	22.09 .1969	01.10 .1982	03.11 .1969	02.12 .2007

Største observerte snødybde er 95 cm målt i mars 1988 (Tabell 3). Vinteren 1987/1988 var tydeligvis preget av store mengder snø på bakken, for de største snødybder i januar, februar, mars, april og mai, er registrert da. Observasjonene tyder allikevel på at snødybder over 75 cm kan forventes med jevne mellomrom.

Fjellsiden ovenfor planområdet er vendt mot sørvest. Vi forventer derfor at snødybden generelt vil være mindre i fjellsiden enn ved stasjonen, og at perioden med snø på bakken vil være kortere i fjellsiden enn ved stasjonen.

Tabell 3: De fem største snødybder (cm) ved Gol-Stake sortert per måned etter rang. I juni, juli og august er det ikke registrert snø ved stasjonen. Dato for målingen er vist under verdien. Data fra 1963 til 2012.

	jan	feb	mar	apr	mai	sep	okt	nov	des
1	78	92	95	90	55	8	34	50	59
	31.01.19 88	23.02.19 88	29.03.19 88	01.04.19 88	01.05.19 88	29.09.19 73	28.10.19 80	26.11.19 79	26.12.19 65
2	77	92	95	90	55	5	33	50	59
	30.01.19 88	24.02.19 88	30.03.19 88	02.04.19 88	02.05.19 88	22.09.19 69	21.10.19 76	27.11.19 79	27.12.19 65
3	75	90	95	90	35	2	31	50	59
	30.01.19 75	27.02.19 66	31.03.19 88	03.04.19 88	03.05.19 88	28.09.19 73	31.10.20 06	28.11.19 79	30.12.19 79
4	75	90	93	88	30	1	30	50	59
	29.01.19 88	28.02.19 66	05.03.19 88	04.04.19 88	04.05.19 88	28.09.19 75	19.10.19 80	29.11.19 79	31.12.19 79
5	74	90	93	83	20	1	29	50	59
	31.01.19 94	19.02.19 88	21.03.19 88	05.04.19 88	01.05.19 77	22.09.19 78	18.10.19 80	21.11.19 80	28.12.19 65

3. Metodikk for fastsettelse av faresoner for dette oppdraget

Utarbeidelse av skredfaresoner er en kompleks prosess som i stor grad avhenger av skredfaglig skjønn og erfaring. Vurderingene har inkludert en grundig vurdering av flere viktige momenter som underbygger bruk og forståelse av geologiske data fra feltkartlegging, tidligere skredhendelser og annen historikk, vurderinger og modelleringer fram til fastsetting av faresoner. Disse er kort omtalt nedenfor.

3.1 Skredhistorikk

Skred vil ofte gjenta seg der det har gått skred tidligere. Dette gjelder både de nesten årlige skredene og de sjeldnere hendelsene. Det å dokumentere tidligere skredhendelser er derfor viktig i en skredfarevurdering. Dette vil gi informasjon om hvilke områder som er mest utsatt for skred og kan også gi informasjon om den potensielle rekkevidden av skredene. Registrerte historiske skredhendelser er samlet i Nasjonal skredatabase og vises på atlas.nve.no. Opplysningene registrert i skredbasen oppsummerer blant annet mye av det som var å finne i lokale skriftlige kilder, for eksempel kirkebøker. I tillegg til informasjon fra Nasjonal skredatabase, er det forsøkt å innhente mest mulig informasjon ved å intervju lokalkjente samtidig med gjennomføring av befaring. Skredhendelser vi har fått kjennskap til, og som ikke tidligere er registrert i nasjonal skredatabase, har vi lagt inn i skredregistrering.no.

3.2 Høydemodeller, skyggekart og helningskart

En digital terrengmodell (DTM) er en digital representasjon av terrenget som gir informasjon om høyde over havet i hvert punkt av datasettet.

3.2.1 Grunnlag for terrengmodellene

Det forelå på starttidspunktet for rapporteringen terrengmodeller med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m for deler av de kartlagte områdene. Da disse bare dekket deler av kartleggingsområdene, og hadde flere feil, valgte vi å generere våre egne terrengmodeller. Grunnlaget for terrengmodellene var følgende flybaserte laserskanninger (Tabell 4).

Tabell 4: Datagrunnlag for de anvendte terrengmodellene.

Oppdragsnavn	Utførende	Utførendes prosjektnummer	Punkttetthet (pkt/m ²)
Hallingdal Hemsedal Nore Uvdal	Terratec	6581	2,0
Hemsedal 2010	Terratec	LACHBU08	1,0
Flå og Nes	Blom Geomatics	BNO08742	1,2-2,3
Hallingdal 2009	*	*	*

* Manglende informasjon fra Kartverket.

Bare laser punkt klassifisert som «Ground» er anvendt. Horisontal oppløsning på terrengmodellen er 1 m x 1 m. Først er alle rasterceller med laserpunkt gitt høyde. Dersom det var flere laserpunkt per celle, er bare punktet med lavest verdi anvendt videre. Celler uten laser punkt er deretter gitt verdier basert på høydene på omkringliggende celler, ved hjelp av en spline funksjon. Det er ikke utført ytterligere glatting av modellen. Programvaren SAGA versjon 2.1.2 er anvendt (Conrad mfl., 2015).

3.2.2 Avledet informasjon fra terrengmodellen

Skyggekart er en visningsmåte av en DTM som gir et relieffkart av terrenget. Skyggekart fra høyoppløselige DTM kan være nyttige i geologisk skredkartlegging for å avgrense skredbaner, utløsnings- og kildeområder, skredavsetninger osv.

Helningskart er også beregnet fra en DTM og viser bratthet av terrenget for hvert punkt i datasettet i forhold til nabopunktene. Helningsvinkel er en av de viktigste parameterne for å definere utløsnings- og kildeområder for skred. Helningskartet som vises i vedleggene er delt i følgende klasser:

25° til 30°: mulige løsneområder for jordskred

30° til 45°: mulige løsneområder for jordskred og snøskred

45° til 60°: mulige løsneområder for snøskred og steinsprang

60° til 90°: mulige løsneområder for steinsprang

3.3 Topografi, vegetasjon og klimaforhold

Topografien er et de aller viktigste elementene som avgjør en fjellsides skredpotensial. Blant de topografiske forholdene, i tillegg til terrenghelningen slik beskrevet i avsnittet ovenfor, er terrengformen og terrengruheten. Terrengformen beskrives av kurvaturen eller krummingen i terrengoverflaten, både parallelt med og på tvers av høydekurvene. Snø, overflatevann og grunnvann har alle mer tendens til å akkumuleres eller konsentreres i konkave, dvs. gryteformede, terrengpartier enn på konvekse former som rygger. I konkave terrengpartier er det derfor ofte større sannsynlighet for utløsning av snøskred, jordskred og flomskred enn på ryggeformasjoner. Ved kildeområder for steinsprang, kan derimot konvekse fjellknaus gi like mye (eller mer) utfall av blokker som mer konkave deler av en skrent. For samtlige typer skred, i varierende grad, vil ofte konkave terrengformer som raviner og nedskjærte bekkeløp styre bevegelsen i fjellsiden og utløpet.

Terrengruheten i potensielle løsneområder kan også påvirke sannsynligheten for skredutløsning, spesielt for snøskred (flakskred), der mye større snømengder er nødvendig for å tildekke terreng med stor ruhet enn det trenges for å tildekke jevnere overflater. Ruheten av terrenget lenger nede i skredbanen er på den andre siden blant faktorene som styrer skredutløpet, spesielt for steinsprang.

Både terrengkrumming og ruhet vurderes ved GIS-baserte analyser som benytter høyoppløsnings terrengmodell, samt ved feltobservasjoner.

Vegetasjonen har også betydning for skredfarevurdering, som beskrevet i avsnitt 1.4.7. Effekten av skogen er i denne rapporten vurdert ut fra befaringsobservasjoner og flybildestudie, og i henhold til NGIs rapport «Skog og skred – Forslag til kriterier for vernskog mot skred» (NGI, 2013), samt NVEs «Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet» (NVE, 2015).

3.4 Feltkartlegging

Hovedparten av feltbefaringen ble gjennomført av Andrea Taurisano, Kalle Kronholm og Hans Grue, Skred AS, i perioden 2.-5. mai 2017. Jaran Wasrud fra NVE deltok på befaringen 4. mai 2017. Senere, 1. september 2017, utførte Sondre Lunde og Kalle Kronholm, Skred AS ny befarings i deler av området rundt Gol.

Befaringene ble gjennomført ved bruk av bil, drone og til fots. Det var fint vær alle dagene, skyet og stort sett tørt vær med tilfredsstillende observasjonsforhold. Under befaringsene i Hemsedal var det fortsatt snødekke ovenfor omtrent 1200 m o.h.

Under feltbefaringene kartla vi kildeområder, løsneområder og skredbaner for de ulike typer skred. En første identifisering av potensielle løsneområder ble gjort før feltarbeidet, basert på helningskart. Under feltbefaringen ble de enkelte løsneområdene vurdert i lys av andre lokale forhold, spesielt terrengform og

vegetasjon. Den samlede vurderingen førte til at noen potensielle løsneområder ble avkreftet og fjernet fra kartet, mens andre ble bekreftet og endelig avgrenset.

For snøskred ble de fleste potensielle løsneområdene vurdert å ha et mindre skredpotensial enn terrenget gir uttrykk for, på grunn av skog. I flere utløsningsområder ble tett bjørkeskog vurdert å kunne forhindre snøskred av betydning for skredfarekartleggingen, selv om mindre snøskred i bjørkeskog kan inntreffe. Åpne felter opptil 50 m lange (i fallretningen) i 30° graders terreng, opptil 40 m lange ved helning på 35-40° og opptil 30 m lange ved helning 40-45°, er ikke vurdert som reelle løsneområder for snøskred (NGI, 2013; NVE, 2015).

For jordskred er løsneområdene i første omgang definert som alle løsmasseskråninger brattere enn 25°. For de ulike potensielle løsneområdene er i tillegg sannsynligheten for skredutløsning vurdert. Denne sannsynlighetsvurderingen ble basert på:

- terrengformen (lavere sannsynlighet på ryggformasjoner enn i konkave eller åpne skråninger)
- vegetasjon (mindre sannsynlighet i tett skog enn i bart terreng)
- hydrologiske forhold (mindre sannsynlighet ved veldig begrenset nedslagsfelt og vanntilgang)
- eventuelle forhold som forverrer vannavrenning og stabilitet (eks. skogsveger)
- informasjon om, samt tegn på tidligere skred (mindre sannsynlighet ved manglende tegn på skredaktivitet, i felt eller på skyggekart)

Den samlede sannsynlighetsvurderingen førte i mange tilfeller til at terrengpartier brattere enn 25° med løsmassedekke, ikke ble kartlagt som reelle løsneområder for jordskred. Dårlig håndtering av overvann, etablering av skogsveger og annet terrenginngrep som måtte skje i etterkant av våre vurderinger, vil imidlertid føre til økt sannsynlighet for utløsning av jordskred.

Under befaring ble ikke alle skogsveier, stikkrenner, kulverter og andre terrenginngrep vurdert i detalj. Vårt utgangspunkt har vært at slike terrenginngrep er utført slik at skredfare ikke øker nedstrøms inngrepene.

Løsneområder for flomskred ble i utgangspunktet identifisert ved alle forsenkede terrengformasjoner, eks. raviner og nedskjærte bekkeløp, med enten løse materialer (dvs. stein, jord, falne trær) eller betydelig potensial for erosjon langs løpet. Dersom nedslagsfeltet for ravinen eller bekkeløpet ikke er vurdert i stand til å gi en vannføring som kan mobilisere materialer, eller nedslagsfeltet og den potensielle vannføringen er store, men bekken renner på fjell, vurderes det ikke å være potensial for flomskredhendelser. Ved noen disse bekker er det altså kun vurdert å være en flomproblemstilling, spesielt hvis avsetningene nederst i løpet er tolket å være en ren flomvifte, og ikke en skredvifte.

Sørpeskred kan løsne i svært ulike typer terreng, fra nesten flate myrområder til høyfjellsplatåer og vatn som drenerer ut i bratte bekker, til bratte kløfter og gjel i høye fjellskrenter. En sørpeskredhendelse kan altså starte som annen skredtype (eks. et våtsnøskred eller en flom i høytliggende bekk) og vil ofte gå over til andre prosesser, eks. flomskred. Dersom alle terrengpartier der dette er teoretisk mulig, kartlegges som løsneområder for sørpeskred, og utløp kartlegges fra hvert teoretisk løsneområde, vil en ofte få et farebilde som hverken stemmer med skredhistorikk eller kvartærgeologi, og der sørpeskred mange steder blir dimensjonerende prosess. Konsekvensen er uforholdsmessig store utrygghetsfølelse i befolkningen, båndlegging av arealer og behov for sikringstiltak.

Vi har derfor lagt vekt på tidligere historikk for sørpeskred i de kartlagte områdene, samt terrengformer som både kan akkumulere betydelige mengder snø og gjør det mulig for snøen å bli vannmettet uten av vann finner en naturlig avrenning nedover i fjellsiden. De fleste av de resulterende skredbanene er også

aktuelle skredbaner for flomskred, selv om punktet (og tidspunktet) der de to skredtypene har størst sannsynlighet å løsne, kan være veldig forskjellig.

Løsneområder for steinsprang er i denne rapporten definert som alle naturlige fjellskrenter brattere enn 45°. Små skrenter under ca. 5 m høyde blir ikke kartlagt som løsneområder med mindre de ligger innenfor eller så nære ovenfor kartleggingsområdet at utløp derfra kan komme inn i det vurderte området.

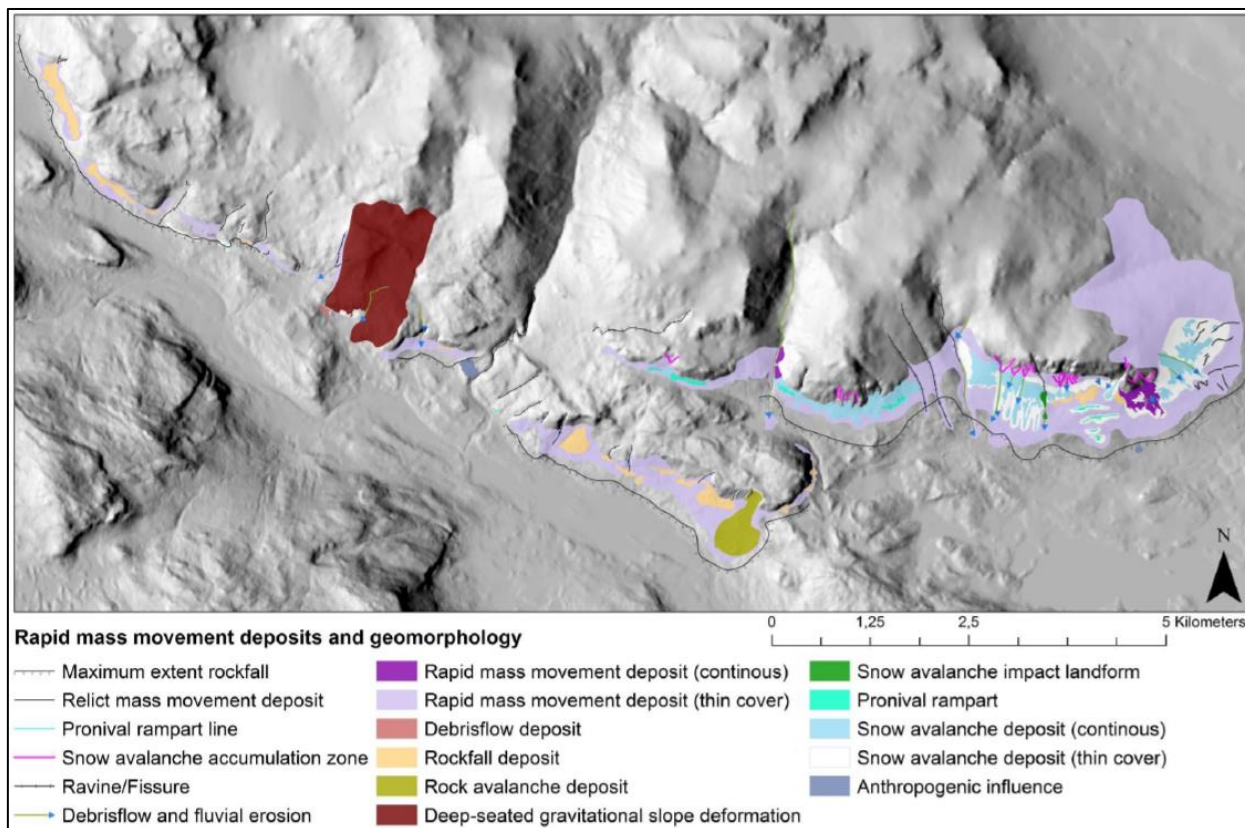
3.5 Registreringskart

Registreringskartet er som regel resultatet av omfattende forarbeid med identifisering av løsneområder, skredbaner og skredavsetninger gjort på bakgrunn av helningskart, skyggekart og flybilder, samt feltregistreringer. Under befaringen er fokuset på registrering av former og elementer av betydning for skredfarevurderingen, derunder tegn på utglidninger, flomskred og nylig steinsprangaktivitet, både som sår i løsneområder og som avsetninger nederst i fjellsidene. Der relevant er også kartfestbare opplysninger fra lokalkjente ført i kart.

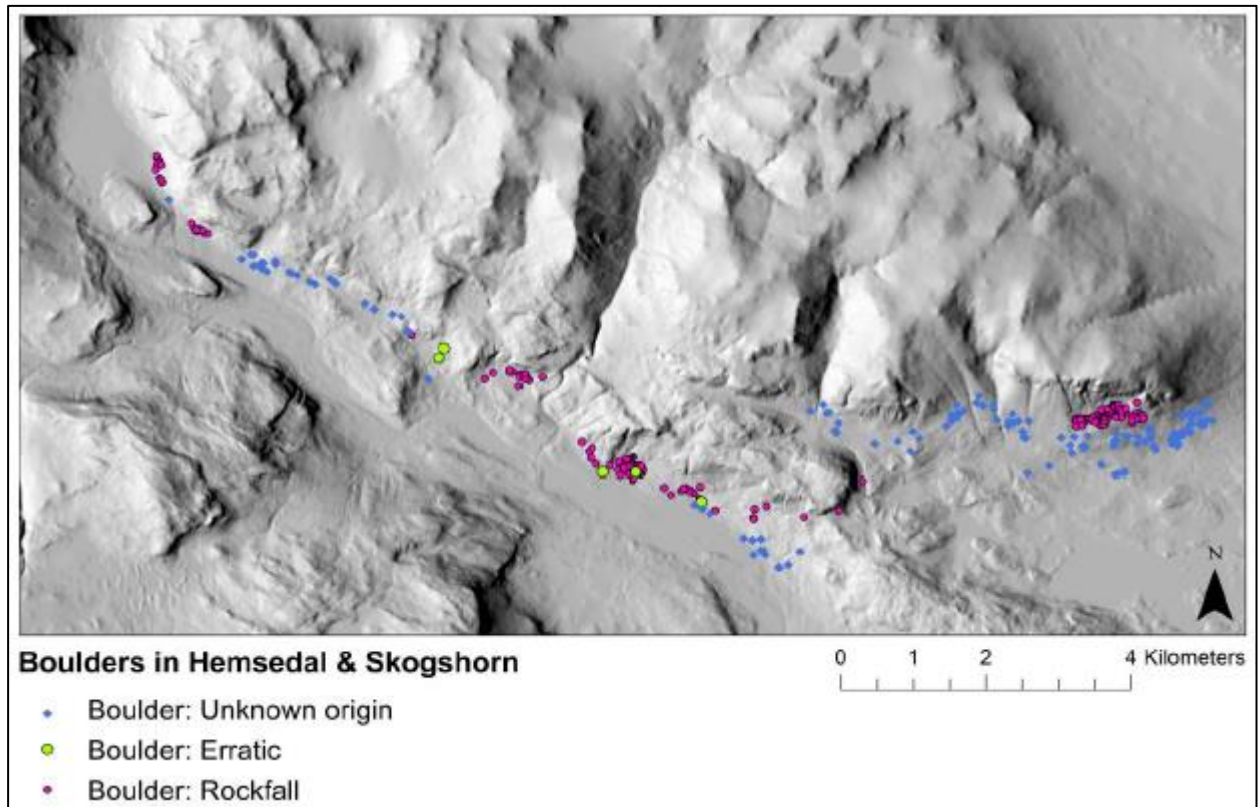
3.5.1 Datagrunnlag Hemsedal kommune

Som en del av datagrunnlaget for skredfarekartlegging i deler av Hemsedal kommune har vi mottatt tre bacheloroppgaver utarbeidet av studenter ved Universitetet i Gøteborg. Oppgavene inneholder følgende data som vi har brukt:

1. Hellman og Eliasson (2016): Snow avalanche deposit map in Hemsedal, Norway. Det er tegnet registreringskart for en del av det her kartlagte området. Registreringskartet er gjengitt i Figur 9. Deres registreringskart for vårt kartleggingsområde har bare vært tilgjengelig i A4 format, og er forholdsvis grovt, som antydnet i Figur 9. En større del av oppgaven var fokusert mot Skogshorn, som er utenfor vårt kartleggingsområde.
2. Jillerö (2016): Investigation and mapping of a deep seated gravitational slope deformation, in Hemsedal, Norway. I oppgaven er terrenget nordøst for Finset analysert, og er beskrevet som en «deep seated landslide». Dersom dette området virkelig er et dypt skred, mener vi at aktivitet er svært lav, og at bevegelsene ikke er relevante innenfor de årlige sannsynlighetene vi har vurdert.
3. Eliasson (2016): Hazard zone map in Hemsedal, Norway. Oppgaven inneholder samme registreringskartet som i 1. nevnt ovenfor og gjengitt i Figur 9. I tillegg er det registrert steinblokker flere steder i dalen, og typen av blokker er klassifisert som vist i Figur 10. Dessverre er det tilgjengelige kartgrunnlaget av så dårlig oppløsning, at vi ikke har brukt det i stor grad. To ¹⁴C dateringer av gamle trær gir ikke mye ekstra informasjon til vårt oppdrag. Det er utført modellering av mulig utbredelse av steinsprang ved Imrestind, i vårt kartleggingsområde. Resultatene er delvis sammenliknet med våre resultater av modelleringen. Det er ikke tegnet faresoner for skred i oppgaven.



Figur 9: Registreringskart fra Hellman og Eliasson (2016) samt Eliasson (2016).



Figur 10: Registreringskart for store steinblokker fra Eliasson (2016).

3.5.2 Datagrunnlag Gol kommune

For Gol kommune har vi benyttet de kvartærgeologiske kartene i målestokk 1:10.000 utarbeidet av NGU (Rubensdotter og Sandøy, 2017). Det kvartærgeologiske kartet dekker våre kartleggingsområder 3-Gol, 4-Golreppen og 5-Liagardan. Vi fikk tilgang til kartene på digital form, slik at vi har arbeidet med de i GIS. Kartene er gjengitt i registreringskartene i Vedlegg 3C, 4C og 5C.

Vi mottok dette kartet før gjennomføring av befaringen, og kartet ble benyttet i felt som utgangspunkt for egne vurderinger av terrengformasjoner og avsetninger. Tilgang til dette kartet har naturlig også ført til at omfanget av egne feltregistreringer ble mindre enn det ville ha vært uten NGUs kart, men på denne måten ble en del kapasitet og fokus frigjort for andre aspekter av kartleggingsarbeidet.

3.6 Modellering

Resultater av skredmodellering utført med ulike beregningsverktøy kan brukes til å etterprøve og underbygge vurderinger av forventet skredutløp basert på skredhistorikk, feltobservasjoner og skjønn. Modellresultatene, eks. maksimalt utløp, flyte høyde, skredhastighet og trykk, avhenger av de valgte inngangsparameterne. Utfordringen med modellbruk ligger generelt i den store usikkerheten rundt lokalisering av kildeområdene (spesielt ved mange diffuse kilder), dimensjonerende mobiliserte volumer og egenskapene til massen i bevegelse. Muligheten til å kalibrere modeller basert på tidligere hendelser krever ikke bare at det finnes historiske hendelser i nærliggende og sammenlignbare områder, men også at relativt detaljert informasjon om de hendelsene er tilgjengelig. Dette foreligger sjeldent.

Modellverktøy er derfor først og fremst benyttet som strømningsmodeller, dvs. for å bedre evaluere hvordan skredmasser ville bevege seg i fjellssidene, men uten å legge for stor vekt på

modelleringsresultatene når det gjelder å vurdere det maksimale utløpet for skred med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Dette til tross for at vi har forsøkt å definere scenarier som skjønnsmessig kan tenkes å svare til de tre faresonene, og at det er utført flere beregninger for å teste effekt av variasjonen i de ulike parametersettene. Faresonene er derfor ikke basert på en spesifikk modellberegning, men laget ut fra en samlet vurdering av observasjoner, tidligere informasjon, beregninger og erfaring. De benyttede modellene og deres oppsett er beskrevet nedenfor.

3.6.1 Beregninger med Rockyfor3d for steinsprang

Programvaren Rockyfor3d (Dorren, 2015), versjon 5.2.4 er anvendt til beregning av mulig utbredelse av steinsprangblokker. Generell fremgangsmåte er som følger:

- Definere scenarier for hendelser med ulike årlige sannsynligheter, inklusive fastsettelse av følgende parametere:
 - o Kildeområde.
 - o Størrelse på steinsprangblokker. Typiske verdier som vi har benyttet, er på 1-2 m³ for 100 års hendelser, 5 m³ for 1000 års hendelse og 10-20 m³ for 5000 års hendelser. Dette varierer avhengig av størrelse og oppsprekingsgrad for de ulike kildene, og er observert i felt.
 - o Bakkens egenskaper som energidreper når blokker spretter på bakkens.
- Vurdering og justering av resultater mot kjente steinspranghendelser, der aktuelt, eller mot registrerte avsetninger som representerer tidligere steinsprangutfall.

Generelle innstillinger er som følger:

- Det er simulert 10-50 utfallende blokker per celle i kildeområdene.
- Det er ikke tatt høyde for skog. Dette gir konservative verdier for utløpslengde.
- Tetthet = 2700 kg/m³.
- Blokkform = rektangulær.

3.6.2 Beregninger med RAMMS for snøskred

Modellering av mulig skredutbredelse av snøskred er gjort med RAMMS::AVALANCHE, versjon 1.6.20, modulen for snøskred (Christen m.fl., 2010). Verdiene for friksjonsparameterne μ og ξ er definert som anbefalt i programmet, med unntak av at øvre høydenivå er redusert fra 1500 m o.h. til 500 m o.h., og nedre høydenivå fra 1000 m o.h. til 100 m o.h.

Utløsningsområder er definert fra beregnet terrenghelning i terrengmodell, historisk informasjon, og vurdering i felt og ortofoto av blant annet vegetasjon og terrengform. Det er typisk definert ulike områder for skredhendelser med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Bruddhøyder er vurdert fra klimaanalysen samt lokale forhold, og er typisk variert mellom 0,5 m og 3 m. Bruddkanthøyden er beregnet med utgangspunkt i 5 døgn snøfall med 1000 års gjentakintervall. Den beregnede verdien (1,5 m) er da økt med 50 cm for å ta i betraktning høyden av løsneområdene i forhold til de meteorologiske stasjonene. Den resulterende bruddkanthøyden på 2 m er benyttet for alle løsneområder med «gjennomsnittlige» terrengform og eksposisjon. For mer konkave løsneområder i le for fremherskende nedbørsførende vind er denne verdien økt med 50 % (dvs. 3 m bruddkant), mens for løsneområder med markert konveks form i lo for nedbørsførende vind er bruddkanthøyden redusert til 1,2 m.

3.6.3 Beregninger med RAMMS for flomskred og sørpeskred

Modellering av mulig skredutbredelse av flomskred er gjort med RAMMS::DEBRIS FLOW (Christen m.fl., 2012), versjon 1.6.20, modulen for flomskred. Utløsningsområdene er definert på to måter:

- En lang «blokk» med løsmasse er lagt ut i fjellsiden parallelt med kotene. Resultatene er brukt til å vurdere generelle flytemønstre i fjellsidene.
- Veldefinerte utløsningsområder i eller ovenfor forsenkninger der flomskred mest sannsynlig vil løses ut. Resultatene er brukt til å vurdere konkret mulighet for utbredelse av flomskred.

- De fleste utløsningsområdene som ikke er definert i etablerte søkk eller bekkeløp, men i åpne skråninger, er tegnet i områder der det er kartlagt morene, løsmassetypen de fleste jordskred i Norge oppstår i. Flere løsneområder er også tegnet der det er kartlagt et tynt torv-/humuslag over berg.

For begge typer beregninger er innstillingen «block release» brukt, siden hydrografen for de modellerte skredhendelsene ikke er kjent, og kan variere. Anvendte friksjonsparametere er de som benyttes som standard i modellen, og vist i tabell 5.

For modellering av sørpeskredutløp finnes det per i dag ikke spesifikke verktøy. RAMMS-modulen for flomskred kan i utgangspunktet også anvendes til sørpeskredmodellering, med tilpassing av friksjonsparametere. Det er imidlertid ikke gjort nok forskning rundt det, og en bør da selv prøve ut ulike kombinasjoner av friksjonsparametere for å da velge en for modellering av dimensjonerende sørpeskred. Vi benytter parametersett som våre erfaringer tilsier gir best resultater under norske forhold, og ytterligere testing av parametere er gjort i enkelte områder i dette kartleggingsoppdraget. Valgte parametere for flomskred- og sørpeskredmodellering er angitt i tabellen nedenfor.

Tabell 5: Anvendte parametere i RAMMS beregningene for flomskred og sørpeskred.

Skredtype	Oppløsning i terrengmodell	Friksjonsparameter ξ	Friksjonsparameter μ	Høyde blokk
Flomskred	1-5 m	200 m/s ²	0,10	0,5-1 m
Sørpeskred	1-5 m	200-3500 m/s ²	0,07-0,10	0,5-1 m

3.6.4 Tolkning av modellresultater

Det er utført flere beregninger for å teste effekt av variasjonen i de ulike parametersettene. Faresonene er derfor ikke basert på en spesifikk modellberegning, men laget ut fra en samlet vurdering av observasjoner, tidligere informasjon, beregninger og erfaring.

3.7 Fastsetting av faresoner

Faresoner fastsettes for skred med årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000 for den samlede sannsynlighet for alle typer skred i bratt terreng. Faresonene er tegnet på kart i målestokk 1:1250 til 1:5000.

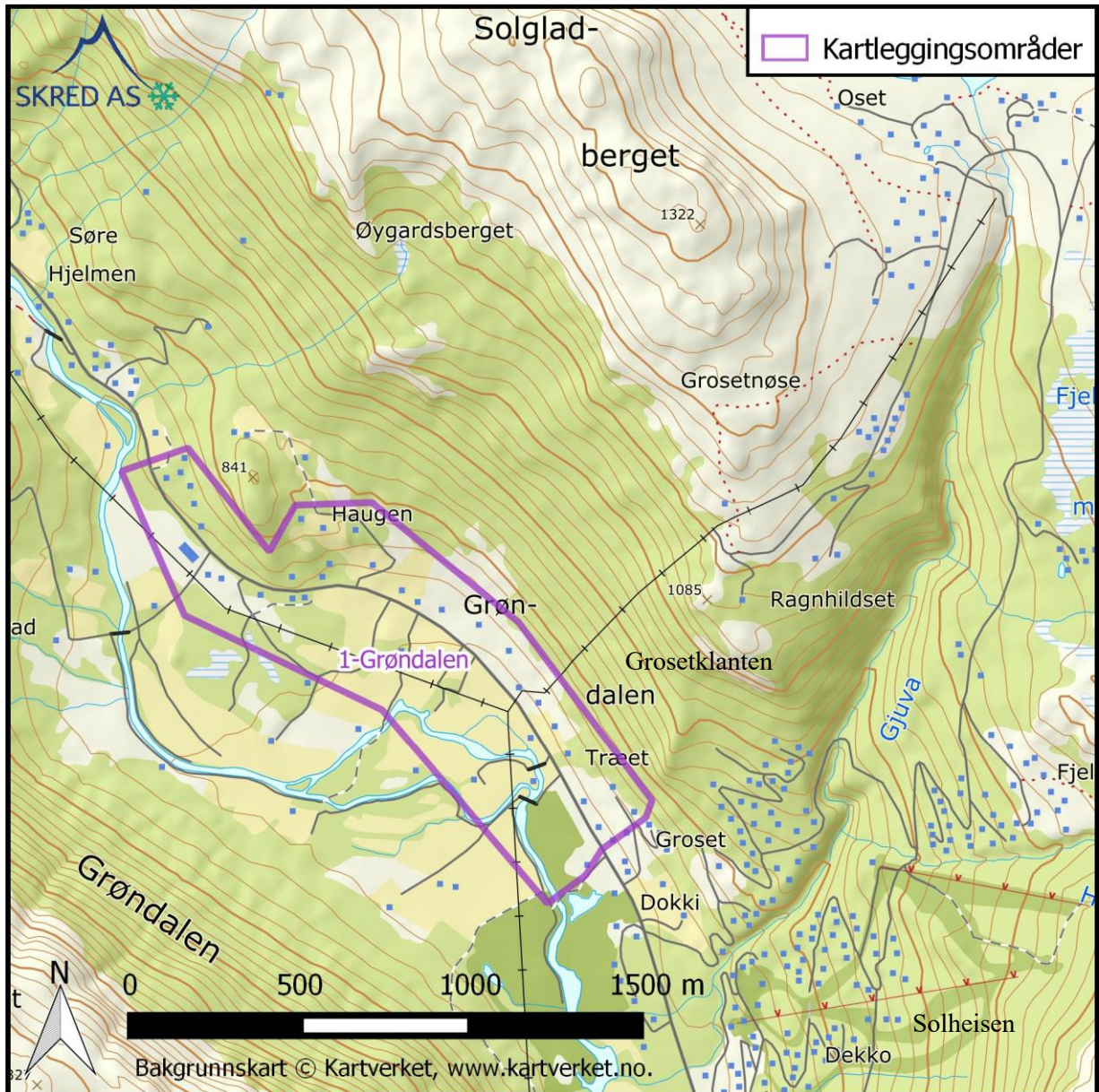
Den endelige vurderingen av sannsynligheten for de ulike skredprosesser, scenarioer og beregnede skredutløp, har vært i stor grad basert på skredfaglig skjønn. Dette vil si at vektlegging av ulike datasett og opplysninger (eks. terrengobservasjoner, resultat av modellering, skredhistorikk) er skjønnsmessig tilpasset til de ulike skredbanene.

I den følgende beskrivelsen for hvert kartlagt område vil det redegjøres for hvilke vurderinger som ligger til grunn for utbredelsen av faresonene og dominerende skredtype innenfor områdene. Hvis flere skredtyper er med på å påvirke utbredelsen av faresonene vil dette omtales.

4. Områder

4.1 Område 1 – Grøndalen (Hemsedal)

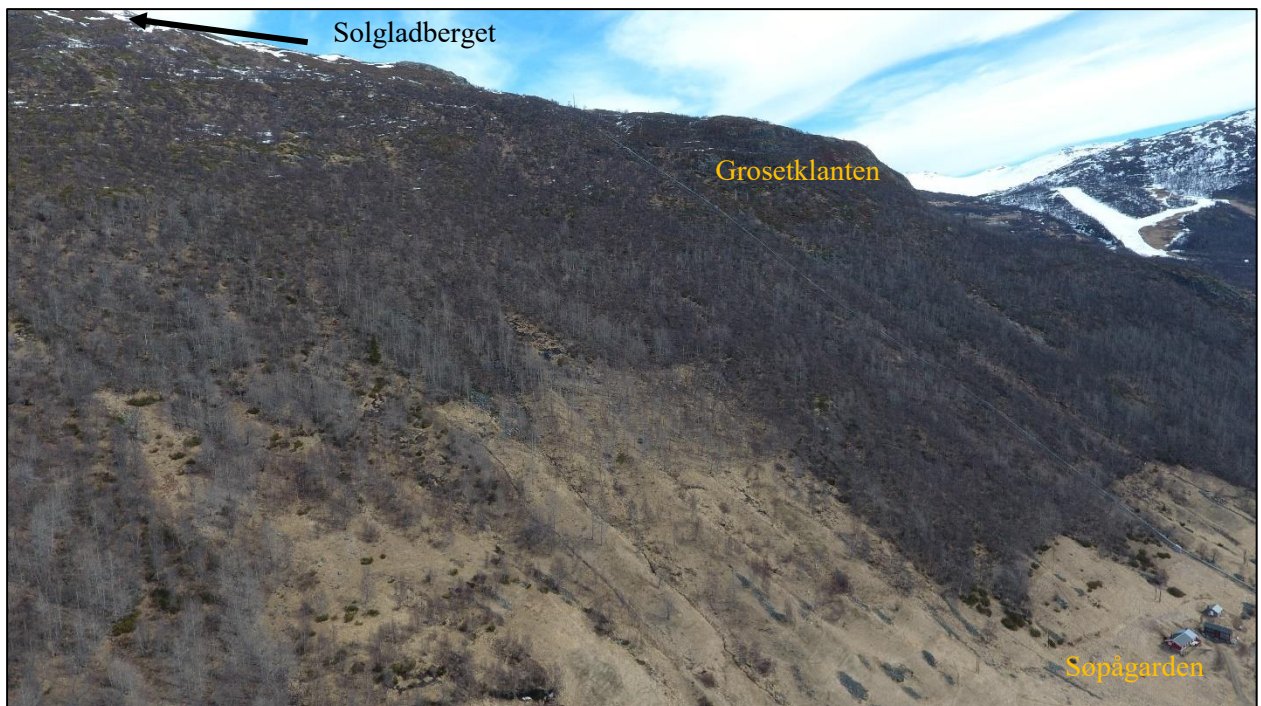
Det kartlagte området (Figur 11) ligger i Grøndalen, 12 km nordvest for Hemsedal sentrum. Området ligger umiddelbart nordvest for heisområdet Solheisen.



Figur 11: Kart over Område 1 – Grøndalen i Hemsedal kommune.



Figur 12: Oversiktsfoto av Område 1 – Grøndalen. Foto tatt mot nordvest.



Figur 13: Oversiktsfoto av Område 1 – Grøndalen. Foto tatt mot øst.

4.1.1 Topografi og grunnforhold

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Terrengmodellen dekker hele kartleggingsområdet og fjellsiden opp til rundt kote 1200. Kart med terrenghelning er vist i Vedlegg 1B.

Kartleggingsområdet ligger i nedre delen av dalføret Grøndalen, som her løpet sørøst-nordvest. I bunnen av dalen renner elva Grøndøla mot sørøst i forholdsvis slakt terreng, rundt kote 720. Kartleggingsområdet strekker seg omtrent 60 høydemeter opp i fjellsiden mot nordøst. Fjellsiden strekker seg videre opp mot Solgladberget 1329 m o.h. Nord i kartleggingsområdet ligger en mindre topp, Fuglehaugen 841 m o.h. foran fjellsiden opp mot Solgladberget.

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017a) og består av charnockitt til anortositt. NGU har kartlagt løsmassene i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017b). I dalbunnen er det fluviale avsetninger mens fjellsiden opp mot Solgladberget består av morenemateriale, gradvis tynnere oppover. Solhaugen er kartlagt som bart fjell.

Fjellsiden opp mot Solgladberget er forholdsvis jevn (Figur 12) med terrenghelning på rundt 30°, med unntak av enkelte mindre skrenter med helning på opptil 60°. Nederst i fjellsiden, fra rundt kote 830 og nedover, er det flere markerte forsenkninger (se registreringskart i Vedlegg 1C). En bekk fra Solgladberget har erodert flere løp ned mot området mellom gardene Grøndalen og Medgarden.

Til tross for de markerte forsenkningene i dalsiden, er det bare få og utydelige avsetningsvifter i bunnen av disse. Det kan skyldes at terrenget er preget av menneskelige inngrep med dyrket mark, bygninger eller steinrøyser. Det er enkelte store blokker i foten av dalsiden. Som ellers i Hallingdal er det vanskelig å skille mellom steinsprangblokker og moreneblokker, og dyrking av jordene i bunnen av dalbunnen gjør det ytterligere vanskelig å estimere hyppighet av steinsprang.

Nord i kartleggingsområdet er skredproblematikken hovedsakelig knyttet til Solhaugen. Sidene på Solhaugen har terrenghelning på 30-40°, med unntak av flere nær-vertikale klippebånd omtrent parallelt med kotene. Nedenfor disse skrentene er det noe steinsprang- og forvitningsur.

4.1.2 Vegetasjon og avrenning

Tregrensa i området er på rundt kote 1100. Skogen er hovedsakelig bjørk, men det finnes også plantefelt med gran. Opp mot skoggrensa blir skogen glissen og det er bare små trær. Langs rørgata er skogen hogd. Historiske flyfoto er tilgjengelige tilbake til 2006. Disse viser ingen tydelig endring i skoggrensa eller tettheten av skog fra 2006 til i dag. Ifølge NIBIO (2017) er skogen i dalsidene vernskog.

Det er ingen store elveløp i fjellsiden, men avrenningen skjer gjennom flere små bekker med noen 100 meters avstand. Bekkene følger forsenkningene nevnt ovenfor.

4.1.3 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene

Vi er ikke kjent med tidligere skredfarevurderinger i kartleggingsområdet. Sør for kartleggingsområdet, ned mot område 2-Hemsedal, Tuv-Ulsåk, kjenner vi til vurderingene vist i tabell 6.

Tabell 6: Tidligere utredninger av skredfare ved område 1-Hemsedal, Grøndalen. For plassering, se registreringskart i Vedlegg 1C.

ID	Forfatter	Oppsummering
----	-----------	--------------

1	Skred AS	Skredfarevurdering for hyttetomt.
2	NGI	Skredfarevurdering og forslag til sikring mot sørpeskred.
3	NGI	Skredfarevurdering og forslag til sikringstiltak i forbindelse med utbygging av Solheisen. Sør for kartutsnitt i Vedlegg 1C.
4	Skred AS	Skredfarevurdering for hyttetomt. Sør for kartutsnitt i Vedlegg 1C.

4.1.4 Befaring

Området ble befart 4. mai 2017 av Hans Grue, Andrea Taurisano og Kalle Kronholm fra Skred AS. Jaran Wasrud fra NVE var med på deler av befaringen. Sporloggen fra befaringen er vist i Vedlegg 1C.

Registrerte GPS punkt er vist i tabell 7 og Vedlegg 1C. På befaringsdagen var det fint, klart vær med god sikt. Det var litt snø øverst i fjellsiden, men ikke løv på trærne. Det ble anvendt drone.

Tabell 7: GPS punkt registrert under befaringen i område 1-Hemsedal, Grøndalen. For plassering, se kart i Vedlegg 1C. Registreringer som ikke ble kartfestet under befaringen, men i etterkant, er ført inn med bokstaver.

WPT	Notat
032	Lokal skrent har gitt utfall av store og små blokker. Rekkevidde kort, 40 m fra kilde. 1000Y=0,5 m ³ ; 5000Y=2 m ³
A	Delvis steinrøys, men noen naturlig avsatte blokker?

4.1.5 Skredhistorikk

I Nasjonal skredatabase er det ikke registrert skred i kartleggingsområdet. Et snøskred er registrert ved Stunde, omtrent 1 km nordvest for Fuglehaugen (1887-01-14), og et snøskred rett sør for Solheisen (2009-03-06). Videre er det registrert to løsmasseskred omtrent 2 km nordvest for kartleggingsområdet (1959-07-24 og 1860-06-15).

Vi har vært i kontakt med flere personer under befaring og i kommunen, men det er ikke kommet frem flere hendelser.

4.1.6 Skredfarevurdering

4.1.6.1 Steinsprang og steinskred

Det er flere kildeområder for steinsprang i fjellsiden opp mot Solgladberget (Vedlegg 1C), men det er ingen tegn på stor aktivitet:

- Få tydelige steinsprangblokker i foten av fjellsiden. Dette kan ha sammenheng med at jordene er dyrket, men også i skogen ovenfor jordene er det få blokker. Registrerte blokker er vist i Vedlegg 1C.
- Få eller ingen uravsetninger nedenfor skrentene.

I tillegg er det god avstand fra de fleste av kildeområdene inn i kartleggingsområdet.

Skrentene på vestsiden av Fuglehaugen er også kildeområder for steinsprang. Nedenfor skrentene her er det avsatt materiale som kan være fra steinsprang, men det kan også være blokkholding morene, slik NGU sitt løsmassekart viser.

4.1.6.1.1 Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse

Til modellering av utløpslengder for steinsprang er modellen Rockyfor3d anvendt. Vi har ingen kjente hendelser i området til test av parametersettene. Generelle inngangsparametere er beskrevet i avsnitt 3.6.127. Spesifikke parametere for området er vist i tabell 8. Beregningene er utført med en terrengmodell med horisontal oppløsning på 5 m. Bakketype, som definerer restitusjonskoeffisienter, samt ruheter, er satt basert på observasjoner i terreng, på flyfoto og observasjoner fra drone.

Tabell 8: Anvendt blokkvolum for modellering med Rockyfor3d i Område 1-Hemsedal, Grøndalen.

Område	100-års scenario	1000-års scenario	5000-års scenario
Fuglehaugen	0,25 m ³	0,5 m ³	2 m ³
Fjellsiden mot solgladberget	0,5 m ³	1 m ³	5 m ³

Resultatene fra modelleringen er vist i Vedlegg 1D. Kort oppsummert viser beregningene følgende:

- Fuglehaugen
 - o Utløsning av blokker fra skrentene er svært sjeldent, men fordi skrentene ligger i eller rett utenfor kartleggingsområdet, vil blokker nå inn i området. Det er ikke utfall med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ og derfor ingen faresoner $\geq 1/100$.
 - o Blokker dimensjonerende for faresonen $1/1000$ stopper i kort avstand fra skrentefoten.
 - o Blokker dimensjonerende for faresonen $1/5000$ har betydelig rekkevidde.
- Fjellsiden nedenfor Solgladberget
 - o Uravsetninger for foten av skrentene som utgjør kildeområder for steinsprang, viser at det tidligere har vært utfall av blokker. Observasjoner til fots, med drone og i ortofoto viser ingen tydelige ferske utfall fra kildeområdene eller i terrenget nedenfor.
 - o Remobilisering av blokker i de brattere deler av dalsiden kan forekomme, men sannsynligheten anslås som svært lav, kanskje i størrelsesordenen årlig sannsynlighet $1/5000$.
 - o Dimensjonerende blokker for 1000-års scenario stopper hovedsakelig i dalsiden, og når ikke frem til kartleggingsområdet.
 - o Dimensjonerende blokker for 5000-års scenario kan nå frem til kartleggingsområdet.

Vest for Fuglehaugen er steinsprang trolig eneste aktuelle, og dermed dimensjonerende skredtype. I dalsiden opp mot Solgladberget, er steinsprang en aktuell skredtype, men inngår bare som en mindre del av samlet skredfare.

4.1.6.2 Snøskred

Det er ikke kjente snøskredhendelser i kartleggingsområdet, men terreng og klima legger delvis til rette for utløsning av snøskred.

4.1.6.2.1 Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse

I fjellsiden vest for Fuglehaugen er flere av skrentene for bratte til at det forventes stort potensiale for snøskred med lang rekkevidde, men utglidninger av snø kan ikke utelukkes. I parti der terrenget er slakere

enn 45°, har skogen betydelig positiv effekt på stabiliteten av snødekket. Årlig sannsynlighet for snøskred anses som lavere enn 1/5000. Dersom skogen hogges (til tross for at det er vernskog), vil sannsynligheten for snøskred øke, men fortsatt være relativt lav.

Terrenget øst for Fuglehaugen har mindre parti brattere enn 30°, men disse er forholdsvis små, og adskilt av glissen skog. Sannsynligheten for utglidninger av snøskred er i størrelsesorden 1/5000.

I dalsiden opp mot Solgladberget er store deler av terrenget brattere enn 30°, noen også konkave, og det er dermed potensielle utløsningsområder for snøskred i fjellsiden. På grunn av skogen, vil ikke alle de potensielle utløsningsområdene gi hyppige snøskred, men på grunn av forholdsvis glissen skog, spesielt opp mot skoggrensen på 1100 m o.h., vil effekten være forholdsvis begrenset og vanskelig å vurdere. Tabell 9 viser en oversikt over de mest sannsynlige utløsningsområdene, estimert dekning av skog, samt bruddhøyde anvendt i beregningene. Til tross for skogen i dalsiden, har vi ikke tatt med denne i beregningene. Dette fordi glissen skog som her, har liten effekt på forventet skredutbredelse av store snøskred.

Observasjoner av skogen på flyfoto tilbake til 2006 viser ingen tydelig forskjell i vegetasjonen frem til nå. Vi forventer allikevel at det har vært betydelig mindre skog i fjellsiden tilbake på 1800-tallet.

Tabell 9: Oversikt over anvendt bruddhøyder for scenarier for de ulike utløsningsområdene i dalsiden. For 1000-års scenario er det anvendt friksjonsparametre M300-500-100, for 5000-års scenario er det anvendt L300-500-100.

Utløsningsområde	% skogdekning	Bruddhøyde (cm)		
		100-års scenario	1000-års scenario	5000-års scenario
1	75	0	0	100
2	75	0	0	100
3	25	0	50	150
4	75	0	0	150
5	25	0	150	150
6	25	0	150	150
7	25	0	150	200
8	25	0	150	200
9	25	0	150	200
10	25	0	150	200
11	25	0	150	200
12	50	0	0	150
13	75	0	0	50

Vi har utført beregninger av skredutbredelse med programvaren RAMMS (Christen mfl., 2010). Vi har ingen kjente hendelser i området til test av parametersettene. Et eksempel på beregning av skredutbredelse er vist i Vedlegg 1D. Resultatene viser følgende:

- Snøskred som er dimensjonerende for vårt antatte 1000-års scenario har rekkevidde inn i det kartlagte området, og vil i stor grad styre faresonene.
- Snøskred som er dimensjonerende for vårt antatte 5000-års scenario har rekkevidde inn i det kartlagte området, og vil i stor grad styre faresonene.

Fra motsatt (nordøstvendt) side av dalen kan det gå hyppige skred. For å nå frem til kartleggingsområdet, må skredmasser krysse Grøndøla og elvesletta, en nesten flat strekning på knapp 350 m. Dette anser vi som svært usannsynlig. Det er derfor ikke faresoner for snøskred i den sørvestlige delen av det kartlagte området.

4.1.6.3 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent fra kartleggingsområdet, og vi mener ikke det er aktuelle utløsningsområder for sørpeskred i terrenget ovenfor området. Typiske utløsningsområder er beskrevet i avsnitt 1.4.4.

I NGI Teknisk notat 20051100 (NGI, 2005) anslås det at årlig sannsynlighet for sørpeskred mot «Golfstua», omtrent 100 m sør for kartleggingsområdet er omtrent 1/100. Estimater er gjort på bakgrunn av analyse av klimadata fra Hemsedal og Vang. Vi mener at dette anslaget er for høyt, men siden det ikke har betydning for faresonen i kartleggingsområdet, har vi ikke gjort videre vurderinger.

4.1.6.4 Jord- og flomskred

Løsmasseskred er ikke registrert i kartleggingsområdet, men flere steder i dalføret (avsnitt 4.1.5). Ravinene i fjellsiden (avsnitt 4.1.1 og registreringskart) og antydninger i skyggekartet til tidligere utglidninger (registreringskart), vitner også om tidligere løsmasseskred eller sedimentførende flommer ned mot kartleggingsområdet.

I dalsiden opp mot Solgladberget samt østsiden av Fuglehaugen kan ulike typer løsmasseskred forekomme. De mest aktuelle prosessene for løsmasseskred i fjellsiden er 1) utglidninger av grunne jordskred, for eksempel på grunn av stor grad av vannmetting av løsmassedekket, typisk i forbindelse med snøsmelting eller langvarige nedbørperioder, gjerne kombinert med kortvarig intens nedbør, eller 2) erosjon av løsmassedekket i bekkeløp i situasjoner med stor flomvannføring.

Dagens skog har trolig redusert sannsynligheten for grunne jordskred og erosjon langs bekkeløp i forhold til tidligere, der det ikke var skog i fjellsiden.

4.1.6.4.1 Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse

Det er utført modellering med RAMMS::DEBRIS FLOW (Christen mfl., 2012). Vi har ingen kjente hendelser i området til test av parametersettene. Utløsningsområdene for fremtidige løsmasseskred er vanskelige å forutsi, men vi mener at områdene der det er spor etter tidligere utglidninger er de mest utsatte.

For å visualisere potensielle flytemønstre fra løsmasseskred, er det først kjørt beregninger med en lang blokk med masser som er «utløst» rundt kote 900 i hele dalsiden. Det er anvendt ulike bruddhøyder og friksjonsparametre. Deretter er det utført beregninger med mindre blokker av løsmasse i områder der skyggekartet viser spor etter tidligere grunne jordskred. Et eksempel på resultatene er vist i vedlegg 1D. Oppsummert viser resultatene følgende:

- Skredmasser fra eventuelle grunne jordskred i eksisterende skredgroper kan nå inn i kartleggingsområdet, og forbi bebyggelsen.
- Faresonen for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ vil i noen grad være styrt av fare for løsmasseskred.
- Utløpslengden for dimensjonerende løsmasseskred for $1/5000$ vil trolig være kortere enn dimensjonerende snøskred, og faresonen for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/5000$ vil derfor i mindre grad være styrt av løsmasseskred.

4.1.7 Faresoner for skred

Faresoner for skred er vist i Figur 14. Det er ikke faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ inn i kartleggingsområdet. Dimensjonerende skredtype varierer langs dalsiden:

- Vest for Fuglehaugen (nord i området) er dimensjonerende, og eneste aktuelle skredtype steinsprang.
- Sør for garden «Haugen» er det fare for utglidninger av grunne jordskred. Ved terrenginngrep vil riktig håndtering av overflatevann være viktig.
- Mellom «Haugen» og den sørlige avgrensningen av kartleggingsområdet, er løsmasseskred og snøskred dimensjonerende lengst oppe i fjellsiden. Ute på det slake terrenget på elvesletta er det snøskred som er dimensjonerende for faresonen.

4.1.7.1 Forutsetninger for faresonene

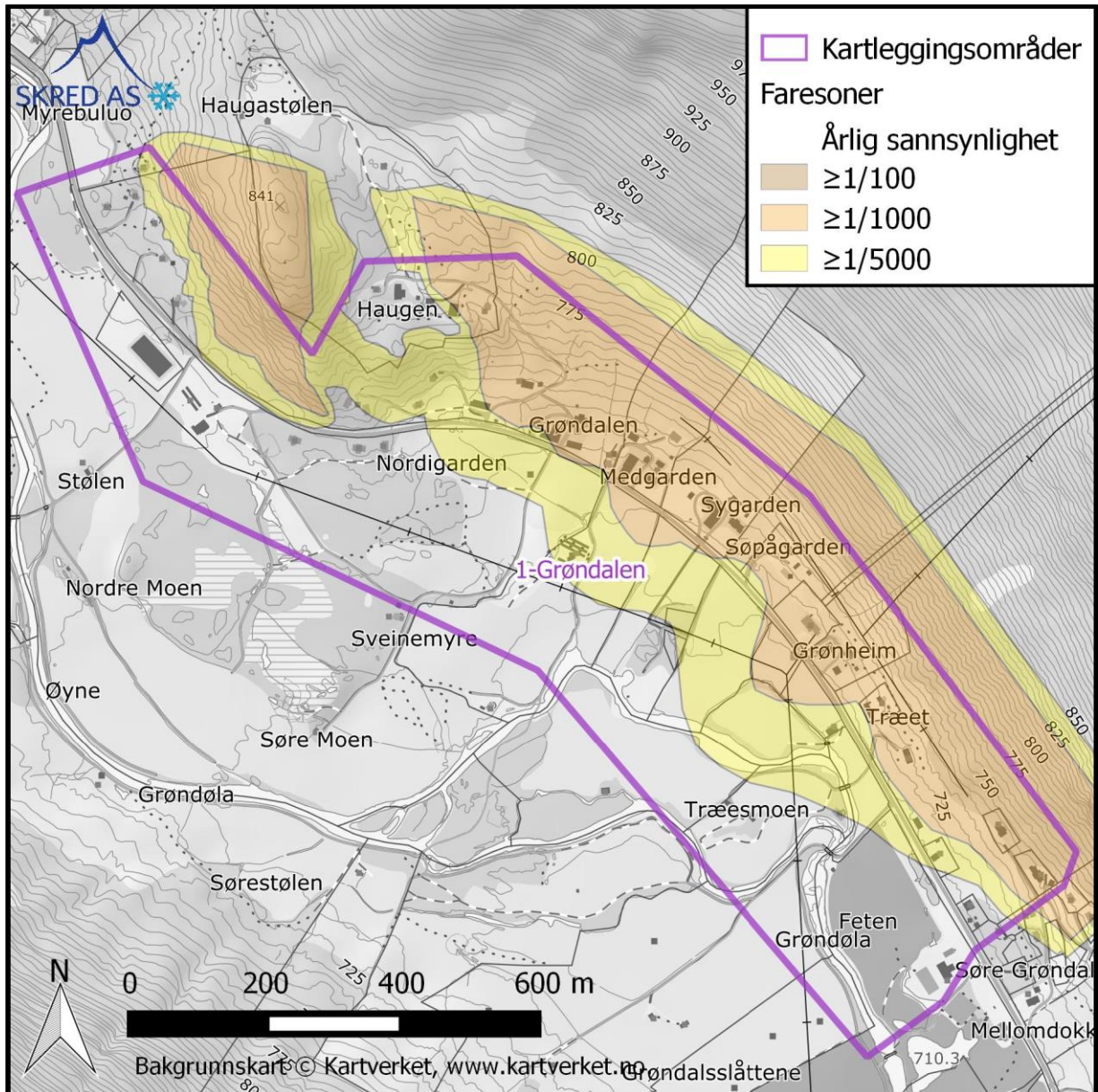
Skogen virker i noen grad bremsende på snøskred, spesielt når skredbevegelsen er relativt sakte, for eksempel i starten eller mot slutten av et skred. I tillegg vil skog i utløsningsområdene for snøskred og løsmasseskred redusere sannsynligheten for utløsning av disse skredtypene. Skogen i dalsiden er vist som vernskog i NIBIO (2017). Dersom skogen i dalsiden hogges, vil det føre til en økning i størrelsen av faresonene. Vi har derfor anbefalt at hogst i fjellsiden underlegges kontroll, for eksempel som anbefalt i NGI (2013).

4.1.7.2 Bebyggelse i faresonene

Det er 8-10 bolighus som ligger i faresonen $\geq 1/1000$. Årlig sannsynlighet for skred på boligene er trolig nærmere $1/1000$ enn $1/100$. I tillegg ligger 2-3 boliger/fritidsboliger i faresonen $\geq 1/5000$.

4.1.7.3 Mulighet for å redusere faresonene

Dersom man ønsker å redusere faresonene inn i det vurderte området, kan det etableres ledevoller for å lede skredmasser rundt området som ønskes anvendt. Alternativt kan det etableres skog eller støtteforbygninger i utløsningsområdene. Dette vil redusere sannsynligheten for utløsning av snøskred. Dersom det er aktuelt å etablere sikringstiltak, bør det utføres en mer detaljert vurdering av mulighetene, i forhold til ønsket virkning av tiltakene.



Figur 14: Faresoner for skred for kartleggingsområdet i Grøndalen. Det er ikke faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ inn i kartleggingsområdet.

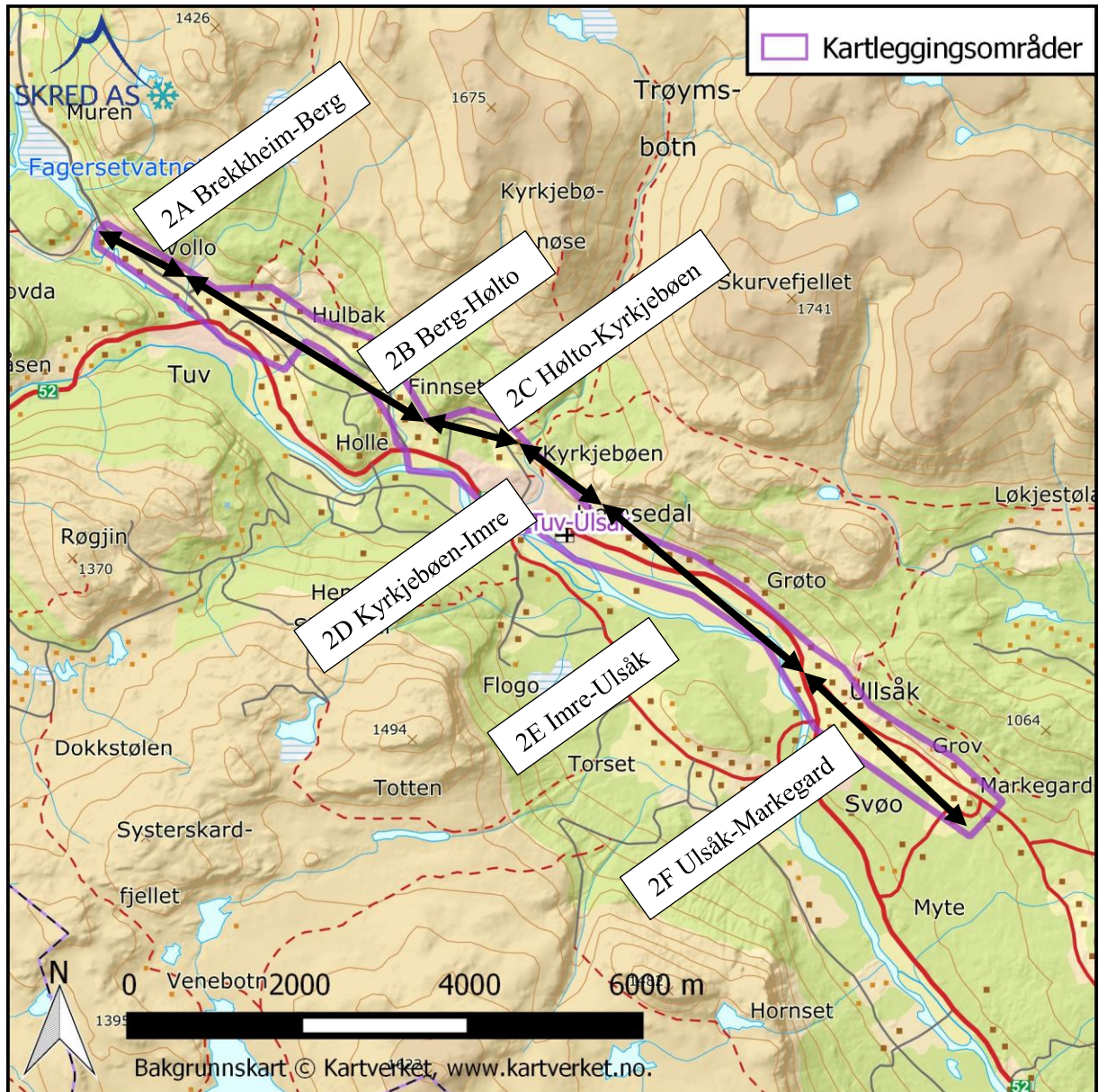
4.2 Område 2 - Hemsedal, Tuv-Ulsåk

Område er langt og består av mange ulike terrenntyper. For den etterfølgende beskrivelsen, har vi derfor inndelt området ytterligere i følgende delområder (Figur 15):

- 2A. Brekkheim-Berg
- 2B. Berg-Hølto
- 2C. Hølto-Kyrkjebøen
- 2D. Kyrkjebøen-Imre

- 2E. Imre-Ulsåk
- 2F. Ulsåk-Markegard

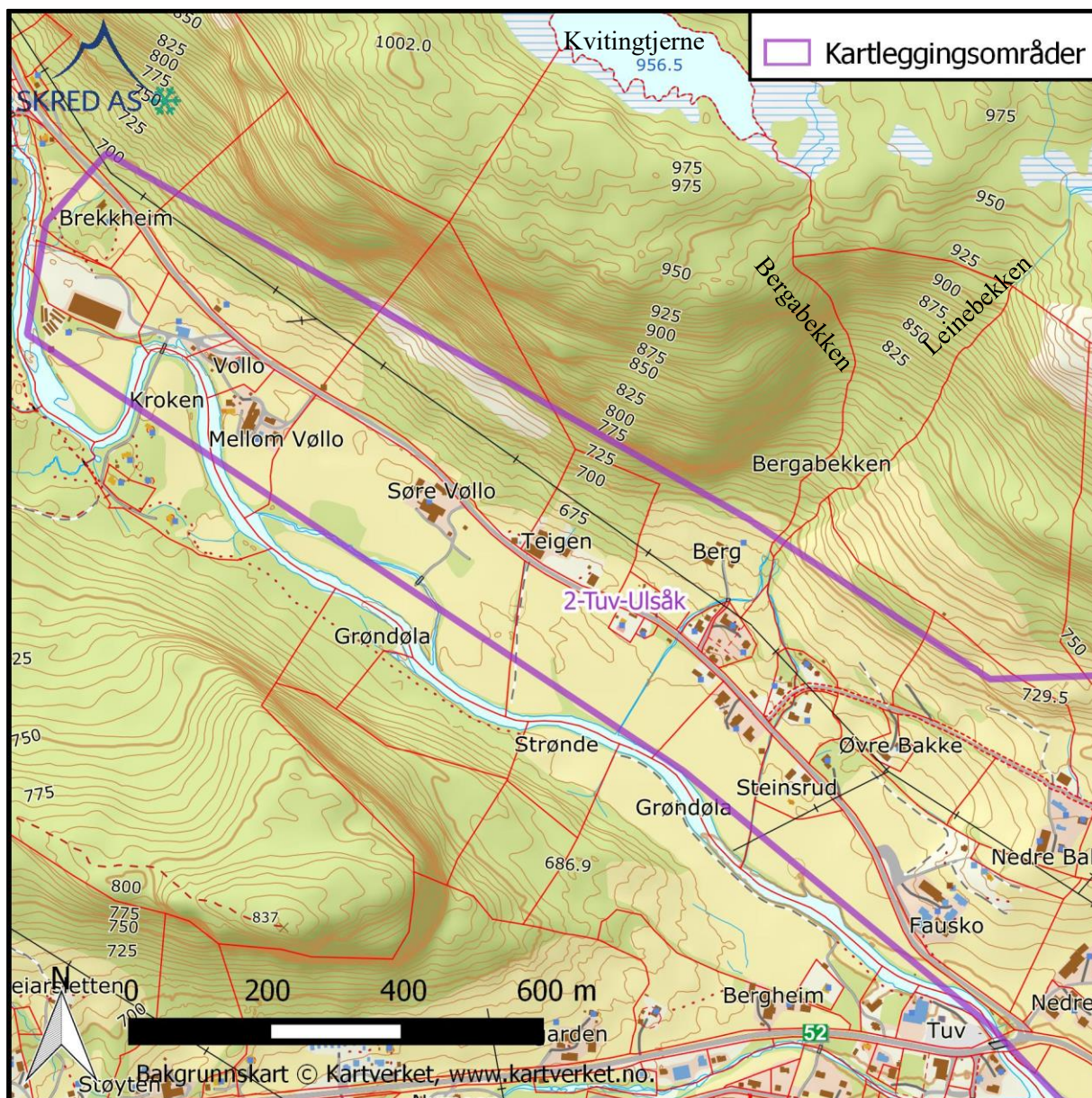
Nedenfor beskrives hvert av disse delområdene enkeltvis.



Figur 15: Kartleggingsområde 2 - Tuv-Ulsåk i Hemsedal kommune. Delområdene 2A-2F, som er beskrevet i teksten, er antydnet.

4.2.1 Område 2A Brekkheim-Berg

Det kartlagte området (Figur 16) ligger helt sør i Grøndalen, 5 km nordvest for Hemsedal sentrum.



Figur 16: Område 2A Brekkheim-Berg.

4.2.2 Topografi og grunnforhold

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Terrengmodellen dekker hele kartleggingsområdet og fjellsiden opp til rundt kote 950. Kart med terrenghelning er vist i Vedlegg 1B.

Kartleggingsområdet ligger i nedre delen av dalføret Grøndalen, som her løpet sørøst-nordvest. I bunnen av dalen renner elva Grøndøla mot sørøst i forholdsvis slakt terreng, rundt kote 650. Kartleggingsområdet strekker seg omtrent opp til kote 745 i fjellsiden mot nordøst. Fjellsiden strekker seg videre opp mot en ikke-navngitt rygg med topper rundt kote 1000. Ryggen løper omtrent parallelt med dalbunnen.

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2017a) og består av metadiabas og amfibolitt, samt skifer i nedre del av fjellsiden. NGU har kartlagt løsmassene i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017b). I dalbunnen er det fluviale avsetninger mens fjellsiden i nordvestlige delen av kartleggingsområdet er kartlagt som skredavsetninger. Toppen av ryggen er kartlagt som bart fjell. Mens vi er enige i de kartlagte løsmassetypene, mener vi utbredelsen av elveavsetningen langt opp i dalsiden ikke er riktig.

Fjellsiden er bratt, hovedsakelig over 30°, med flere nær-vertikale parti adskilt av slakere benker langsmed fjellsiden. Det er ur langs hele skrenten, delvis svært grov, og flere enkeltblokker står langt ute på jordene, helt ned til Grøndalsvegen (registreringskart i Vedlegg 2C). Vi antar at flere av disse blokkene er steinsprangblokker. Det er noe dyrket mark mellom skrenten og Grøndalsvegen, og vi forventer at en del blokker er fjernet fra jordene.

Ved Berg svinger fjellsiden mot nordøst, vekk fra kartleggingsområdet. I dette søkket renner Bergabekken inn i kartleggingsområdet. En del av bebyggelsen mellom Berg og Bekkestad ligger på det vi tolker som en vifte dannet av flom, flomskred eller sørpeskred.



Figur 17: Garasje i foten av et gammelt steinskred. Ved Vøllo, bilde tatt mot nordøst.

4.2.3 Vegetasjon og avrenning

Det er glissen vegetasjon i fjellsiden. På de grove deler av ura samt i de bratteste deler av fjellsiden er det ikke skog.

I selve fjellsiden er det ikke tydelige bekkeløp, men tegn på vannsig. Bergabekken har et stort nedslagsfelt fra Kvitingtjerne, Brandvolsleintjerne og Leinebekken. Nedslagsfeltet strekker seg opp mot 1400 m o.h., og omfatter flere steder myrområder.

4.2.4 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene

Vi er ikke kjent med tidligere skredfarevurderinger i denne delen av kartleggingsområdet.

4.2.5 Befaring

Området ble befart 3. mai 2017 av Hans Grue, Andrea Taurisano, Kari Torgersen og Kalle Kronholm fra Skred AS. Sporloggen fra befaringen er vist i Vedlegg 2C. Registrerte GPS punkt er vist i tabell 7 og i Vedlegg 2C. På befaringsdagen var det fint, klart vær med god sikt. Det var litt snø øverst i fjellsiden, men ikke løv på trærne. Det ble anvendt drone.

Tabell 10: GPS punkt registrert under befaringen i område 2A Brekkheim-Berg. For plassering, se kart i Vedlegg 2C. Registreringer som ikke ble kartfestet under befaringen, men i etterkant, er ført inn med bokstaver.

WPT	Notat
020	Gammel blokk.
021	Gammelt fjellskred. Blokker bak garasje. Bilde i Figur 17.
022	Blokker 5-20 m ³ helt til veien.
023	Bekk, går ofte over veien ifølge lokal. Bekk på fjell.
024	Bekkeløp deles, liten overhøyde på det østlige løpet, som kan gå mot gammelt bekkeløp rett mot hus. Minst like mye flomproblem som skred. Ingen tegn etter ferske flomskred/sørpeskred avsetninger eller skader.
025	5000-år på hele vifta. 1000-år langs den lille bekken ned. 2 gamle bekkeløp. 1000-år i gamle bekkeløp. Kulle i fluviale avsetninger?
A	Blokk, ca. 0,3 m ³ , stoppet her, ca. 2000. Informasjon fra beboer på garden Teigen.

4.2.6 Skredhistorikk

I Nasjonal skredatabase er det ikke registrert skred i kartleggingsområdet. En beboer informerte om at det er hyppige isnedfall fra fjellsiden, og at en blokk hadde stoppet et stykke ovenfor bolighuset på Teigen rundt 2000 (Tabell 7, og skredhendelse 1 i registreringskartet). Lokale beboere informerte under befaringen om at Bergabekkens vestlige utløp ofte har gått over Grøndalsvegen (WPT 023 i Tabell 7).

4.2.6.1 Skredfarevurdering

4.2.6.1.1 Steinsprang og steinskred

Fjellsiden består av oppsprukket berg, og har flere tydelige kildeområder for steinsprang. Ura tyder på betydelig aktivitet av steinsprang og steinskred siden siste istid.

4.2.6.1.1.1 Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse

Til modellering av utløpslengder for steinsprang er modellen Rockyfor3d anvendt. Generelle inngangsparametre er beskrevet i avsnitt 3.6.127. Spesifikke parametre for området er vist i tabell 8, og er justert mot observasjoner av tidligere utløp av blokker som vi anser som steinsprangblokker. Beregningene er utført med en terrengmodell med horisontal oppløsning på 5 m. Bakketype, som definerer restitusjonskoeffisienter, samt ruheter, er satt basert på observasjoner i terreng, på flyfoto og observasjoner fra drone.

Tabell 11: Anvendt blokkvolum for modellering med Rockyfor3d i Område 2A Brekkheim-Berg.

Område	100-års scenario	1000-års scenario	5000-års scenario
Hele fjellsiden	0,5 m ³	1 m ³	5 m ³

Resultatene fra modelleringen er vist i Vedlegg 2D. Kort oppsummert viser beregningene følgende:

- Dimensjonerende blokker for 1000-års scenario stopper hovedsakelig i uravsetningene, godt ovenfor bebyggelsen.
- Dimensjonerende blokker for 5000-års scenario kan nå frem til Grøndalsvegen og husene på oversiden (nordøst siden) av veien.

Steinskred kan være en aktuell problemstilling flere steder i fjellsiden. Under befaring og på dronebilder og -video er det ikke observert tydelige baksprekker som kan indikere høy sannsynlighet for store utfall. Vi vurderer derfor sannsynligheten for steinskred fra skrenten som værende i størrelsesordenen 1/5000. Steinskred er derfor tatt med i faresonen 1/5000. Vi har da vurdert utløpslengde ut fra tidligere steinskred ved WPT 021 (Vedlegg 2C).

4.2.6.1.2 Snøskred

Det er ikke kjente snøskredhendelser i kartleggingsområdet, men terreng og klima legger delvis til rette for utløsning av snøskred.

4.2.6.1.2.1 Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse

Store deler av fjellsiden er konveks, og brattere enn 45°, og i tillegg er det skog i store deler av fjellsiden. Vi vurderer derfor at det bare er få reelle utløsningsområder for snøskred, vist i Vedlegg 2D og tabell 12.

Utglidninger av mindre volum snø vil skje fra de brattere deler av fjellsiden ved intens nedbør som snø, men vi vurderer at rekkevidden til slike utglidninger er begrenset omtrent til urfoten. Utfall av is vil skje jevnlig fra store deler av fjellsiden. Også denne typen utfall vurderer vi å ha begrenset rekkevidde, og ikke være dimensjonerende for faresonen i kartleggingsområdet.

Tabell 12: Oversikt over de ulike utløsningsområdene i dalsiden ovenfor delområdet 2A Brekkheim-Berg.

Utløsningsområde	% skogdekning	Bruddkant 100-års scenario	Bruddhøyde (cm) 1000-års scenario	Bruddhøyde (cm) 5000-års scenario
		-	M300-500-100	L300-500-100

1	50	0	50 cm	100 cm
2	25	0	50 cm	100 cm

Vi har utført beregninger av skredutbredelse med programvaren RAMMS (Christen mfl., 2010). Vi har ingen kjente hendelser i området til test av parametersettene. Et eksempel på beregning av skredutbredelse er vist i Vedlegg 2D. Resultatene viser følgende:

- Utløsningsområde 1
 - o Snøskred som er dimensjonerende for vårt antatte 1000-års scenario har rekkevidde ned til Grøndalsvegen.
 - o Snøskred som er dimensjonerende for vårt antatte 5000-års scenario har rekkevidde over Grøndalsvegen.
- Utløsningsområde 2
 - o Snøskred som er dimensjonerende for vårt antatte 1000-års scenario har rekkevidde ned forbi garden Berg.
 - o Snøskred som er dimensjonerende for vårt antatte 5000-års scenario har rekkevidde over Grøndalsvegen.

4.2.6.1.3 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent fra delområdet, men vi mener det er potensielle utløsningsområder for sørpeskred langs både Bergabekken og Leinebekken. Typiske utløsningsområder er beskrevet i avsnitt 1.4.4. I nedslagsfeltene til begge bekkene er det flere områder med myr, og nedslagsfeltene går langt opp på fjellet. Tolkning av en hendelse vi mener er et sørpeskred i Synebekken (delområde 2D Kyrkjebøen-Imre), viser at de klimatiske forholdene er til stede for utløsning av sørpeskred.

Beregninger av utbredelse fra sørpeskred er beskrevet nedenfor i avsnitt om jord- og flomskred. Utbredelse av disse vannrelaterte skredtyper er vanskelig å skille i dette området.

4.2.6.1.4 Jord- og flomskred

Løsmasseskred er ikke registrert i delområdet, men flere steder i dalføret (avsnitt 4.1.5). En del av bebyggelsen sør for Berg ligger på det vi tolker som en flom-/skredvifte (se registreringskart i Vedlegg 2C). Det eneste stedet vi vurderer av løsmasseskred er en potensiell prosess, er langs Bergabekken/Leinebekken. Nedslagsfeltene til Bergabekken og Leinebekken er store, og det vil være betydelig flomvannføring i bekken. Bekken går flere steder på fast fjell, men også i løsmasser. Under befaringen var det ikke tydelige spor etter masseføring i bekken. Dagens skog har trolig redusert sannsynligheten for grunne jordskred og erosjon langs bekkeløp i forhold til tidligere, der det ikke var skog i fjellsiden.

Basert på observasjoner og tolkning, vurderer vi at «hyppige hendelser» i størrelsesorden 1/100 per år, vil være flom, og ikke skredhendelser. Flom i bratte vassdrag er ikke en del av innværende kartlegging, og faresoner for flom er derfor ikke kartlagt.

Med årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000 mener vi både løsmasseskred og sørpeskred kan være aktuelle problemstillinger langsetter Bergabekken.

4.2.6.1.5 Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse

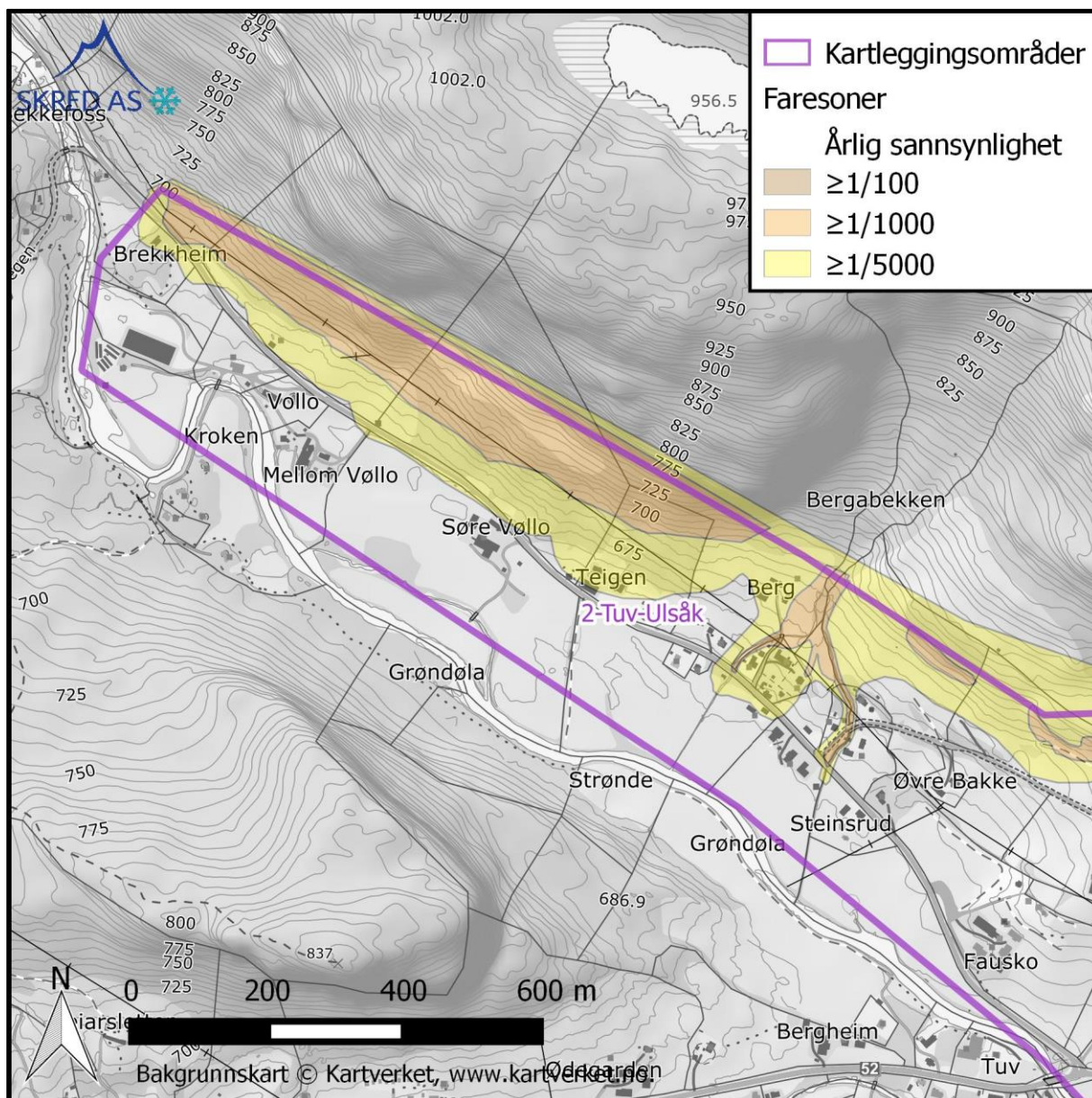
Det er utført modellering med RAMMS::DEBRIS FLOW (Christen mfl., 2012). Vi har ingen kjente hendelser i området til test av parametersettene. Utløsningsområdene for fremtidige løsmasseskred og sørpeskred er vanskelige å forutsi, og vi har derfor plassert «blokker» med løsmasser i bekkeløpene til Bergabekken og Leinebekken, i omtrent kote 920-940. I beregningene er det anvendt ulike bruddhøyder (0,5-1 m). Et eksempel på resultatene er vist i vedlegg 2D. Oppsummert viser resultatene følgende:

- Masser fra vannrelaterte skred langs de to bekkene vil følge dagens to bekkeløp enten mot vest eller sørøst.
- Faresonen for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ og $\geq 1/5000$ vil i noen grad være styrt av utbredelsen av løsmasseskred og/eller sørpeskred.

4.2.6.2 Faresoner for skred

Faresoner for skred er vist i figur 18. Det er ikke faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ inn i kartleggingsområdet. Dimensjonerende skredtype varierer langs dalsiden:

- Helt nordvest i området kan snøskred nå forholdsvis langt inn i området, men også steinsprang og steinskred er av stor betydning.
- Langs størsteparten av fjellsiden er steinsprang og steinskred dimensjonerende for faresonene. Nedfall av is og mindre utglidninger av snø kan også forekomme.
- Ved utløpet av Bergabekken og Leinebekken inn i området, er både snøskred og vannrelaterte skred (sørpeskred og flomskred) dimensjonerende for faresonene $1/1000$ og $1/5000$.



Figur 18: Faresoner for skred for delområde 2A Brekkheim-Berg. Det er ikke faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ inn i kartleggingsområdet.

4.2.6.3 Forutsetninger for faresonene

Skog i utløsningsområdene for snøskred og løsmasseskred reduserer sannsynligheten for utløsning av disse skredtypene. Skogen i fjellsiden er vist som vernskog i NIBIO (2017). Dersom skogen i fjellsiden hogges, vil det føre til en økning i størrelsen av faresonene. Vi har derfor anbefalt at hogst i fjellsiden underlegges kontroll, for eksempel som anbefalt i NGI (2013).

4.2.6.4 Bebyggelse i faresonene

Ved Berg ligger flere bolighus i faresonen $\geq 1/5000$ og tett inntil faresonen $\geq 1/1000$. Ved Teigen og Brekkheim ligger bolighus i faresonen $\geq 1/5000$.

4.2.6.5 Mulighet for å redusere faresonene

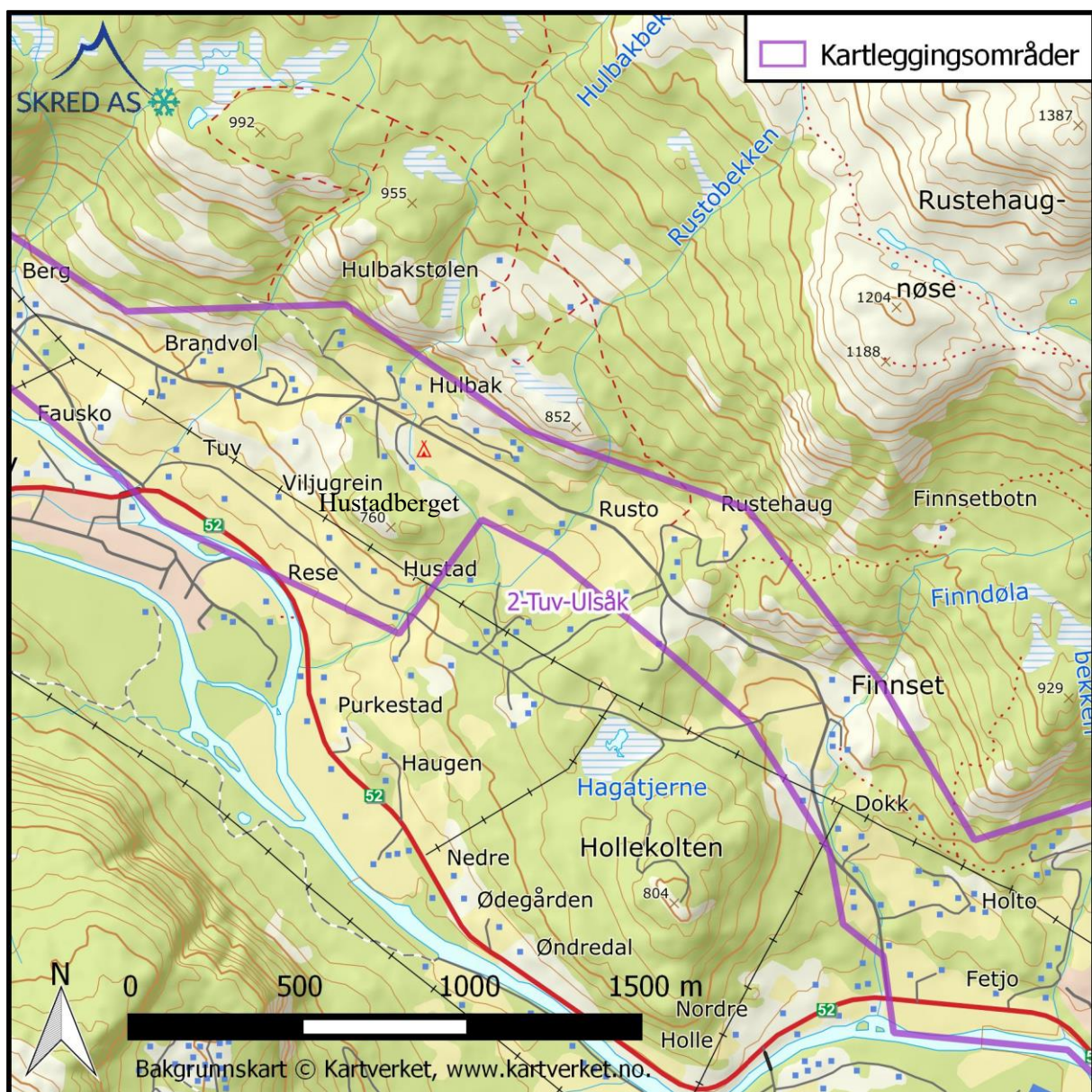
Der dimensjonerende skredtype er steinsprang, kan faresonene reduseres med fangvoller eller steinspranggjerdar. Kvaliteten av fjellet i fjellsiden er så dårlig at rensk og bolting er lite aktuelt.

Sør for Berg, der vannrelaterte skred sammen med snøskred er dimensjonerende, kan man etablere ledevoller for å styre bevegelsen av skredmasser.

Dersom det er aktuelt å etablere sikringstiltak, bør det utføres en mer detaljert vurdering av mulighetene, i forhold til ønsket virkning av tiltakene.

4.2.7 Område 2B Berg-Hølto

Dette delområdet (Figur 19) er omtrent 3 km langt og ligger 1 km nordvest for Hemsedal sentrum.



Figur 19: Delområde 2B Berg-Hølto (Holto på kartet).

4.2.8 Topografi og grunnforhold

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Terrengmodellen dekker hele kartleggingsområdet og fjellsiden opp til mellom kote 950 og 1200. Kart med terrenghelning er vist i Vedlegg 2B.

Delområdet ligger fra utløpet av Grøndalen i Hemsedal, og går videre på nordsiden av Kolten (Hollekolten), 806 m o.h. til Hølto (Holto), nordvest av Hemsedal sentrum.

Fjellsiden mot nordøst består hovedsakelig av mindre skrenter med fjell i dagen, adskilt av slakere parti med tynt dekke av løsmasse (Figur 20 og bilder i Vedlegg 2A). Fjellsiden løper omtrent nordvest-sørøst. Generelt er de brattere deler av fjellsiden begrenset til en høydeforskjell på 200-300 vertikale meter. Den største fjellsiden er ovenfor Rustehaug, der Rustehaugnøse strekker seg opp til 1204 m o.h., 400 m over Rustehaug.

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2017a) og består av metadiabas og amfibolitt, samt skifer i nedre del av fjellsiden. NGU har kartlagt løsmassene i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017b). I dalbunnen er det fluviale avsetninger mens fjellsiden i nordvestlige delen av kartleggingsområdet er kartlagt som bart fjell. Mellom dalbunner og bart fjell i fjellsiden er det kartlagt morenemasser med avtakende tykkelse oppover i fjellsiden.



Figur 20: Fjellsiden ovenfor Hulbak. Bilde tatt mot nord. Det er kildeområder for steinsprang i store deler av fjellsiden.

Nedenfor de største skrentene er det registrert avsetninger av ur (registreringskart i Vedlegg 2C). Flere steder, spesielt ved Brandvoll og ved Finset (Finnset) har vi registrert større blokker i forholdsvis lang avstand fra mulige kildeområder (Registreringskart i Vedlegg 2C). Vi har ikke kunnet skille store moreneblokker fra steinsprangblokker. Heller ikke Eliasson (2016) har kunnet definere avsetningsprosessen til alle blokkene i dette delområdet (Figur 10). Det er noe dyrket mark i delområdet, og vi forventer at en del blokker er fjernet fra jordene.

Omtrent midt i delområdet ligger Hustadberget med bebyggelsen Nordre Hustad nedenfor. Hustadberget er en mindre, vertikal skrent uten større fjellside bak (Figur 21).



Figur 21: Utsnitt av skrenten i Hustadberget.

4.2.9 Vegetasjon og avrenning

Det er glissen vegetasjon i fjellsiden ovenfor delområdet. På de grove deler av uravsetningene, der det bare er berg i dagen, samt i de bratteste deler av fjellsiden er det ikke skog.

Det er fire større bekker som renner inn i delområdet:

- Ved Brandvol renner Brandvolsbekken ned. Denne starter som en sidebekk til Leinebekken, med et betydelig mindre nedslagsfelt enn Leinebekken.
- Ved Hulbak renner Hulebakkbekken inn i delområdet. Bekken har et forholdsvis stort nedslagsfelt, men ikke så stort som Leinebekken. Nedslagsfeltet når opp til over 1660 m o.h. på Leinenøse, og er forholdsvis bratt hele veien ned. Ned mot bebyggelsen på Hulbak går bekken i et gjel.
- Rustobekken kommer ned mellom Hulbak og Rusto (Vedlegg 2A). Bekken drenerer omtrent samme fjellside som Hulebakkbekken, men har mindre nedslagsfelt enn denne, og øvre delen av nedslagsfeltet er lavere.
- Finndøla kommer inn i delområdet ved Finset, og drenerer terrenget mellom Leinenøse og Kyrkjebønøse. Ved Haugsbotn, omtrent i kote 950, deles bekken i Finndøla og Haugsbekken,

som renner mot sør, inn i delområde 2C Hølto-Kyrkjebøen. På flyfoto ser det ut til at hovedparten av vannet renner i Haugsbekken, men dette styres trolig av småskala terrengforhold.

I tillegg til disse større bekkene, er det flere mindre bekker og vannsig i fjellsiden.

I Hustadberget er det spredt vegetasjon i fjellsiden, ikke i de vertikale deler av skrenten. Det er et jorde nedenfor skrenten. Her ble det ikke observert bekker, men noe vannsig i forsenkninger.

4.2.10 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene

Vi er ikke kjent med tidligere skredfarevurderinger i dette delområdet. Som beskrevet i avsnitt 3.5.1 side 24, er det tidligere utført en vurdering av et mulig fjellskred («deep seated gravitational slope deformation») nedenfor Rustehaugnøse (Jillerö, 2016). Bacheloroppgaven gir ingen informasjon om pågående bevegelse i det mulige fjellskredet.

4.2.11 Befaring

Området ble befart 3. og 5. mai 2017 av Hans Grue, Andrea Taurisano og Kalle Kronholm fra Skred AS. Jaran Wasrud fra NVE og Kari Torgersen fra Skred AS var med på deler av befaringen. Sporloggen fra befaringen er vist i kart i Vedlegg 2C. Registrerte GPS punkt er vist i Tabell 13 og i Vedlegg 2C. På befaringdagene var det fint, klart vær med god sikt. Det var litt snø øverst i fjellsiden, men ikke løv på trærne. Det ble anvendt drone.

Tabell 13: GPS punkt registrert under befaringen i område 2B Berg-Hølto. For plassering, se kart i Vedlegg 2C. Registreringer som ikke ble kartfestet under befaringen, men i etterkant, er ført inn med bokstaver.

WPT	Notat
026	Liten bekk. Flom er nok hovedproblemet.
027	Info fra lokal: Ikke skred her, men de passer på bekken.
031	Store blokker har fallet ut fra vegg. Kort rekkevidde – stoppet på platå nedenfor skrenten. 5000Y blokker = 6x2x4 m ³ . 1000Y blokker=1-2 m ³ . 100Y blokker <1 m ³ , stopper i fot av skrent.
B	Lokal beboer informerte om at han ikke kjente til skred i fjellsiden bak huset.

4.2.12 Skredhistorikk

I Nasjonal skredatabase er det registrert flere skredhendelser. To av disse er av spesiell interesse og gjengitt i Tabell 14. Flere snøskredhendelser er feilplassert og/eller ikke relevante for våre vurderinger.

Tabell 14: Registrerte skredhendelser i delområde 2B Berg-Hølto fra Nasjonal skredatabase.

ID	Dato	Informasjon
----	------	-------------

2	2012-04-19	Løsmasseskred, uspesifisert.
3	1860-06-15	«Hemsedal. Under den store flaumen 15-18. juni 1860 gjekk eit stort jordskred over Rusto i Øndredal/Tuv/Vøllo området. Rusto ligg i den nokså bratte lia ovanfor Tuv. Det striregna ein heil dag og snøen tøya i fjella. Det er bratt på Rusto, og om kvelden høyrde dei skredet kome. Folka på garden sprang ut, men ein eldre kar kom seg ikkje lenger enn bakom fjøsveggen. Skredet kom med stor kraft, tok eldhuset og låven, medan fjøset vart fylt med jord og stein. Lufttrykket var så sterkt at det nesten tok dei fem som rømde unna, dei var så nær at govet reiv skoa av ein gut. Også gamlekaren bak fjøset klarte seg så vidt. Husdyra var alle ute i lia og overlevde. Mykje jordskade. Kartreferanse er ca.»

4.2.12.1 Skredfarevurdering

4.2.12.1.1 Steinsprang og steinskred

Fjellsidene består generelt sett av forholdsvis kompakt og lite oppsprukket berg. Til tross for at store deler av fjellsidene har berg i dagen, er det bare få steder med uravsetninger i foten av fjellsidene. Enkelte steder kan dette skyldes menneskelige inngrep, men vi tolker det hovedsakelig som tegn på lite steinsprangaktivitet.

4.2.12.1.1.1 Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse

Til modellering av utløpslengder for steinsprang er modellen Rockyfor3d anvendt. Generelle inngangsparametre er beskrevet i avsnitt 3.6.127. Spesifikke parametre for området er vist i Tabell 15, og er justert mot observasjoner av tidligere utløp av blokker som vi anser som steinsprangblokker. Beregningene er utført med en terrengmodell med horisontal oppløsning på 5 m. Bakketype, som definerer restitusjonskoeffisienter, samt ruheter, er satt basert på observasjoner i terreng, på flyfoto og observasjoner fra drone.

Tabell 15: Anvendt blokkvolum for modellering med Rockyfor3d i Område 2B Berg-Høltø.

Område	100-års scenario	1000-års scenario	5000-års scenario
Hele fjellsiden nordøst for delområdet	Ikke relevant	1 m ³	5 m ³
Hustadberget	Bare relevant i midten av skrenten; 0,5 m ³	1 m ³	50 m ³

Utvalgte resultater fra modelleringen er vist i Vedlegg 2D. Merk at beregningene ikke tar høyde for at det er svært lav sannsynlighet for utfall per celle i modellen. Disse vurderingene er gjort skjønnsmessig når vi vurderer vektlegging av modelleringsresultatene. Nedenfor store deler av fjellsiden er steinsprang eneste skredtypen, og den er dermed dimensjonerende.

4.2.12.1.2 Snøskred

Det er ikke kjente snøskredhendelser i delområdet, men terreng og klima legger delvis til rette for utløsning av snøskred. På grunn av skogen mener vi allikevel at det er få reelle utløsningsområder for snøskred. Det er flere områder der dagens skog er viktig for å redusere sannsynligheten for skredutløsning. I de viktigste av disse anbefaler vi kontroll med hogst samt skjøtsel (Vedlegg 2F).

4.2.12.1.2.1 Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse

Kombinasjon av terrenghelning, terrengform og skog gjør at det er følgende steder med utløsningsområder for snøskred (registreringskart i Vedlegg 2C):

- Noen mindre områder ovenfor Brandvol. Disse er forholdsvis små og langt fra bebyggelsen, og skredbanene er dekket av forholdsvis tett skog.
- Vestsiden av Rustehaugnøse. Her er det flere parti av terrenget som kan samle større snømengder. Skredbanene er forholdsvis bratte og delvis i glissen skog før utløpet ved Rustehaug og Rusto.

Antatte scenarier for beregninger av skredutbredelse med programvaren RAMMS (Christen mfl., 2010) er vist i Tabell 16. Vi har ingen kjente hendelser i området til test av parametersettene. Et eksempel på beregning av skredutbredelse er vist i Vedlegg 2D.

Tabell 16: Oversikt over bruddhøyde (cm) og friksjon i antatte scenarier i de ulike utløsningsområdene i dalsiden ovenfor delområde 2B Berg-Hølto.

Utløsningsområde	100-års scenario	1000-års scenario	5000-års scenario
Ved Brandvol	- -	150 cm S300-500-100	200 cm M300-500-100
Vestsiden av Rustehaugnøse	100 cm T100-500-100	200 cm M300-500-100	250 cm L300-500-100

Resultatene av våre beregninger viser at snøskred kan nå frem til bebyggelsen på Rusto og Rustehaug, men ikke til bebyggelsen ved Brandvol.

4.2.12.1.3 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent fra delområdet, men vi mener det er potensielle utløsningsområder for sørpeskred langs de større bekkene i delområdet. Typiske utløsningsområder er beskrevet i avsnitt 1.4.4. I nedslagsfeltene til begge bekkene er det flere områder med myr, og nedslagsfeltene går langt opp på fjellet. Tolkning av en hendelse vi mener er et sørpeskred i Synebekken (delområde 2D Kyrkjebøen-Imre), viser at de klimatiske forholdene er til stede for utløsning av sørpeskred.

Beregninger av utbredelse fra sørpeskred er beskrevet nedenfor i avsnitt om jord- og flomskred. Utbredelse av disse vannrelaterte skredtyper er vanskelig å skille i dette området.

4.2.12.1.4 Jord- og flomskred

Løsmasseskred er registrert flere steder i delområdet, blant annet ved Rusto (Tabell 14). Bebyggelsen ved Rusto ligger på det vi tolker som en flom-/skredvifte, og det er flere raviner i fjellsiden, spesielt ved Rusto (se registreringskart i Vedlegg 2C).

Nedslagsfeltene til de større bekkene er til dels store og strekker seg høyt til fjells. Dette kan gi stor flomvannføring. Bekkene går delvis i løsmasser som kan mobiliseres i flomsituasjoner. Flere steder, blant annet ved Rusto er det bratte løsmasseskråninger, der grunnejordskred ikke kan utelukkes.

Dagens skog har trolig redusert sannsynligheten for grunne jordskred og erosjon langs bekkeløp i forhold til tidligere, der det ikke var skog i fjellsiden.

Basert på observasjoner og tolkning, vurderer vi at «hyppige hendelser» i størrelsesorden 1/100 per år, vil være flom, og ikke skredhendelser. Flom i bratte vassdrag er ikke en del av inneværende kartlegging, og faresoner for flom er derfor ikke kartlagt.

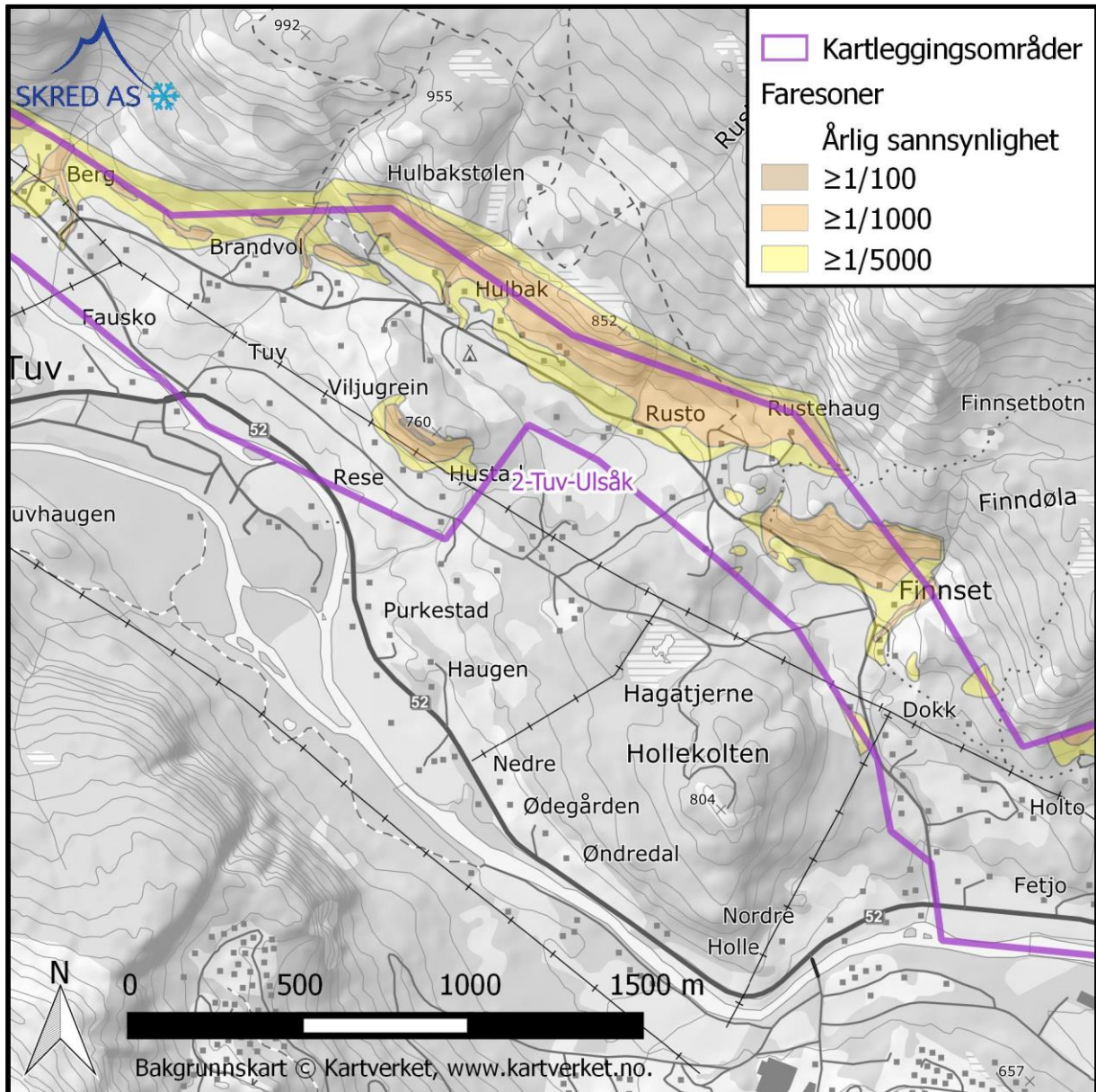
Med årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000 mener vi både løsmasseskred og sørpeskred kan være aktuelle problemstillinger langssetter de større bekkene samt i ravinene ved Rusto.

4.2.12.1.5 Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse

Det er utført modellering med RAMMS::DEBRIS FLOW (Christen mfl., 2012). Vi har ingen kjente hendelser i området til test av parametersettene. Utløsningsområdene for fremtidige løsmasseskred og sørpeskred er vanskelige å forutsi, og vi har derfor plassert «blokker» med løsmasser i bekkeløp og raviner (Vedlegg 2C). I beregningene er det anvendt ulike bruddhøyder (0,5-1 m). Et eksempel på resultatene er vist i Vedlegg 2D. Beregningene viser at vannrelaterte skred (flomskred og sørpeskred) kan nå frem til bebyggelsen ved Finset og Rusto, men ikke Brandvol. Ved Hulbak er skredmassene kanalisert delvis på grunn av utløpet gjennom gjelet ovenfor bebyggelsen, og vil bare ytterst sjeldent nå frem til bebyggelsen.

4.2.12.2 Faresoner for skred

Faresoner for skred er vist i Figur 22 og Vedlegg 2E. Dimensjonerende skredtype varierer langs dalsiden, og er angitt samme vedlegget.



Figur 22: Faresoner for skred for delområde 2B Berg-Hølto.

4.2.12.3 Forutsetninger for faresonene

Skog i utløsningsområdene for snøskred og løsmasseskred reduserer sannsynligheten for utløsning av disse skredtypene. Skogen i fjellsiden er vist som vernskog i NIBIO (2017). Dersom skogen i fjellsiden hogges, vil det føre til en økning i størrelsen av faresonene. Vi har derfor anbefalt at hogst i deler av fjellsiden underlegges kontroll, for eksempel som anbefalt i NGI (2013).

4.2.12.4 Bebyggelse i faresonene

I delområdet ligger 4-5 bolighus/fritidsboliger i faresonen for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$. Det er boligene ved Rusto som ligger mest utsatt, med en årlig sannsynlighet for skred på rundt $1/300$. Her bør det vurderes sikringstiltak. I tillegg ligger 4-5 bolighus/fritidsboliger i faresonen $\geq 1/5000$.

4.2.12.5 Mulighet for å redusere faresonene

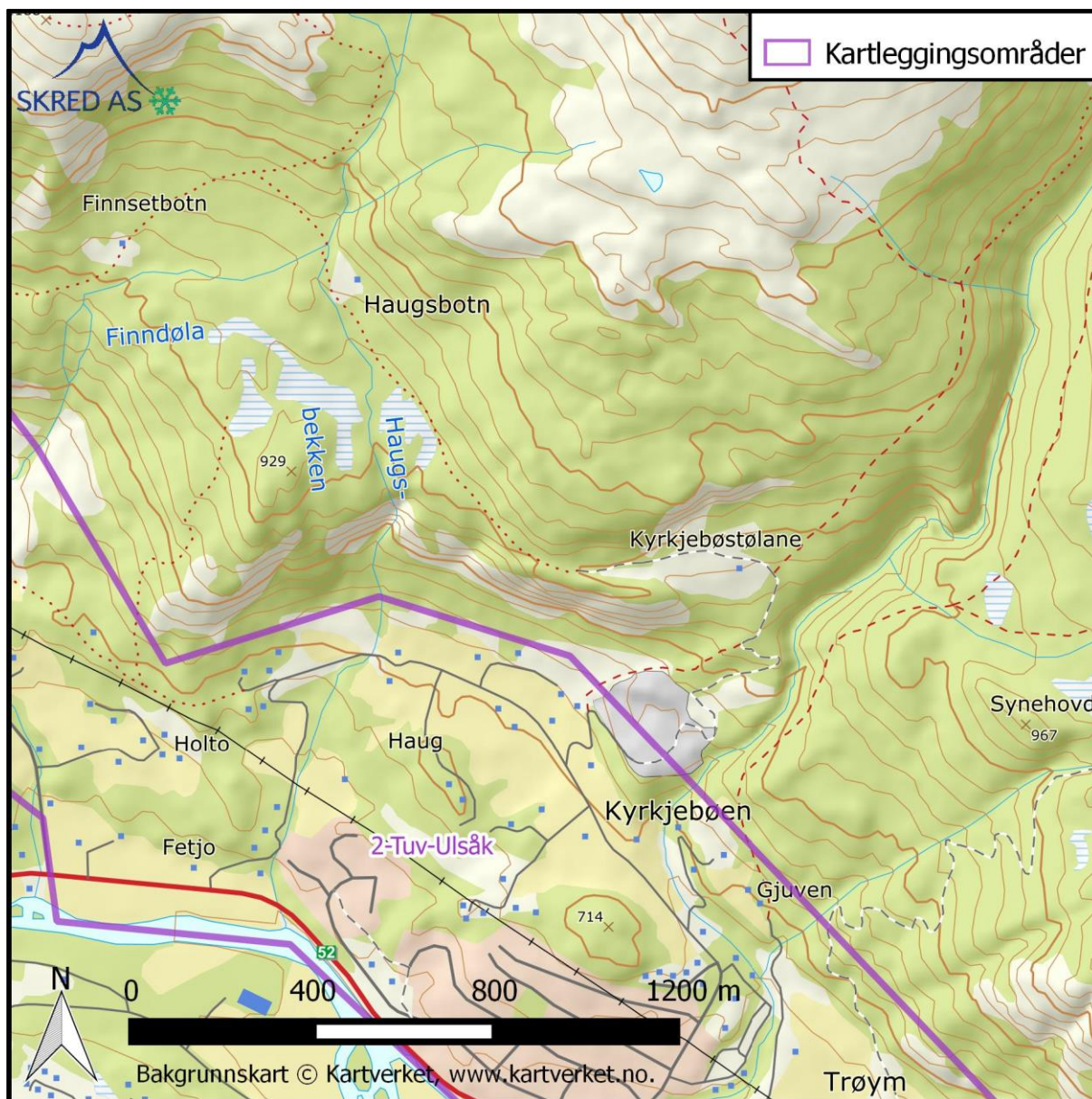
Der dimensjonerende skredtype er steinsprang, kan faresonene reduseres med fangvoller eller steinspranggjerdar. Lokalt kan rensk være en mulighet.

Ved utløpet av de større bekkene, og der vannrelaterte skred er dimensjonerende, kan man etablere ledevoller for å styre bevegelsen av skredmasser.

Dersom det er aktuelt å etablere sikringstiltak, bør det utføres en mer detaljert vurdering av mulighetene, i forhold til ønsket virkning av tiltakene.

4.2.13 Område 2C Hølto-Kyrkjebøen

Dette delområdet (Figur 23) er omtrent 1 km langt og ligger nord for Hemsedal sentrum. Delområdet er avgrenset av garden Hølto i vest og elva Trøymsåne i øst. Et utvalg av bilder fra områder vises nedenfor og i Vedlegg 2A.



Figur 23: Delområde 2C Hølto-Kyrkjebøen.

4.2.14 Topografi og grunnforhold

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Terrengmodellen dekker hele delområdet og fjellsiden opp til kote 1130, som er toppen av fjellsiden bak delområdet. Kart med terrenghelning er vist i Vedlegg 2B.

Fjellsiden nord for delområdet (Figur 24) består i hovedsak av en enkelt skrent som strekker seg fra kote 750 til 900, og i midten videre oppover til kote 990. Skrenten er nesten vertikal, med enkelte overhengende parti. For foten av den østlige delen av skrenten ligger en steinsprangur (Vedlegg 2C), mens den vestlige delen har overraskende lite uravsetning. Det er ikke observert ferske blokker, og det er ingen tydelige tegn etter ferske utfall i skrenten. Flere blokker ligger et stykke ut fra urfoten. Disse er av Eliasson (2016) kartlagt som steinsprangblokker, mens vi ikke er sikre på at alle blokkene stammer fra steinsprang. Det er noe dyrket mark i delområdet, og vi forventer at en del blokker er fjernet fra jordene.

Bak (nord for) skrenten ligger en mindre, unavgitt topp i kote 1130. Videre mot nord fortsetter terrenget på en rygg mot Kyrkjebønøse, 1671 m o.h.

Ovenfor garden Kyrkjebøen ligger et grustak i elveavsetningene fra Trøymsåne. I terrenget fra garden Haug ned mot Hemsil, er det flere små skrenter, delvis nesten vertikale. Disse består av kompakt fjell med få tidligere utfall av blokker.

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2017a). Skrenten ovenfor Haug består av metadiabas og amfibolitt. Ned mot Hemsedal er det fyllonitt, fyllitt og skifer. NGU har kartlagt løsmassene i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017b). I dalbunnen er det fluviale avsetninger mens fjellsiden ovenfor Haug er kartlagt som bart fjell og skredmateriale. Mellom skrenten og dalbunnen er løsmassedekket kartlagt som morene. Ved utløpet av Trøimsåne i slakere terreng, er det kartlagt breelvvavsetninger.



Figur 24: Den østlige delen av skrenten i delområdet 2C Hølto-Kyrkjebøen. Bilde tatt mot nord.

4.2.15 Vegetasjon og avrenning

Foten av skrenten ovenfor Haug er dekket med skog, hovedsakelig lauvskog, men også enkelte større felt med barskog. Ovenfor skrenten blir skogen gravis tynnere. Nedenfor skrentefoten er det dyrket mark.

Haugsbekken renner inn i delområdet gjennom et forholdsvis markert søkk i terrenget og fortsetter under Haugsvegen og forbi garden Haug. Heretter fortsetter bekken mot Hemsil i sør. Sør i delområdet renner Trøymsåne, som nevnt i delområde 2D Kyrkjebøen-Imre. Det er dessuten flere, mindre vannsig i skrenten, og enkelte mindre bekker (for eksempel punkt 028 i Vedlegg 2C).

4.2.16 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene

Vi er ikke kjent med tidligere skredfarevurderinger i dette delområdet. Tidligere vurderinger av Trøysmåne er nevnt i delområde 2D Kyrkjebøen-Imre.

4.2.17 Befaring

Området ble befart 3. mai 2017 av Hans Grue, Andrea Taurisano og Kalle Kronholm fra Skred AS. Sporloggen fra befaringen er vist i kart i Vedlegg 2C. Registrerte GPS punkt er vist i Tabell 17 og i Vedlegg 2C. På befaringdagene var det fint, klart vær med god sikt. Det var litt snø øverst i fjellsiden, men ikke løv på trærne. Det ble anvendt drone.

Tabell 17: GPS punkt registrert under befaringen i område 2C Hølto-Kyrkjebøen. For plassering, se kart i Vedlegg 2C. Registreringer som ikke ble kartfestet under befaringen, men i etterkant, er ført inn med bokstaver.

WPT	Notat
028	Grøft under veg og videre i rør under jordet.
C	Informasjon fra lokale beboere: Kulvert går tett ved stor vannføring.

4.2.18 Skredhistorikk

I Nasjonal skreddatabase er det ikke registrert skredhendelser i delområdet. Lokale vi snakket med under befaringen nevnte at de hører isnedfall fra skrenten hvert år, men kjente ikke til steinsprang eller andre skredtyper i skrenten. De nevnte også at det var problemer med at kulverten som leder Haugsbekken under Haugsvegen ikke var tilstrekkelig dimensjonert (Tabell 17).

4.2.18.1 Skredfarevurdering

4.2.18.1.1 Steinsprang og steinskred

Fjellsidene består generelt sett av forholdsvis kompakt og lite oppsprukket berg. Bare nedenfor den østlige skrenten er det ur uten vegetasjon, noe som kan indikerer relativ stor aktivitet av steinsprang eller isnedfall. Det ble ikke observert ferske blokker i ura eller tegn etter ferske utfall i selve skrenten. Flere steder er det større, overhengende blokker.

4.2.18.1.1.1 Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse

Samlet vurderer vi at sannsynligheten for utfall av blokker er forholdsvis liten, slik at det ikke er en faresone 1/100 nedenfor skrenten. Scenariet for 1000-års hendelser er utfall av mindre, avløste blokker. Dette kan skje i hele skrenten, men sannsynligheten vil være størst i svakhetssonene, der det er mest oppsprekking av berget. Scenario for 5000-års hendelsen er utfall av større volum, for eksempel det overhengende flaket markert i Figur 24, men at disse blokkene blir redusert i størrelse når de treffer bakken.

Skrentene i den nedre delen av delområdet, ned mot Hemsedal sentrum, er små og med liten grad av oppsprekking. Vi vurderer årlig sannsynlighet for utfall fra disse skrentene som $<1/5000$.

Til modellering av utløpslengder for steinsprang er modellen Rockyfor3d anvendt. Generelle inngangsparametre er beskrevet i avsnitt 3.6.127. Spesifikke parametre for området er vist i Tabell 18, og er justert mot observasjoner av tidligere utløp av blokker som vi anser som steinsprangblokker. Beregningene er utført med en terrengmodell med horisontal oppløsning på 5 m. Bakketype, som definerer restitusjonskoeffisienter, samt ruheter, er satt basert på observasjoner i terreng, på flyfoto og observasjoner fra drone.

Tabell 18: Anvendt blokkvolum for modellering med Rockyfor3d i delområde 2C Høltokyrkjebøen.

Område	1000-års scenario	5000-års scenario
Hele fjellsiden ovenfor delområdet	1 m ³	5 m ³

Utvalgte resultater fra modelleringen er vist i Vedlegg 2D. Merk at beregningene ikke tar høyde for at det er svært lav sannsynlighet for utfall per celle i modellen. Disse vurderingene er gjort manuelt. Nedenfor store deler av fjellsiden er steinsprang eneste skredtypen, og den er dermed dimensjonerende.

4.2.18.1.2 Snøskred

Det er ikke kjente snøskredhendelser i delområdet, men terreng og klima legger delvis til rette for utløsning av snøskred. I registreringskartet i Vedlegg 2C er det tegnet inn flere områder der terrenget legger til rette for utløsning av snøskred. På grunn av skogen mener vi allikevel at disse ikke er reelle utløsningsområder for snøskred. For å bevare dagens forhold for snøskred, anbefaler vi kontroll med hogst samt skjøtsel i de potensielle utløsningsområdene (Vedlegg 2F).

4.2.18.1.3 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent fra delområdet, men vi mener det er potensielle utløsningsområder for sørpeskred langs Haugsbekken, rundt kote 900. Her renner bekken gjennom et myrområde før den renner ned over skrenten mot Haug. Vi mener allikevel at sannsynligheten for utløsning av sørpeskred er liten, kanskje i størrelsesorden $1/5000$.

Beregninger av utbredelse fra sørpeskred er beskrevet nedenfor i avsnitt om jord- og flomskred. Utbredelse av disse vannrelaterte skredtyper er vanskelig å skille i dette området.

4.2.18.1.4 Jord- og flomskred

Løsmasseskred er ikke registrert i delområdet, og det er ingen tegn etter tidligere hendelser. Nedenfor den ene svakhetssonen i skrenten, er det en tendens til en vifteform (registreringskart i Vedlegg 2C). Dette tolker vi mer som et tidligere steinskred enn en vannrelatert avsetningsform.

Løsmasseskråningen ovenfor garden Kyrkjebøen og spesielt ned mot Trøymsåne står svært bratt. Med dagens vegetasjon og dreneringsforhold mener vi skråningene står stabilt i forhold til en årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$, men ikke $\geq 1/5000$. Skråningen ned mot Trøymsåne er spesielt utsatt for grunne utglidninger fordi det er potensial for erosjon i skråningsfoten. I disse løsmasseskråningene kan flatehogst, terrenginngrep og endret avrenning føre til økt skredfare. Vi anbefaler derfor kontroll med hogst av skogen her.

Langs Haugsbekken er det noe potensial for medrivning av løsmasser fra forsenkningen i skrenten rett utenfor kartleggingsområdet, men det var ikke tydelige tegn på stor massetransport i bekken ved Haug. Basert på observasjoner og tolkning, vurderer vi at «hyppige» hendelser i størrelsesorden 1/100 per år, vil være flom, og ikke skredhendelser. Flom i bratte vassdrag er ikke en del av inneværende kartlegging, og faresoner for flom er derfor ikke kartlagt.

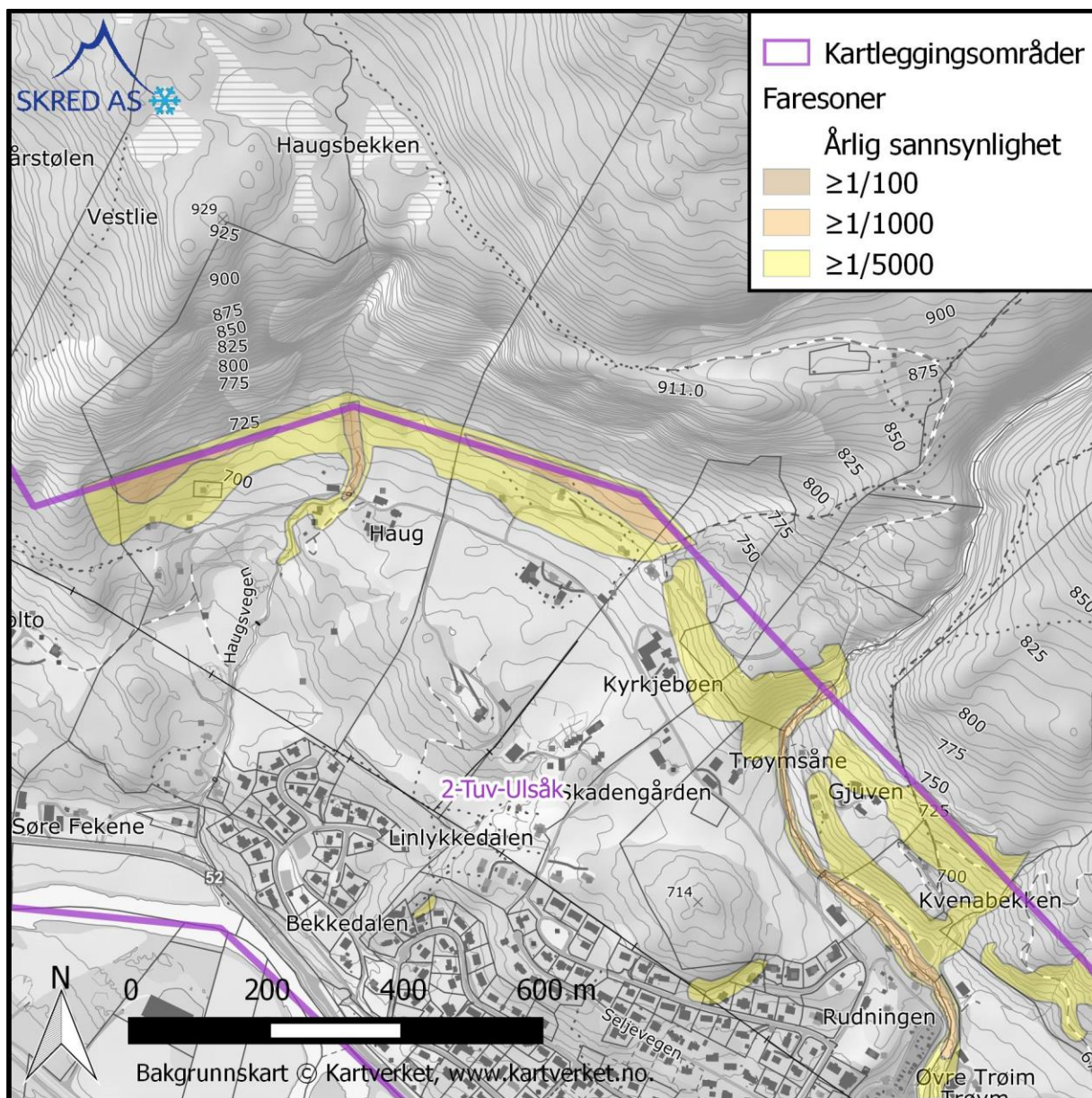
Med årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000 mener vi både løsmasseskred og sørpeskred kan være aktuelle problemstillinger langsetter Haugsbekken.

4.2.18.1.5 Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse

Det er utført modellering med RAMMS::DEBRIS FLOW (Christen mfl., 2012). Vi har ingen kjente hendelser i området til test av parametersettene. Modellert utløsningsområde for flomskred og sørpeskred er plassert Haugsbekken der den stuper ut over skrenten ned mot Haug. I beregningene er det anvendt bruddhøyder på 0,5 m. Et eksempel på resultatene er vist i Vedlegg 2D. Beregningene viser at vannrelaterte skred (flomskred og sørpeskred) kanaliseres langs bekkeløpet forbi bebyggelsen på Haug.

4.2.18.2 Faresoner for skred

Faresoner for skred er vist i Figur 25 og i Vedlegg 2E. Dimensjonerende skredtype er hovedsakelig steinsprang, med unntak av vannrelaterte skred, primært sørpeskred langs Haugsbekken, og grunne utglidninger i løsmasseskråningene ned mot Trøimsåne.



Figur 25: Faresoner for skred i delområde 2C Hølto-Kyrkjebøen.

4.2.18.3 Forutsetninger for faresonene

Skog i utløsningsområdene for snøskred og løsmasseskred reduserer sannsynligheten for utløsning av disse skredtypene. Skogen i fjellsiden er vist som vernskog i NIBIO (2017). Dersom skogen i fjellsiden hogges, vil det føre til en økning i størrelsen av faresonene. Vi har derfor anbefalt at hogst i deler av fjellsiden underlegges kontroll, for eksempel som anbefalt i NGI (2013).

4.2.18.4 Bebyggelse i faresonene

Det er 5-7 fritidsboliger og bolighus i faresonen for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/5000$.

4.2.18.5 Mulighet for å redusere faresonene

Der dimensjonerende skredtype er steinsprang, kan faresonene reduseres med fangvoller eller steinspranggjerdar. Lokalt kan rensk og bolting være en mulighet.

Ved Haugsbekken, der vannrelaterte skred er dimensjonerende, kan man etablere ledevoller for å styre bevegelsen av skredmasser.

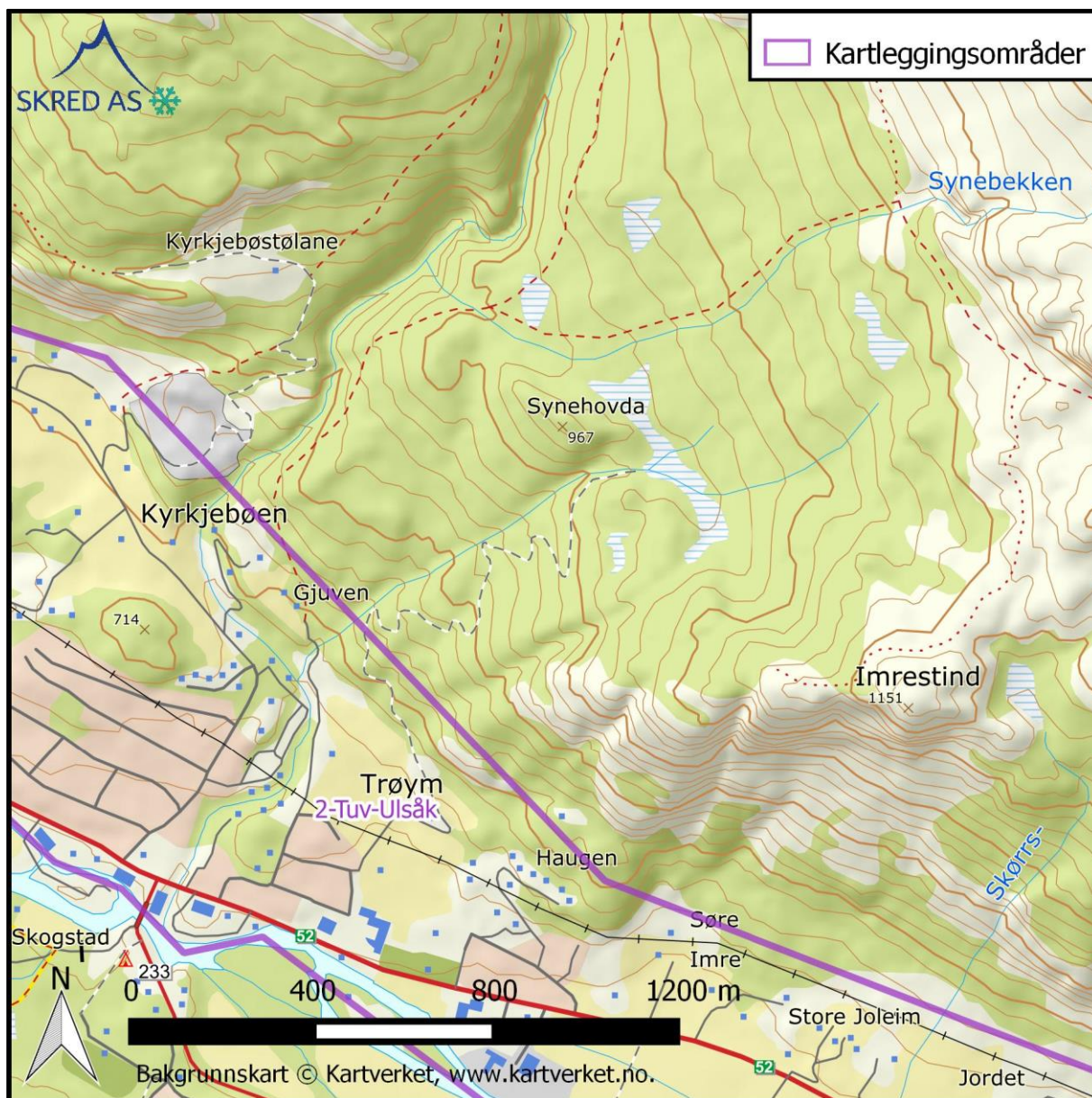
I løsmasseskråningene ned mot Trøimsåne er det vanskelig å redusere skredfare.

Dersom det er aktuelt å etablere sikringstiltak, bør det utføres en mer detaljert vurdering av mulighetene, i forhold til ønsket virkning av tiltakene.

4.2.19 Delområde 2D Kyrkjebøen-Imre

Dette delområdet (Figur 26) er omtrent 1 km langt og ligger nord og nordøst for Hemsedal sentrum. Delområdet er avgrenset av Trøymsåne i vest og den vestlige fortoppen til Imrestind i øst. Et utvalg av bilder fra områder vises nedenfor og i Vedlegg 2A.

Store deler av delområdet er allerede vurdert i detalj av Asplan Viak på oppdrag for hemsedal kommune (Asplan Viak, 2014). Det var Kalle Kronholm som utarbeidet rapporten for Asplan Viak. I inneværende rapport er det derfor bare gitt en forholdsvis grov oversikt over forholdene. For mer detaljert beskrivelse vises til Asplan Viak rapporten.



Figur 26: Delområde 2D Kyrkjebøen-Imre.

4.2.20 Topografi og grunnforhold

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Terrengmodellen dekker hele delområdet og fjellsiden opp til kote 1151, som er toppen av Imrestind. Kart med terrenghelning er vist i Vedlegg 2B.

Den vestlige delen av fjellsiden nord for delområdet består av mindre skrenter, delvis vertikale, adskilt av slakere parti med skog (Figur 27). Fjellsiden ovenfor den østlige delen av delområdet er betydelig brattere og strekker seg opp mot en for topp til Imrestind, rundt kote 1030 (Vedlegg 2A).

Berggrunnen i delområdet er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2017a). Fjellsiden ovenfor delområdet består av metadiabas og amfibolitt. Ned mot Hemsedal er det fyllonitt, fyllitt og skifer. NGU har kartlagt løsmassene i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017b). I dalbunnen er det fluviale avsetninger mens fjellsiden

ovenfor den vestlige delen av delområdet er kartlagt som morene. Opp mot Imrestind er det kartlagt bart fjell. Ved utløpet av Trøymsåne i slakere terreng, er det kartlagt breelavsetninger.



Figur 27: Terrenget ovenfor den vestlige delen av delområde 2D Kyrkjebøen-Imre.

4.2.21 Vegetasjon og avrenning

I de nedre delen av fjellsiden er det blandingsskog, forholdsvis tett der det er løsmassedekke (Figur 27). I skrentene opp mot Imrestind er det ikke skog (Vedlegg 2A). Nedenfor skrentfoten er det dyrket mark.

Trøymsåne renner inn i delområdet gjennom et forholdsvis markert søkk. Mellom Rudningen boligfelt og garden Trøym blir terrenget mer åpent og elva fortsetter ned gjennom sentrum til Hemsil. Kvenabekken renner inn i delområdet fra et myrområde rundt kote 950.

4.2.22 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene

Det er allerede utarbeidet faresoner for skred for hovedparten av dette delområdet. Arbeidet er beskrevet i Asplan Viak rapport datert 2014-12-19 (Asplan Viak, 2014; ID 5 i registreringskart i Vedlegg 2C). Arbeidet ble utført av Kalle Kronholm i henhold til kravene i TEK10 og NVE sin veileder for kartlegging av skredfare i bratt terreng. Vi mener det tidligere arbeidet svarer til det som her er utført for NVE, og våre faresoner samsvarer nesten i sin helhet med de tegnet i Asplan Viak sin rapport. For detaljerte beskrivelser av utført arbeid, inkl. befaring og beregninger, vises til Asplan Viak rapporten.

Fare for skred og isgang i Trøymsåne i forhold til sikkerhet for boligfeltet Rydningen, er vurdert av NGI, og oppsummert i NGI rapport 20120470-01-R (NGI, 2012; ID 6 i registreringskart i Vedlegg 2C). I dette arbeidet er det utført befaring, og fare for skred er vurdert i den vestlige delen av fjellsiden i det aktuelle

delområdet. Arbeidet er utført i forhold til krav i TEK10, for sikkerhetsklassene S2 og S3. Kalle Kronholm utførte arbeidet for NGI, og vi er derfor godt kjent med arbeidet som ble gjort. Også her har vi derfor tatt faresonene med videre i innværende rapport.

4.2.23 Befaring

Den vestlige delen av delområdet ble befart 3. mai 2017 av Hans Grue, Andrea Taurisano og Kalle Kronholm fra Skred AS. Kalle Kronholm har tidligere utført befaringer i forbindelse med arbeidene nevnt ovenfor.

4.2.24 Skredhistorikk

Skredhistorikken i området er oppsummert i NGI (2012) og Asplan Viak (2014). Av størst interesse for innværende oppdrag er et skred som gikk langs Synebekken, nordøst for delområdet rundt 2006 (ID 4 i Vedlegg 2C). I Nasjonal skreddatabase er det beskrevet som et jordskred, men basert på gjennomgang av flyfoto og kartgrunnlag, mener vi at det var et sørpeskred som etter hvert gikk over i et flomskred.

4.2.24.1 Skredfarevurdering

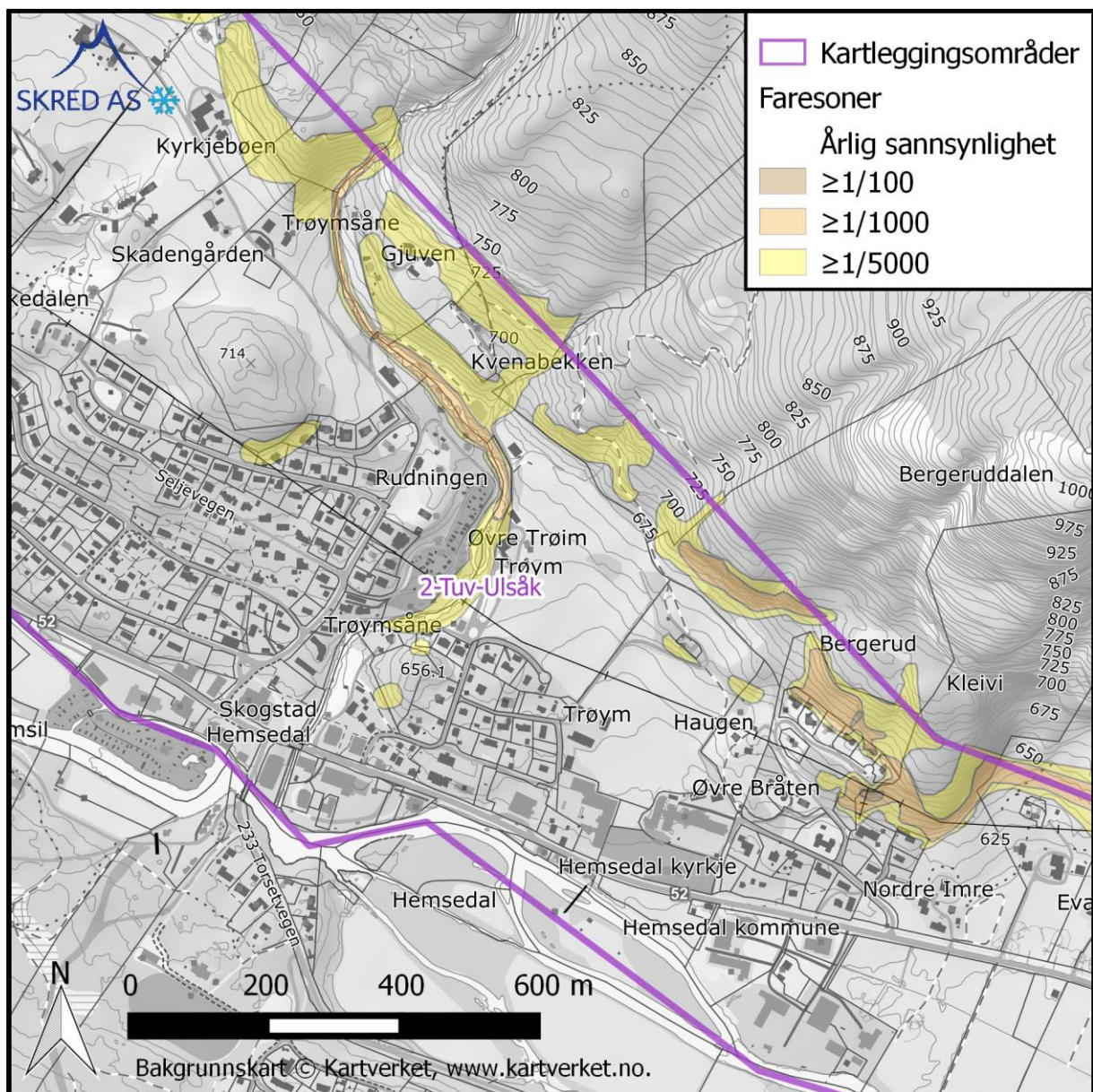
Detaljene for skredfarevurderingen er gitt i Asplan Viak (2014) og NGI (2012). Kort oppsummert er steinsprang dimensjonerende (og eneste) skredtypen under de fleste bratte skrenter. I området rundt Bergeruddalen er det enkelte, små utløsningsområder for snøskred. Utbredelsen av skredmasser fra disse områdene er vurdert i Asplan Viak (2014). Årlig sannsynlighet for snøskred ventes å være $<1/5000$ i delområdet.

Langs Trøymsåne og Kvenabekken er hovedsakelig flom en problemstilling. Det gjelder både som primær fare, men også som sekundæreffekt av skred, for eksempel langs Synebekken. Disse vurderingene er nærmere beskrevet i NGI (2012) og Asplan Viak (2014).

Bebyggelsen på Brøtabakkjinn er flere steder sprengt inn i berget. Bakr flere av bolighusene var det avløste blokker i bergskjæringene og mulighet for utglidning av løsmasse fra toppen av skjæringene.

4.2.24.2 Faresoner for skred

Faresoner for skred er vist i Figur 28 og i Vedlegg 2E.



Figur 28: Faresoner for skred i delområde 2D Kyrkjebøen-Imre.

4.2.24.3 Forutsetninger for faresonene

Skog i utløsningsområdene for snøskred reduserer sannsynligheten for utløsning. Skogen i fjellsiden er vist som vernskog i NIBIO (2017). Dersom skogen i fjellsiden hogges, vil det føre til en økning i størrelsen av faresonene. Vi har derfor anbefalt at hogst i deler av fjellsiden underlegges kontroll, for eksempel som anbefalt i NGI (2013).

4.2.24.4 Bebyggelse i faresonene

Omtrent 8 boliger ligger i eller delvis i faresonen for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/5000$. I Brøtabakkjinn ligger 6 bolighus i eller delvis i faresonen $\geq 1/1000$. Bak flere av boligene er det fjellskjæringen som er utilstrekkelig rensket/sikret. Sikring kan trolig gjøres med forholdsvis enkle tiltak, som vi anbefaler å vurdere videre.

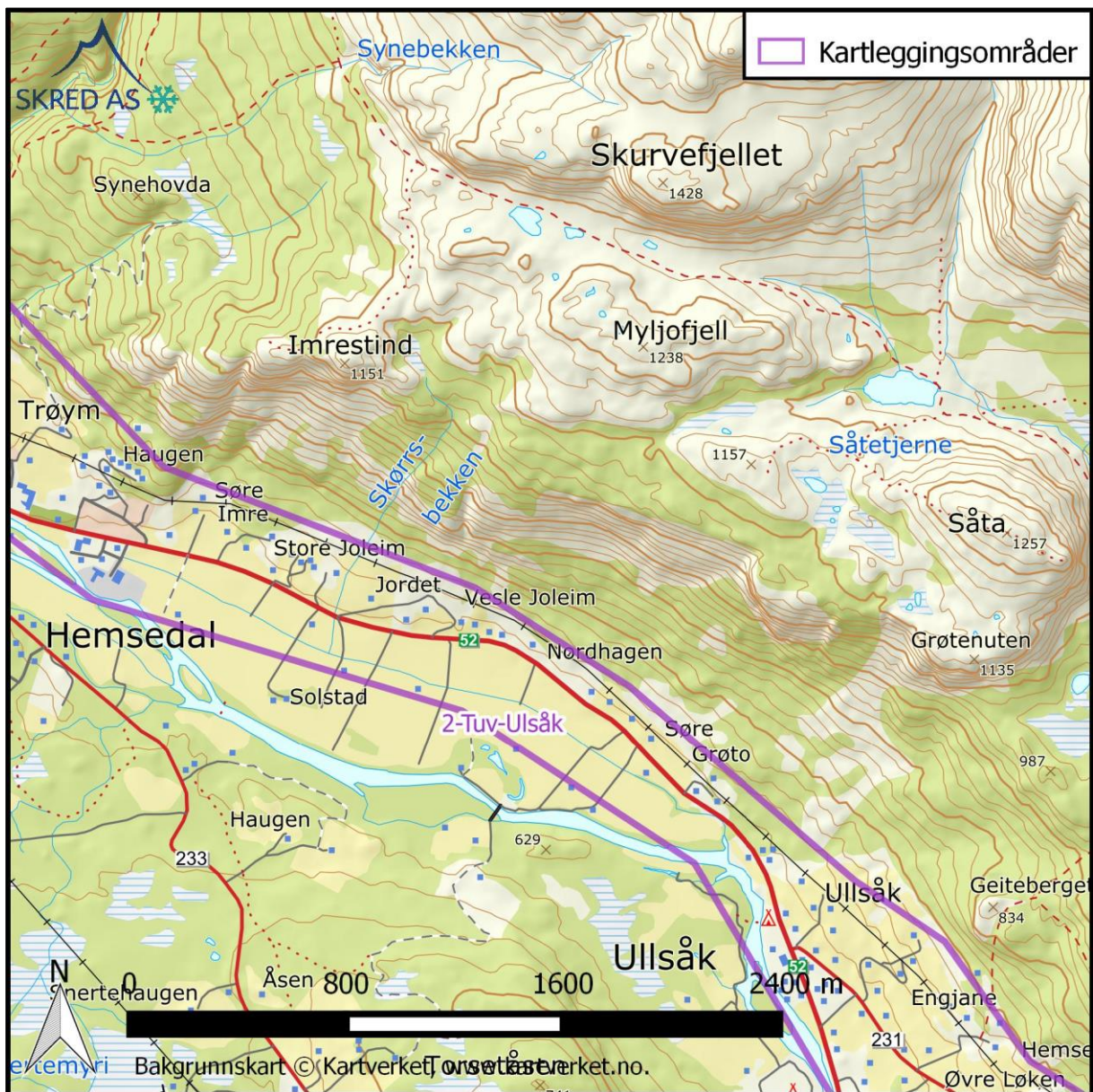
4.2.24.5 Mulighet for å redusere faresonene

Der dimensjonerende skredtype er steinsprang, kan faresonene reduseres med fangvoller eller steinspranggjerdar. Lokalt kan rensk og bolting være en mulighet.

Dersom det er aktuelt å etablere sikringstiltak, bør det utføres en mer detaljert vurdering av mulighetene, i forhold til ønsket virkning av tiltakene.

4.2.25 Delområde 2E Imre-Ulsåk

Delområdet strekker seg fra Hemsedal sentrum mot sørøst til Ulsåk. Delområdet er omtrent 3 km langt og ligger nedenfor fjellsiden mellom Imrestind og Grøtenuten (Figur 29).



Figur 29: Kart over delområde 2E Imre-Ulsåk.

4.2.26 Topografi og grunnforhold

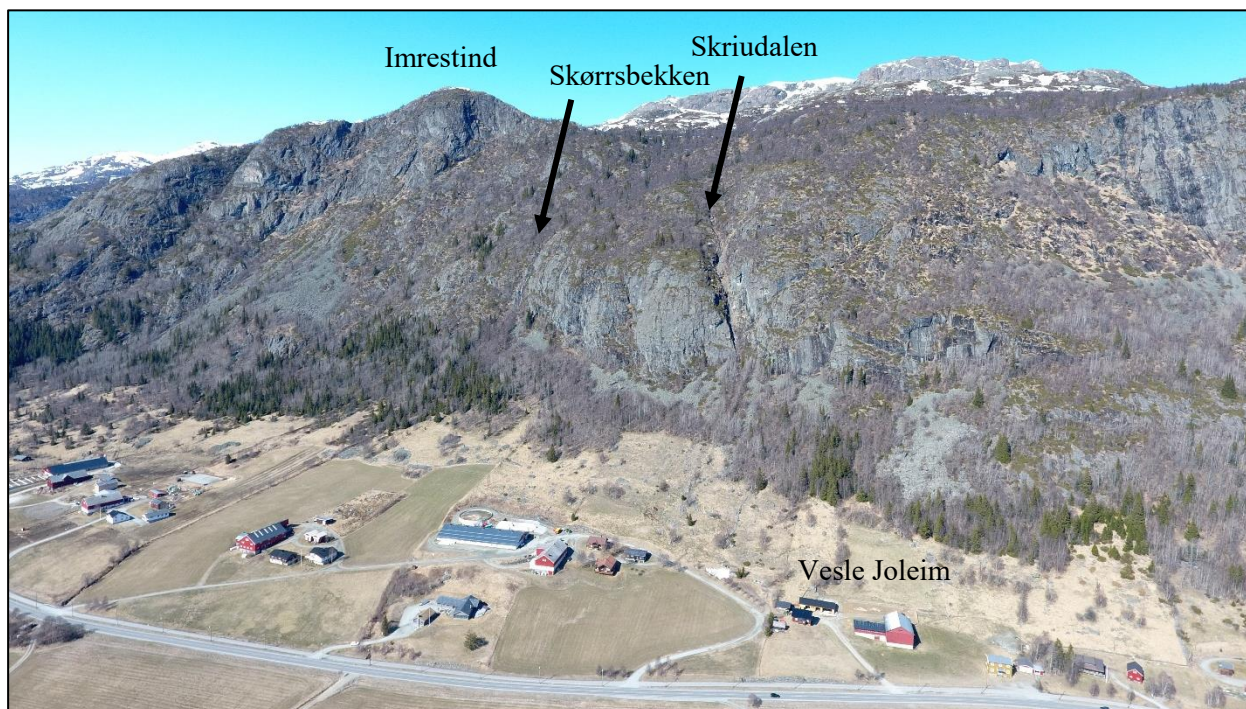
Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Terrengmodellen dekker hele kartleggingsområdet og til toppen av fjellsiden mot nordøst. Kart med terrenghelning er vist i Vedlegg 2B.

Dalbunnen ligger her i kote 600 mens toppen av fjellsiden mot nordøst strekker seg opp til Imrestind 1151 m o.h. (Figur 30) og Grøtenuten 1135 m o.h. (Vedlegg 2A). Ryggen mellom Imrestind og Grøtenuten løper parallelt med dalen, omtrent sørøst-nordvest.

Fjellsiden mot nordøst består hovedsakelig av terreng brattere enn 30°, og det er flere skrentparti med helning større enn 50°, og flere nær vertikale.

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2017a) og består av metadiabas og amfibolitt, samt fyllonitt, fyllitt og skifer i nedre del av fjellsiden. I berggrunnskartet er fjellskredet nedenfor Grøtenuten kartlagt som morene, elvegrus og -sand. NGU har kartlagt løsmassene i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017b). I dalbunnen er det fluviale avsetninger mens fjellsiden i nordvestlige delen av kartleggingsområdet er kartlagt som bart fjell med skredavsetning i foten. Mellom dalbunnen og skredavsetningene er det kartlagt morenemasser.

Nedenfor størsteparten av fjellsiden er det registrert avsetninger av ur (registreringskart i Vedlegg 2C). Dette inkluderer fjellskredavsetningen nedenfor Grøtenuten. Langs hele fjellsiden er det registrert enkeltblokker i stor avstand fra urfoten. Vi har ikke med sikkerhet kunnet skille store moreneblokker fra steinsprangblokker, men antar at de fleste er steinsprangblokker. Eliasson (2016) har kartlagt nesten alle blokker her som steinsprangblokker. Det er noe dyrket mark i delområdet, og vi forventer at en del blokker er fjernet fra jordene.



Figur 30: Den vestlige delen av delområde 2E Imre-Ulsåk. Bilde tatt mot nordvest.

4.2.27 Vegetasjon og avrenning

Det er glissen vegetasjon i fjellsiden ovenfor delområdet. På de grove deler av uravsetningene, der det bare er berg i dagen, samt i de bratteste deler av fjellsiden er det ikke skog.

De to største bekkene i fjellsiden er Skørresbekken (Figur 30) og bekken uten navn, som renner ned mot Søre Grøto.

4.2.28 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene

NGI utførte i 2011 en skredfarevurdering for Gnr/Bnr 65/9-2 nedenfor Imrestind (NGI, 2011: ID 7 i registreringskart i Vedlegg 2C). Det ble tegnet faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ og $\geq 1/5000$. Arbeidet ble utført av Kalle Kronholm, og vi har vurdert at disse faresonene ikke behøver justering.

I Eliasson (2016) er større steinblokker registrert og lokalisert med GPS, og det er utført beregninger med RAMMS::ROCKFALL for et område nedenfor Imrestind. Det er ikke tegnet faresoner for skred.

4.2.29 Befaring

Området ble befart 3. mai 2017 av Hans Grue, Andrea Taurisano og Kalle Kronholm fra Skred AS. Sporloggen fra befaringen er vist i kart i Vedlegg 2C. Registrerte GPS punkt er vist i Tabell 19 og i Vedlegg 2C. På befaringdagene var det fint, klart vær med god sikt. Det var litt snø øverst i fjellsiden, men ikke løv på trærne. Det ble anvendt drone.

Tabell 19: GPS punkt registrert under befaringen i område 2E Imre-Ulsåk. For plassering, se kart i Vedlegg 2C.

WPT	Notat
029	Ytterste blokker av fjellskred. Skiveformet.

4.2.30 Skredhistorikk

I Nasjonal skreddatabase er det registrert en enkelt skredhendelse i fjellsiden: Fjellskred under Grøtenuten (ID 5 i Vedlegg 2C). Dette er datert til omtrent 1650.

4.2.30.1 Skredfarevurdering

4.2.30.1.1 Steinsprang og steinskred

Fjellsiden veksler fra forholdsvis kompakt og lite oppsprukket berg, til forholdsvis oppsprukket berg, for eksempel ved Grøtenuten. Det er uravsetninger i foten av det meste av fjellsiden. Nedenfor urfoten er det flere enkeltblokker, som vi tolker som steinsprangblokker. Vi antar at flere steinsprangblokker har blitt fjernet fra jordene.

4.2.30.1.1.1 Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse

Til modellering av utløpslengder for steinsprang er modellen Rockyfor3d anvendt. Generelle inngangsparametre er beskrevet i avsnitt 3.6.127. Spesifikke parametre for området er vist i Tabell 20, og er justert mot observasjoner av tidligere utløp av blokker som vi anser som steinsprangblokker.

Beregningene er utført med en terrengmodell med horisontal oppløsning på 5 m. Bakketype, som definerer restitusjonskoeffisienter, samt ruheter, er satt basert på observasjoner i terreng, på flyfoto og observasjoner fra drone.

Tabell 20: Anvendt blokkvolum for modellering med Rockyfor3d i område 2E Imre-Ulsåk.

Område	100-års scenario	1000-års scenario	5000-års scenario
Hele fjellsiden	0,5 m ³	1 m ³	50 m ³

Utvalgte resultater fra modelleringen er vist i Vedlegg 2D. Merk at beregningene ikke tar høyde for sannsynlighet for utfall per celle i modellen. Disse vurderingene er gjort manuelt. Nedenfor store deler av fjellsiden er steinsprang eneste skredtypen, og den er dermed dimensjonerende.

4.2.30.1.2 Snøskred

Det er ikke kjente snøskredhendelser i delområdet, men terreng og klima legger delvis til rette for utløsning av snøskred. På grunn av skogen mener vi allikevel at det er få reelle utløsningsområder for snøskred. Det er flere områder der dagens skog er viktig for å redusere sannsynligheten for skredutløsning. I de viktigste av disse anbefaler vi å unngå hogst samt å underlegge skogen skjøtsel (Vedlegg 2F).

4.2.30.1.2.1 Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse

Kombinasjon av terrenghelning, terrengform og skog gjør at det er følgende steder med utløsningsområder for snøskred (registreringskart i Vedlegg 2C):

- Noen mindre områder nedenfor Imrestind. Disse er forholdsvis små, med litt glissen krattskog. Disse er bare aktuelle for 1000-års og 5000-års scenario.
- Vest for Grøtenuten er det flere områder med svaberg, som er bratte, med mulige utløsningsområder for snøskred. Disse er bare aktuelle for 1000-års og 5000-års scenario.

Antatte scenarioer for beregninger av skredutbredelse med programvaren RAMMS (Christen mfl., 2010) er vist i Tabell 21. Vi har ingen kjente hendelser i området til test av parametersettene. Et eksempel på beregning av skredutbredelse er vist i Vedlegg 2D.

Tabell 21: Oversikt over bruddhøyde og friksjon i antatte scenarioer i de ulike utløsningsområdene i dalsiden ovenfor delområde 2E Imre-Ulsåk. Alle beregninger er utført med friksjonsparametrene S300-500-100. Skogen er ikke brukt i beregningene.

Utløsningsområde	1000-års scenario	5000-års scenario
Nedenfor Imrestind	150 cm	200 cm
Vest for Grøtenuten	150 cm	200 cm

Resultatene av våre beregninger viser at snøskred kan nå frem til bebyggelsen på Grøto.

4.2.30.1.3 Sørpeskred

Typiske utløsningsområder for sørpeskred er beskrevet i avsnitt 1.4.4. Det renner flere små bekker inn i delområdet, men ingen av disse har potensial for utløsning av sørpeskred i nedslagsfeltet.

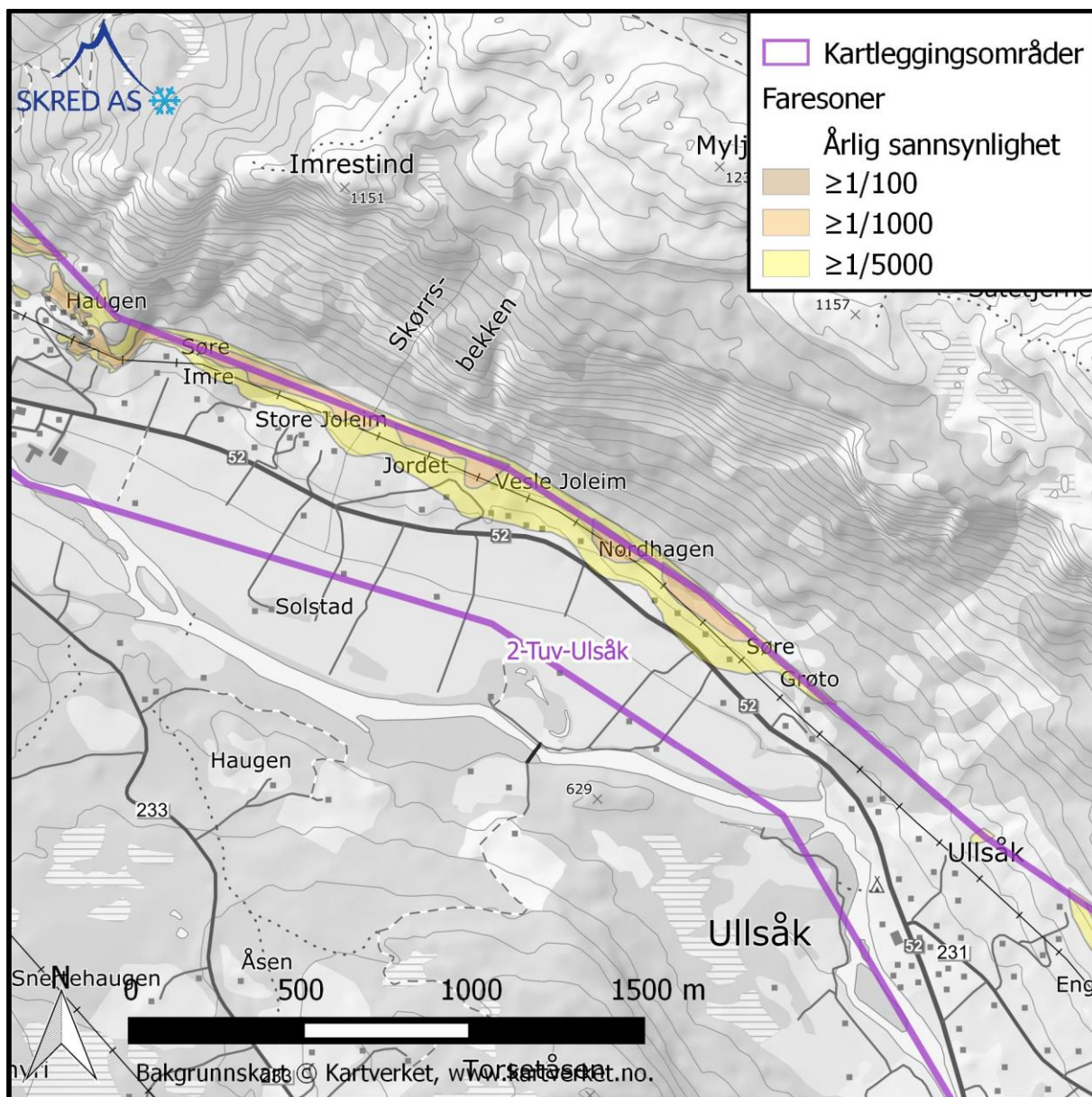
4.2.30.1.4 Jord- og flomskred

Det er flere raviner i fjellsiden, som vi tolker som tegn på tidligere flomskred (Vedlegg 2C). Ved Skørrebekken tolker vi flere terrengformer som skredvifter, og ved utløpet av Skriudalen er det mulige leveer etter flomskred. I begge disse områdene mener vi det er mulighet for flomskred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$.

Faresonene i disse områdene er tegnet på bakgrunn av geomorfologisk tolkning – vi har ikke brukt modeller til å anslå utbredelsen av

4.2.30.2 Faresoner for skred

Faresoner for skred er vist i Figur 31 og Vedlegg 2E. Dimensjonerende skredtype varierer langs dalsiden, og er angitt i samme vedlegget.



Figur 31: Faresoner for skred for delområde 2E Imre-Ulså.

4.2.30.3 Forutsetninger for faresonene

Skog i utløsningsområdene for snøskred redusere sannsynligheten for utløsning. Skogen i fjellsiden er vist som vernskog i NIBIO (2017). Dersom skogen i fjellsiden hogges, vil det føre til en økning i størrelsen av faresonene. Vi har derfor anbefalt (Vedlegg 2F) at hogst i deler av fjellsiden underlegges kontroll, for eksempel som anbefalt i NGI (2013).

4.2.30.4 Bebyggelse i faresonene

Det er omtrent 7 bolighus og omtrent 3 driftsbygninger i faresonen for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/5000$. Ingen av disse ligger i faresonen $\geq 1/1000$, men flere ligger rett utenfor denne faresonen.

4.2.30.5 Mulighet for å redusere faresonene

Der dimensjonerende skredtype er steinsprang, kan faresonene reduseres med fangvoller eller steinspranggjerdar. Lokalt kan rensk være lite hensiktsmessig på grunn av fjellsides størrelse.

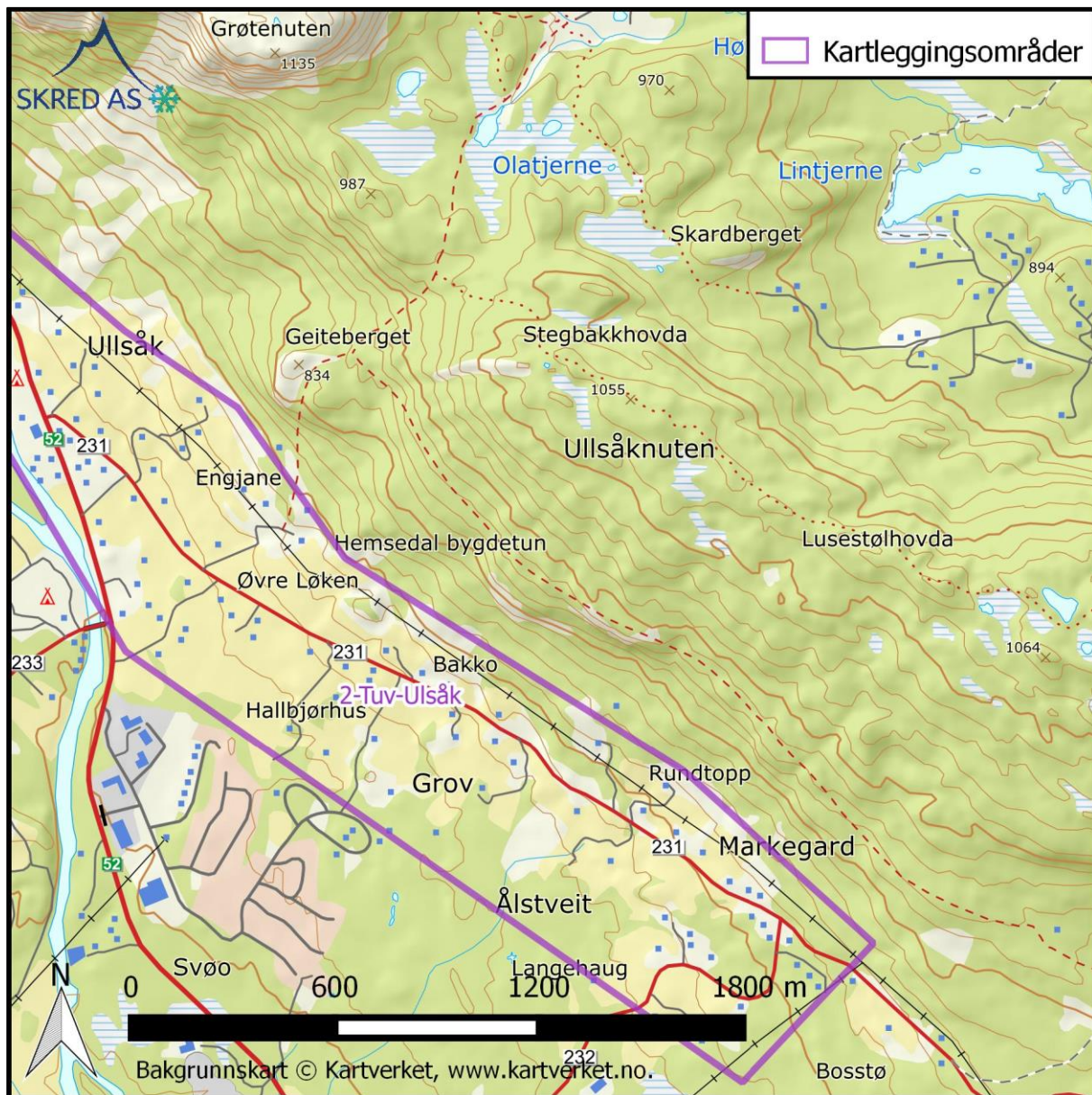
Ved utløpet av bekkene, der flomskred er dimensjonerende, kan man etablere ledevoller for å styre bevegelsen av skredmasser.

Dersom det er aktuelt å etablere sikringstiltak, bør det utføres en mer detaljert vurdering av mulighetene, i forhold til ønsket virkning av tiltakene.

4.2.31 Delområde 2F Ulsåk-Markegard

Dette delområdet (Figur 32) er omtrent 3 km langt og ligger 1 km nordvest for Hemsedal sentrum.

Delområdet strekker seg fra Ulsåk i vest til den østlige avgrensningen av kartleggingsområde 2, omtrent ved garden Markegard i øst.



Figur 32: Delområde 2F Ulsåknuten-Markegard.

4.2.32 Topografi og grunnforhold

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m i den vestlige delen av delområdet, fra Ulsåknuten til garden Bakko. Terrengmodellen er dekkende opptil omtrent kote 1050, som er toppen av fjellsiden nord for delområdet. I den østlige delen av delområdet er det bare LiDAR data fra selve kartleggingsområdet, men ikke fra fjellsiden ovenfor. Her er terrenganalysene av fjellsiden basert på den nasjonale terrengmodellen med horisontal oppløsning på 10 m x 10 m. Kart med terrenghelning er vist i Vedlegg 2B.

Fjellsiden mot nordøst består hovedsakelig av større og mindre skrenter med fjell i dagen, adskilt av slakere parti med tynt dekke av løsmasse (Figur 33, Figur 34). Fjellsiden løper omtrent nordvest-sørøst.

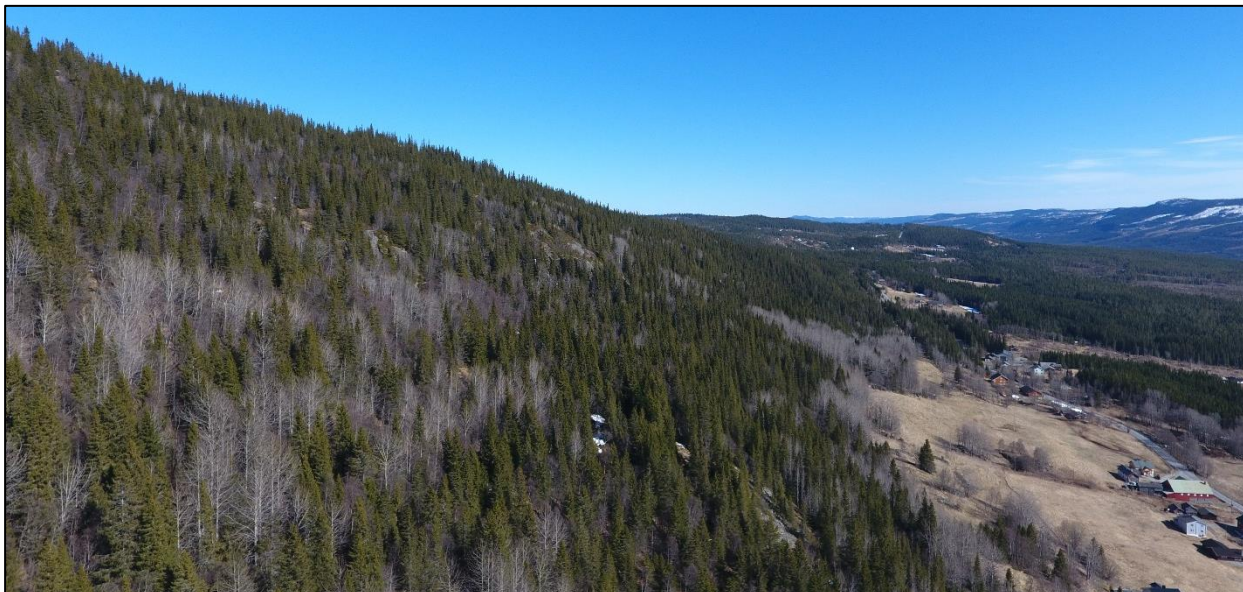
Generelt er de brattere deler av fjellsiden begrenset til en høydeforskjell på få titalls høydemeter. De største skrentene er Geiteberget ovenfor Øvre Ulsåker (Vedlegg 2A) og Grøvsberg (Figur 33).

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2017a) og består av fyllitt og skifer med et bånd av kvartsitt som vises i skrentene ved Geiteberget og Grøvsberg. NGU har kartlagt løsmassene i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017b). Løsmassene i delområdet er kartlagt som morene, med unntak av Grøvsberg og Geiteberget, som er kartlagt som bart fjell.

Nedenfor de enkelte av skrentene har vi registrert avsetninger av ur (registreringskart i Vedlegg 2C), men ingen ferske blokker var tydelige. Kartleggingen av blokker utført av Eliasson (2016) dekker ikke dette delområdet. Det er noe dyrket mark i delområdet, og vi forventer at en del blokker er fjernet fra jordene. I Grøvsberg er berget oppsprukket, og det er mange avløste blokker på flere kubikkmeter (Figur 33). I Geiteberget var berget også oppsprukket (Vedlegg 2A), men det var færre store, helt avløste blokker enn i Grøvsberg.



Figur 33: Skrenten Grøvsberg omtrent midt i delområde 2F Ulsåk-Markegard. Bilde tatt mot nordvest. Det er flere helt avløste, forholdsvis store blokker (flere m³) i skrenten, spesielt til venstre i bildet.



Figur 34: Den østlige delen av delområde 2F Ulsåk-Markegard. Bilde tatt mot sørøst.

4.2.33 Vegetasjon og avrenning

Det er blandingsskog i fjellsiden ovenfor delområdet (Figur 34). I nedre delen av fjellsiden er det jorder.

Det er flere mindre bekker i delområdet, men ingen av disse har store nedslagsfelt.

4.2.34 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene

Vi er ikke kjent med tidligere skredfarevurderinger i dette delområdet. Store deler av delområdet er dekket av aktsomhetssoner for snøskred, jord- og flomskred. Aktsomhetssoner for steinsprang strekker seg så vidt inn i delområdet.

4.2.35 Befaring

Området ble befart 3. mai 2017 av Hans Grue, Andrea Taurisano og Kalle Kronholm fra Skred AS. Sporloggen fra befaringen er vist i kart i Vedlegg 2C. Registrerte GPS punkt er vist i Tabell 22 og i Vedlegg 2C. På befaringdagene var det fint, klart vær med god sikt. Det ble anvendt drone.

Tabell 22: GPS punkt registrert under befaringen i område 2F Ulsåk-Markegard. For plassering, se kart i Vedlegg 2C.

WPT	Notat
030	Liten bekk. Gar gått ut over jorde.

4.2.36 Skredhistorikk

I Nasjonal skredatabase er det ikke registrert relevante skredhendelser i delområdet. Vi har ikke fått informasjon om hendelser i området.

4.2.36.1 Skredfarevurdering

4.2.36.1.1 Steinsprang og steinskred

Fjellsidene består generelt sett av forholdsvis oppsprukket berg med en del avløste blokker. Det er uravsetninger under de fleste større skrenter.

4.2.36.1.1.1 Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse

Til modellering av utløpslengder for steinsprang er modellen Rockyfor3d anvendt i den vestlige delen av delområdet. I den østlige delen av delområdet er terrengmodellen så grov at vi ikke utførte beregninger fordi vi mente resultatene ville gi lite informasjon om mulige utløpslengder.

Generelle inngangsparametre er beskrevet i avsnitt 3.6.127. Spesifikke parametre for området er vist i Tabell 23, og er justert mot observasjoner av tidligere utløp av blokker som vi anser som steinsprangblokker. Beregningene er utført med en terrengmodell med horisontal oppløsning på 5 m. Bakketype, som definerer restitusjonskoeffisienter, samt ruheter, er satt basert på observasjoner i terreng, på flyfoto og observasjoner fra drone. Kildeområdene ligger et stykke fra kartleggingsområdet, og vi har derfor ikke vurdert scenarioet for 100-års hendelsen, og har ikke utført beregninger for dette.

Tabell 23: Anvendt blokkvolum for modellering med Rockyfor3d i område 2F Ulsåk-Markegard.

Område	1000-års scenario	5000-års scenario
Hele fjellsiden nordøst for delområdet	1 m ³	5 m ³

Utvalgte resultater fra modelleringen er vist i Vedlegg 2D. Merk at beregningene ikke tar høyde for sannsynlighet for utfall per celle i modellen. Disse vurderingene er gjort manuelt. Nedenfor store deler av fjellsiden er steinsprang eneste skredtypen, og den er dermed dimensjonerende.

4.2.36.1.2 Snøskred

Det er ikke kjente snøskredhendelser i delområdet. På grunn av følgende forhold mener vi at det ikke er reelle utløsningsområder for snøskred som kan nå inn i delområdet:

- Terreng: Bare mindre parti av terrenget ovenfor delområdet er bratt nok til at snøskred kan utløses, og flere av disse består av nær-vertikale skrenter som er for bratte til å samle større snømengder.
- Skog: Det er skog i store dele av fjellsiden. Dette vil redusere sannsynlighet for utløsning. Hogst av skog vil ikke endre farebildet i delområdet i betydelig grad.

Samlet mener vi at årlig sannsynlighet for snøskred i delområdet er $<1/5000$.

4.2.36.1.3 Sørpeskred

Typiske utløsningsområder for sørpeskred er beskrevet i avsnitt 1.4.4. Det renner flere små bekker inn i delområdet, men ingen av disse har potensial for utløsning av sørpeskred i nedslagsfeltet.

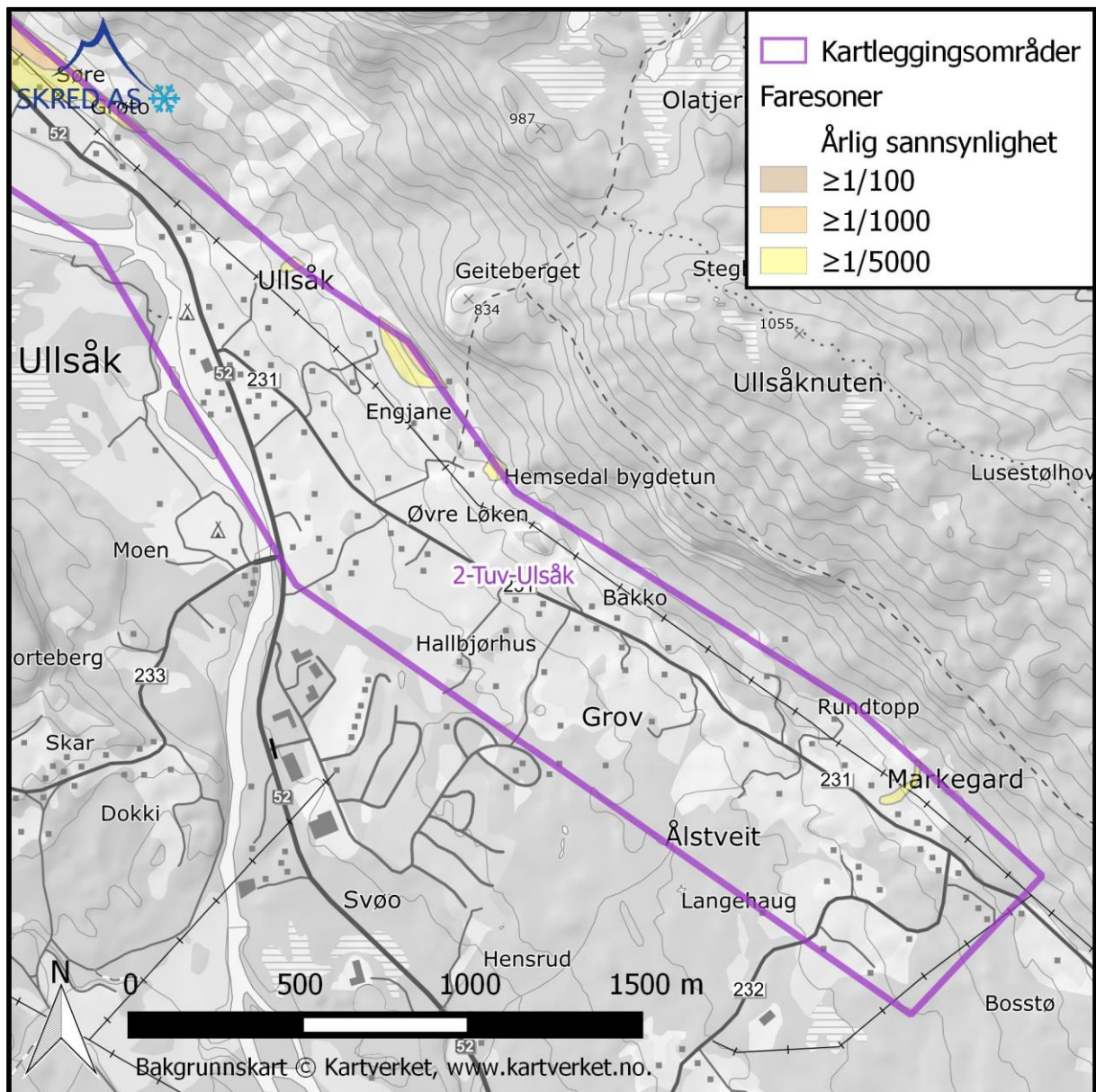
4.2.36.1.4 Jord- og flomskred

Det er flere bratte løsmasseskråninger i delområdet, hvorav Leirhaugen er den største. Stabiliteten til disse skrånningen avhenger av mange forhold, blant annet fordeling av kornstørrelse, helning og forhold rundt vanninnhold i løsmassedekket. Generelt mener vi løsmasseskråningene i området står forholdsvis stabilt, men Leirhaugen har en høydeforskjell og terrenghelning som tilsier at den kan bli ustabil ved terrenginngrep. Her anbefaler vi derfor at eventuelle terrenginngrep må vurderes i forhold til stabilitet.

Bekken som renner inn i delområdet ved Markegard, samt bekken ovenfor Søre Ulsåker har betydelige areal på nedslagsfeltene, og renner gjennom forholdsvis bratt terreng før de renner ut på de slake jorder. Vi mener at disse to bekkene har en årlig sannsynlighet for flomskred som er $\geq 1/5000$. Det er ikke utført beregninger av skredutbredelse, for vi er såpass usikre på potensialet for utløsning av flomskred. I stedet er det tegnet inn faresoner her basert på skjønn, tolkning av terrenget, samt en antakelse om at skredmasser vil stoppe ganske raskt etter utløp på de slakere jorder.

4.2.36.2 Faresoner for skred

Faresoner for skred er vist i Figur 35 og Vedlegg 2E. Dimensjonerende skredtype varierer langs dalsiden, men er steinsprang nedenfor skrentene og flomskred ved de to største bekkene.



Figur 35: Faresoner for skred for delområde 2F Ullsåk-Markegard.

4.2.36.3 Forutsetninger for faresonene

Skogen i fjellsiden er vist som vernskog i NIBIO (2017). Skog i utløsningsområdene for snøskred og løsmasseskred reduserer sannsynligheten for utløsning av disse skredtypene. Til tross for dette, mener vi at det her vil gjøre en ubetydelig forskjell på faresonene om skogen hogges.

4.2.36.4 Bebyggelse i faresonene

Det er ingen bygninger i faresonene.

4.2.36.5 Mulighet for å redusere faresonene

Der dimensjonerende skredtype er steinsprang, kan faresonene reduseres med fangvoller eller steinspranggjerdar. Lokalt kan rensk være en mulighet, men kvaliteten på berget er generelt dårlig, og rensk vil derfor trolig ikke være en god sikringsløsning.

Ved utløpet av bekkene, og der flomskred er dimensjonerende, kan man etablere ledevoller for å styre bevegelsen av skredmasser.

Dersom det er aktuelt å etablere sikringstiltak, bør det utføres en mer detaljert vurdering av mulighetene, i forhold til ønsket virkning av tiltakene.

4.3 Område 3 – Gol

Det kartlagte området (Figur 36) inkluderer Gol sentrum.



Figur 36: Kart over område 3 – Gol i Gol kommune.

4.3.1 Topografi og grunnforhold

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Terrengmodellen dekker hele kartleggingsområdet og fjellsiden ovenfor. Kart med terrenghelning er vist i Vedlegg 3B.

Kartleggingsområdet ligger i en sørvestvendt dalside ved samløpet av dalførene Hemsedal og Hallingdal. Kartleggingsområdet strekker seg fra Hallingdalselve rundt kote 200, til kote 330. Dalsiden strekker seg videre oppover mot toppen Lisbetnøbbi rundt kote 600, og gardene Bjørkedokki og Stølsdokki rundt kote 592. Videre mot nord faller terrenget ned mot Snodalen, der Sollibekken renner østover mot Rusteåni.

Fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet er skålformet, med gardene Hjallen og Larshus omtrent i midten av skålformen. Terrenget i Gol sentrum og oppover midt i skålformen forbi Hjallen og til Larshus er forholdsvis slakt. Mot sidene og toppen av skålformen øker terrenghelningen, spesielt opp mot Lisbetnøbbi, der det er flere nær-vertikale skrenter. I store deler av fjellsiden er terrenghelningen 25-45° (Figur 37).

Den østlige delen av kartleggingsområdet, mot Velta, ligger øst for en markert rygg som faller nedover fra Lisbetnøbbi. De skredfaglige problemstillingene her er ikke knyttet til skålformen beskrevet ovenfor, men til mindre skrenter forholdsvis nær bebyggelsen (Figur 38). Disse skrentene er delvis naturlige og delvis skapt ved menneskelige inngrep.

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2017a) og består av migmatitt. NGU har kartlagt løsmassene i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017b) og i 1:10 000 (Rubensdotter og Sandøy, 2017). Det detaljerte kvartærgeologiske kartet er gjengitt i Vedlegg 3G. Som supplement til den kvartærgeologiske kartleggingen, er det utført detaljerte undersøkelser for å avdekke skredhistorikken i Gol sentrum (Eilertsen mfl., 2017).

Lisbetnøbbi er kartlagt som bart fjell med steinsprangavsetning under (Vedlegg 3G). Løsmassedekket i fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet består av morenemasser med varierende tykkelse. Morenedekket har grove blokker øverst, og i flere områder er blokkene svært store (Figur 39) og ligger tett som i en uravsetning. Det er flere raviner i fjellsiden. Ned mot boligene har ravinene trolig blitt fylt inn før boligene er etablert. Nederst i dalbunnen mot Hallingdalselve er det fluviale og glasifluviale avsetninger. Det er kartlagt sammenhengende jordskredavsetninger helt ned til de fluviale avsetningene (se avsnitt 4.3.5 nedenfor).



Figur 37: Typisk løsmassedekke i fjellsiden opp mot Lisbetnøbbi. Merk de mange grove blokker i toppen av morenemassene og de mindre forsenkninger.



Figur 38: Løsmasseskråning og blokk ovenfor bebyggelsen i Nøbbelie 29.



Figur 39: Flere svært store blokker ovenfor bebyggelse, WPT 043.

4.3.2 Vegetasjon og avrenning

I den vestlige delen av den skålformede fjellside er det noe dyrket mark og flere hogstfelter. I den østlige delen av fjellsiden er det skog, hovedsakelig furu. Flyfoto tilbake til 2006 viser at det har blitt utført hogst av skogen flere steder i fjellsiden.

Det er ingen store bekker i fjellsiden, og ingen tegn etter vann i ravinene. Avrenningen skjer trolig vanligvis gjennom løsmassedekket.

4.3.3 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene

Det er utført flere kartlegginger av skredfare eller relaterte vurderinger og undersøkelser i eller ved området (Tabell 23). Store deler av kartleggingsområdet er dekket av aktsomhetsområder for snøskred og jord- og flomskred.

Tabell 24: Tidligere kartlegginger av skredfare eller relaterte vurderinger og undersøkelser i eller ved område 3-Gol, Gol sentrum. For plassering, se registreringskart i Vedlegg 3C.

ID	Forfatter	Oppsummering
1	NGU: Rubensdotter og Sandøy (2017)	Kvartærgeologisk kartlegging. Se kartet i vedlegg 3C.

2	NGU: Eilertsen mfl. (2017)	Detaljert studie av jordskredhistorikk ved Breidokk i Gol sentrum.
3	Asplan Viak (2013)	Det er utført en skredfarekartlegging i forhold til krav i TEK10. Sikkerhetsklassene S1, S2 og S3 er vurdert. Den østlige delen av området vurdert i Asplan Viak rapporten grenser opp til det her kartlagte området. Det er en faresone $\geq 1/5000$ (S3) inn mot vårt kartleggingsområde, men denne er ikke tegnet i kart.
4	NGI (2012)	Det er utført en kartlegging av faresoner for flom og skred i henhold til kravene i TEK10 (sikkerhetsklasse S2 og S3) for Vikojordet, som grenser opp til kartleggingsområdet mot sør. Det er vurdert at årlig sannsynlighet for skred fra fjellsiden nedenfor Lisbetnøbbi, videre gjennom Gol sentrum og forbi Breidokk, er $< 1/5000$.

4.3.4 Befaring

Området ble befart 4. og 5. mai 2017 av Hans Grue, Andrea Taurisano, Kari Torgersen og Kalle Kronholm fra Skred AS, og 1. september 2017 av Sondre Lunde og Kalle Kronholm. Sporloggen fra befaringen er vist i Vedlegg 1C. Registrerte GPS punkt er vist i Tabell 25 og Vedlegg 3C. På befaringdagene var det fint, klart vær med god sikt.

Tabell 25: GPS punkt registrert under befaringen i område 3 – Gol, Gol sentrum. For plassering, se kart i Vedlegg 3C.

WPT	Notat
033	Ravine, liten. Rotvelt.
034	Steinsprangblokker. 1 fersk ved veien.
035	Øvre kant av løsmasseskred.
036	2 store blokker i ravine. 5x5x5 m ³ . Ravine er 6 m dyp.
037	Stikkrenne.
038	Søkk/ravine nedenfor.
039	Store blokker ca 20 m ³ fra skrent ovenfor. Tørr skredavsetning. Blokksymbolet på NGU kartet mangler.
040	Ytterkant skredavsetning.
041	Iskontaktflate, grove blokker. Grove blokker langs vei.
042	Store blokker stablet, utsatt for videre rulling nedover. 3 blokker, 2x1x3 m ³ kobles sammen. Lav ruhet nedenfor.
043	Store blokker rett over hus, på toppen rotvelt generelt. 5000-års hendelse.
044	Ravine, mer finmasse enn ved 042 og 043, der det var grovt (på grunn av bekk i ravinene?)
152	Glatt sva, lite oppsprukket. Bak garasje: 100+1000+5000 nesten oppå hverandre. 100 (og 1000?) bare enkelte steder, der det er oppsprukket.
153	Utløp søkk. Ustabile moreneblokker på hjørnet av bygning. 100 på hus!
154	Stor blokk, 2x1,5x1,5 m ³ , oval, rett over hus. Står i morenemasser. Problem: remobilisering av blokker i morenedekket.
155	Blokker fra skrent ovenfor vil ikke gå langt pga store blokker/ruhet.
156	Grov ur? Grov morene? 1 m ³ typisk, opptil 10 m ³ ?
157	Morene, bratt, med stor mulighet for remobilisering.
158	5000Y: 2x3x3 m ³ , men ellers få sprekker i skrenten. 100Y ikke aktuelt, men 1000Y. 1000Y blokker stopper på avsats ovenfor bebyggelse.

4.3.5 Skredhistorikk

I Nasjonal skredatabase er det ikke registrert skred i kartleggingsområdet.

De stratigrafiske undersøkelser utført av NGU (Eilertsen mfl., 2017), viser at det ved Breidokk (i nedre del av kartleggingsområdet) har gått minst 9 jordskred siden deglasiasjonen for rundt 10.000 år siden. Dateringer indikerer at de yngste skredene har gått for mindre enn 1000 år siden, muligens for mindre enn 200 år siden. De anvendte metodene underestimerer mest sannsynlig antall jordskred. Basert på stratigrafiske tolkninger og dateringer, har det ved Breidokk vært en gjennomsnittlig årlig sannsynlighet for skred på rundt 1/1000. Dette tallet representerer de forholdene som har vært.

4.3.6 Skredfarevurdering

4.3.6.1 Steinsprang og steinskred

Det er flere lokale kildeområder for steinsprang på begge sider av ryggen som går ned fra Lisbetnøbbi, men det er generelt få sprekker og avløste blokker, og sannsynligheten for utfall er lav.

I de bratte løsmasseskråninger, for eksempel kantene av ravinene, og de østlige deler av fjellsiden, er det diffuse kildeområder. Her kan for eksempel rotvelt føre til at blokker settes i bevegelse. Sannsynligheten for dette er lav, og det er lite sannsynlig at blokkene triller langt. Men prosessen kan ikke utelukkes. Det

er en grunn til at det nedenfor de brattere deler av den østlige fjellsiden, er tegnet inn en faresone for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/5000$.

Ett område som er spesielt utsatt for remobilisering, er området nedenfor den største ravinen. Her ligger det to svært store blokker i bunnen av ravinen, om lag 60 høydemeter ovenfor bebyggelsen (Vedlegg 3A), ved WPT 036 (Vedlegg 3C). Et annet område er Gnr/Bnr 10/120, der det i skrånningen ovenfor ligger flere store blokker ved WPT 043 (Vedlegg 3C).

Det er utført beregninger av utløpslengder for steinsprang ved hjelp av modellen Rockyfor3d. På grunn av de diffuse kildeområdene, er det store usikkerheter i modellresultatene, og vi har derfor ikke lagt stor vekt på modellberegningene. Den nøyaktige avgrensningen av faresonene $1/5000$ er gjort basert på skjønn, der blant annet effekten av hus på utløpslengde er vurdert. Dette også fordi steinsprang bare få steder er dimensjonerende skredtype.

Ved skrenten i Nøbbelie har vi også kjørt beregninger med Rockyfor3d, men også her har vi lagt mer vekt på tolkning av terrenget ved tegning av faresonene. Dette fordi løse blokker fra skrenten ovenfor bebyggelsen faller ned på en horisontal flate nesten uten å oppnå rotasjon i fallet.

4.3.6.2 Snøskred

Deler av terrenget i fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet er brattere enn 30° , og dermed potensielt utløsningsområder for snøskred. Følgende forhold vil allikevel gi lav sannsynlighet for snøskred:

- Det er skog i de fleste deler av fjellsiden med terreng $30-45^\circ$.
- Området ligger forholdsvis lavt, og er vendt mot sørvest, og vil ikke ofte få store snømengder og lagdelt vintersnø.
- Fra de mest sannsynlige utløsningsområdene øverst i fjellsiden, for eksempel under Lisbetnøbbi, må eventuelle skred bevege seg gjennom voksen skog.

Disse forholdene betyr ikke at vi kan utelukke snøskred, men vi vurderer sannsynligheten for snøskred inn i området som svært lav under dagens forhold. Andre skredtyper er trolig dimensjonerende for faresonene, og vi har derfor ikke utført beregninger av skredutbredelse for snøskred for fjellsiden.

4.3.6.3 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent fra kartleggingsområdet, og vi mener ikke det er aktuelle utløsningsområder for sørpeskred i fjellsiden ovenfor området. Typiske utløsningsområder er beskrevet i avsnitt 1.4.4.

4.3.6.4 Jord- og flomskred

Raviner, skredkanter og de stratigrafiske undersøkelsene underbygger tolkningen av fjellsiden som et område med hyppige løsmasseskred under historiske forhold. I dag er det skog i størsteparten av fjellsiden. Vi antar at de fleste tidligere skredhendelsene har forekommet i perioder uten skog i fjellsiden. Under dagens forhold vil man derfor forvente lavere hyppighet av skred ved Breidokk enn estimert fra stratigrafiske tolkninger og dateringer. Dette på grunn av 1) skog stabiliserer løsmassene, og 2) med skog reduseres mengden av nedbør som treffer bakken og hastigheten av overflatevannet i terrenget. Det siste betyr mindre avrenning i situasjoner med snøsmelting, generelt mindre vann i bakken, og mindre sannsynlig at nedbør fører til overflateerosjon.

Terrenget under tidligere skredhendelser har trolig vært betydelig annerledes enn i dag. Det er ikke usannsynlig at ravinen i fjellsiden tidligere har gått ned til Tunvegen rundt kote 230, omtrent 150 m fra Breidokk. Kanalisering av flomskredmasser kan gi lange utløp. For å nå frem til Breidokk i dag, må

skredmasser gjennom 6-8 rekker med bolighus og leilighetsbygg, og krysse flere veier. Dette antar vi gir betydelig kortere utløp i dag enn for 1000 år siden.

Samlet sett forventer vi at sannsynligheten for utløsning av løsmasseskred er betydelig lavere enn gjennomsnittet av de siste 10 000 årene, og at rekkevidde av eventuelle skred er kortere enn før. Under dagens forhold mener vi ikke det er faresoner for løsmasseskred $\geq 1/100$ inn i kartleggingsområdet.

4.3.6.4.1 Utløsningsområder og modellering av mulig skredutbredelse

Det er utført modellering med RAMMS::DEBRIS FLOW (Christen mfl., 2012). Utløsningsområdene for fremtidige løsmasseskred er vanskelig å forutsi, men vi mener at områdene der det er spor etter tidligere utglidninger er de mest utsatte.

Utløsningsområder for løsmasseskred er plassert i områder der skyggekart og NGU sitt kvartærgeologiske kart viser at det tidligere har gått skred. Det er anvendt ulike bruddhøyder i beregningene. Effekten av bygninger er ikke inkludert i beregningene. Et eksempel på resultatene er vist i vedlegg 3D.

Beregningene viser at skredmasser, til tross for dagens bygninger og annen infrastruktur, kan nå langt ned i Gol sentrum. Vi har ikke anvendt ett enkelt scenario til å definere faresonene, men har brukt ulike beregninger sammen med informasjonen presentert ovenfor, til å tegne faresonene.

4.3.7 Faresoner for skred

Faresoner for skred er vist i Figur 40 og i Vedlegg 3E. Dimensjonerende skredtyper er flomskred nedenfor ravinene og steinsprang ellers.

4.3.7.1 Forutsetninger for faresonene

Skogen virker i noen grad bremsende på snøskred, spesielt når skredbevegelsen er relativt sakte. I tillegg vil skog i utløsningsområdene for snøskred og løsmasseskred redusere sannsynligheten for utløsning av disse skredtypene. Dersom skogen i fjellsiden hogges, vil det føre til en økning i størrelsen av faresonene. Vi har derfor anbefalt at hogst i fjellsiden underlegges kontroll, for eksempel som anbefalt i NGI (2013), som vist i Vedlegg 3F.

4.3.7.2 Bebyggelse i faresonene

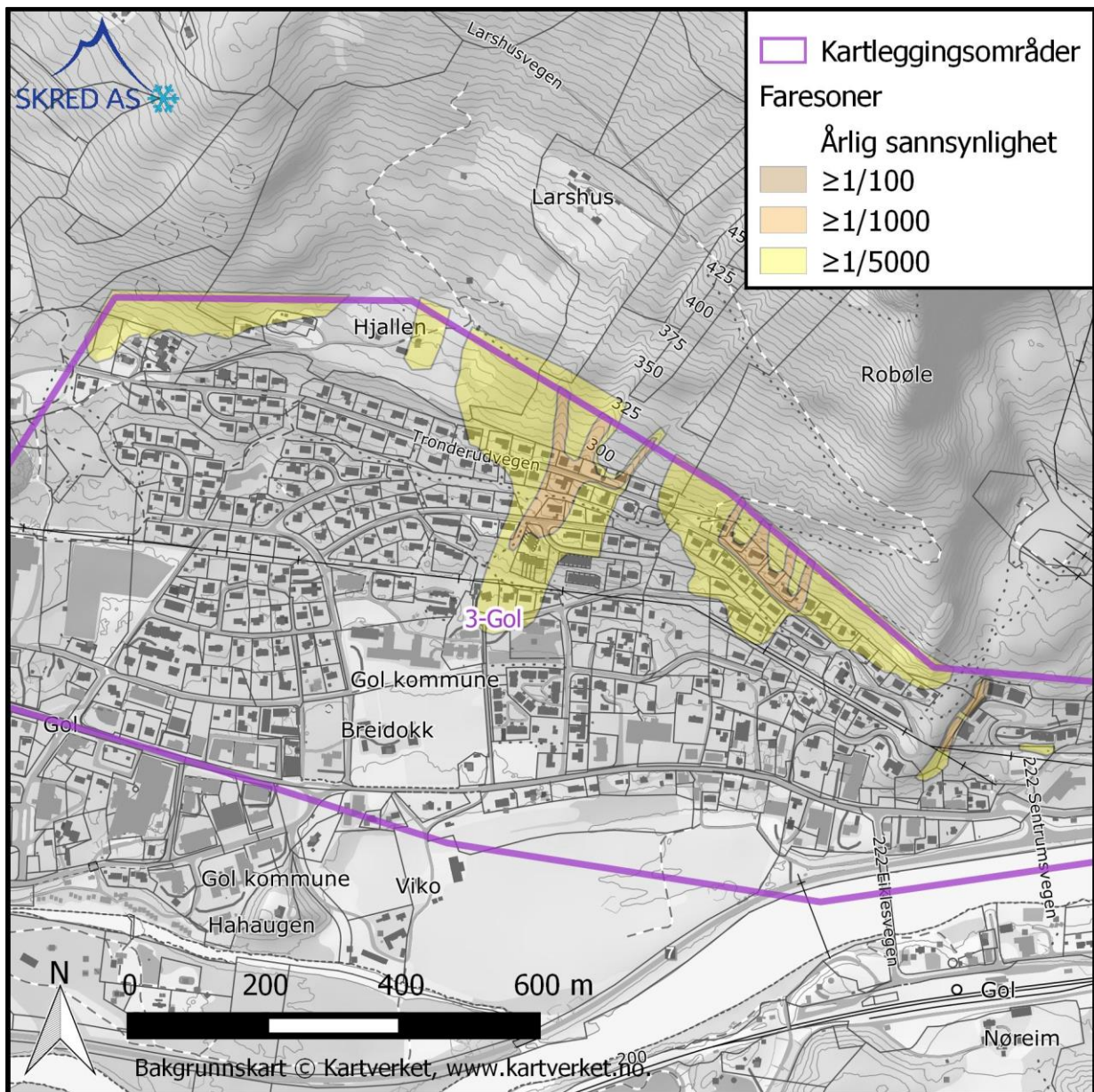
De vestlige leilighetene i Nøbbelie 29 ligger i en faresone $\geq 1/100$. Vi anbefaler at dette området sikres snarest. I Tronderudvegen, Robølevegen, Briskevegen og Tunvegen ligger flere boliger og leilighetsbygg i faresonene $1/1000$ og $1/5000$. I dette området anbefaler vi at man ser videre på muligheter for sikring, siden dette vil kreve en del utredninger.

4.3.7.3 Mulighet for å redusere faresonene

I Nøbbelie er det en enkelt steinblokk som skal sikres. Dette kan gjøres på ulike måter, muligens ved å redusere muligheten for erosjon av løsmassene under blokken (dekke løsmassedekket med betong), ved å bolte blokken fast, eller ved å fjerne blokken.

Flomskredmasser lar seg vanskelig stoppe, men bør ledes ned gjennom bebyggelsen på best mulig måte. Dette kan gjøres ved å re-etablere de ravinene som trolig tidligere var der, og eventuelt etablere sedimentasjonsbassenger med tilstrekkelig volum til å stoppe de faste massene, mens vannet renner videre i en mindre kanal. Denne typen sikring vil trolig kreve kondemnering av hus for å få tilstrekkelig plass.

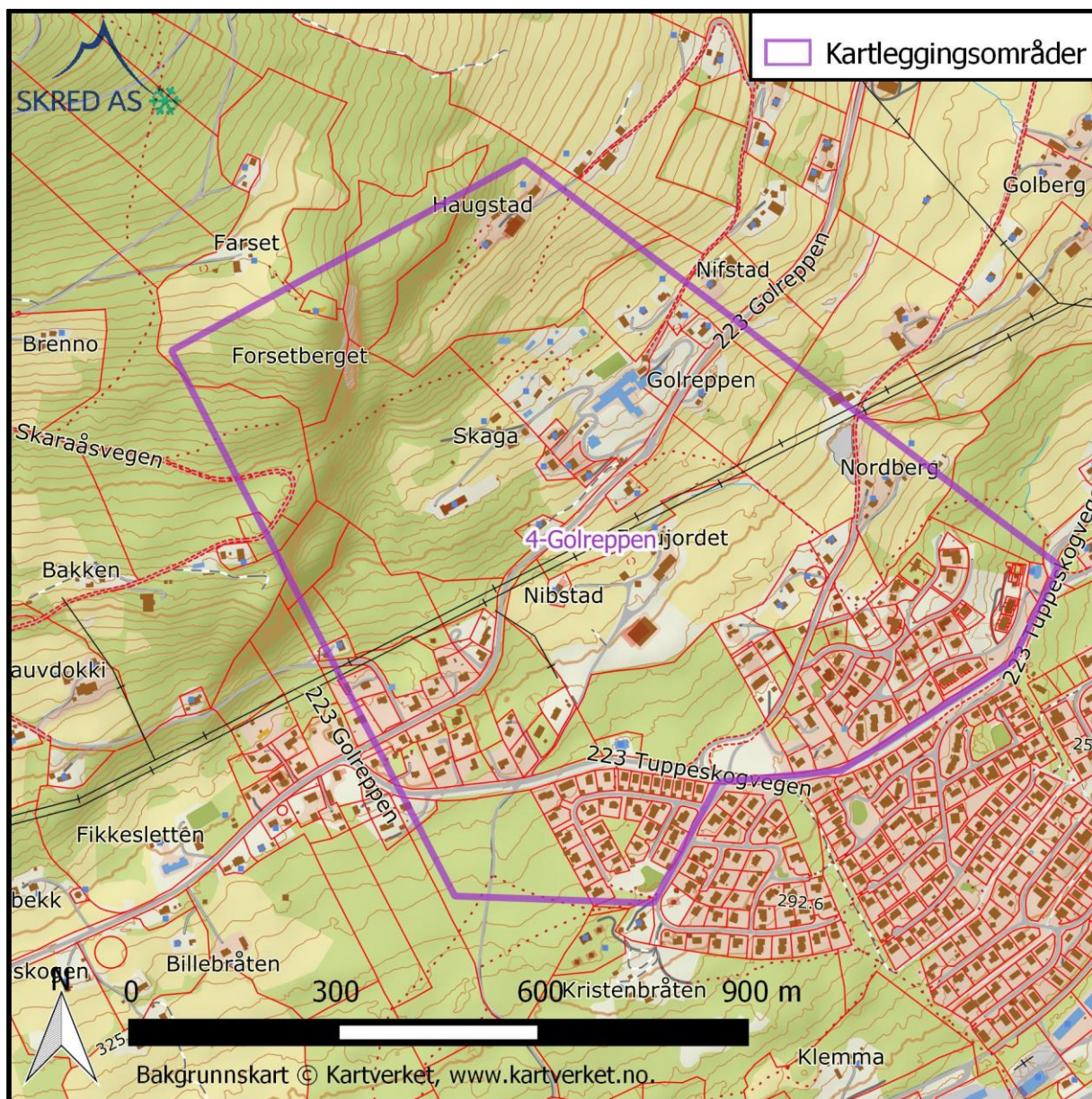
Dersom det er aktuelt å etablere sikringstiltak, bør det utføres mer detaljerte vurderinger av mulighetene, i forhold til ønsket virkning av tiltakene.



Figur 40: Faresoner for skred for kartleggingsområdet i Gol sentrum.

4.4 Område 4 – Golreppen (Gol)

Det kartlagte området ligger vest for Gol sentrum (Figur 41).



Figur 41: Kart over område 4 – Golreppen i Gol kommune.

4.4.1 Topografi og grunnforhold

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Terrengmodellen dekker hele kartleggingsområdet og fjellsiden ovenfor. Kart med terrenghelning er vist i Vedlegg 4B.

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2017a) og består av migmatitt. NGU har kartlagt løsmassene i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017b) og i 1:10 000 (Rubensdotter og Sandøy, 2017). Det kvartærgeologiske kartet i 1:10.000 er gjengitt i Vedlegg 4G. Løsmassedekket i kartleggingsområdet består av morenemasser med unntak av skrenten nordvest i området, Forsetberget, der det er bart fjell.

Det kvartærgeologiske kartet viser enkelte smeltevannsløp, og større blokker i overflaten i den nedre delen av kartleggingsområdet (Vedlegg 4G). Nedenfor Forsetberget er det registrert blokker karakterisert

som steinsprangblokker. Det er registrert flere store blokker ved bygningene på Skaga. Vi mener blokkene ved Skaga er flyttblokker, og NGU har kartlagt disse som «Stor blokk», uten å knytte en prosess til avsetningen av blokkene. Det er ikke registrert andre terrengformer relatert til skred, enn steinsprangblokker.

Størsteparten av fjellsiden er slakere enn 25°. Skrentene ved Forsetberget er nær vertikale, og løper gjennom kartleggingsområdet omtrent i retning nord-sør. Vertikal høydeforskjell på skrentene er 10-30 meter.



Figur 42: Skrenten ved Forsetberget. Ved WPT 004.

4.4.2 Vegetasjon og avrenning

Den øvre delen av kartleggingsområdet er dekket av skog, hovedsakelig gran, mens det er dyrket mark og bebyggelse i nedre del av kartleggingsområdet.

Det er flere mindre bekker i kartleggingsområdet, men ingen hadde vannføring av betydning under befaringen.

4.4.3 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene

NGI har tidligere utført en vurdering av stabilitet og skredfare for et mindre område øst i det her kartlagte området (NGI, 2010; ID 1 i Vedlegg 4C). Konklusjonen var blant annet at området tilfredsstiller krav til

sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S2 og S3, og at man ved terrenngrep måtte håndtere overflateavrenning på tilstrekkelig vis.

Vest for kartleggingsområdet er det av NGI tegnet faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ (NGI, 2009; ID 2 i Vedlegg 4C). Området som er vurdert av NGI grenser stort sett opp til vårt kartleggingsområde. Den av NGI tegnede faresonen går inn mot vårt kartleggingsområde. Siden NGI sine faresoner ble utarbeidet, har det kommet blant annet vesentlig bedre kartgrunnlag.

Det er aktsomhetssoner for steinsprang nedenfor Forsetberget, og en aktsomhetszone for snøskred som strekker seg langt nedover i kartleggingsområdet fra Forsetberget.

4.4.4 Befaring

Området ble befart 2. mai 2017 av Hans Grue, Andrea Taurisano og Kalle Kronholm fra Skred AS. Sporloggen fra befaringen er vist i Vedlegg 4C. Registrerte GPS punkt er vist i Tabell 26 og i Vedlegg 4C. På befaringdagen var det fint, klart vær med god sikt.

Tabell 26: GPS punkt registrert under befaringen i område 4 – Gol, Golreppen. For plassering, se kart i Vedlegg 4C.

WPT	Notat
001	Blokk 2x2x1,5m. Morene? Ikke fersk.
002	Store, mange, gamle blokker i ur. Sammenhengende steinsprangur. Mer enn på NGU kart?
003	Søkk med ur i.
004	Kompakt fjell, villsprekker, få tydelige sprekkesett.
005	Liten sprekk. Øst for denne er det mye løst. Mange store, 5x5x5 m ³ . 100Y hendelse <1 m ³ akkurat ved punkt. 1000Y blokker 1-5 m ³ . 5000Y blokker 10x10x10 m ³ (før deling).
006	Storskala avløsning i kile. Ikke 100Y utfall.
007	Kile på 2x10x10 m ³ .
008	Avløst blokk <1 m ³ , 100Y.
009	Gammel vei med bekk.
010	Liten, lokal skrent, nesten vertikal. Neppe kilde for store blokker ved Skaga.
011	Blokk, steinsprang, 4x1x1 m ³ .
012	Gammel steinsprangur. Går ut på liten flate.
013	Som 012.
014	Kompakt fjell over. Nesten ikke kildeområde.
015	Blokk, 10x20x20 m ³
016	Renne med usikker dannelses måte, ca. 1m dybde. Renne til trær?
017	2 store blokker, 5x5x5, 5000-års hendelse. Fra skrent rett ovenfor. Flere som har fortsatt nedover?
018	Avløst flak med rotasjonssprekk i bunn, bilde i Vedlegg 4A. Fersk blokk (ca. 5 år?), diskformet, 3 x 1,5 x 0,5 m ³ . Avløst i forbindelse med klatre-aktivitet?

4.4.5 Skredhistorikk

I Nasjonal skredatabase er det ikke registrert skred i kartleggingsområdet, og lokale vi var i kontakt med under befaringen kjente ikke til skredhendelser. En relativt fersk steinsprangblokk (WPT 018, Tabell 26) ble observert i klatrefeltet i skrenten.

4.4.6 Skredfarevurdering

4.4.6.1 Steinsprang og steinskred

Generelt er skrentene forholdsvis kompakte, lite oppsprukket og med få avløste blokker. Unntaket er mellom WPT 005 og 006, der berget er svært oppsprukket. Det er trolig fra denne svakhetssonen den store uravsetningen rundt WPT 002 og 003 stammer.

4.4.6.1.1 Sannsynlighet for utfall og modellering av mulig utbredelse

I området ved WPT 005 er årlig sannsynlighet for blokkutfall så stor, at det er en faresone for skred årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ nedenfor. Det samme gjelder ved WPT 007, men der er det en enkelt, avløst blokk, som er grunnen til faresonen.

Til modellering av utløpslengder for steinsprang er modellen Rockyfor3d anvendt. Generelle inngangsparametre er beskrevet i avsnitt 3.6.127. Spesifikke parametre for området er vist i Tabell 27. Beregningene er utført med en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m. Bakketype, som definerer restitusjonskoeffisienter, samt ruheter, er satt basert på observasjoner i terreng og på flyfoto.

Tabell 27: Anvendt blokkvolum for modellering med Rockyfor3d i område 4 – Gol, Golreppen.

Område	100-års scenario	1000-års scenario	5000-års scenario
WPT 005	1 m ³	2 m ³	50 m ³
Fjellsiden ellers	-	1 m ³	5 m ³

Det er store variasjoner i utfallssannsynlighet langsetter skrentene. Dette vises ikke i beregningene, men er inkludert ved tolkning av resultatene ved tegning av faresonene.

4.4.6.2 Snøskred

Det er ikke kjente snøskredhendelser i kartleggingsområdet, og terrenget legger ikke til rette for snøskred: Bare skrenten nordvest i kartleggingsområdet er bratt nok over et større areal, til at snøskred kan utløses. Men skrenten er så bratt at det ikke vil bygges opp et snødekke som kan gi store snøskred. I stedet vil snø skli ut i små volum under store snøfall. Årlig sannsynlighet for snøskred i kartleggingsområdet er $< 1/5000$.

4.4.6.3 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent fra kartleggingsområdet, og vi mener ikke det er aktuelle utløsningsområder for sørpeskred i terrenget ovenfor eller i kartleggingsområdet. Typiske utløsningsområder er beskrevet i avsnitt 1.4.4.

4.4.6.4 Jord- og flomskred

Kartleggingsområdet er generelt så slakt at både grunne jordskred og flomskred vurderes som lite sannsynlig. De bratte parti rundt skrentene ved Forsetberget har intet eller tynt løsmassedecke, og det er ingen tydelige bekker. Basert på dette vurderes vi årlig sannsynlighet for utløsning av løsmasseskred som $< 1/5000$.

Mest sannsynlig prosess for utløsning av løsmasseskred i kartleggingsområdet er overflatevann som er håndtert utilstrekkelig i forbindelse med terrenginngrep.

4.4.7 Faresoner for skred

Faresoner for skred er vist i Figur 41 og i Vedlegg 4E. Dimensjonerende (og eneste aktuelle) skredtype er steinsprang.

Vi har ikke hatt tilgang til de nøyaktige, digitale faresonene utarbeidet av NGI for området vest for vårt kartleggingsområde (NGI, 2009), men faresonene vi har utarbeidet nå, virker mindre enn de som tidligere er utarbeidet av NGI. Dette kan skyldes at vi har hatt tilgang på mer nøyaktig kotegrunnlag enn NGI i 2008/2009.

4.4.7.1 Forutsetninger for faresonene

Faresonene er utarbeidet basert på forholdene under befaringen, men har ingen ytterligere forutsetninger.

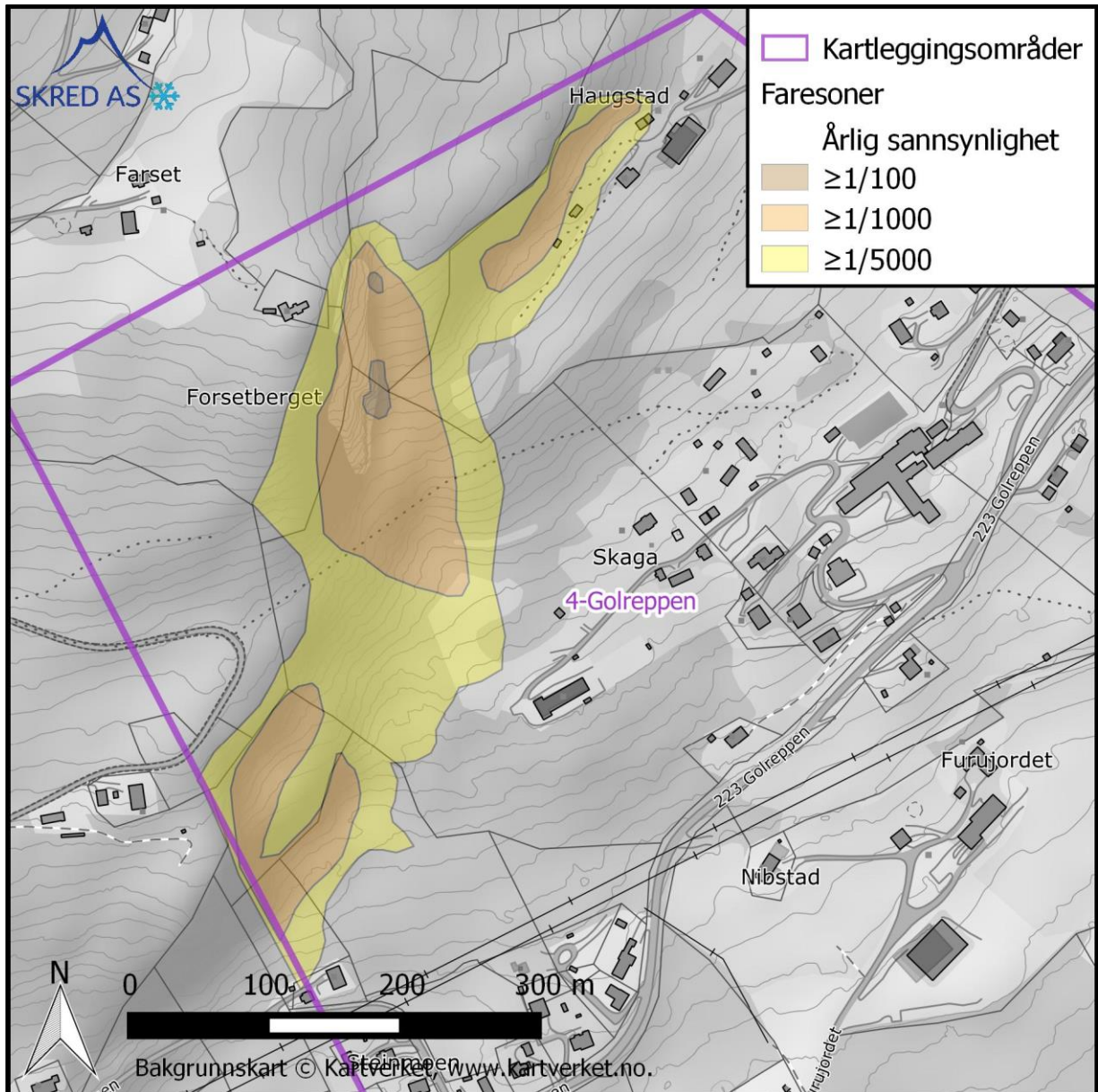
Terrenginngrep i løsmassedekket må utføres slik at man ikke øker skredfare nedstrøms. Dette inkluderer blant annet tilstrekkelig håndtering av overflateavrenning.

4.4.7.2 Bebyggelse i faresonene

Det er ingen bygninger i faresonene $\geq 1/100$ eller $\geq 1/1000$. Det er 2-3 uthus/garasjer/redskapshus i faresonene $\geq 1/5000$.

4.4.7.3 Mulighet for å redusere faresonene

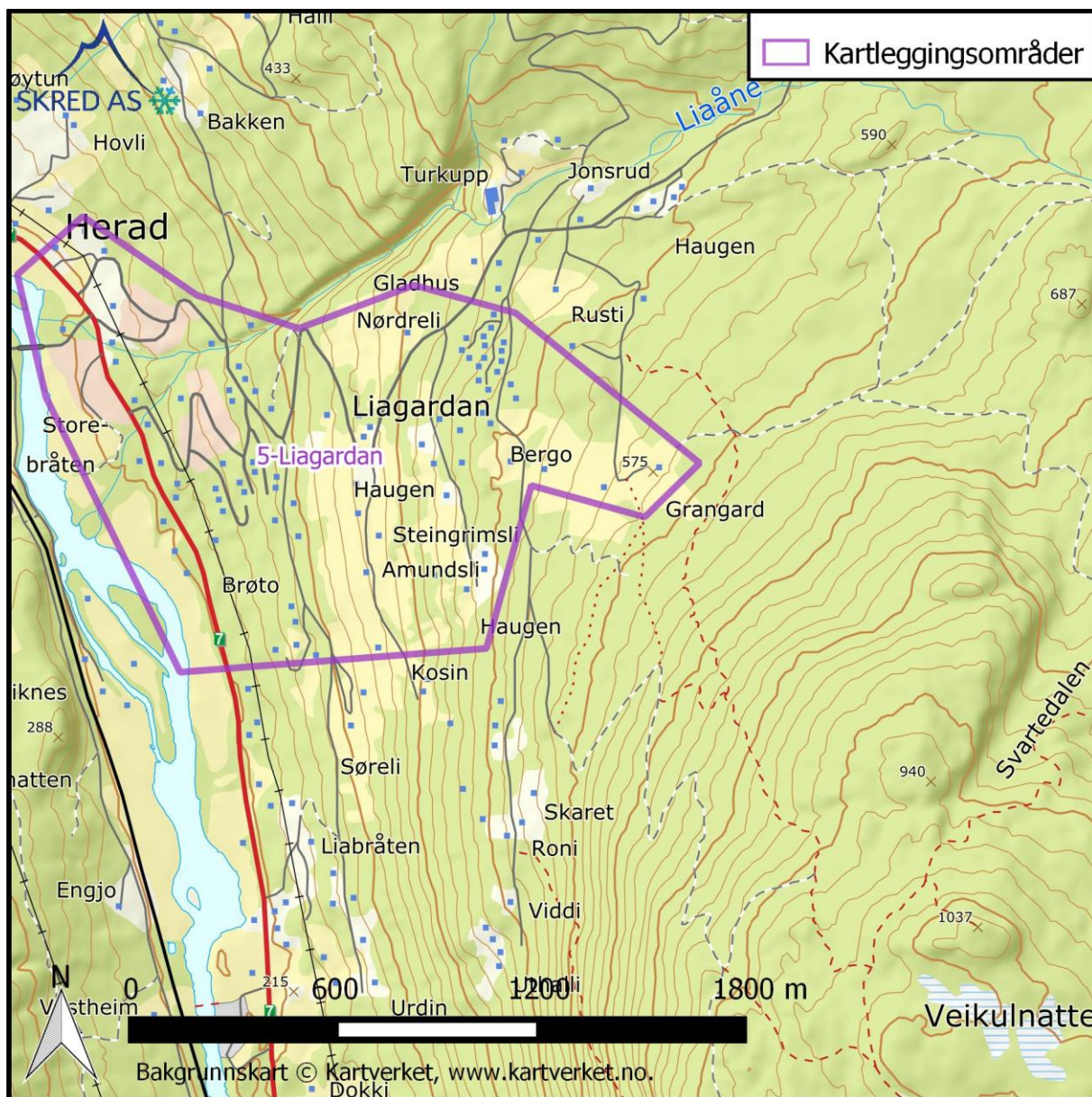
Dersom man skulle ønske å redusere faresonene, kan man etablere steinspranggjerdar eller fangvoller for å stoppe rullende steinsprangblokker. I deler av skrenten kan rensk og bolting være aktuelle tiltak.



Figur 43: Faresoner for skred i område 4 - Gol. Kartutsnittet viser ikke hele området, men det er ikke faresoner utenfor det viste kartutsnittet.

4.5 Område 5 – Liagardan (Gol)

Det kartlagte området (Figur 44) ligger i Hallingdal, 4 km vest for Gol sentrum.



Figur 44: Kart over område 5 – Liagardan i Gol kommune.

4.5.1 Topograf og grunnforhold

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Terrengmodellen dekker hele delområdet og fjellsiden ovenfor, opp mot Veikulnatten 1037 m o.h. Kart med terrenghelning er vist i Vedlegg 5B.

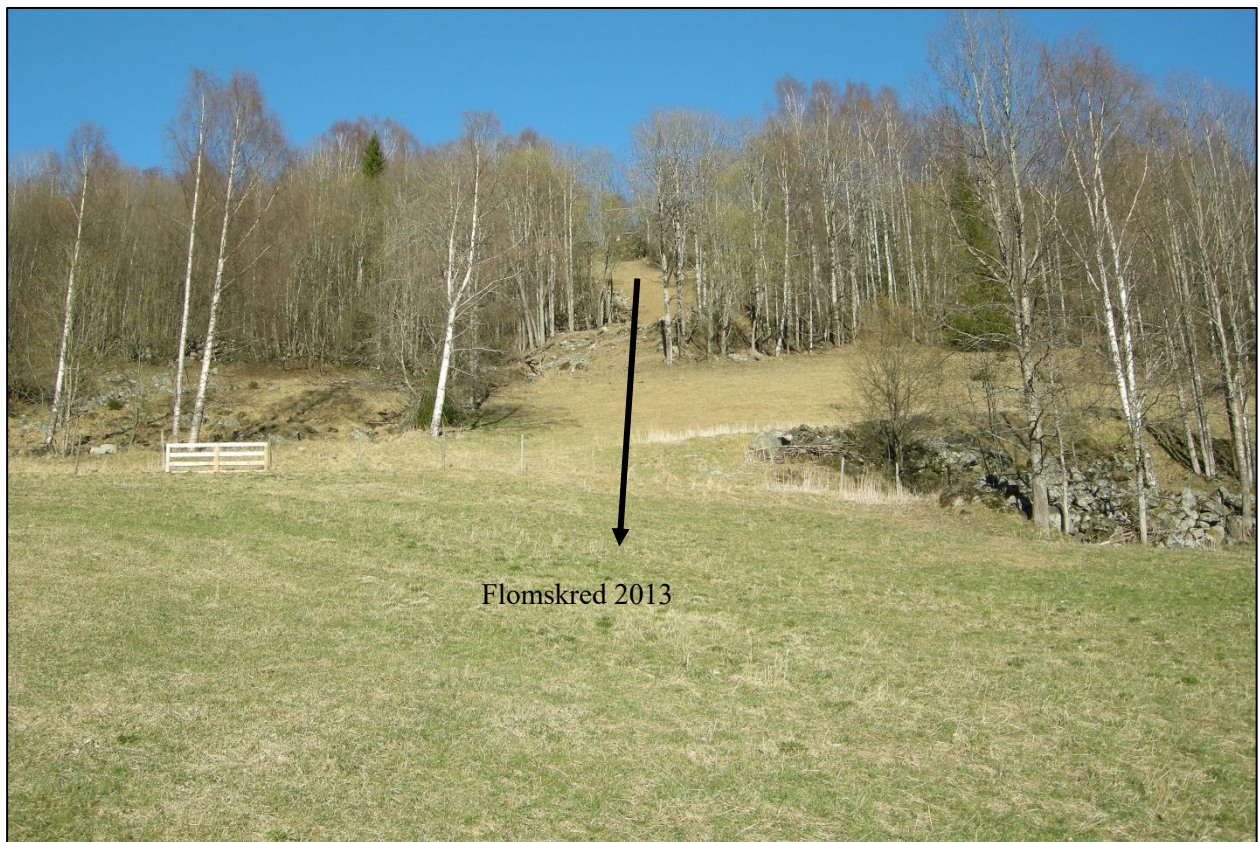
Kartleggingsområdet ligger i en sving i Hallingdal. Sør for området løpet dalføret omtrent nord-sør, og vest for området løper dalen øst-vest. Dalbunnen ligger rundt kote 190, mens den høyeste toppen ovenfor området ligger 940 m o.h. Øst for denne toppen er det et platå som fortsetter videre mot Valdres.

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2017a) og består av kvartsitt, gabbro, amfibolitt, mens toppen Veikulnatten består av fyllitt og skifer. NGU har kartlagt løsmassene i målestokk 1:250 000 (NGU, 2017b) og i 1:10 000 (Rubensdotter og Sandøy, 2017). Det kvartærgeologiske kartet i

1:10.000 er vist i Vedlegg 5G. I dalbunnen og ved utløpet av Liaåni er det fluviale avsetninger. Videre oppover i området er det kartlagt morenemasser, gradvis tynnere oppover. Veikulnatten og fortoppen uten navn, i kote 940, er kartlagt som bart fjell (NGU, 2017b).

Det kvartærgeologiske kartet viser flere smeltevannsløp, og tidligere elv- og bekkeløp (Vedlegg 5G). Det er også registrert flere store blokker i overflaten, men ingen av disse er klassifisert som steinsprang. Det er ikke registrert andre former knyttet til skredaktivitet.

Størsteparten av fjellsiden er slakere enn 25°. Parti som er brattere enn 30° finnes hovedsakelig sør i området, i mindre skrenter som løper langs dalsiden nord-sør i ulike høydenivå, og i fyllinger for veier og bebyggelse.



Figur 45: Typisk terreng i område 5 – Gol, Liagardan. Det var i dette området skredhendelsen i 2013 fant sted (Figur 46).

4.5.2 Vegetasjon og avrenning

Området er dekket med jorder og skog. Fjellsiden ovenfor området, opp mot Veikulnatten, er dekket med skog. Flyfoto tilbake til 2006 viser at det siden da har blitt tatt ut en del skog i fjellsiden.

Liaåni renner gjennom området. Nedslagsfeltet til denne elva er forholdsvis stort, og strekker seg opp til minst kote 900. Ved innløpet av Liaåni i kartleggingsområdet, renner elva sterkt nedskjært i morenemasser og delvis fjell. Nedstrøms brua der Liagardsvegen krysser Liaåni åpner elveløpet seg opp, og elva renner ut over vifta. Ut over Liaåni, er det flere mindre bekker i kartleggingsområdet og fjellsiden ovenfor.

4.5.3 Tidligere utredninger/kartlegginger i områdene

Vi er ikke kjent med tidligere skredfarevurderinger i kartleggingsområdet. Sør for kartleggingsområdet er det av NGI tegnet faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ (NGI, 2009; ID 1 i Vedlegg 5C). Området som er vurdert av NGI grenser stort sett opp til vårt kartleggingsområde. Den tegnede faresonen strekker seg ikke inn mot vårt kartleggingsområde.

Det er aktsomhetssoner for jord- og flomskred i store deler av kartleggingsområdet. Helt øst i området er det aktsomhetssone for snøskred.

4.5.4 Befaring

Området ble befart 2. mai 2017 av Hans Grue, Andrea Taurisano og Kalle Kronholm fra Skred AS. Sporloggen fra befaringen er vist i Vedlegg 5C. Registrerte GPS punkt er vist i Tabell 28 og Vedlegg 5C. På befaringsdagen var det fint, klart vær med god sikt.

Tabell 28: GPS punkt registrert under befaringen i område 5 – Gol, Liagardan. For plassering, se kart i Vedlegg 5C. Registreringer som ikke ble kartfestet under befaringen, men i etterkant, er ført inn med bokstaver.

WPT	Notat
019	Grunt til fjell.
A	Utglidning av veg, 30-40 m.
B	Liten bekk.

4.5.5 Skredhistorikk

I Nasjonal skredatabase er det registrert to skredhendelser i kartleggingsområdet. Den ene er et steinsprang på Rv 7, datert 2017-07-27 på brua over Liaåne. Dette må være en feilregistrering, enten av skredtype eller plassering.

Den andre hendelsen er et jordskred datert 2013-05-16, da det gikk flere andre jord- og flomskred i Hallingdal. Flomskredet er vist i Figur 46 og med ID 1 i registreringskartet i Vedlegg 5C. Ifølge lokale vi møtte på befaringen, var årsaken til hendelsen at en bekk hadde gått tett i skråningen nedenfor garden Haugen, kombinert med svært store, lokale nedbørmengder.



Figur 46: Flomskredhendelsen 2013-05-16 ved Amundsli i Liagardan. Bilde oversendt fra Gol kommune.

4.5.6 Skredfarevurdering

4.5.6.1 Steinsprang og steinskred

Det er ikke større blotninger av fjell i området, og ingen deler av terrenget er bratt nok til at remobilisering av blokker er sannsynlig. Eneste unntak er langs Liaåne, øst for brua på Liagardsvegen. Her vil eventuelle steinsprangblokker falle ned i elveløpet. Dette har ingen praktisk betydning for bebyggelse i området, og vi har derfor ikke vurdert steinsprang i detalj langs elveløpet.

4.5.6.2 Snøskred

Det er ikke kjente snøskredhendelser i kartleggingsområdet. De parti av terrenget som er bratte nok til at snøskred teoretisk kan utløses ligger hovedsakelig sør i kartleggingsområdet. Disse parti har begrenset vertikal og horisontal utstrekning, og hovedparten er dekket med skog. Samlet vurderer vi at årlig sannsynlighet for at snøskred skal utløses i, eller nå inn i kartleggingsområdet, er $<1/5000$.

4.5.6.3 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent fra kartleggingsområdet, og vi mener ikke det er aktuelle utløsningsområder for sørpeskred i terrenget ovenfor området. Typiske utløsningsområder er beskrevet i avsnitt 1.4.4.

4.5.6.4 Jord- og flomskred

Flomskredhendelsen i 2013 viser at det kan gå løsmasseskred i området. Sannsynligheten for flere hendelser er størst i de bratteste skråningene i den sørlige deler av området, men vi mener at sannsynligheten for flomskred primært er relatert til håndtering av overvann. Vann på avveie på grunn av tette og underdimensjonerte stikkrenner og grøfter, som under skredhendelsen i 2013, vil i kartleggingsområdet være den største årsaken til løsmasseskred.

Vi har ikke sett i detalj på alle inngrep relatert til håndtering av overvann, men enkelte av disse. Vi har heller ikke utført en detaljert analyse av nedslagsfelt og flomveier. Dette inngår i en flomvurdering, som ikke er en del av inneværende oppdrag.

Basert på en generell tolkning, observasjoner og historikk, mener vi årlig sannsynlighet for løsmasseskred i kartleggingsområdet er $<1/1000$, men at det er flere steder der årlig sannsynlighet er $\geq 1/5000$. Disse områdene ligger i de brattere partiene sør i kartleggingsområdet. Usikkerheten rundt utstrekningen av faresonene er stor. Vi har utført modellering med RAMMS::DEBRIS FLOW (Christen mfl., 2012), men faresonene er hovedsakelig tegnet basert på grove antakelser og skjønn.

4.5.7 Faresoner for skred

Faresoner for skred er vist i Figur 47 og vist i Vedlegg 5E. Det er ikke faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ og $\geq 1/1000$ inn i kartleggingsområdet.

På vifta ved utløpet av Liaåne er det problemstillinger knyttet til flom. Disse er ikke vurdert nærmere.

4.5.7.1 Forutsetninger for faresonene

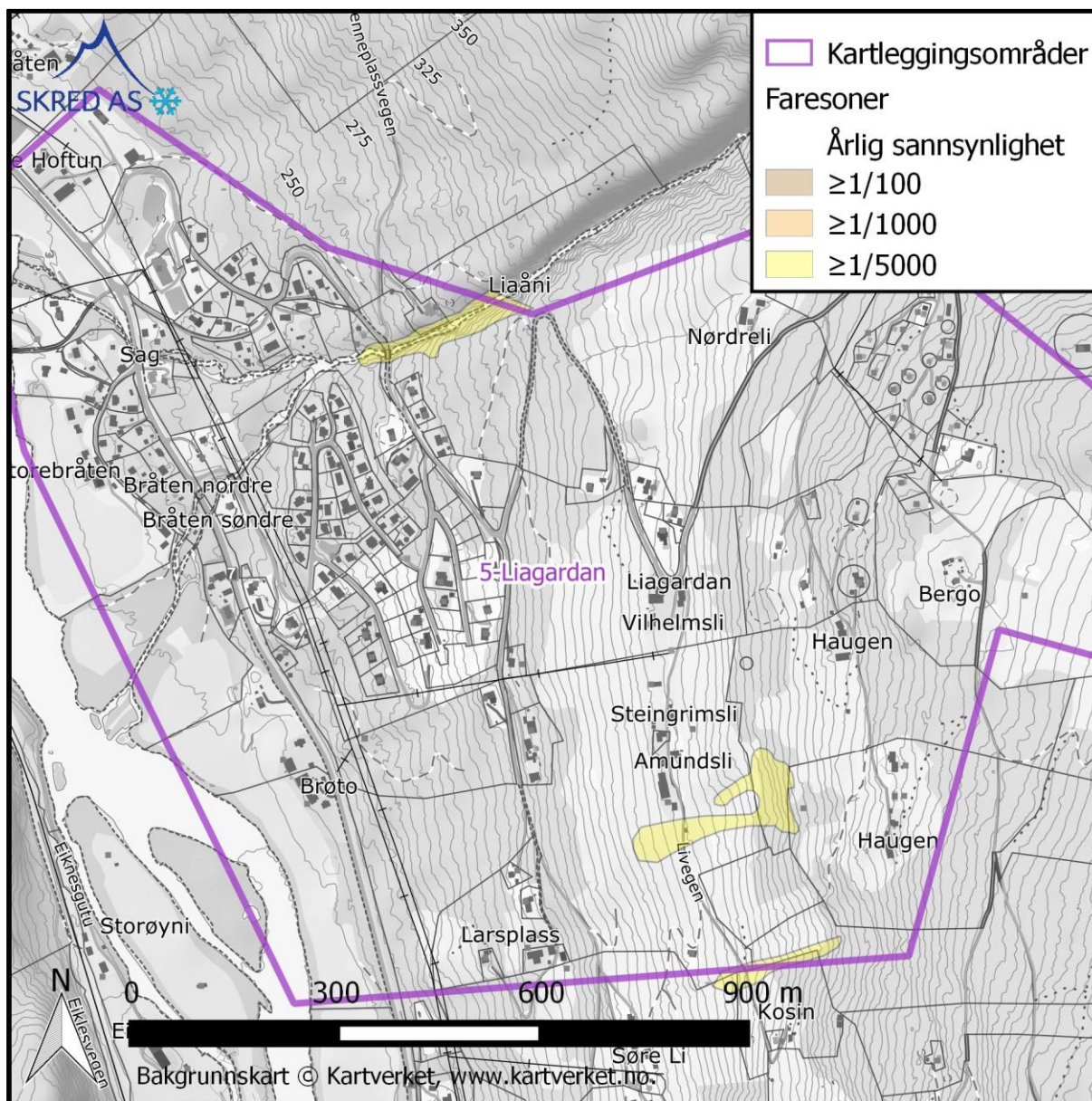
I kartleggingsområdet er det viktig å håndtere overvann på en kontrollert måte. Alle terrenginngrep som potensielt endrer overflateavrenning og skråningsstabilitet må utføres slik at de ikke øker skredfare nedstrøms.

4.5.7.2 Bebyggelse i faresonene

Det står et uthus/redskapshus i en faresone med årlig sannsynlighet $\geq 1/5000$.

4.5.7.3 Mulighet for å redusere faresonene

Dersom man skulle ønske å redusere de få faresoner i kartleggingsområdet, kan man forbedre kontroll med avrenningen i bekken nedenfor garden Haugen.



Figur 47: Faresoner for skred for kartleggingsområdet 5 – Liagardan (Gol). Det er ikke faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ og $\geq 1/1000$ inn i kartleggingsområdet. Det er ikke faresoner utenfor den delen av kartleggingsområdet som er vist.

5. Referanser

Asplan Viak, 2013: Gol, Hallingmo – Skredfarevurdering. Rapport datert 2013-04-19. 23 s.

Asplan Viak, 2014: Skredfarevurdering Trøim øst. Asplan Viak rapport datert 2014-12-19, 20 s.

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.

Christen, M., Bühler, Y., Bartelt, P., Leine, R., Glover, J., Schweizer, A., Graf, C., Mc Ardell, B.W., Gerber, W., Deubelbeiss, Y., Feistl, T., Volkwein, A., 2012: Integral hazard management using a unified

software environment. Numerical simulation tool "RAMMS" for gravitational natural hazards. Conference Proceedings of the 12th Congress Interpraevent 2012, Grenoble, France.

Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., Böhner, J., 2015: System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. Geosci. Model Dev. 8, 1991–2007. doi:10.5194/gmd-8-1991-2015.

DiBK, 2017: Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17). Hjemmeside.

<http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>

Dorren (2015): Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. ecorisQ paper. 32 s.

Eilertsen, Sletten, Sandøy, Hermanns, Romundset og Rubensdotter, 2017: Gol: Utvidelse av skredgeologisk kartleggingsarbeid. NGU rapport 2017.011, datert 2017-02-03.

Eliasson (2016): Hazard zone map in Hemsedal, Norway. BSc oppgave fra Universitetet i Göteborg, 73 s.

Hellman og Eliasson (2016): Snow avalanche deposit map in Hemsedal, Norway. BSc oppgave fra Universitetet i Göteborg, 49 s.

Jillerö (2016): Investigation and mapping of a deep seated gravitational slope deformation, in Hemsedal, Norway. BSc oppgave fra Universitetet i Göteborg, 43 s.

NGI, 2005: Golfstua, Grøndalen, Hemsedal. NGI Teknisk notat 20051100, datert 2005-03-31.

NGI, 2009: Farekartlegging, Gol kommune. Faresoner Herad-Engene og Rotnheim-Tuppeskogen. NGI rapport 20081307-1, 21 s. 2009-04-17.

NGI, 2011: Skredfarevurdering 65/9-2, Hemsedal. Faresoner for planlagt bebyggelse. NGI rapport 20110722-00-1-R, 21 s. 27. september 2011.

NGI, 2012: Hemsedal, Rydningen – Skred og isgang. Vurdering av fare for skred og isgang. NGI rapport 20120470-01-R, 21 s.

NGI, 2013: Skog og skred – Forslag til kriterier for vernskog mot skred.

NGU, 2017a: Nasjonal berggrunnsdatabase, http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/, sist sett 2017-11-13.

NGU, 2017b: nasjonal løsmassedatabase, http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/, sist sett 2017-11-13.

NIBIO, 2017: Vernskog, http://www.skogoglandskap.no/kart/Vernskog/map_view, siste sett 2017-11-13.

NVE, 2015: Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet.

NVE, 2017: Skredatlas, <http://skredatlas.nve.no>, sist sett 2017-11-14.

Rubensdotter, L. og Sandøy, G., 2017: Foreløpig kvartærgeologisk kart M 1:10 000, Gol.