



NVE



EKSTERN RAPPORT NR. 11 / 2024

Faresoneutredning skred i bratt terreng – Spangrud i Bagn, Sør-Aurdal kommune

SKREVET AV Skred AS

NVE Ekstern rapport nr. 11/2024

Faresoneutredning skred i bratt terreng – Spangrud i Bagn, Sør-Aurdal kommune

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Forfattere: Skred AS, v/Espen Eidsvåg og Kalle Kronholm
Forsidefoto: Skred under ekstremværet Hans. Foto: Jaran Wasrud/NVE

ISBN: 978-82-410-2374-3
ISSN: 2535-8235
Saksnummer: 202316349

Sammendrag: Denne rapporten inneholder nyutredning av skredfare i bratt terreng i Spangrud boligfelt i Bagn i Sør-Aurdal kommune etter skredhendelsen under ekstremværet Hans i august 2023. Arbeidet er utført av Skred AS på oppdrag for NVE. Skredfare er utredet både med hensyn til dagens vegetasjonsforhold, samt uten effekten av skog der den er hogstutsatt. Jord- og flomskred er skredtypen som i størst grad utgjør skredfaren, men stedvis er steinsprang, snøskred og sørpeskred også aktuelle skredtyper. Kartleggingen viser at 2 bygg tilhørende sikkerhetsklasse S2 har en skredfare som er for høy i henhold til kravene i TEK17.

Emneord: Skredfare, faresoner, Sør-Aurdal, TEK17

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

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

Innholdet kan brukes videre mot kreditering.

April 2024

Forord

Et nasjonalt kartgrunnlag – faresonekart skred – er under etablering for områder med stort skadepotensial fra skred i bratt terreng. Økt kunnskap og oversikt gjennom kartlegging av fareutsatte områder er et viktig verktøy og underlag for skredforebyggende arbeid. Hovedmålet med kartleggingen er å bedre grunnlaget for vurdering av skredfare til bruk i arealplanlegging og beredskap mot skred.

Plan for skredfarekartlegging (NVE rapport 14/2011) legger de overordnede rammene for kartlegging i årene framover, og er et grunnlag for prioriteringene med hensyn på faresonekartlegging for ulike typer skred. Det er utarbeidet lister med geografiske områder som prioriteres for kartlegging av fare for skred i bratt terreng ved eksisterende bebyggelse.

Denne rapporten presenterer resultatene fra faresonekartlegging av skred i et utvalgt område Spangrud boligfelt i Bagn i Sør-Aurdal kommune, Innlandet fylke. Arbeidet er utført av Skred AS. Området er kartlagt tidligere, men en større skredhendelse i 2023 avdekket behov for ny kartlegging i dette boligfeltet.

I kartleggingen inngår utarbeidelse av faresonekart i henhold til kravene i byggt teknisk forskrift (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.

Skredtypene snø-, sørpe-, stein-, jord- og flomskred er kartlagt.

Trondheim, april 2024

Brigt Samdal
direktør
Skred- og vassdragsavdelingen

Lars Harald Blikra
seksjonssjef
Seksjon for skred

Dokumentet sendes uten underskrift. Det er godkjent i henhold til interne rutiner.

Oppdragsgiver	Navn Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Kontaktperson Jaran Wasrud
Oppdrag	Nummer og navn 23512 - Sør-Aurdal, Bagn - Revurdering av faresoner for Spangrud boligfelt	Oppdragsleder Espen Eidsvåg
Dokument	Nummer 23512-01-2 Utført av Espen Eidsvåg	Dato 2024-03-22 Kontrollert av Kalle Kronholm

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
2	2024-03-22	EE	KK	Endelig utgave
1	2024-02-22	EE	KK	Foreløpig utgave

Ny skredfareutredning og analyse av skredhendelse ved Spangrud boligfelt i Bagn, Sør-Aurdal kommune

Sammendrag

Den 8. august 2023, under ekstremværet Hans gikk det et større skred som traff flere bygg i Spangrud boligfelt, Bagn i Sør-Aurdal kommune. Skredfare i området var kartlagt av NGI i 2001 og av Skred AS i 2017, men skredet gikk betydelig lenger enn faresonen med skredfare $>1/5000$.

På oppdrag for NVE har Skred AS utført en ny skredfareutredning for Spangrud boligfelt. Det er også gjort en analyse av skredhendelsen 8. august 2023 for å se på hvilken læring man kan ta med til fremtidig skredfareutredning i Norge.

Utredningen følger kravene om sikkerhet mot skred iht. TEK17 § 7-3. Samlet skredfare er kartlagt for følgende sikkerhetsklasser med tilhørende årlige sannsynligheter for skred: S1 ($\geq 1/100$), S2 ($\geq 1/1000$) og S3 ($\geq 1/5000$). Det er utført vurderinger både for dagens vegetasjonsforhold og for en situasjon hvor produktiv skog forutsettes fjernet. Utredningen er utført av fagkyndig personell og følger NVEs veileder «Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak» og vil dermed kunne dokumentere om sikkerhetskravene er oppfylt. Skredtypene snø-, jord-, flom-, sørpe-, steinskred og

steinsprang har blitt utredet. Utredning av faresoner for kvikkleireskred og fjellskred er ikke inkludert.

Analyse av skredhendelsen viser blant annet at nedbøren som utløste skredet trolig har returperiode på om lag 1000-2000 år. I tillegg har trolig vann fra en adkomstveg økt avrenningen inn i løseområdet. Både denne og andre skredhendelser under Hans viser tydelig at jordskred også kan løsne i terreng med tett skog der hvor det er bratt nok. Utløpet av skredet kan gjensapes relativt godt ved bruk av RAMMS::Debris Flow med parametere anbefalt i FOU-er som er utgitt de siste årene.

Utredningen av skredfare viser at den årlige sannsynligheten for skred i kartleggingsområdet er større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000. Jord- og flomskred er skredtypen som i størst grad utgjør skredfare, men stedvis er steinsprang, snøskred og sørpeskred også aktuelle skredtyper.

Ved dagens skogforhold har kun noen få bygninger som antas å være i sikkerhetsklasse S2 skredfare større enn 1/1000 enten på bygningen eller tett inntil. For en situasjon uten skog øker imidlertid skredfaren betydelig, og store deler av boligfeltet får årlig sannsynlighet for skred større enn 1/1000.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Forord	6
1.2	Bakgrunn	6
1.3	Kartlagt område	6
1.4	Krav til sikkerhet mot skred	8
1.5	Tilpassing fra NVEs rapportmal	9
1.6	Forbehold	9
2	Områdebeskrivelse	10
2.1	Topografi og terrengmodell	10
2.2	Drenering	12
2.3	Geologi	12
2.4	Flyfoto og skråfoto	12
2.5	Skog	13
2.6	Klima	16
2.7	Historiske skredhendelser	19
2.8	Tidligere skredfareutredninger	19
2.9	Eksisterende skredsikringstiltak	20
2.10	Befaring	22
3	Analyse av skredhendelsen 8. august 2023	23
3.1	Beskrivelse av skredet	23
3.2	Meteorologiske forhold	25
3.3	Hydrologiske forhold	26
3.4	Geologiske forhold	28
3.5	Skog	29
3.6	Utløpslengde	31
4	Skredfarevurdering	36
4.1	Steinsprang	36
4.2	Steinskred	38
4.3	Snøskred	38
4.4	Jordskred og flomskred	40
4.5	Sørpeskred	42
4.6	Samlet skredfare	43
4.7	Skog med betydning for skredfaren	45
4.8	Avvik fra tidligere skredfareutredninger	45
4.9	Stedsspesifikk usikkerhet	45
5	Konklusjon	46
	Referanseliste	47

Figurer

Figur 1: Oversiktskart for kartleggingsområdet og påvirkningsområdet. Påvirkningsområdet er det arealet som er undersøkt hvor skred som løsner kan nå kartleggingsområdet. 7	7
Figur 2: Oversiktsbilde fra drone tatt over kartleggingsområdet (lilla), sett ovenfra og ned, mot sørvest. Skredet som gikk i august 2023 vises tydelig sentralt i bildet. 8	8
Figur 3: Kart som viser terrengendring i perioden 2013-2023. Langs skredløpet vises betydelig erosjon. I tillegg kan det sees en del andre endringer i terrenget gjort i tiden forut for skredet. 11	11
Figur 4: Dronefoto av skredhendelsen den 8. august 2023 (Eggum AS, 2023). 13	13
Figur 5: Kart med skog som har betydning for utløsning av snøskred. Omrisset av skredhendelsen 8. august 2023 er vist, da skogen i dette området ikke står der lenger. 15	15
Figur 6: Returperiode for nysnødybde 3 døgn beregnet med ulike metoder. 17	17
Figur 7: Klimaanalyse for Spangrud hentet fra AV-klima (Asplan Viak and NVE, 2024). 18	18
Figur 8: Kart som viser faresonene fra Skred AS sin rapport fra 2017 sammenlignet med skredet som gikk 8. august 2023. Kartleggingsområde for inneværende rapport vises også. 20	20
Figur 9: Voll i bakkant av Spangrud boligfelt, slik den var i 2017. Figur fra (Skred AS, 2017).. 21	21
Figur 10: Utsnitt av dronebilde fra befarings 24. oktober 2023 som viser at voll fremstår som reetablert etter skredhendelsen 8. august 2023. 21	21
Figur 11: Løsneområdet til skredet den 8. august 2023 sett ovenfra fra drone. En lav bergskrent ved ca. 435 moh. som antas å ha vært startpunktet er indikert med røde piler. 23	23
Figur 12: En mindre bergskrent med overliggende glatt sva ved ca. 435 moh. som antas å være startpunktet for jordskredet som skjedde den 8. august 2023. 24	24
Figur 13: Bilde av skredutløpet inn i boligfeltet. Bildet er hentet fra video tatt av Politiet, gjengitt fra (NGI, 2023). Adresser vist på figuren. Spangrudvegen 23-25 er utenfor bildet. 25	25
Figur 15: Avrenningsanalyse (DTM fra 2013) for skredets løsneområde og en adkomstveg. . 27	27
Figur 16: Dronebilde av løsneområdet, trolig tatt 9. august. Utsnitt av figur fra (NGI, 2023). 27	27
Figur 17: Skyggekart (DTM fra 2013) som viser raviner nord for skredløpet fra 8. august 2023. 29	29
Figur 18: Kronedekning i terrenget hvor skredet gikk iht. NIBIOs SR16-datasett. 30	30
Figur 19: Etterregning av skredet 8. aug. 2023 i RAMMS::Debris Flow med ulike friksjonsparametere for Xi og My. Alle modellkjøringene er med bruk av erosjon. 33	33
Figur 20: Modellering uten erosjon gir omtrent tilsvarende utløp som faresoner fra 2017. ... 34	34
Figur 21: Modellering av et bredt løsneområde gir et visst samsvar med skredet 8. aug. 35	35
Figur 22: Skrenten nordvest for kartleggingsområdet og uren i underkant av dem. 36	36
Figur 23: Skrent nordøst for kartleggingsområdet. 37	37
Figur 24: Kart som viser samlet skredfare og hvilke skredtyper som er dimensjonerende for de ulike delene av kartleggingsområdet. 44	44

Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggt teknisk forskrift, TEK17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2023).	8
Tabell 2: Beskrivelse av registreringer gjort i felt.....	22
Tabell 3: Beregnede returperioder for nedbøren som kom på Reinli (SN22840) under Hans.25	
Tabell 4: Løsneområder for snøskred.....	38
Tabell 5: Bruddkanthøyder som er benyttet i modelleringer (*avrundet).....	39
Tabell 6: Løsneområder for jordskred.....	41
Tabell 7: Løsneområder for sørpeskred.....	42

Vedlegg

De fleste vedleggene er organisert for det konkrete kartleggingsområdet med følgende underinndeling:

- A- Bilder
- B- Helningskart
- C- Registreringskart
- D- Modelleringskart (alle modellerte skredtyper)
- E- Faresonekart (dagens skogforhold og uten skog)
- F- Skog med betydning for skredfare

I tillegg er det følgende generelle vedlegg til rapporten:

- Egenerklærings skjema kompetanse
- Uavhengig kvalitetssikring utført av NGI
- Vårt tilsvare på NGIs uavhengige kvalitetssikring

I tillegg til vedlegg som følger rapporten er det overlevert GIS-vedlegg og bildefiler til oppdragsgiver iht. NVEs veileder (NVE, 2024a).

1 Innledning

1.1 Forord

Plan- og bygningsloven (pbl) og Byggteknisk forskrift (TEK 17, kap 7.3)(Direktoratet for byggkvalitet, 2023) stiller krav til sikkerhet mot naturfare. For reguleringsplan og byggesak/-tiltak, søknadspiktig eller ikke, må det derfor dokumenteres at tilstrekkelig sikkerhet mot skredfare vil bli oppnådd i henhold til disse sikkerhetskravene.

Denne utredningen er utført av fagkyndig personell og følger NVEs veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak (NVE, 2024a), og vil dermed kunne dokumentere om sikkerhetskravene er oppfylt.

Skredtypene snø-, jord-, flom-, sørpe-, steinskred og steinsprang utredes.

1.2 Bakgrunn

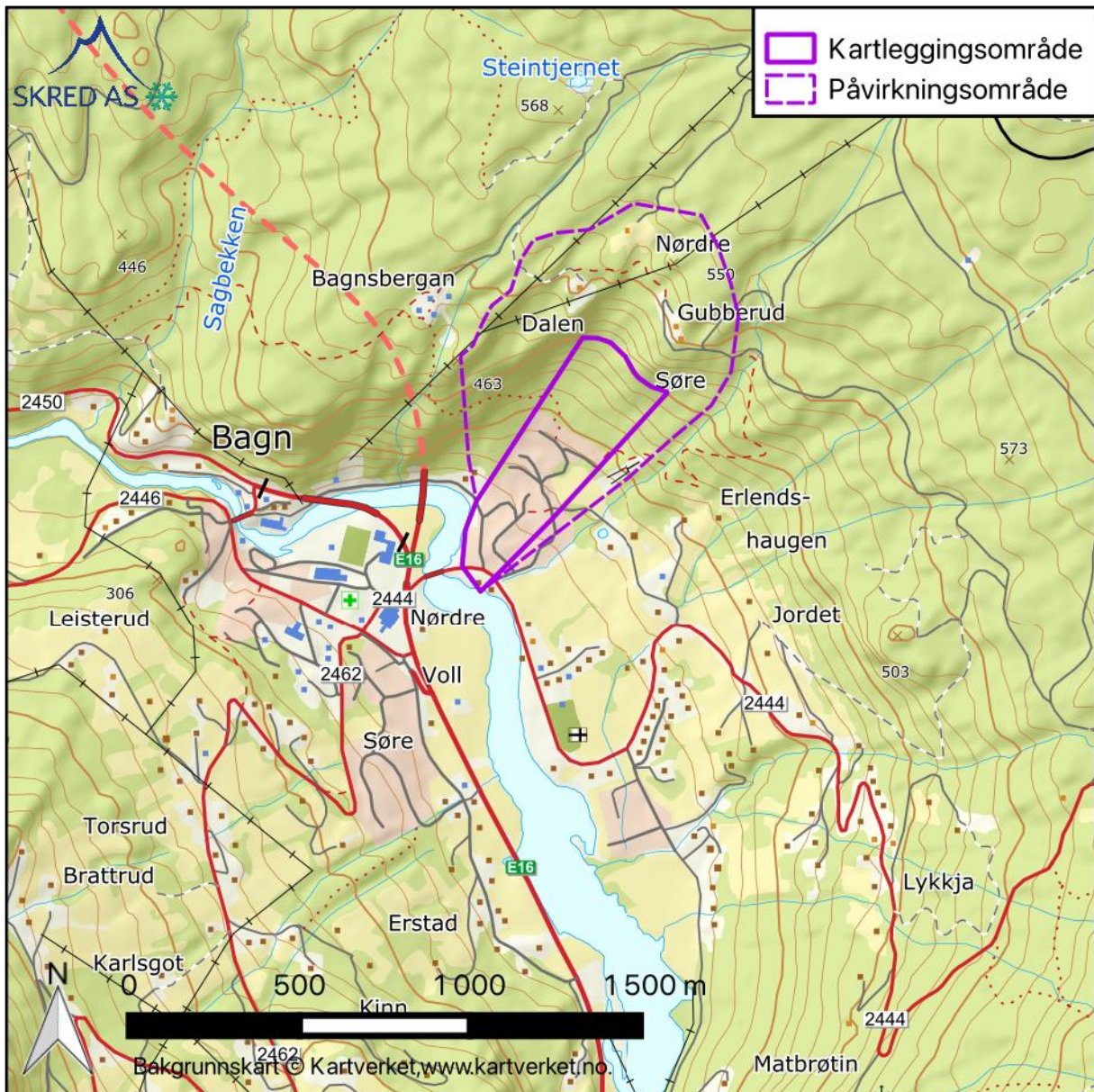
Den 8. august 2023 gikk det et større jordskred/flomskred som traff flere bygg i Spangrud boligfelt, Bagn, Sør-Aurdal kommune. Skredhendelsen er omtalt i detalj i kapittel 3.1. Skredfaren i området var tidligere utredet av NGI i 2001 og Skred AS i 2017, men skredet gikk betydelig lenger enn faresonen med skredfare $>1/5000$.

På oppdrag for NVE har Skred AS utført en ny skredfareutredning for Spangrud boligfelt. Det er også gjort en analyse av skredhendelsen 8. august 2023 for å se på hvilken læring man kan ta med til fremtidig skredfareutredning i Norge.

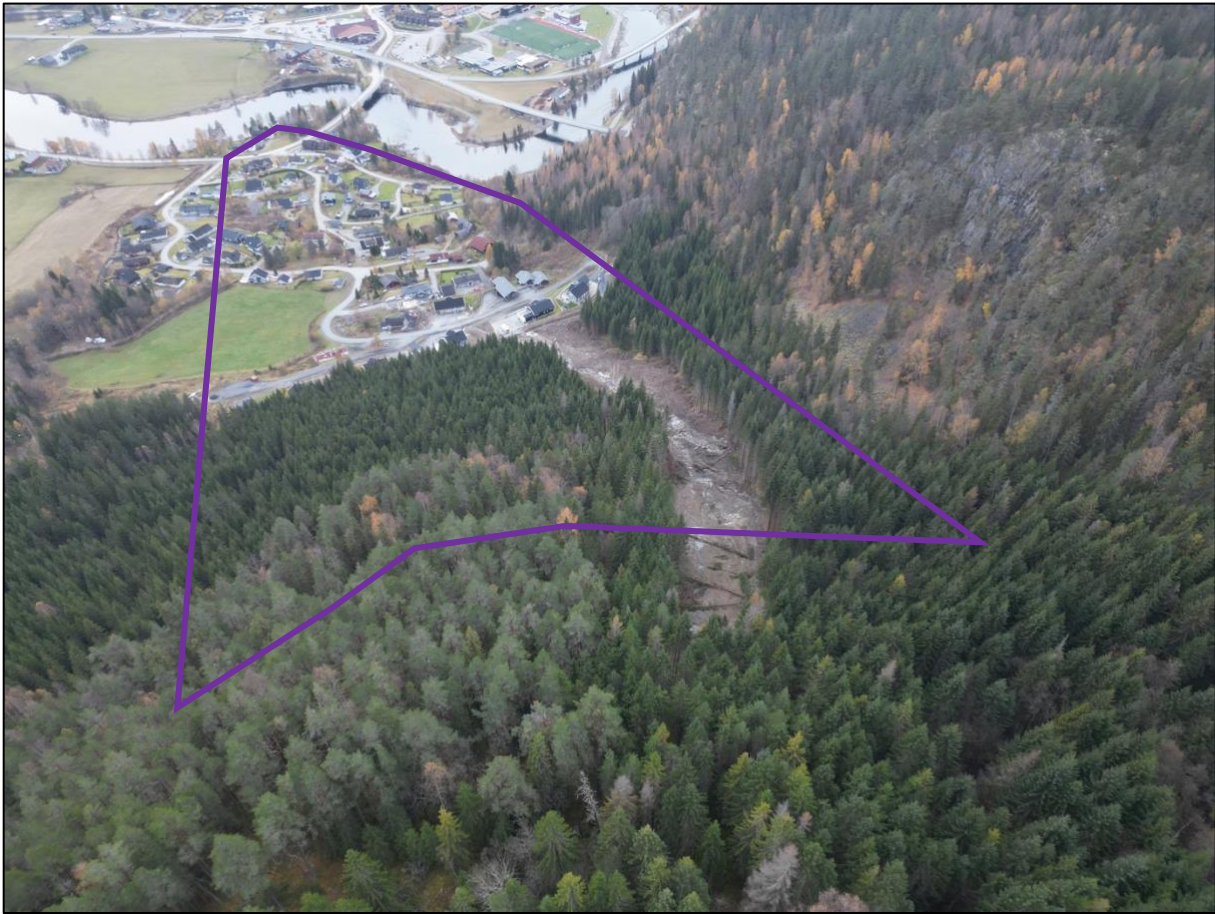
Kartleggingsområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for snøskred (både S2 og S3) og for jord- og flomskred (NVE, 2024b). Det ønskes derfor en detaljert skredfareutredning.

1.3 Kartlagt område

Kartleggingsområdet omfatter mesteparten av Spangrud boligfelt, på østsiden av Bagn (Figur 1 og Figur 2). Påvirkningsområdet omfatter arealer som kan gi skred direkte inn i kartleggingsområdet. Det er også tatt hensyn til prosesser som drenering av vann eller sekundæreffekter av skred fra arealer lenger oppstrøms i dreneringsområdet som ligger utenfor påvirkningsområdet. Vi vurderer at påvirkningsområdet ikke omfatter Harabrennbekken i sørøst, da både avrenningsanalyse og tidligere skredfareutredning tilsier at skred herfra ikke vil nå inn i kartleggingsområdet.



Figur 1: Oversiktskart for kartleggingsområdet og påvirkningsområdet. Påvirkningsområdet er det arealet som er undersøkt hvor skred som løsner kan nå kartleggingsområdet.



Figur 2: Oversiktsbilde fra drone tatt over kartleggingsområdet (lilla), sett ovenfra og ned, mot sørvest. Skredet som gikk i august 2023 vises tydelig sentralt i bildet.

1.4 Krav til sikkerhet mot skred

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 (Direktoratet for byggkvalitet, 2023) definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal. 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.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2023).

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

Oppdraget omfatter kartlegging av faresoner med årlig sannsynlighet større enn både 1/100, 1/1000 og 1/5000 for hele det kartlagte området.

1.5 Tilpassing fra NVEs rapportmal

Denne rapporten bygger på rapportmal tilhørende NVEs veileder (NVE, 2024a), lokalisert på internett den 16.01.2024. Rapportmalen er imidlertid tilpasset på følgende måter:

- Rapporten er bygd opp som øvrige Skred AS rapporter, og følger våre rutiner for intern kvalitetssikring.
- Rapporten omfatter alle kapitler fra NVEs rapportmal, men i litt annen rekkefølge.
- Rapporten inneholder noen flere kapitler enn NVEs rapportmal.
- Informasjon om oppdraget og gjennomført befaring er gitt på førstesiden og i kapittel 1. Siden «Om oppdraget» fra NVEs rapportmal er derfor ikke direkte gjengitt.
- Enkelte overskrifter har lignende, men ikke identiske navn som i NVEs rapportmal.
- I kapitlene om vurdering av hver enkelt skredtype er underkapitlene (tredje nivå) systematisk omtalt i teksten, uten at det er gitt egne overskrifter for dem.
- Egenkontroll og sidemannskontroll er dokumentert på førstesiden i rapporten. Det er derfor ikke lagt ved en egen side for egen- og sidemannskontroll, slik NVEs rapportmal legger opp til.
- Vi bruker vår egen rapportmal som sjekklister, og det er derfor ikke lagt ved noen ytterligere sjekklister ved UKS.
- Rapporten er godkjent iht. interne rutiner og har derfor ikke signatur.

1.6 Forbehold

Vurderingene er gjort basert på dagens terreng- og vegetasjonsforhold. Ved eventuelle endringer som hogst eller større terrenginngrep kan det være nødvendig med en ny vurdering. Ny informasjon om skredhendelser kan også føre til behov for en ny vurdering. Vurderingen gjelder naturlig utløste skred i bratt naturlig terreng, og omfatter ikke stabilitet i menneskeskapte fyllinger, skjæringer el.

Vurderingen som er gjort for terreng uten skog tar utgangspunkt i at skogen ikke til stede, men omfatter ikke vurdering av terrenginngrep som hogst kan medføre. Ved eventuell hogst må utførende selv påse at ikke terrenginngrep medfører økt skredfare ut over kun fjerning av skogen.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Topografi og terrengmodell

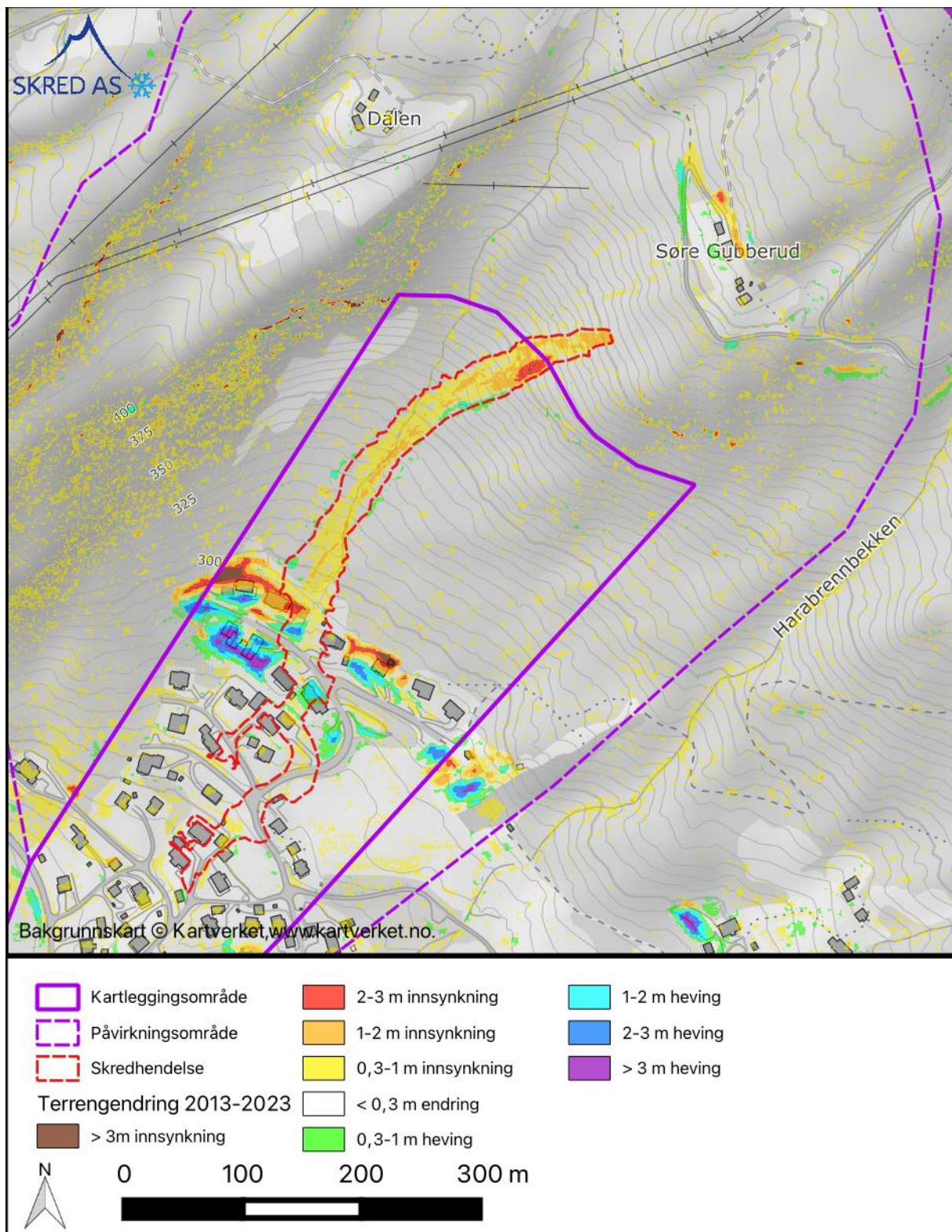
Som del av arbeidet har vi gjort analyser basert på terrengmodeller hentet fra Høydedata (Kartverket, 2023). Det er hentet terrengmodeller fra både før og etter skredet:

- Valdres 2013. Oppløsning 0,25 m. Innsamlet mai-jul. 2013.
- Nasjonal Digital Høydemodell (NDH). Oppløsning 1 m. Datasettet er ifølge medfølgende metadata sammenstilt basert på ulike datainnsamlinger fra ulike årstall; 2019 nederst (lengst sørvest) i kartleggingsområdet, 2015 sentralt i kartleggingsområdet, 2013 i øvre del av kartleggingsområdet og mesteparten av påvirkningsområdet og 2017 øverst (lengst nordøst) i påvirkningsområdet.
- Innlandet-Viken flom-skred 2023. Oppløsning 0,25 m. Innsamlet sep.-okt. 2023.

Nedre del av kartleggingsområdet ligger ved om lag kote 220 ved elva Begna. Herfra stiger terrenget slakere enn 10 grader opp til ca. kote 290 hvor den øverste bebyggelsen i Spangrud boligfelt ligger. Mot nordøst stiger terrenget med helning på ca. 10-25 grader opp til kote 350, deretter fra 30-45 grader opp til kote 480. Det er også enkelte skrenter i skråningen som er brattere enn 45 grader mellom kote 400 og 450. Over kote 480 er terrenget for det meste slakere enn 30 grader. Mot nord er det en høy, bratt skrent brattere enn 45 grader mellom ca. kote 390 og 490. Det er en del partier i nord mellom 30-45 grader. Som en del av terrenganalysene er det også utarbeidet et skyggekart fra terrengmodellen. Skyggekartet gjengir terrengoverflaten uten vegetasjon og bygninger, og brukes for å avdekke morfologiske elementer som ellers er vanskelige å observere, f.eks. grunnet tett skog. Skyggekartet er vist som bakgrunn i registreringskartet i Vedlegg C.

En beregning av den vertikale høydeforskjellen mellom terrengmodellen fra 2013 og fra 2023 viser en del endringer. Endringer knyttet til skredet i august 2023 er omtalt i detalj i kapittel 3, men viser i grove trekk betydelig erosjon i skredløpet. Ut over dette ser vi følgende endringer:

- Ved gården Søre Gubberud, i øvre del av påvirkningsområdet, ser det ut til å ha skjedd noe uttak av masser nord og øst for gårdstunet. Langs vegen nordvest for gårdstunet er det fylt ut masser.
- Inne i Spangrud boligfelt har det skjedd omfattende uttak og utfylling av masser, spesielt ved de øvre to husrekkene. I grove trekk er det tatt ut masser oppstrøms for Spangrudvegen, mens det er fylt ut masser nedstrøms for (øvre del av) vegen.
- I tillegg er det en del utslag i modellen som antas å være støy forårsaket av forskjeller i innmåling og/eller prosessering av dataene. Det er for eksempel en del steder med 0,3-1 m innsynkning mange steder i skråningene. I skrentene nord for kartleggingsområdet er det en rekke steder med mer enn 2-3 m innsynkning. I teorien kunne dette vært reel terrengsenkning som følge av utfall av steinsprang. Vi tolker det imidlertid som «støy», både på grunn av omfanget på innsyknningene og på grunn av mangelen på avsetninger (heving i terrengmodellen) nedstrøms.



Figur 3: Kart som viser terrengendring i perioden 2013-2023. Langs skredløpet vises betydelig erosjon. I tillegg kan det sees en del andre endringer i terrenget gjort i tiden forut for skredet.

2.2 Drenering

Vi har utført en dreneringsanalyse basert på terrengmodellen fra NDH som viser overflateavrenningen (Multi-Flow Direction, MFD) for områdene (Vedlegg B).

Dreneringsanalysen påvirkes av veier og andre menneskeskapte terrenginngrep.

Dreneringsanalysen tar ikke hensyn til stikkrenner, broer, etc.

Analysen, samt topografiske kart viser at det drenerer en bekk gjennom påvirkningsområdet fra nordøst, som kommer ned mot bebyggelsen ved Spangrudvegen 53 og 55. Det kommer også ned en mindre bekk rett vest for denne. Vest for Spangrudvegen 57 og øst for Spangrudvegen 45 kommer det også ned noen mindre bekker. For øvrig er det trolig også noe sig av vann andre steder i området.

2.3 Geologi

NGUs berggrunnskart i målestokk 1:50 000 (NGU, 2024a) viser at berggrunnen i området for det meste består av øyegneis. I nordlige og nordøstlige deler av påvirkningsområdet er det også kartlagt glimmerskifer.

InSAR-data for området (NGU, 2024b) viser få punkter i kartleggings- og påvirkningsområdet. De punktene som finnes, viser for det meste ingen eller liten bevegelse. De få punktene som viser mer bevegelse er tett på bebyggelsen, og det antas disse skyldes menneskelige inngrep. Det er ingen ustabile fjellpartier i nærheten av området i NGUs database (NGU, 2023).

NGUs løsmassekart i målestokk 1:250 000 (NGU, 2024c) viser at løsmassene i området består av elve- og bekkeavsetninger nederst i sørvest og morenemasser i øvrige deler av kartleggings- og påvirkningsområdet. Hele området ligger over marin grense. Det vises ingen punkter med grunnundersøkelser i området i NADAG.

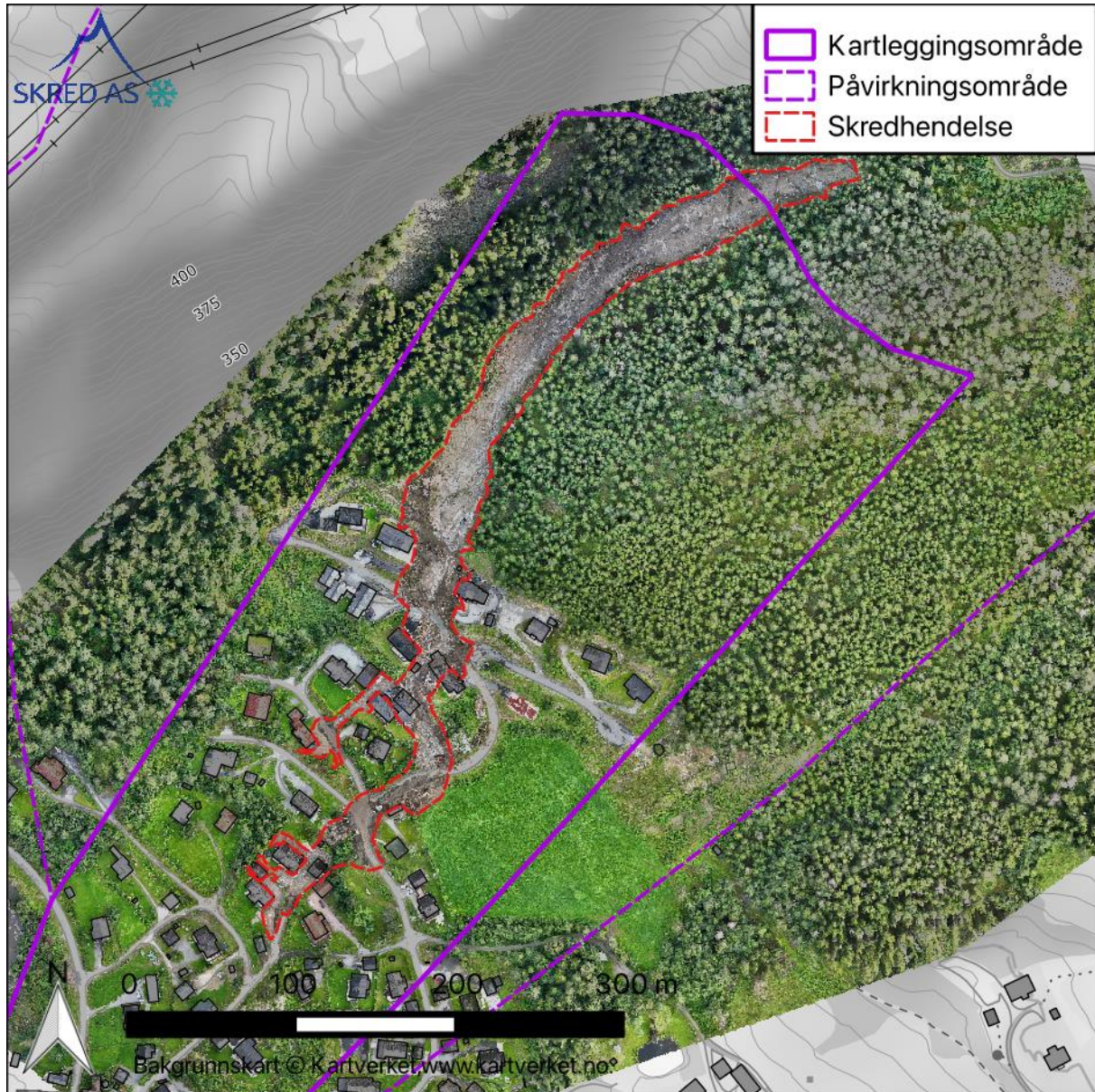
2.4 Flyfoto og skråfoto

På Norge i Bilder (Statens vegvesen et al., 2023) er det flyfoto tilgjengelig for området for årene 1949, 1950, 1958, 1970, 1972, 1973, 1978, 1981, 1985, 1989, 1991, 2004, 2007, 2008, 2011 (to serier), 2013, 2015, 2016, 2019 og 2023 (tre serier). En gjennomgang av de ulike flyfotoseriene avdekker følgende informasjon:

- Bebyggelsen i nedre del av kartleggingsområdet har hovedsakelig kommet etter 1985. Nedre del av boligfeltet ble bygget ut mellom 1985 og 1989. Vegene i øvre del av boligfeltet ble anlagt mellom 2004 og 2007. Dagens bebyggelse i øvre del av boligfeltet ser ut til å ha kommet gradvis mellom 2007 og 2016.
- Skogen i øvre deler av skråningen ble flatehugget mellom 1958 og 1970. Skogen i nedre del av kartleggingsområdet ble flatehugget mellom 1985 og 1989.
- Gården Søre Gubberud, høyt oppe i påvirkningsområdet har vært der siden før 1949. Adkomstvegen til Søre Gubberud går rett vest og nord for gårdstunet ser ut til å ha vært anlagt en gang mellom 1989 og 2004, og har blitt ytterligere utbygget mellom 2004 og 2007. Før dette virker adkomst å ha vært fra sørøst.
- Det er ikke observert noen konkrete spor etter tidligere skredhendelser fra de historiske flyfotoene.

Vi har også fått tilgang fra Sør-Aurdal kommune på dronefoto (Figur 4) tatt rett etter ekstremværet Hans som tydelig viser skredløpet (Eggum AS, 2023).

Nasjonalbiblioteket (Nasjonalbiblioteket, 2023) har ingen tilgjengelige skråfoto for området.

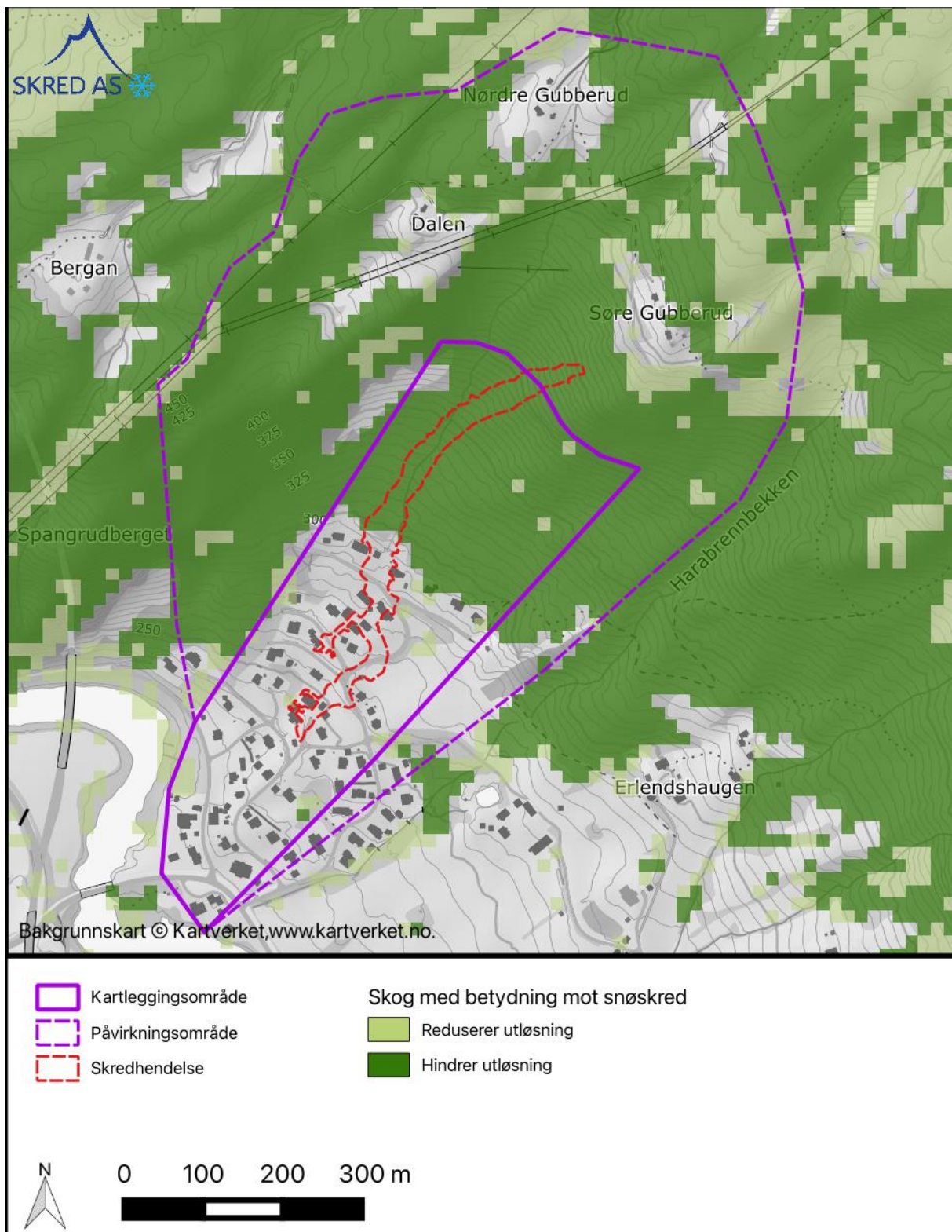


Figur 4: Dronefoto av skredhendelsen den 8. august 2023 (Eggum AS, 2023).

2.5 Skog

Nibios skogressurskart SR16 (NIBIO, 2023) viser at skogen i den sentrale delen av kartleggingsområdet og påvirkningsområdet består av granskog. Deler av denne granskogen ble tatt av skredet i august 2023. Nordvest og sørøst i påvirkningsområdet er skogen hovedsakelig furuskog. Hele påvirkningsområdet ligger under tregrensen. Det aller meste av skogen er iht. AR5 regnet som produktiv skog (NIBIO, 2023).

I NVEs veileder beskrives skogens forebyggende effekt mot utløsning av snøskred som et forhold mellom treslag, stammediameter og kronedekning. Det er ikke gitt konkrete krav, men anbefalinger om hvilke verdier av nevnte egenskaper som hindrer utløsning på bakgrunn av PROALP standarden (NVE, 2024a). Veilederens bør-anbefalinger er utfordrende å konkretisere, blant annet fordi det ikke er klart hvorvidt det er en, noen eller alle de ulike egenskapene som må være til stede for å hindre skredutløsning. Vi har valgt å benytte tilgjengelige skogressurskart (NIBIO, 2023), og utarbeide en oversikt over områder hvor skogen tilfredsstillende kravene til kronedekning for henholdsvis løvskog ($\geq 80\%$) og barskog ($\geq 50\%$). Skog som ikke er tett nok til å hindre utløsning vil i mange tilfeller likevel kunne redusere utløsningssannsynligheten for snøskred, både pga. forankring og at lagdeling i snødekket kan bli påvirket i skogkledde områder. Som kartet i Figur 5 viser er skogen tett nok til å hindre utløsning av snøskred i mesteparten av skråningen. Vi bemerker imidlertid at deler av skogen ble tatt av skredet i august 2023, og at dette området dermed reelt sett ikke lenger har skog med beskyttende effekt.



Figur 5: Kart med skog som har betydning for utløsning av snøskred. Omrisset av skredhendelsen 8. august 2023 er vist, da skogen i dette området ikke står der lenger.

2.6 Klima

For steinsprang og steinskred vurderes klimadata å ikke ha en avgjørende betydning i for utløsning av skred (NVE, 2024a). Vi har derfor ikke utført klimaanalyse for disse skredtypene.

For jordskred og flomskred har klimatiske faktorer knyttet til nedbør stor betydning for utløsning av skred. Likevel kan ikke slike faktorer benyttes konkret til å fastslå hvorvidt det er fare for disse skredtypene på et konkret sted (NGI, 2021). En detaljert klimaanalyse har derfor primært nytteverdi for vurderingen av fare for jordskred og flomskred når det kan knyttes til konkrete skredhendelser og returperioder for disse. En analyse av de meteorologiske faktorene knyttet til skredhendelsen under Hans er gitt i kapittel 3.

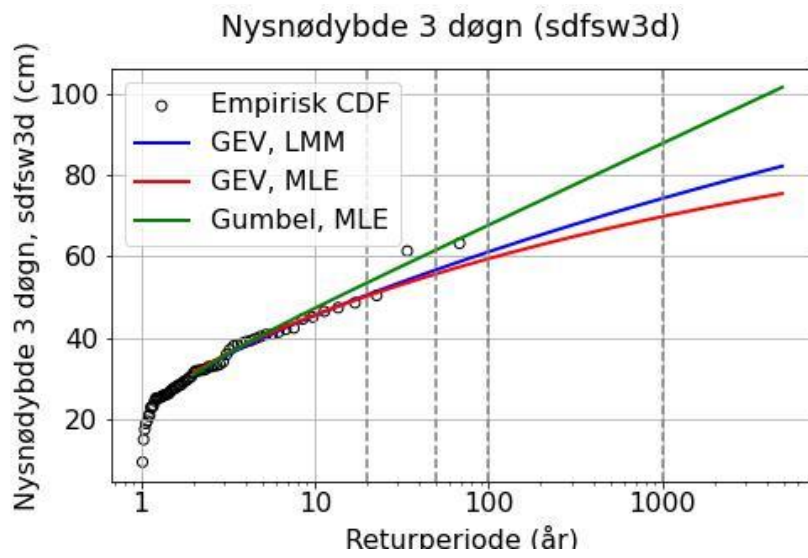
I forbindelse med vurdering av snøskred har vi utført en klimaanalyse for å bestemme bruddkanthøyde ved ulike returperioder, som input til snøskredmodellering. AV-klima (Asplan Viak and NVE, 2024) viser at klimaet i området er relativt tørt, med årsmiddelnedbør på 822 mm (Figur 7). Gjennomsnittlig maksimal snødybde er på 52 cm. 3 døgns nysnø med returperioder på 100, 1000 og 5000 år er beregnet til henholdsvis 59 cm, 76 cm og 88 cm. Vi har også gjort egne beregninger (Figur 6) basert på NVEs API (NVE, 2024), som viser at disse ekstremverdiene både kan være noe høyere og noe lavere for ulike beregningsmetoder.

Vindretningen er trolig sterkt påvirket av lokal topografi, men vindanalysen peker på at snøførende vind i størst grad kommer fra sørøst (Figur 7).

Norsk klimaservicesenter har utarbeidet klimaprofiler for de tidligere fylkene i Norge (Norsk Klimaservicesenter, 2023). Det er beregnet at nedbøren i gamle Oppland fylke vil øke med ca. 20% (Norsk Klimaservicesenter, 2023). Økningen for kortvarig, intens nedbør kan imidlertid være opp mot 40-50 %. De mest relevante forventede endringene for gamle Oppland fylke med tanke på skredfare er:

- Jord-, flom- og sørpeskred: Sannsynlig økning.
- Snøskred: Mulig sannsynlig økning.
- Steinsprang og steinskred: Usikkert.

Vi har ikke gjort noen konkrete påslag for klimaendringer i faresonene, men har valgt å være mer konservative enn vi ellers ville vært i vurderinger av spesielt jord- og flomskred.



Figur 6: Returperiode for nysnødybde 3 døgn beregnet med ulike metoder.

Klimaoversikt for Spangrud (238 moh.)



Figur 7: Klimaanalyse for Spangrud hentet fra AV-klima (Asplan Viak and NVE, 2024).

2.7 Historiske skredhendelser

Verken NVE Atlas (NVE, 2024b) eller Vegkart (Statens vegvesen, 2024) har informasjon om skredhendelser i tilknytning til området, utenom det nevnte jord-/flomskredet den 8. august 2023. Det følger en detaljert beskrivelse av dette skredet i kapittel 3.

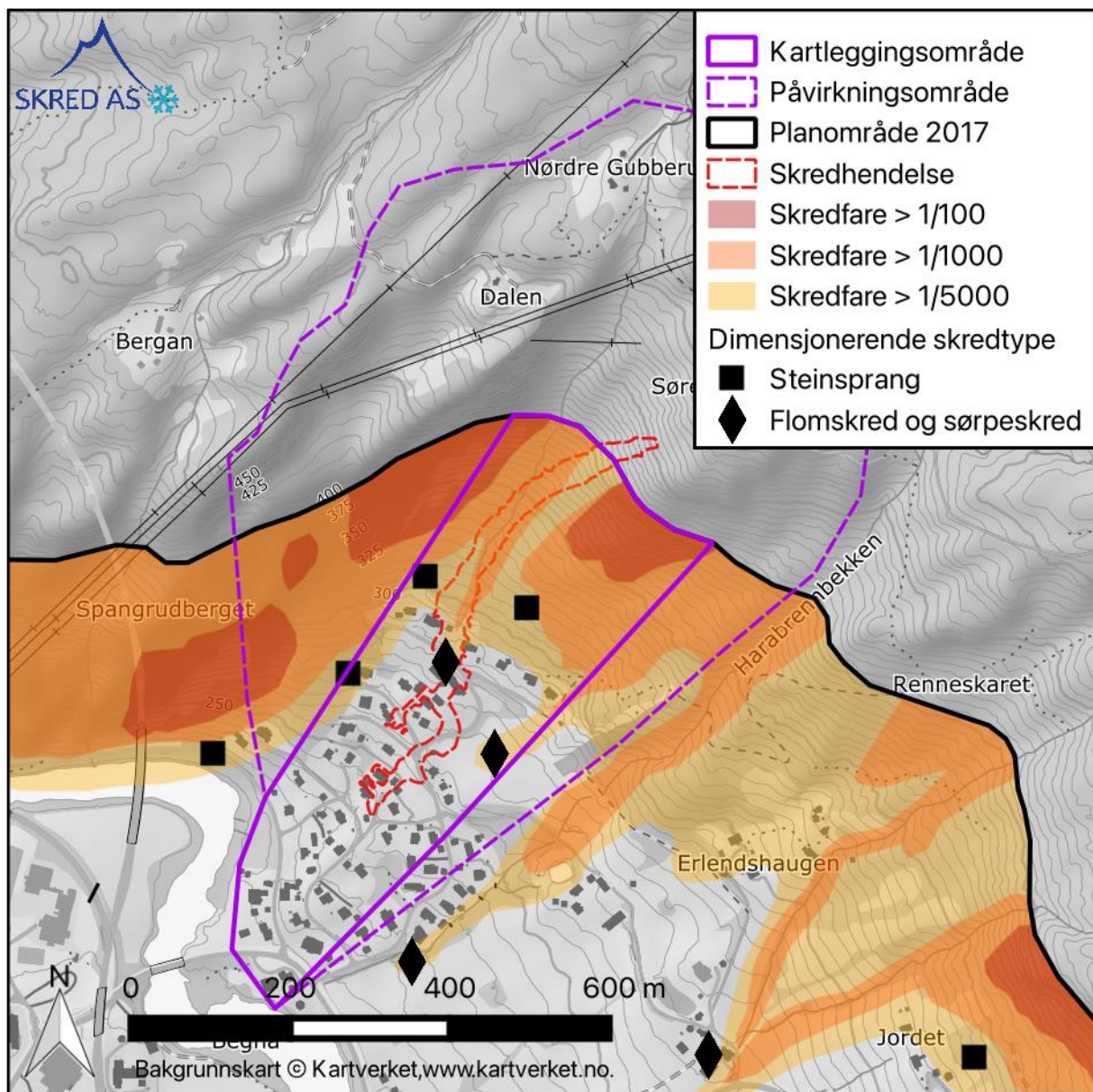
2.8 Tidligere skredfareutredninger

I 2001 utførte NGI en vurdering av skredfaren for Spangrud II boligfelt (NGI, 2001). I rapporten fremkommer det at det har pågått noe rydding av mark i skråningen over der dagens bebyggelse ligger. Det ble også observert «en relativt stor flomskredavsetning fra øvre plangrense og nedover gjennom planområdet på vestsida av løpet» til hovedbekken, som tilsvarer et stykke ned i dagens boligfelt. NGI vurderte at:

- Steinsprang kunne forekomme i skråningene, men sannsynligheten inn i boligfeltet ble vurdert å være mindre enn 1×10^{-3} per år, altså mindre enn 1/1000.
- Løsmassene ble vurdert å være egnet som byggegrunn. NGIs kapittel «Løsmasseskred» nevner ingenting om jordskred fra høyere oppe i skråningen.
- Det ble vurdert å være behov for tiltak mot flomskred og flombekker før evt. utbygging. Det ble foreslått tiltak som oppsamlingsbasseng og kanal som var dimensjonert for ekstrem vannføring. Dersom slike tiltak ble oppført, ble planområdet vurdert å oppfylle lovverkets krav til sikkerhet mot skred.

I 2017 utførte Skred AS en vurdering av skredfaren i et større område i Bagn (Skred AS, 2017), inkludert kartleggingsområdet for inneværende rapport. Det ble vist til vurderingen av NGI fra 2001, og faresonene i Skred AS 2017-rapporten følger i stor grad beskrivelsene i NGIs rapport fra 2001. For inneværende kartleggingsområde ble det vurdert å være fare for steinsprang stedvis i skråningen. Det ble også vurdert at det var fare for flomskred langs noen av bekkeløpene, med årlig sannsynlighet større enn 1/5000 inn i boligfeltet (Figur 8). Det ble påpekt at skogen var en viktig forutsetning for faresonene i terrenget som er brattere enn 25-30 grader i skråningen over Spangrud boligfelt. Implisitt ble det dermed antatt at skogen har en viktig stabiliserende effekt for jord- og flomskred.

Skredet som gikk 8. august 2023 er omtalt i en rapport fra NGI (NGI, 2023). Rapporten dokumenter vurderinger gjort i den akutte situasjonen dagene etter skredet, men inneholder ingen konkrete vurderinger av skredfare iht. TEK 17 eller lignende.



Figur 8: Kart som viser faresonene fra Skred AS sin rapport fra 2017 sammenlignet med skredet som gikk 8. august 2023. Kartleggingsområde for inneværende rapport vises også.

2.9 Eksisterende skredsikringstiltak

Over Spangrud boligfelt ble det i Skred AS sin rapport fra 2017 beskrevet en 0,5-2 m høy voll (Figur 9), et lite oppsamlingsbasseng og en kulvert oppført i forbindelse med boligfeltet (Skred AS, 2017). Denne ble trolig bygget etter anvisninger fra rapporten til NGI (NGI, 2001). De nevnte tiltakene har trolig fått en del skader som følge av skredet 8. august 2023, men fremstår nå å være noenlunde tilbakeført til standarden de hadde før skredet (Figur 10).



Figur 9: Voll i bakkant av Spangrud boligfelt, slik den var i 2017. Figur fra (Skred AS, 2017).



Figur 10: Utsnitt av dronebilde fra befaring 24. oktober 2023 som viser at voll fremstår som reetablert etter skredhendelsen 8. august 2023.

Vi har ikke kjennskap til noen ytterligere sikringstiltak med relevans for området, verken fra NVE Atlas (NVE, 2024b) eller andre kilder.

2.10 Befaring

Befaring i området ble utført den 24. oktober av Espen Eidsvåg og Kalle Kronholm fra Skred AS. Værforholdene under befaring var stort sett gode, med primært oppholdsvær, god sikt og terrenget bart for snø. Vi har benyttet digitale kart underveis på befaring, og registreringer er gjort direkte i disse kartene. Sporlogg og registreringer fra befaring er vist i registreringskartet i Vedlegg C og Tabell 2.

Tabell 2: Beskrivelse av registreringer gjort i felt.

GPS-punkt	Beskrivelse
1	Stikkrenne 250 mm.
2	Stikkrenne 250 mm.
3	Gammel ravine/skredsår.
4	Ravine. Har trolig gått skred her før.
5	Mange små raviner.
6	Topp løснеområde.
7	Topp løснеområde. Ingen tydelige spor etter avrenning.
8	Skrent og sva i berg.
9	Sørøstsiden av skredet.
10	Mye skog som er revet med.
11	Svaberg og skrent her.
12	Vag forsenkning.
13	Uraktige avsetninger.
14	Ingen tydelige spor etter mye avrenning.
15	Stikkrenna leder vann ned i skredet. Men lite spor etter nylig drenering.
16	Ikke spor etter mye drenering langs vei.
17	Stikkrenne 150 mm.
18	Bekk.
19	Ikke noe særlig spor etter vann/masseføring.
20	Bergskjæring med 0,5-1 m løsmasser bak nr. 45.
21	Blokk på ca. 1 m ³ . Ukjent opprinnelse.
22	Blokkrikt i grunnen.
23	Bearbeidet terreng.
24	Liten flomskredavsetning.
25	Flomskredavsetninger. Små blokk og stein.
26	Avsetninger etter masseføring. Slam og stein.
27	Kileform med blokkrike, rundede løsmasser i skjæring, trolig fra flom/skred.
28	Stikkrenne 400 mm.
29	Bekk. Litt grove blokk.

3 Analyse av skredhendelsen 8. august 2023

Området har vært utredet for skredfare både av NGI i 2001 og av Skred AS i 2017. Ingen av utredningene har påpekt at det kunne være fare for skred i den størrelsesorden som skjedde den 8. august 2023. Vi har derfor gjort en analyse av skredet for å se på hvilken skredfaglig læring det er mulig å trekke fra hendelsen til fremtidig skredfareutredning. Vi har fremhevet viktige funn underveis i kapittelet med **fet skrift**.

3.1 Beskrivelse av skredet

Det gikk som nevnt et stort jordskred/flomskred i området den 8. august 2023 under ekstremværet Hans (NVE, 2024b). Skredet løsnet omtrent kl. 15.15 den 8. august 2023 (NVE, 2024b). Skredet virket å ha løsnet som et 10-20 m bredt jordskred (NGI, 2023) i løsmassedekket terreng (trolig morene) opp til 455 moh. Etter skredet er berget eksponert noen steder i løsneområdet. Berget her er preget av en glatt overflate, og i det som antas å ha vært nedre del av løsneområdet er det en ca. 1 m høy bergskrent ved 435 moh. (Figur 11). Moserester på berget i skrenten antyder at den kan ha vært eksponert før skredet. Vi antar dermed at bergskrenten og overliggende sva kan ha vært startpunktet for skredet, trolig på grunn av høyt porevannstrykk og redusert friksjon mot underliggende berg. Løsmassedekket over skrenten har trolig hatt mindre støtte enn løsmassedekket for øvrig. **Løsmassene direkte over skrenten antas dermed å ha vært startpunktet for skredet, med videre utbredelse sidelengs og oppstrøms.** Løsneområdet har totalt sett vært om lag 450 m². Ifølge en beregning av høydeforskjellen mellom terrengmodell fra 2013 og 2023 (Figur 3) var mektigheten på løsmassene før skredet i snitt ca. 1,1 m, og volumet på det løsneområdet har dermed vært om lag 500 m³. Gjennomsnittlig helning i løsneområdet er 36,5 grader.



Figur 11: Løsneområdet til skredet den 8. august 2023 sett ovenfra fra drone. En lav bergskrent ved ca. 435 moh. som antas å ha vært startpunktet er indikert med røde piler.



Figur 12: En mindre bergskrent med overliggende glatt sva ved ca. 435 moh. som antas å være startpunktet for jordskredet som skjedde den 8. august 2023.

Videre nedover skråningen har skredet erodert betydelige mengder løsmasser og skog. Bredden på skredløpet varierer mellom 25-45 m, for det meste rundt 30-35 m. Totalt areal på skredet ned til bebyggelsen er beregnet å være om lag 10 500 m². Dybden på erosjon i skredløpet varierer fra 0-3 m, i gjennomsnitt ca. 0,6 m. Totalt erodert volum i skredløpet ned til bebyggelsen er beregnet til ca. 6300 m³.

Inne i Spangrud boligfelt har skredet beveget seg som et flomskred (Figur 13) mellom nr. 53 og 55, krysset Spangrudvegen, truffet nr. 44 og 52, gått videre ned på Spangrudvegen 38/Rennavegen 3 og derfra delt seg i to. Den minste, vestligste loben har gått med slam mot Rennavegen 4. Den største loben har dreid mot øst og krysset Spangrudvegen med mye tømmer, samt fraktet slam videre ned mot Spangrudvegen 23 og 25. Inkludert slammet har skredet gått drøyt 250 m inn i boligfeltet og har krysset 3-4 husrekker. Ingen mennesker ble direkte rammet, men flere bygninger har blitt fått betydelige skader (NVE, 2024b) og en person måtte reddes ut av Spangrudvegen 42 (NGI, 2023). Beregninger av høydeforskjell mellom ny og gammel terrengmodell gir ikke noen tydelige resultater i utløpsområdet for skredet inne i boligfeltet. Dette skyldes trolig både at skredet var tynt her, at skredavsetninger ble ryddet før terrengskanningen i 2023 og at det har skjedd en rekke andre endringer i terrenget inne i boligfeltet mellom 2013 og 2023.



Figur 13: Bilde av skredutløpet inn i boligfeltet. Bildet er hentet fra video tatt av Politiet, gjengitt fra (NGI, 2023). Adresser vist på figuren. Spangrudvegen 23-25 er utenfor bildet.

3.2 Meteorologiske forhold

Meteorologisk institutt har beregnet at både 1 døgns- og 3 døgns-nedbøren under Hans på deler av indre deler av Østlandet hadde en returperiode på over 100 år (Meteorologisk institutt, 2023). For å få en mer spesifikk returperiode for nedbøren som skjedde i Bagn under ekstremværet Hans, har vi gjort ytterligere analyser av de meteorologiske forholdene. Vi har benyttet målestasjonen Reinli som ligger ca. 4 km vest for Spangrud boligfelt. Reinli har daglige nedbørsmålinger fra 1895. Analysen viser at returperioden på 3-døgns nedbøren trolig var > 1000 år (Tabell 3). Dette stemmer godt overens med upubliserte beregninger fra Meteorologisk institutt som vi i etterkant har fått tilgang på av NVE. Deres beregninger antyder også returperiode på over 1000 år for 3 døgns nedbøren under Hans ved målestasjonen Reinli. Vannmettet jordsmonn som følge av en våt sommer kan også ha bidratt til å utløse skred. Vi har derfor også beregnet returperiode for kombinasjonen av nedbøren 30 dager i forkant av Hans, etterfulgt av 72 timers nedbøren under Hans. **Totalt sett antyder disse at returperioden for nedbøren var i størrelsesorden ca. 1000-2000 år.**

Tabell 3: Beregnede returperioder for nedbøren som kom på Reinli (SN22840) under Hans.

Datasett	Verdi	Retur- periode GEV LMM	Retur- periode GEV MLE	Retur- periode Gumbel
24 t nedbør (rr) 8. aug. 2023	76,2 mm	120 år	204 år	150 år
24 t nedbør (rr) 9. aug. 2023	60,9 mm	30 år	35 år	31 år
72 t nedbør (rr) 8.-10. aug. 2023	153,1 mm	373 år	1301 år	1097 år
30 d + 72 t nedbør (rr) 8.-10. aug. 2023	Ikke angitt	-	-	1993 år

3.3 Hydrologiske forhold

En tidlig hypotese i arbeidet var at hovedbekken som går ned mot Spangrud boligfelt hadde skiftet løp og fulgt lokalveier inn i skredområdet. På befaring ble det klart at dette ikke stemte. Det ble ikke observert noen spor etter at vann hadde drenert fra hovedbekken mot skredets løsneområdet og det ble også tydelig at dette ikke er mulig rent topografisk.

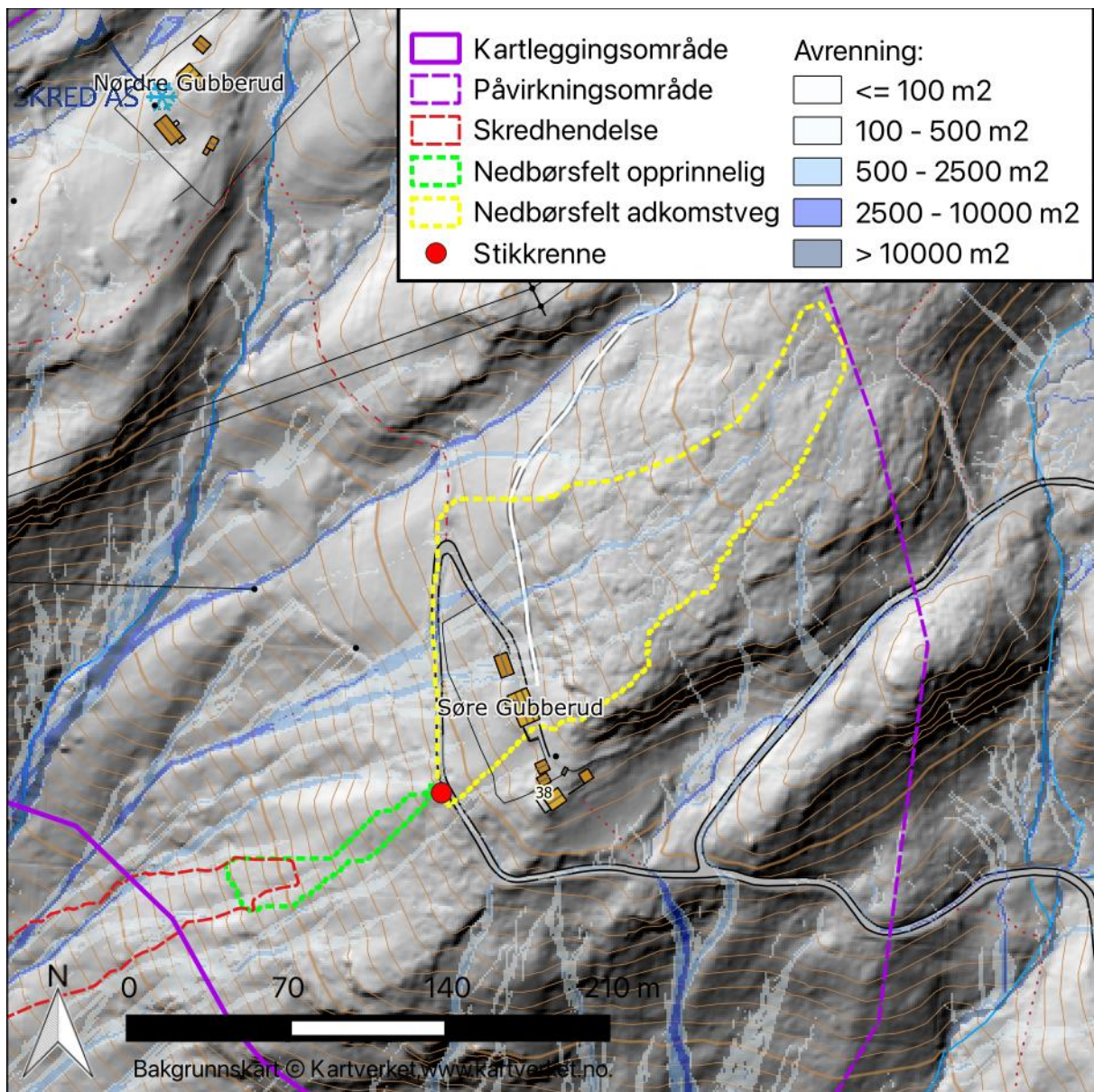
Ved å anta at det initielle løsneområdet til skredet begrenser seg til terrenget over skrenten som er nevnt i kap. 3.1 har vi gjort en beregning av nedbørsfeltet som drenerer inn mot dette løsneområdet. Beregningen er gjort basert på 1 m NDH som baserer seg på data fra 2013 (kap. 2.1) ved hjelp av verktøyet Watershed fra WhiteBoxTools i QGIS. Beregningen viser at nedbørsfeltet er på om lag 1250 m² og begrenser seg til en smal kile som stopper rett nedenfor adkomstvegen til Søre Gubberud (grønt omriss i Figur 14).

På befaring ble det observert en stikkrenne med diameter på ca. 250 mm langs adkomstvegen til Søre Gubberud (rødt punkt i Figur 14). Nedbørsfeltet til denne stikkrennen omfatter terrenget oppstrøms for veien og Søre Gubberud og er på om lag 15 000 m² (gult omriss i Figur 14). Stikkrennen ligger i et lavbrekk i veien og sender tilsynelatende vann inn i nedbørsfeltet til løsneområdet for skredet. Med andre ord har trolig nedbørsfeltet til løsneområdet for skredet økt fra å opprinnelig være ca. 1250 m² til å være om lag 16 250 m², en økning på ca. 1200 %.

Flyfoto viser at adkomstvegen til Søre Gubberud er anlagt en gang mellom 1989 og 2004, og at den er videre utbygget mellom 2004 og 2007 (kap. 2.4). I tillegg viser beregning med terrenngmodeller (kap. 2.1) at det er fylt på masser langs deler av veien i perioden 2013-2023. Det er nærliggende å anta at mye av nedbørsfeltet som nå ledes langs adkomstvegen og ned gjennom stikkrennen tidligere har drenert ned i terrenget noe lenger mot nord, slik avrenningsanalysen i Figur 14 viser. Avrenningsanalysen (MFD) antyder at vannet fortsatt krysser adkomstvegen og går videre nedover terrenget nord for løsneområdet til skredet. Basert på observasjoner fra feltbefaring tror vi imidlertid at dette ikke stemmer, og at vann fra terrenget oppstrøms i liten grad vil krysse adkomstvegen.

Vi observerte for øvrig lite tydelige spor etter drenering på befaring, verken langs adkomstveg, ved stikkrenne eller i terrenget ned mot skredet. Befaringen skjedde imidlertid ca. 2,5 måneder etter Hans, og selv om vannmengdene kan ha vært store nok til å utløse skred, så ville ikke nødvendigvis avrenning i denne størrelsesorden sette tydelige spor, spesielt ikke i skogbunn dekket med mose. Et dronebilde tatt av NGI dagen etter skredet (Figur 15) viser imidlertid avrenning gjennom den sørlige delen av skredgropa, i tråd med avrenningsanalysen.

Vi vurderer det som sannsynlig at vann fra adkomstvegen, via en stikkrenne har bidratt til vesentlig økt avrenning inn i løsneområdet for skredet som gikk 8. august 2023. Økt avrenning nedenfor stikkrenna kom da i tillegg til store nedbørmengder jmf. kap. 3.2.



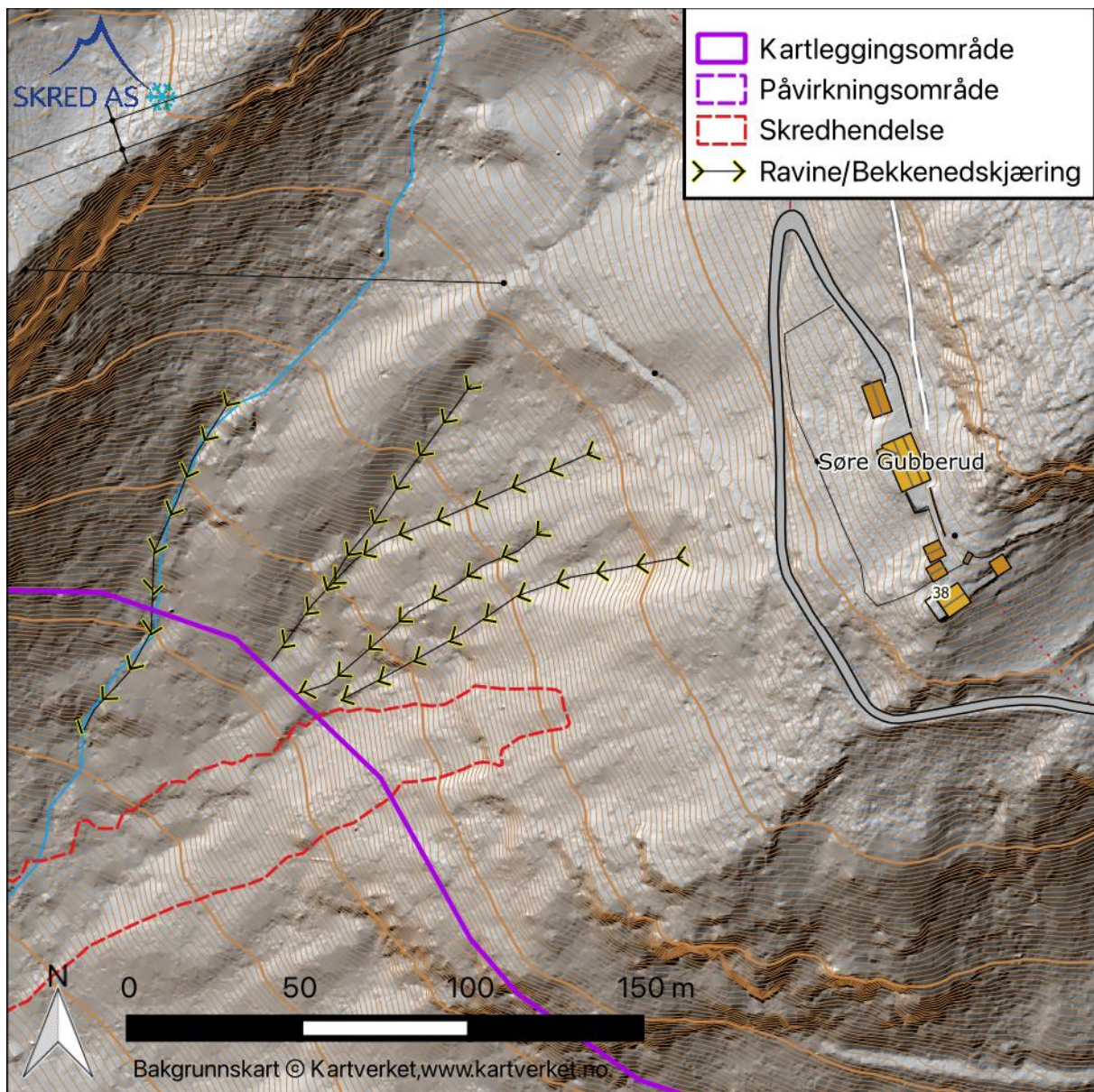
Figur 14: Avrenningsanalyse (DTM fra 2013) for skredets løснеområde og en adkomstveg.



Figur 15: Dronebilde av løснеområdet, trolig tatt 9. august. Utsnitt av figur fra (NGI, 2023).

3.4 Geologiske forhold

Terrenget i hele den øvre delen av skråningen mellom Spangrud boligfelt og Søre Gubberud er brattere enn ca. 25 grader og består i stor grad av løsmasser. I skyggekart basert på 2013-terrengmodell (Figur 16) er det ingen tydelige spor etter tidligere utglidninger der hvor skredet gikk. Det er imidlertid flere raviner i terrenget ca. 20-70 m nord for skredgropen. Disse ble først observert på befaring (Vedlegg A), og er senere også identifisert på skyggekart, selv om de er noe diffuse. Ravinene sammenfaller med hvor avrenningsanalysen viser at det vil drenerer mye vann (Figur 14). Som nevnt tror vi at vannet under dagens forhold vil følge veggrøfta langs adkomstvegen mot sør ned mot en stikkrenne. Avrenningsanalysen viser dermed det som trolig var situasjonen før adkomstvegen ble anlagt; at vannet da kanaliserte seg i 3-4 raviner nord for løsneområdet for skredet. Vil tolker at ravinene kan ha vært dannet over tid som følge av både erosjon og trolig også skredhendelser. **Ravinene gir derfor en indikasjon på at det ikke er første gangen det går skred i skråningen. Det er imidlertid ikke noen observasjoner som tilsier at skred har løsnet i akkurat det samme løsneområdet tidligere, men primært lenger mot nord i skråningen.**

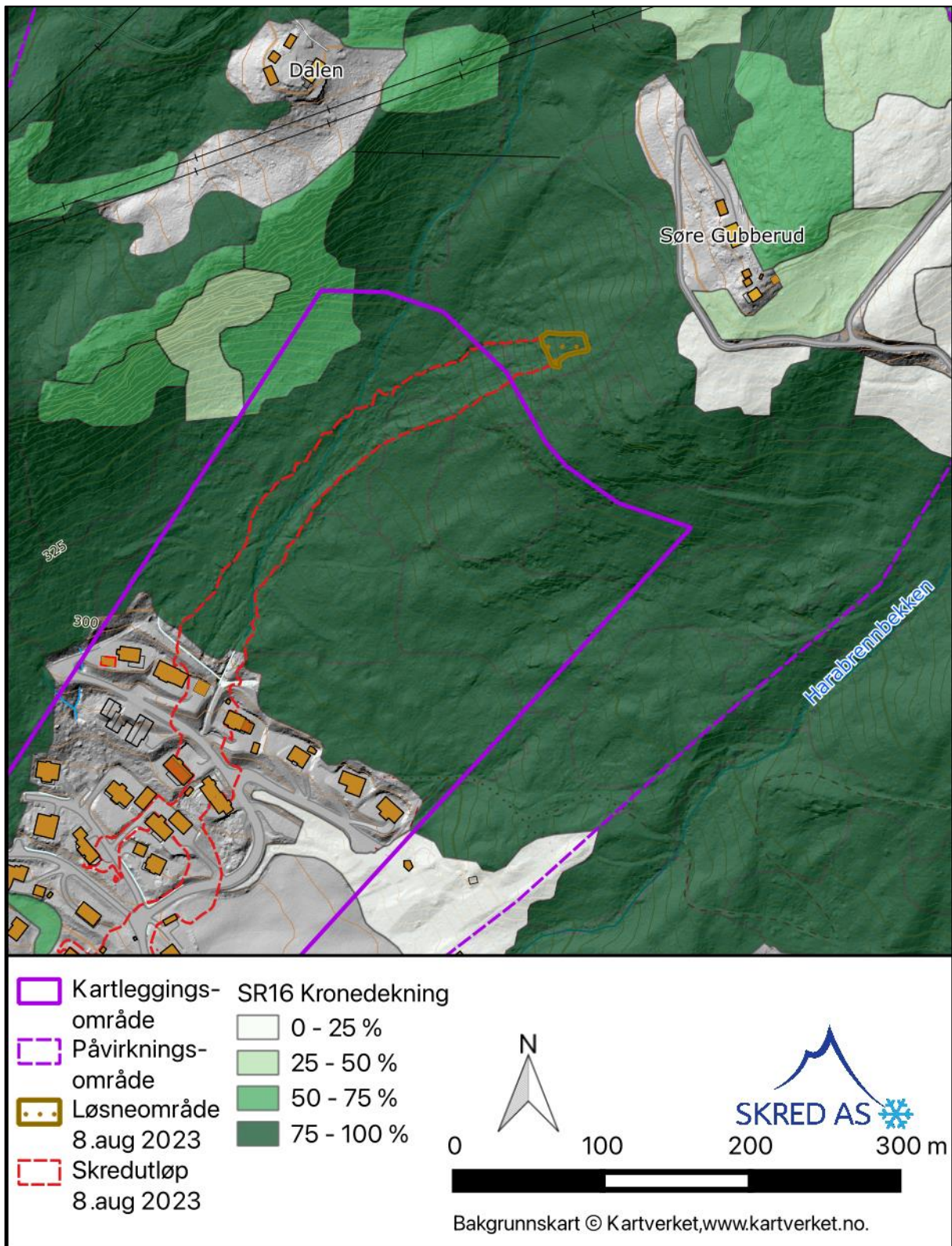


Figur 16: Skyggekart (DTM fra 2013) som viser raviner nord for skredløpet fra 8. august 2023.

3.5 Skog

Skredet gikk i et område hvor NIBIOs skogressurskart SR16 viser kronedekning på 99% (Figur 17), bestående av gran (NIBIO, 2023). Kartet er ikke oppdatert etter skredet og viser dermed skogforholdene før skredet løsnet. I Skred AS sin rapport fra 2017 ble det påpekt at skogen var en viktig forutsetning for faresonene i terrenget som er brattere enn 25-30 grader i skråningen over Spangrud boligfelt. Det har altså blitt lagt til grunn at skog har en betydelig stabiliserende effekt og at det i stor grad vil hindre utløsning av jordskred, noe som trolig var en ganske vanlig antakelse i bransjen på det tidspunktet. **Erfaringen fra både dette skredet, og en rekke andre skred som løsnet under Hans, viser at skog ikke hindrer utløsning av jordskred i så stor grad som tidligere antatt.** Analyser av jordskred under Hans fra både Nord-Aurdal (Skred AS, 2024a) og Ål kommune (Skred AS, 2024b) antyder imidlertid at

terrenghelningen må være brattere for at jordskred skal løsne i skogdekket terreng enn i terreng uten skog.



Figur 17: Kronedekning i terrenget hvor skredet gikk iht. NIBIOs SR16-datasett.

3.6 Utløpslengde

Omrisset av skredutløpet som vi har benyttet i inneværende rapport er tegnet av oss basert på de detaljerte dronebildene tatt rett etter skredet (Eggum AS, 2023). De skiller seg noe fra de ulike omrissene som fantes i NVE Atlas mens denne rapporten ble utarbeidet (NVE, 2024b). Vi klarer ikke å skille slam fra øvrige skredmasser basert på dronefotoene, og omrisset stemmer derfor ikke nødvendigvis med hvor vi ville vurdert at det var betydelig skadepotensiale iht. TEK 17 §7-3.

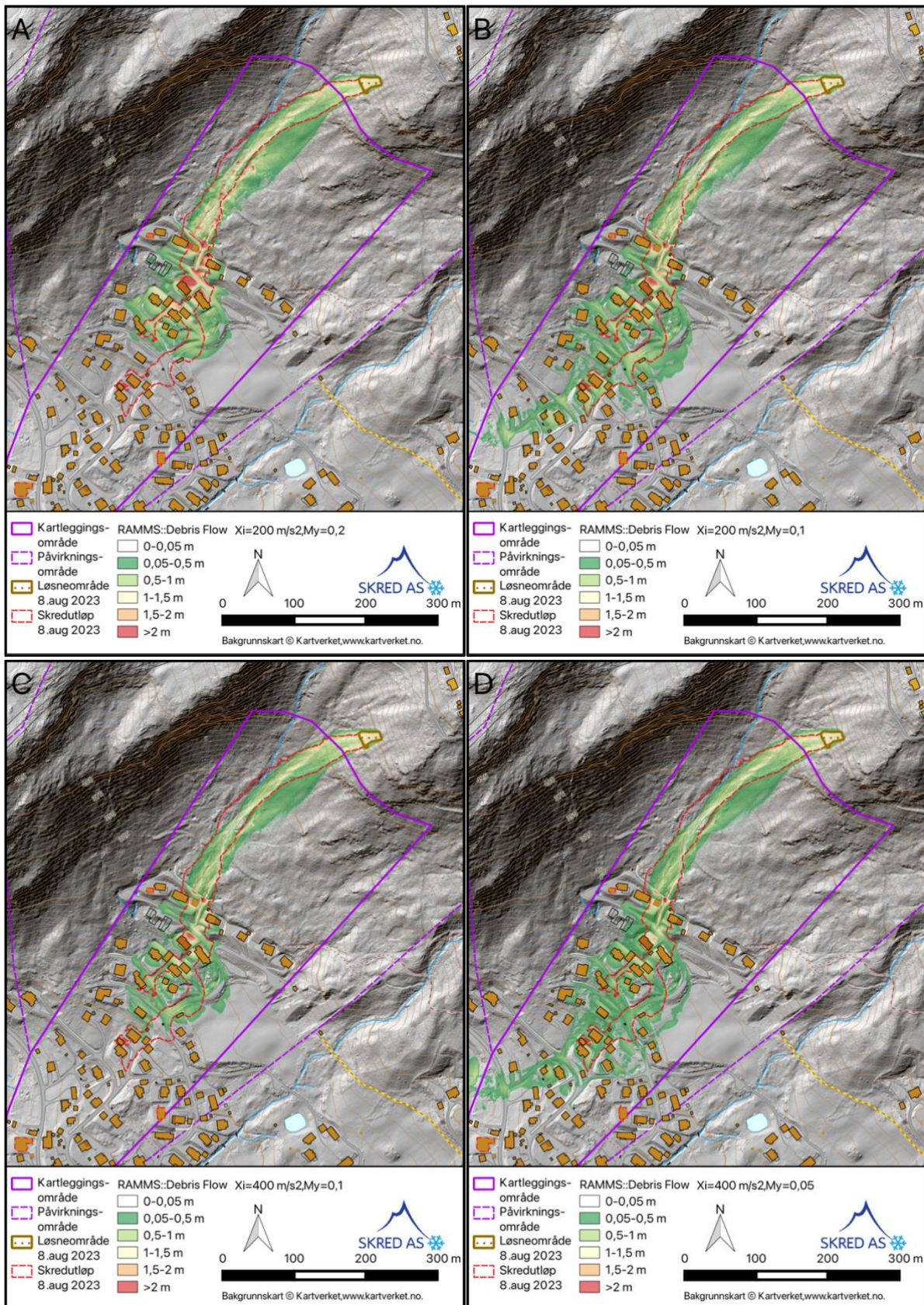
Vi har gjort etterregning av skredutløpet med RAMMS::Debris Flow versjon 1.8.1 (SLF WSL, 2022a). Terrengmodell fra NDH med 1 m oppløsning er benyttet. Denne baserer seg på laserscanning fra 2013 og representerer derfor terrenget slik det var før skredet. Løsneområdet er avgrenset fra den omtalte skrenten og oppover. Bruddkanthøyde er satt til 1 m, og standard parametere i RAMMS er i de fleste tilfeller benyttet. Det er også lagt inn erosjon iht. parametere gitt i (Skred AS, 2020a), med erosjon i terreng brattere enn ca. 10-20 grader. Det er lagt inn ekstra friksjonsområder for bygninger iht. (Skred AS, 2023). Merk at ingen av disse to FoU-arbeidene var tilgjengelige ved våre vurderinger i 2017. Vi har variert X_i -verdier fra 200-800 m/s² og M_y -verdier fra 0,05-0,2. Modellkjøring med $X_i=200-400$ m/s² og $M_y=0,1-0,2$ gir best overensstemmelse med det faktiske skredet. Ingen av modellkjøringene klarer fullt ut å gjenskape den sørligste loben med skredmasser, men i grove trekk gir likevel flere av resultatene ganske god overensstemmelse med flere ulike parametersett (Figur 18). **Modelleringene viser at man kan oppnå forholdsvis god overensstemmelse for skredutløpet ved hjelp av standard parametere i RAMMS og anbefalinger fra tidligere FOU-er.** Vi bemerker at modellkjøring B i Figur 18B ($X_i=200$ m/s² og $M_u=0,1$) tilsynelatende viser lenger utløp enn modellkjøring C i Figur 18C ($X_i=400$ m/s² og $M_u=0,1$) når man fremstiller kun flyte høyde. Dette skjer trolig pga. lavere hastighet i modellkjøring B, og dermed mer sig før simuleringen stoppes av lav bevegelsesenergi. **Dette illustrerer at også skredets hastighet må benyttes ved tolking av resultater fra RAMMS.**

I tillegg til overnevnte modellkjøringer, har vi modellert med det som ville vært vanlige parametere å bruke i 2017. Det var på det tidspunktet ikke vanlig praksis i bransjen å bruke erosjon i RAMMS::Debris Flow. Skredet er derfor modellert fra løsneområdet som spesifisert over, med friksjonsparametere satt til $X_i=200$ m/s² og $M_y=0,2$, og uten erosjon. **Resultatene (Figur 19) viser at skredutløpet da var ganske tilsvarende som faresonen med årlig sannsynlighet 1/5000.**

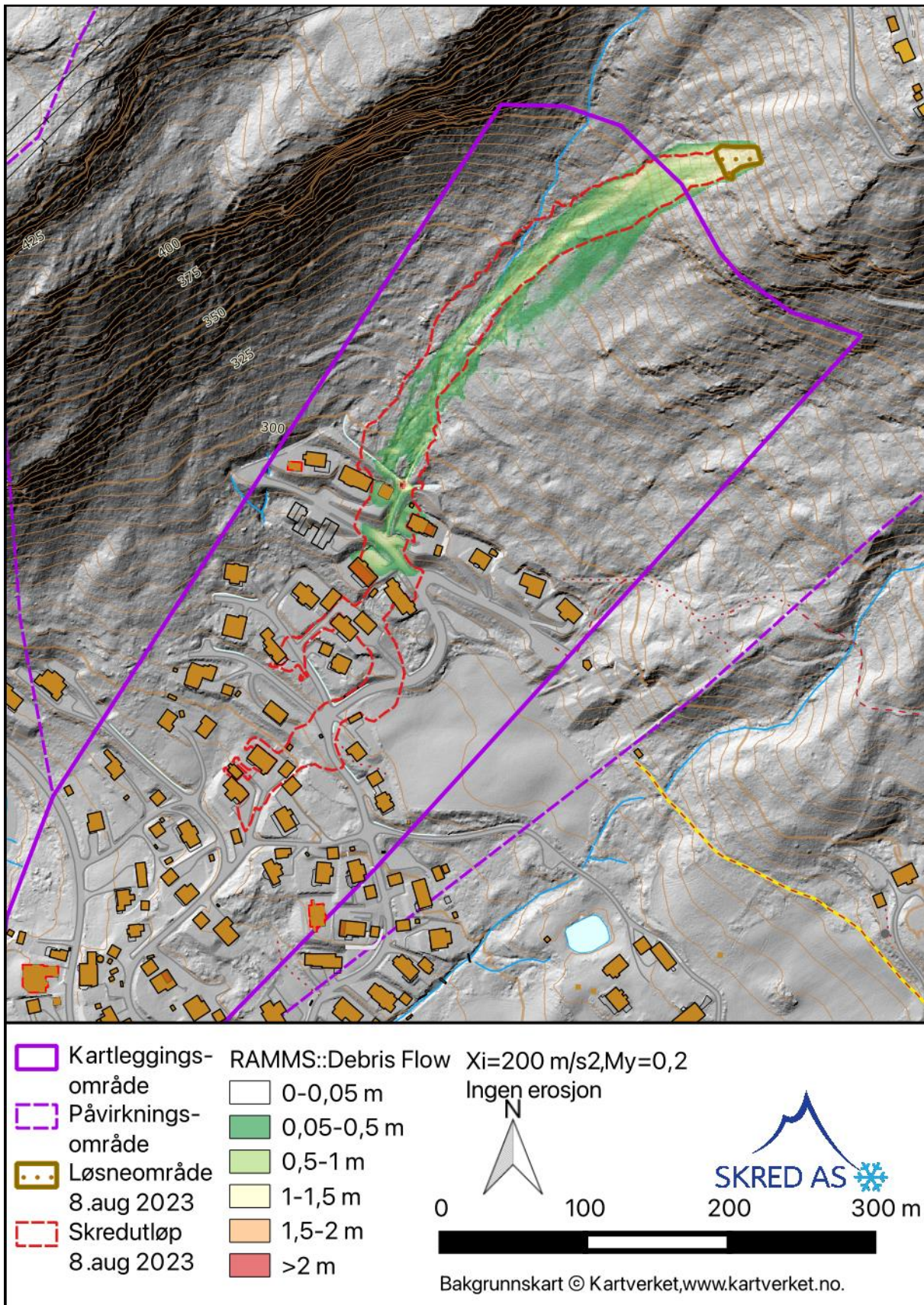
Vi har også gjort en beregning med samme terrengmodell som over, men hvor vi har definert et løsneområde som et belte langs den øvre delen av skråningen hvor det er løsmasser i tilstrekkelig bratt terreng. Samme parametere og inndata er benyttet som i modellkjøringene vist i Figur 18. Friksjonsparametere er satt til $X_i=200$ m/s² og $M_y=0,2$ og det er benyttet erosjon iht. FOU (Skred AS, 2020a). Som vist i Figur 20 gir også denne modellkjøringen en ganske grei overensstemmelse med skredutløpet fra 8. aug. 2023, selv om sideveis utbredelse er noe større. **Dette kan tyde på at modelleringer utført med løsneområder som dekker brede belter i skråningen også kan være nyttige for å estimere utløpslengder i utredning av skredfare, selv om resultatet ikke er veldig nøyaktig.**

Som NGI påpeker i sin UKS (vedlagt) viser vurderingshistorikken her at det har skjedd en læring knyttet til hvordan vi benytter modelleringer i skredfareutredninger.

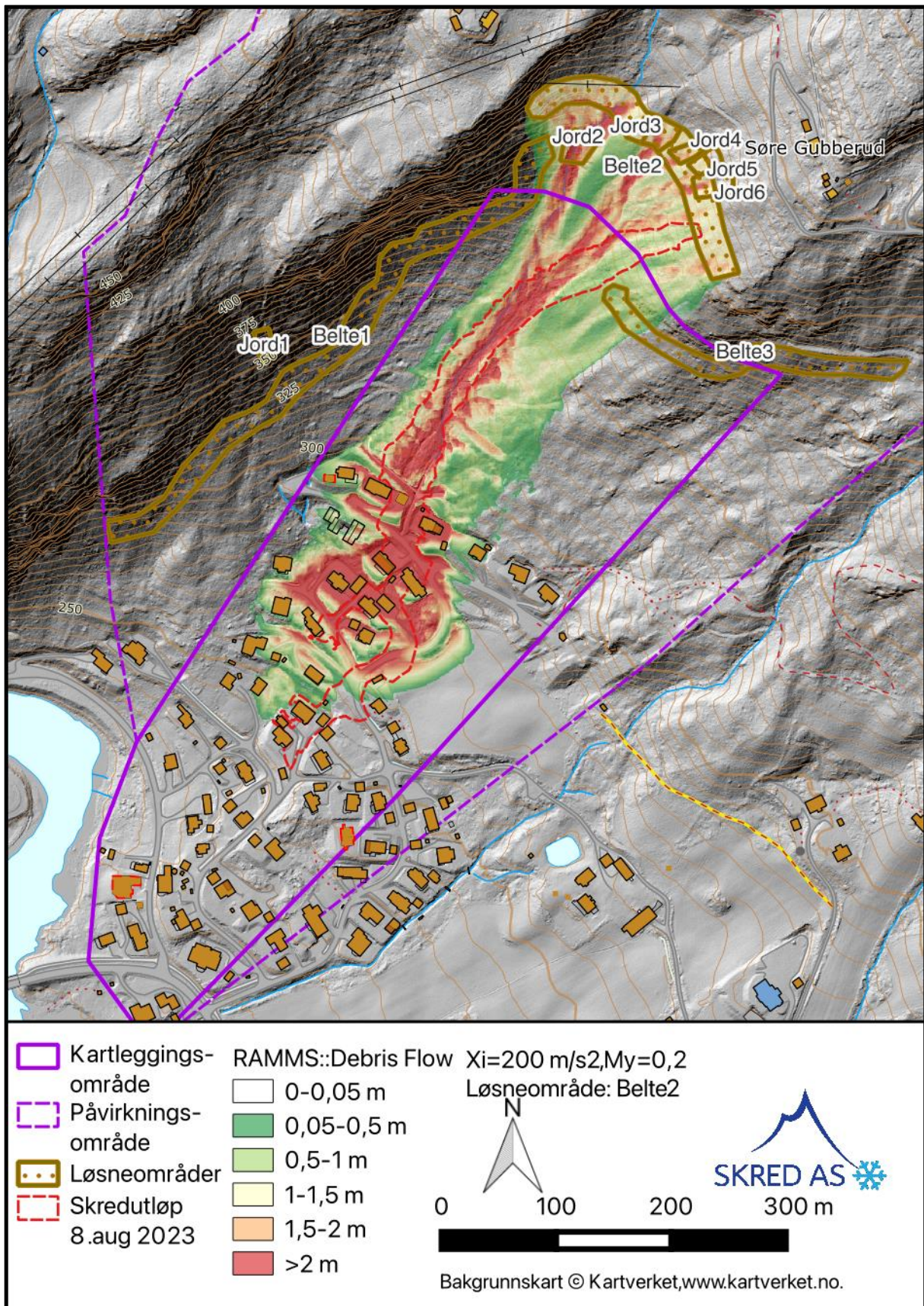
Læringspunktene som er fremhevet over kan bidra til bedre og mer presise modelleringer i fremtiden. **Samtidig viser skredhendelsen også at modelleringer på ingen måte er noen fasit, og at de også i fremtiden må benyttes med forsiktighet.** Vi må forvente at det også i fremtiden vil fremkomme ny læring som kan gjøre at det som i dag ansees som god praksis for modellkjøringer kan bli utdatert.



Figur 18: Etterregning av skredet 8. aug. 2023 i RAMMS::Debris Flow med ulike friksjonsparametere for ξ og μ . Alle modellkjøringene er med bruk av erosjon.



Figur 19: Modellering uten erosjon gir omtrent tilsvarende utløp som faresoner fra 2017.



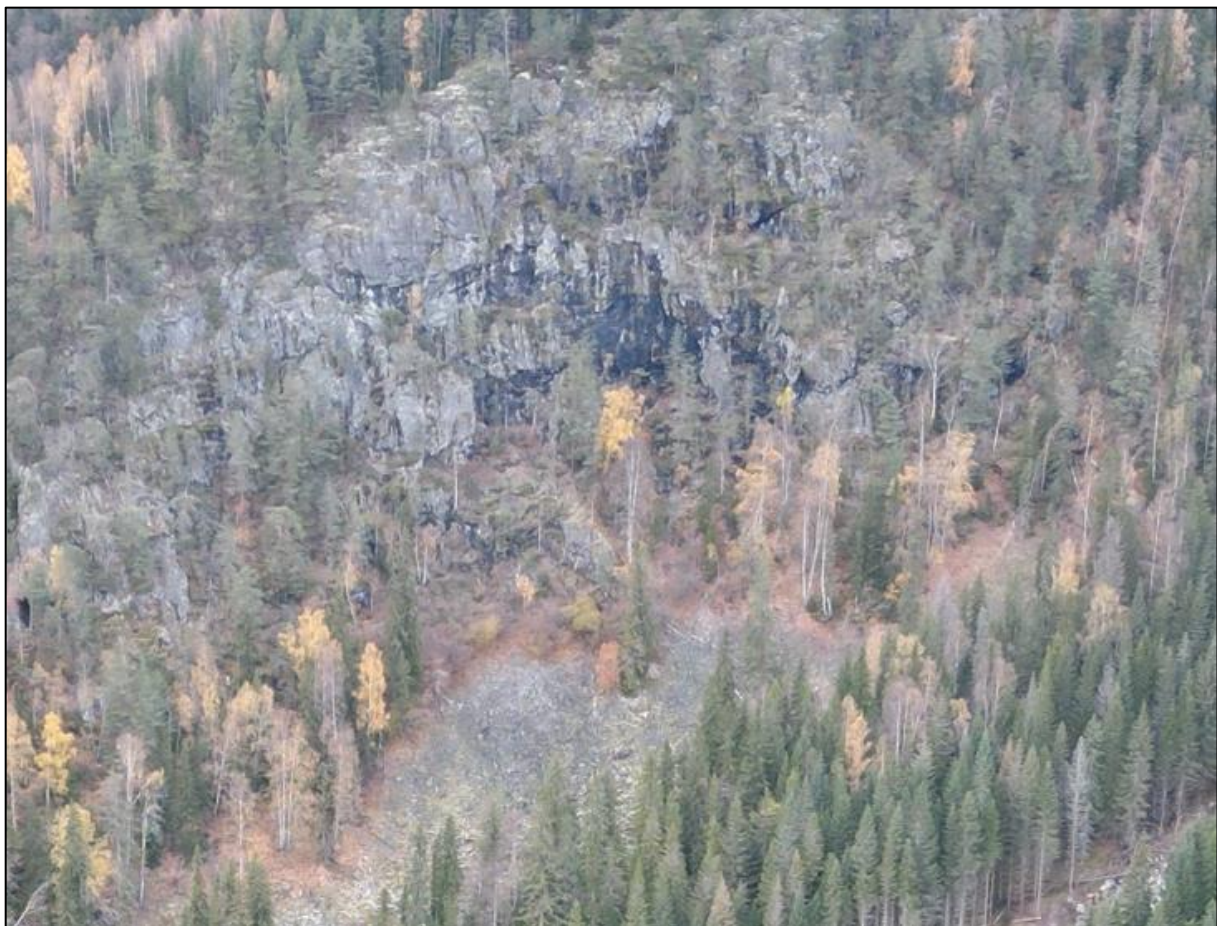
Figur 20: Modellering av et bredt løsneområde gir et visst samsvar med skredet 8. aug.

4 Skredfarevurdering

4.1 Steinsprang

Det er bratte skrenter over kartleggingsområdet i nordvest og i nordøst. Skrentene i nordvest har høyde på om lag 20-50 m. Berget fremstår moderat oppsprukket, med enkelte overhengende partier og tydelig avløste blokker (Figur 21). Det er en ur i underkant av skrentene som har en fordeling slik at største blokkene ligger lengst bort fra skrentene. Blokkene i uren fremstår i hovedsak som mindre enn 1 m³, men med enkelte større blokk, spesielt lengst ned i uren. Vi vurderer at løsnestannsynligheten for steinsprang i skrentene i nordvest er større enn 1/100.

Skrentene i nordøst er betydelig lavere, stort sett lavere enn 10 m (Figur 22). Her er berget forholdsvis massivt, men det er likevel enkelte sprekkeavgrensede blokker. Det er også observert en lokal, grov ur nordøst for kartleggingsområdet, men mesteparten av terrenget har lite steinsprangavsetninger. Blokker i skrenter og terrenget varierer i blokkstørrelse opptil noe få m³. I skrentene nordøst for kartleggingsområdet vurderer vi at løsnestannsynligheten er større enn 1/1000, men mindre enn 1/100.



Figur 21: Skrenten nordvest for kartleggingsområdet og uren i underkant av dem.



Figur 22: Skrent nordøst for kartleggingsområdet.

Vi har gjort modelleringer av steinsprang i RockyFor3D (Dorren, 2016) med 2 m terrengmodell fra 2023 og «rapid automatic simulation», hvor programmet velger løsneceller og terrengparametere. Ved 2 m oppløsning blir alt terreng brattere enn 52,4 grader satt som løsneområder. Vi har kjørt 100 simuleringer for hver løsnecelle uten variasjon i blokkvolum. Blokkene er rektangulære med like akser på hhv. 0,5 m, 1 m og 2 m som gir blokkstørrelse 0,125 m³, 1 m³ og 8 m³. Resultatene fra simulering med blokkstørrelse 1 m³ er vist i Vedlegg D og er mest vektlagt ved tegning av faresoner for steinsprang fordi de stemmer greit med observerte blokkstørrelser. Det er ikke lagt inn skog eller sikringsnett i modellkjøringen. Vi har også brukt verktøyet ELine (May and Dorren, 2019) for å beregne arealer som har siktevinkel større enn 30 grader og 35 grader fra løsneområder brattere enn 52,4 grader. Dette gir en grov indikasjon på hvor man kan forvente utløp av steinsprang, og er også vist i Vedlegg D. Modellkjøringene i RockyFor3D og ELine indikerer at steinsprang kan nå inn i den nordvestlige delen av kartleggingsområdet fra overliggende skrenter. Også i nordøst er det noen mindre skrenter, hvor modelleringene viser utløp noe inn i kartleggingsområdet. Modelleringsresultatene ansees å være noe konservative, og spesielt i nordøst har vi lagt vekt på at det er observert veldig lite avsetninger etter steinsprang.

Vi vurderer at den årlige sannsynligheten for steinsprang er større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000 i den nordvestlige delen av kartleggingsområdet. I den nordøstlige delen av kartleggingsområdet vurderer vi at sannsynligheten er større enn 1/1000 og 1/5000, men mindre enn 1/100.

Selv om skog i teorien kan påvirke utløp av steinsprang ved blokkstørrelser inntil 2 m³, så vurderer vi at skogen i praksis har begrenset betydning for både utløsning og utløp av steinsprang. Under løснеområdene i nordvest er det primært ur uten skog. I nordøst er kronedekningen høy, men terrenghelningen i seg selv gjør at steinsprang vil stoppe relativt kort fra skrentene. Selv om skogen i teorien vil kunne redusere utløpslengden noe, så vurderer vi at det i praksis vil være liten forskjell i utbredelsen av faresoner her. *Det vil altså ikke være noen endring i faresoner for en situasjon med og uten produktiv skog.*

4.2 Steinskred

Det er ikke observert tegn på oppsprekking i skrentene som tilsier at større bergpartier kan falle ut. Det er heller ikke sett spor etter baksprekker eller lignende i skyggekart og ortofoto. InSAR-data viser ingen bevegelse av betydning. Vi vurderer at det som vil forekomme av skred fra fast fjell vil være godt nok dekket av vurderingene for steinsprang.

Vi vurderer at den årlige sannsynligheten for steinskred i kartleggingsområdet er mindre enn 1/5000. Skogen har ingen betydning for vurderingen.

4.3 Snøskred

I dagens situasjon er det få aktuelle løснеområder i skråningen, da det meste er dekket med skog (Tabell 4). Det er kun i en ur nordvest for kartleggingsområdet (løснеområdene Sno6 og deler av Sno7), samt i det åpne skredsåret (Sno11) at det er mulig å få utløst snøskred under dagens skogforhold. I uren vurderer vi at løśnieområdets plassering relativt langt nede i skråningen, samt den store ruheten i uren vil hindre utløsning i mange tilfeller. Det kan imidlertid ikke utelukkes sjeldne skred. I skredsåret vil det trolig kunne gå små snøskred noe hyppigere, men omkringliggende skog vil begrense snødrift og dermed redusere løsnesannsynligheten. Vi vurderer at løsnesannsynligheten er større enn 1/5000, men mindre enn 1/1000 for løśnieområde Sno6 og deler av Sno7, og at den er større enn 1/100 for små skred fra Sno11.

For en situasjon uten produktiv skog blir alle løśnieområdene aktuelle (Tabell 4). Snødrift forventes også å øke, slik at alle løøgneområdene vil ha løsnesannsynlighet større enn 1/100.

Tabell 4: Løøgneområder for snøskred.

Navn	Beskrivelse	Areal (m ²)	Effekt av skog
Sno1	Egnet terrenghelning. Noe ruhet. Le for NV.	3924	Hindrer utløsning. Ikke produktiv skog.
Sno2	Noe bratt terrenghelning. Betydelig ruhet. Le for NV.	1967	Hindrer utløsning. Ikke produktiv skog.
Sno3	Noe bratt terrenghelning. Betydelig ruhet. Le for NV.	1007	Hindrer utløsning
Sno4	Egnet terrenghelning. Noe ruhet. Le for NV.	2783	Hindrer utløsning

Navn	Beskrivelse	Areal (m ²)	Effekt av skog
Sno5	Egnet terrenghelning. Noe ruhet. Le for NV.	3408	Hindrer utløsning
Sno6	Egnet terrenghelning. Betydelig ruhet (ur). Le for NV.	3660	Ingen skog
Sno7	Egnet terrenghelning. Betydelig ruhet (ur). Le for NV.	4736	Hindrer stedvis utløsning
Sno8	Egnet terrenghelning. Noe ruhet. Le for NV.	3949	Hindrer utløsning
Sno9	Egnet terrenghelning. Lav ruhet. Le for NØ.	6275	Hindrer utløsning
Sno10	Egnet terrenghelning. Lav ruhet. Le for NØ.	4318	Hindrer utløsning
Sno11	Egnet terrenghelning. Lav ruhet. Le for NØ. I skredsår.	784	Ingen skog
Sno12	Egnet terrenghelning. Noe ruhet. Le for N.	1859	Hindrer utløsning
Sno13	Egnet terrenghelning. Noe ruhet. Le for N.	2920	Hindrer utløsning
Sno14	Egnet terrenghelning. Noe ruhet. Le for N.	3920	Hindrer utløsning

Som et verktøy for å vurdere utløpslengde har vi benyttet den dynamiske modellen RAMMS::Avalanche, versjon 1.8.1 (SLF WSL, 2022b). Modellering er utført med terrengmodell fra 2023 (etter ekstremværet Hans), endret til 2 m oppløsning. For å definere bruddkanthøyder er det tatt utgangspunkt i 3 døgns snø fra klimaanalysen. Det er lagt til 25 % snø fra snødrift, samt korrigert for terrenghelning (Tabell 5). Ettersom de fleste av løснеområdene er mindre enn 5000 m² er størrelse satt til Tiny for 100-års og 1000-års scenario, men for 5000-års scenario er den satt til Small. Gjentakintervall er satt til 100 år for 100-års scenario, og 300 år for 1000-års og 5000-års scenario. Medrivning av snø forventes å være forholdsvis begrenset og er ikke direkte tatt hensyn til i modelleringene. Høydeveridier er tilpasset norske forhold, som angitt i RAMMS-manualen, og er satt til 1000 moh. og 500 moh. Modelleringene er utført uten å ta hensyn til skog. For øvrig er standard parametere i RAMMS::Avalanche benyttet. For en situasjon uten skog hvor alle løснеområdene er aktuelle er det kjørt simulering av alle løснеområdene samtidig. Dette gir noe interaksjon mellom skredmasser i de ulike skredbanene, og resultatene er dermed kanskje noe konservative. Dette er tatt hensyn til i tolking av resultatene.

På tross av at veilederen sier at statistiske/empiriske modeller også bør brukes, så har vi valgt å ikke gjøre beregninger av Alfa-Beta for de aktuelle løснеområdene, da høydeforskjellen og skredbanen gjør at dette verktøyet trolig er lite representativt.

Tabell 5: Bruddkanthøyder som er benyttet i modelleringer (*avrundet).

Scenario	3 døgns nysnø*	Tillegg for snødrift (+25 %)	Snøhøyde flatmark	Bruddkanthøyde ved ca. 40° helning*
100 år	59 cm	+14,75 cm	73,75 cm	55 cm
1000 år	76 cm	+19 cm	95 cm	70 cm
5000 år	88 cm	+22 cm	110 cm	85 cm

For dagens forhold viser modelleringene at snøskred fra Sno6 og Sno7 vil stoppe i bebyggelsen med lave bruddkanthøyder (55 cm), mens den ved høyere bruddkanthøyder (70-85 cm) kan nå så vidt til bebyggelsen. Fra Sno11 vil skred med alle bruddkanthøyder i stor grad stoppe før de når bebyggelsen. Vi anser modellkjøringene å være konservative for

et reelt scenario med dagens skogforhold, blant annet på grunn av begrenset snødrift, skog i deler av løснеområde Sno7 og skogens bremsende effekt nedover skråningen. Vi vurderer at faresoner vil ha mindre utstrekning enn modellkjøringene antyder, spesielt fra Sno6-7.

Under dagens skogforhold, vurderer vi at den årlige sannsynligheten for snøskred i kartleggingsområdet er større enn 1/5000, men mindre enn 1/1000 nordvest i kartleggingsområdet (Sno6-7) og større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000 i skredsåret nord i kartleggingsområdet (Sno11).

For en situasjon uten produktiv skog viser samlede modelleringer av snøskred med bruddkanthøyde 55 cm stedvis vil gi utløp til den nordligste og vestligste bebyggelsen. Med bruddkanthøyde 70 cm får skredene utløp til mer av bebyggelsen og stedvis ned mot husrekke nr. 2 fra nord. Med bruddkanthøyde 85 cm går snøskred i modelleringene betydelig inn i bebyggelsen. Modelleringene ansees å være konservative siden de er kjørt med flere skred samtidig, noe som trolig ikke er realistisk i det aktuelle scenarioet. Vi har derfor tolket modelleringene i lys av dette, og også sett dem i sammenheng med modelleringer av enkeltløp for Sno6-7 og Sno11. I grove trekk ansees likevel modellresultatene for å være realistiske og er tillagt en del vekt. Faresonene er i stor grad basert på modelleringene, men det er også brukt faglig skjønn.

For en situasjon uten produktiv skog, vurderer vi at den årlige sannsynligheten for snøskred i kartleggingsområdet stedvis er større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000.

Vi bemerker at skogen i løснеområdene Sno1-2 ikke er produktiv, og vi har derfor forutsatt at denne skogen også forblir der selv i en situasjon uten produktiv skog. Det er derfor ikke tegnet faresoner for snøskred under disse løснеområdene i en situasjon uten produktiv skog. Dersom all skog i skråningen (også uproduktiv skog) forsvinner antyder modelleringene at det også her kunne oppstått snøskredfare inn i kartleggingsområdet.

4.4 Jordskred og flomskred

Prosessene som foregår i området kan oppstå primært som jordskred, men kan også utvikle seg til flomskred. Det er en såpass glidende overgang mellom jordskred og flomskred i dette området at vi anser det som lite hensiktsmessig å se på disse skredtypene isolert fra hverandre. Skredhendelsen under Hans er et eksempel på dette. I dette kapittelet har vi tatt hensyn både til rene jordskred, jordskred som kan utvikle seg til flomskred og mer rene flomskred langs bekkeløp. Skredene omtales primært som jordskred i den videre teksten selv om de i praksis kan være nærmere flomskred i noen tilfeller.

Det er en rekke aktuelle løснеområder i skråningene over kartleggingsområdet (Tabell 6). De meste aktuelle er merket av som individuelle løснеområder (Jord1-7) i tabellen og i Vedlegg C. I prinsippet kan det likevel løsne jordskred nesten hvor som helst i terrenget, ettersom det er bratt og løsmassedekket, og det er derfor tegnet løснеområder som belter også. Det forventes ikke at beltene løsner som helhet, men at mindre deler av disse kan løsne som enkeltskred. Under dagens skogforhold vurderer vi at løsnesannsynligheten er større enn 1/100 langs de mest markerte dreisløpene (Jord1 og 2), samt rett over løснеområdet til

skredet som gikk under Hans. Videre vurderer vi at løsneseansynligheten er større enn 1/1000, men mindre enn 1/100 langs øvrige individuelle løsneområder (Jord3-7). I flere av disse har trolig løsneseansynligheten vært større historisk sett, men som følge av endret avrenningsmønster oppstrøms vurderer vi at løsneseansynligheten nå er redusert. Vi vurderer løsneseansynligheten som større enn 1/5000, men mindre enn 1/1000 for jordskred i de bratte delene av terrenget for øvrig (Belte1-3). I en situasjon uten produktiv skog vurderer vi at løsneseansynligheten vil øke for alle løsneområdene.

Tabell 6: Løsneområder for jordskred.

Navn	Kommentar	Areal (m ²)	Helning (grader)	Skog	Løsneseansynlighet dagens skog	Løsneseansynlighet uten skog
Jord1	Potensiale for jord- og flomskred nær bekkeløp i bratt terreng.	357	37,7	Tett skog	>1/100	>1/100
Jord2	Potensiale for jord- og flomskred nær bekkeløp i bratt terreng.	654	31,5	Tett skog	>1/100	>1/100
Jord3	Ravinert løsmasseterreng med noe spor etter drenering.	579	29,0	Tett skog	>1/1000	>1/100
Jord4	Ravinert løsmasseterreng med noe spor etter drenering.	391	27,4	Tett skog	>1/1000	>1/100
Jord5	Ravinert løsmasseterreng med noe spor etter drenering.	404	30,6	Tett skog	>1/1000	>1/100
Jord6	Ravinert løsmasseterreng med noe spor etter drenering.	755	35,2	Tett skog	>1/1000	>1/100
Jord7	Potensiale for jord- og flomskred nær bekkeløp i bratt terreng. Grove masser.	512	32,1	Tett skog	>1/1000	>1/100
Jord 8	Potensiale for jord- og flomskred over skredgropen fra Hans-skredet.	340	31,9	Tett skog	>1/100	>1/100
Belte1	Bratt terreng med løsmasser (stedvis finkornet ur), begrenset drenering.	10632	33,0	Åpen i ur	>1/5000	>1/1000
Belte2	Bratt terreng med løsmasser, stedvis betydelig drenering.	7090	30,5	Tett skog	>1/5000	>1/1000
Belte3	Bratt terreng med løsmasser, begrenset drenering.	4591	33,9	Tett skog	>1/5000	>1/1000

Som et verktøy for å vurdere utløpslengde har vi benyttet den dynamiske modellen RAMMS::Debris Flow, versjon 1.8.1 (SLF WSL, 2022b). Terrengmodell fra 2023 med 2 m oppløsning er benyttet. Bruddkanthøyde er satt til 1 m med blokksimulering, og standard parametere er i de fleste tilfeller benyttet. Det er også lagt inn erosjon iht. parametere gitt i (Skred AS, 2020) med erosjon i terreng brattere enn ca. 10-20 grader. Det er lagt inn ekstra friksjonsområder for bygninger iht. (Skred AS, 2023). Vi har variert Xi-verdier fra 200-400 m/s² og My-verdier fra 0,1-0,2, jmf. etterregning av skredet som gikk under ekstremværet Hans (kap. 3.6). Det er gjort modelleringer med individuelle løsneområder hvor hvert enkelt skredløp er simulert hver for seg. I tillegg er det gjort beregninger av belte-løsneområder samlet. Her forventes resultatene å være konservative, siden skredvolumet i simuleringen er betydelig større enn volumet fra enkeltskred.

Modelleringene av enkeltskred (Jord1-7) med friksjonsparametere $X_i=200 \text{ m/s}^2$ og $M_y=0,2$ gir utløp så vidt til den øverste bebyggelsen i boligfeltet. Med friksjonsparametere $X_i=400 \text{ m/s}^2$ og $M_y=0,1$ går skred noe lenger inn i kartleggingsområdet, men noe kortere enn skredet som gikk under ekstremværet Hans. Modellering med samlede løsneområder (Belte1-3) og friksjonsparametere $X_i=200 \text{ m/s}^2$ og $M_y=0,2$ gir omtrent tilsvarende utløp; noe inn i bebyggelsen. Ved kjøring av Belte1-3 og friksjonsparametere $X_i=400 \text{ m/s}^2$ og $M_y=0,1$ blir det skredutløp betydelig inn bebyggelsen i kartleggingsområdet, lenger enn skredet som gikk under Hans.

Det er tidligere bemerket at det var observert flomskredavsetninger i kartleggingsområdet (NGI, 2001). Vi har i tillegg på befaring observert en mindre avsetning etter flomskred over den vestlige delen av kartleggingsområdet, under løsneområde Jord1.

Jordskred med årlig sannsynlighet større enn 1/100 er kun aktuelle fra noen løsneområder (Jord1, 2 og 8). Vi vurderer at slike skred kan nå ned tett på, men ikke inn i bebyggelsen. Mange av skredene med årlig sannsynlighet større enn 1/1000, men mindre enn 1/100 (Jord2-6 og 8) vil i stor grad kanaliseres inn i samme løp som skredet under Hans, men vurderes å ha kortere utløp enn Hans-skredet, blant annet fordi det er mindre masser tilgjengelig for erosjon i skråningen. Jordskred fra to bekkeløp lenger vest (Jord1) og øst (Jord7) kan også nå inn i kartleggingsområdet og bebyggelsen, men det østligste vurderes å ha relativt begrenset utløp. Jordskred med årlig sannsynlighet større enn 1/5000, men mindre enn 1/1000 vurderes å kunne løsne fra svært mange bratte partier i skråningen og vil også kunne nå hele de øvre delene av kartleggingsområdet. Slike skred fra de mest aktuelle løsneområdene sentralt over området (Jord2-6 og 8) vurderes å kunne få lange utløp, enda lenger enn skredet som gikk under Hans.

For dagens skogforhold vurderer vi at den årlige sannsynligheten for jordskred i kartleggingsområdet stedvis er større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000. For en situasjon uten skog vurderer vi at løsnesannsynligheten for jordskred øker betydelig i de fleste av løsneområdene. Dette medfører også en betydelig økning av faresonene og vi vurderer at det kan gå store skred som kan nå store deler av bebyggelsen også med årlig sannsynlighet større enn 1/100 og 1/1000.

4.5 Sørpeskred

Mesteparten av terrenget er relativt lite egnet for utløsning av sørpeskred. Langs noen bekker vest, nord og øst for kartleggingsområdet kan det imidlertid ikke utelukkes at sørpeskred kan oppstå (Sorpe1-3, Tabell 7). Løsneområdene er til en viss grad beregningsteknisk inntegnet i registreringskartet, og det ansees at sørpeskred reelt sett trolig vil løsne noe høyere oppstrøms. Ved dagens skogforhold vurderes utløsning av sørpeskred som relativt lite sannsynlig, med årlig sannsynlighet større enn 1/5000, men mindre enn 1/1000. I en situasjon uten produktiv skog øker sannsynligheten for utløsning og er større enn 1/1000, men mindre enn 1/100.

Tabell 7: Løsneområder for sørpeskred.

Navn	Kommentar	Areal (m ²)	Skog	Løsnessannsynlighet dagens skog	Løsnessannsynlighet uten skog
Sorpe1	Forsenkning med sporadisk drenering. Slakt område oppstrøms for med mulighet for ansamling av vann i snøen.	576	Tett skog	>1/5000	>1/1000
Sorpe2	Bekkeløp. Slakt område oppstrøms for med mulighet for ansamling av vann i snøen. Et sideløp mot sør kan kanskje også gi sørpeskred i samme løpet lenger nedstrøms.	507	Tett skog	>1/5000	>1/1000
Sorpe3	Forsenkning med sporadisk drenering. Slakt område oppstrøms for med mulighet for ansamling av vann i snøen.	550	Tett skog	>1/5000	>1/1000

Som et verktøy for å vurdere utløpslengde har vi benyttet den dynamiske modellen RAMMS::Debris Flow, versjon 1.8.1 (SLF WSL, 2022b). Terrengmodell fra 2023 med 2 m oppløsning er benyttet. Bruddkanthøyde er satt til 1 m med blokksimulering, og tetthet til 1000 kg/m³. Det er gjort modelleringer både med og uten erosjon. Erosjon er angitt iht. parametere i (Skred AS, 2021) med erosjon i terreng brattere enn ca. 10 grader. Vi har brukt Xi-verdier på 2000 m/s² (uten erosjon) og 3000 m/s² (med erosjon), samt My-verdi på 0,08, jmf. nevnte FOU. Det er også lagt inn ekstra friksjonsområder for bygninger i alle modellkjøringene iht. (Skred AS, 2023). Det er gjort modelleringer med individuelle løsneområder hvor hvert enkelt skredløp er simulert hver for seg. Modelleringene uten erosjon viser utløp inn den øvre delene av bebyggelsen der hvor skredløpene kommer inn i kartleggingsområdet. Modelleringer med erosjon viser betydelig lenger utløp som går gjennom mye av bebyggelsen ned til elva Begna. Modelleringene ansees som noe konservative, men er likevel vektlagt en del i fastsetting av faresonene ettersom det er stor usikkerhet knyttet til hvordan et eventuelt stort sørpeskred vil bevege seg gjennom skogen og inne i bebyggelsen.

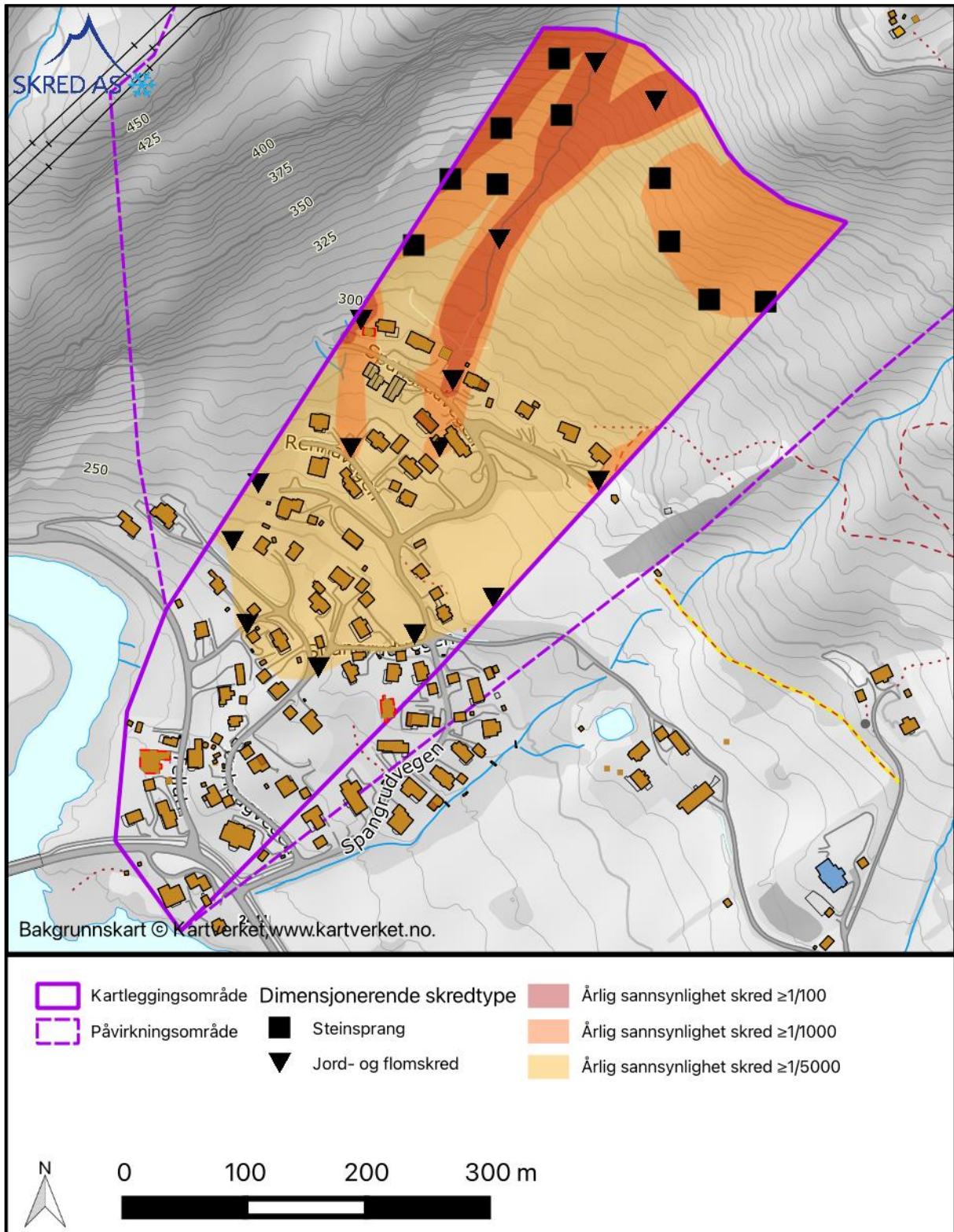
For dagens skogforhold vurderer vi at den årlige sannsynligheten for sørpeskred er større enn 1/5000, men mindre enn 1/1000 for deler av kartleggingsområdet. For en situasjon uten produktiv skog vurderer vi at den årlige sannsynligheten for sørpeskred er større enn 1/1000 og 1/5000, men mindre enn 1/100 for større deler av kartleggingsområdet.

4.6 Samlet skredfare

Vi vurderer at den samlede skredfaren er større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000 for deler av kartleggingsområdet. Dimensjonerende skredtype er for det meste jord- og flomskred, og det er primært denne skredtypen som vurderes å kunne nå bebyggelsen. Likevel vurderes det at både steinsprang, snøskred og sørpeskred også kan være aktuelt under dagens skogforhold.

For en situasjon uten produktiv skog øker skredfaren betydelig, både for jord- og flomskred, for snøskred og for sørpeskred. I en slik situasjon vurderer vi at skredfaren er større enn

1/100, 1/1000 og 1/5000 for betydelige deler av kartleggingsområdet, også mye av den eksisterende bebyggelsen.



Figur 23: Kart som viser samlet skredfare og hvilke skredtyper som er dimensjonerende for de ulike delene av kartleggingsområdet.

4.7 Skog med betydning for skredfare

Vi vurderer at det er skog som har betydning for faresonene i store deler av skråningen over kartleggingsområdet. I praksis har mesteparten av skogen som er ligger i terreng brattere enn ca. 25 grader betydning for utløsning av snøskred og/eller jordskred. Langs enkelte bekkeløp har også skog i slakere terreng betydning for utløsning av sørpeskred. I underkant av uren over den nordvestlige delen av kartleggingsområdet vurderer vi også at skogen har en viss betydning for utløpet av snøskred. Skog med betydning for faresonene er vist i Vedlegg F.

4.8 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

NGIs vurdering (NGI, 2001) tegnet ingen faresoner for skred, og det er derfor ikke mulig å direkte sammenligne den vurderingen med faresonene som er tegnet nå.

Vår vurdering av skredfare medfører betydelig lenger utløp, primært for jord- og flomskred enn den tidligere vurderingen fra Skred AS (Skred AS, 2017). En betydelig del av avviket skyldes naturligvis skredet som skjedde under Hans som viste at det er mulig å få store skred med løснеområder i områder med tett skog, og langt utløp her. Men en del av avviket skyldes trolig også mer tilgjengelig grunnlagsmateriale og mer presise metoder knyttet til f.eks. utløpsmodellering mer erosjon. Tidligere antakelser om at skogen hindrer utløsning av jordskred har stor betydning for avviket mellom tidligere og nåværende faresoner.

Vi har også stedvis tegnet mindre konservative faresoner enn det som ble gjort i 2017. Dette gjelder primært steinsprang i den nordøstlige delen av området. Der har vi nå bedre observasjoner fra felt enn det som ble gjort den gang, og i lys av dette har nedjustert skredfare. For jordskred/flomskred er det gjort mindre justeringer i lys av mer grundige modelleringer.

De tidligere vurderingene har basert seg på dagens skogsituasjon, og faresonene som er tegnet uten produktiv skog er derfor ikke sammenlignbare.

4.9 Stedsspesifikk usikkerhet

Det er alltid en rekke usikkerheter knyttet til skredfareutredninger, slik de tidligere utredningene i dette området illustrerer. Slike generelle usikkerhet kan være knyttet til tema omtalt i analysen av skredhendelsen som meteorologiske forhold (herunder også klimaendringer), endringer og usikkerheter knyttet til hydrologiske forhold, skog og usikkerhet knyttet til effekten av skog og modelleringer. Det kan også være andre mer konkrete usikkerheter et gitt sted. Utredningen er i lys av skredhistorikken gjort ganske grundig, og vi vurderer at det ikke er noen vesentlige usikkerhetsmomenter utover det vanlige i gjeldende utredning.

Usikkerheten er generelt sett vurdert som høyere for faresoner med årlig sannsynlighet større enn 1/5000, da disse både representerer lite sannsynlige hendelser, og i noen tilfeller kombinasjoner av flere relativt lite sannsynlige hendelser.

5 Konklusjon

Skred AS har utført en vurdering av Spangrud boligfelt i Bagn, Sør-Aurdal kommune, samt en analyse av skredhendelsen som gikk der under ekstremværet Hans i august 2023.

Analyse av skredhendelsen viser blant annet at nedbøren som utløste skredet trolig har returperiode på om lag 1000-2000 år. I tillegg har trolig vann fra en adkomstveg økt avrenningen inn i løsneområdet. Både denne og andre skredhendelser under Hans viser tydelig at jordskred også kan løsne i terreng med tett skog der hvor det er bratt nok. Utløpet av skredet kan gjenskapes relativt godt ved bruk av RAMMS::Debris Flow med parametere anbefalt i FOU-er som er utgitt de siste årene.

Utredningen av skredfare viser at den årlige sannsynligheten for skred i kartleggingsområdet er større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000. Jord- og flomskred er skredtypen som i størst grad utgjør skredfare, men stedvis er steinsprang, snøskred og sørpeskred også aktuelle skredtyper.

Ved dagens skogforhold har kun noen få bygninger som antas å være i sikkerhetsklasse S2 har skredfare større enn 1/1000 enten på bygningen eller tett inntil. For en situasjon uten skog øker imidlertid skredfaren betydelig, og store deler av boligfeltet får årlig sannsynlighet for skred større enn 1/1000.

Referanseliste

- Asplan Viak, NVE, 2024. AV-Klima [WWW Document]. URL <https://nve-av-klima.azurewebsites.net>
- Direktoratet for byggkvalitet, 2023. Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning § 7-3 [WWW Document]. URL <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-3/>
- Dorren, L.K.A., 2016. Rockyfor3D (v5.2) revealed - Transparent description of the complete 3D rockfall model.
- Eggum AS, 2023. DroneEggum [WWW Document]. URL <https://drone.eggum.no>
- Kartverket, 2023. Høydedata [WWW Document]. URL <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>
- May, D., Dorren, L., 2019. ELine - Energy Line Calculation - Benutzeranleitung.
- Meteorologisk institutt, 2023. Hendelsesrapport - Ekstremværet "Hans", ekstremt mye nedbør i deler av Sør-Norge 07.-09. august 2023.
- Nasjonalbiblioteket, 2023. Nettbiblioteket [WWW Document]. URL <https://www.nb.no/search?mediatype=bilder>
- NGI, 2023. Akuttbefaring i Nord-Aurdal og Sør-Aurdal 8.-9. august 2023.
- NGI, 2021. Jord- og flomskred. Klimaanalyse for bruk i skredfarekartlegging. NVE Ekstern rapport 11/2021.
- NGI, 2001. Spangrud II, Bagn, Sør-Aurdal - Geoteknisk vurdering av planlagt utbyggingsområde.
- NGU, 2024a. Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase [WWW Document]. URL https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/
- NGU, 2024b. NGU InSAR [WWW Document]. URL <https://insar.ngu.no/>
- NGU, 2024c. Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase [WWW Document]. URL https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
- NGU, 2023. Nasjonal database for ustabile fjellparti [WWW Document]. URL https://geo.ngu.no/kart/ustabilefjellparti_mobil/
- NIBIO, 2023. Kilden [WWW Document]. URL <https://kilden.nibio.no/>
- Norsk Klimaservicesenter, 2023. Klimaprofiler [WWW Document]. URL <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om>
- NVE, 2024a. Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng [WWW Document]. URL <https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no>
- NVE, 2024b. NVE Atlas [WWW Document]. URL <https://atlas.nve.no/>

NVE, 2024. NVE API [WWW Document]. URL api.nve.no

Skred AS, 2024a. Faresoneutredning skred i bratt terreng - Heggelund-Riste, Nord-Aurdal kommune.

Skred AS, 2024b. Skredfarekartlegging for Breie, Tune og Skottebøl, Ål kommune.

Skred AS, 2023. Modellering av bygningers effekt på jordskred, flomskred og sørpeskred.

Skred AS, 2021. Bruk av RAMMS::DEBRISFLOW på kjente sørpeskredhendelser.

Skred AS, 2020. FOU 80607 - RAMMS::Debris Flow for beregning av jordskred.

Skred AS, 2017. 16136 Sør-Aurdal, Bagn - Faresoner for skred i bratt terreng.

SLF WSL, 2022a. RAMMS::DEBRISFLOW User Manual v1.8.0.

SLF WSL, 2022b. RAMMS::AVALANCHE User Manual v1.8.0.

Statens vegvesen, 2024. Vegkart [WWW Document]. URL <https://vegkart.atlas.vegvesen.no>

Statens vegvesen, NIBIO, Kartverket, 2023. Norge i bilder [WWW Document]. URL <https://www.norgeibilder.no>

Egenerklæring for kompetanse

Skred AS erklærer seg skikket til å utføre utredning av skredfare i bratt terreng og at utførende fagpersoner innehar nødvendig kompetanse i henhold til NVE veilederen «Sikkerhet mot skred i bratt terreng – Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak» (<https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terreng/>).

Egenerklæring om utførende foretaks kompetanse	JA	NEI	Kommentar
Ansvarlig for å utføre skredfaglige utredninger er godt kjent med gjeldende forskrifter ¹ , veiledere ² , retningslinjer ³ og fagnormer som gjelder for å utføre skredfareutredninger.	X		Se liste med gjeldende krav og lover nedenfor.
Minst to kvalifiserte fagpersoner blir benyttet i oppdraget, en som utførende og en som sidemannskontrollør. De to påkrevde fagpersonene må ha minst 5 og 3 års netto erfaring med tilsvarende oppdrag, samt relevant utdanning som definert i veilederen. Personell med mindre enn 3 års erfaring kan benyttes i oppdraget i tillegg til de to med påkrevd erfaring.	X		Se tabell med fastansatt faglig personell nedenfor. CV kan tilsendes ved behov.
Foretaket har kunnskap om og tilgang på dynamiske skredmodeller der slike er kommersielt tilgjengelig.	X		
Foretaket har ansvarsforsikring som minst tilsvarende krav i NS 8401/8402 (prosjekterings- og rådgivningsoppdrag).	X		

¹ Byggeteknisk forskrift (TEK17) og Plan- og bygningsloven (med veileder).

² NVE veileder: Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak.

³ NVE retningslinjer: Flaum- og skredfare i arealplanar – Revidert 22.mai 2014.

Kompetansen til våre medarbeidere ses i tabellen under.

Person	Utdanning	Erfaring med tilsvarende oppdrag fra-til	Erfaring med tilsvarende oppdrag år
Kalle Kronholm	<u>Naturgeograf</u> ; Dr. sc. nat., Universitetet i Zürich / SLF-WSL i Davos, Sveits.	2005-2024	19
Hedda Breien	<u>Geolog</u> ; Ph.d. Naturkatastrofer. Institutt for Geofag, Universitetet i Oslo	2008-2024	16
Birgit K. Buck-Persson	<u>Geolog</u> ; M. SC. Berggrunnsgeologi. Institutt for geologi, Universitetet i Tromsø	2010-2024	14
Espen Eidsvåg	<u>Geolog</u> ; M. Sc. Kvartærgeologi og paleoklima, Universitetet i Bergen	2012-2024	12
Nils Arne Kavli Walberg	<u>Geolog</u> ; M. Sc. Miljøgeologi og Geofarer. Institutt for Geofag, Universitetet i Oslo.	2013-2024	11
Henrik Langeland	<u>Geolog</u> ; M. Sc. Geologi hovedprofil Ingeniørgeologi, NTNU Trondheim.	2014-2024	10
Hallvard Nordbrøden	<u>Geolog</u> ; M. Sc. Tekniske Geofag, NTNU Trondheim.	2014-2024	10
Hans Georg Grue	<u>Geolog</u> ; M. Sc. Kvartærgeologi og paleoklima, Universitetet i Bergen.	2016-2024	8
Sondre Lunde	<u>Geolog</u> ; M. Sc. Tekniske geofag, NTNU Trondheim.	2017-2024	7
Pål Lohne	<u>Geolog</u> ; B. Sc. Geologi og geofare, Høgskulen i Sogn og Fjordane, Sogndal.	2020-2024	4
Kristin Brandtsegg Lome	<u>Geolog</u> ; M. Sc. Kvartærgeologi og sedimentologi, Universitetet i Tromsø.	2020-2024	4



RAPPORT

UKS Skredrapport Skred AS

SØR-AURDAL, BAGN. REVURDERING AV
FARESONER FOR SPANGRUD BOLIGFELT

DOK.NR. 20240190-01-R
REV.NR. 0 / 2024-03-15

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

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



Prosjekt

Prosjekttittel: Uavhengig kvalitetssikring av rapport fra Skred AS
Dokumenttittel: Sør-Aurdal, Bagn. Revurdering av faresoner for Spangrud boligfelt
Dokumentnr.: 20240190-01-R
Dato: 2024-03-15
Rev.nr. / Rev.dato: 0/

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE
Kontaktperson: Jaran Wasrud
Kontraktreferanse: Standard kontrakt NS 8402, signert 22.11.2023

for NGI

Prosjektleder: Heidi Hefre
Utarbeidet av: Heidi Hefre
Kontrollert av: Frode Sandersen

Sammendrag

NGI har utført uavhengig kvalitetskontroll (UKS) av Skred ASs rapport «Ny skredfareutredning og analyse av skredhendelse ved Spangrud boligfelt, Bagn kommune» i Sør-Aurdal kommune. Skredfareutredningen omfatter en revisjon av faresoner utarbeidet av samme firma for samme område i 2017. Bakgrunnen for revisjonen er skred som gikk under nedbørshendelsen Hans den 8. august 2023 mot boligfeltet, med betydelig lenger utløp enn faresonene indikerte.

Rapporten er godt gjennomarbeidet med grundig og god dokumentasjon. Vurderingene bygger i hovedsak på tilstrekkelig grunnlagsmateriale og et godt faglig arbeid. Utredningen er i henhold til veileder og kravspesifikasjon for oppdraget med unntak av noen anmerkninger og fire avvik som vi har påpekt i denne UKS. Av faglige bemerkninger stiller vi i den uavhengige gjennomgangen spørsmål til om faresonene tilstrekkelig tar innover seg læringspunkt fremhevet fra Hans-skredene, om at skogen ikke har så stor betydning for jordskred som tidligere antatt. Utarbeidede faresoner med og uten skog reflekter i liten grad dette læringspunktet. Med dagens endrede klima hvor vi allerede ser effekt av klimaendringene savner vi nærmere omtale av dette i rapporten, og vurdering av betydning for faresonene. Særlig da oppdraget er utvidet til å inkludere en nærmere analyse av skredhendelsen og hva man kan lære av denne for faresonekartlegging burde effekt av klimaendringer være en del av analysen.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Grunnlag	6
1.3	Metode	6
2	Utført kontroll	7
2.1	Formelle krav	8
2.2	Grunnlag, metodikk og leveranse	8
2.3	Analyse av skredhendelse 6. august	12
2.4	Skredfarevurdering	13
3	Oppsummering	15
4	Referanser	15

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I etterkant av skred mot Spangrud boligfelt i Bagn, Sør-Aurdal kommune, hvor Skred AS utarbeidet faresoner i 2017, har NVE bestilt en revidert skredfareutredning av Skred AS for området. Krav til sikkerhet mot skred er gitt av TEK17 §7-3 (Direktoratet for byggkvalitet, 2023) og sikkerhetsklassene i denne. Utredningen omfatter sikkerhetsklassene S1, S2 og S3, og det er derfor krav om uavhengig kvalitetssikring (UKS) i iht. NVEs veileder (NVE, 2023a). NGI er engasjert av NVE for å utføre den uavhengige kvalitetssikringen som er dokumentert i inneværende notat.

1.2 Grunnlag

Materialet, som NGI har fått tilgang til fra NVE, består av følgende:

- Rapport fra Skred AS 23512-01-1 - Sør-Aurdal, Bagn. Revurdering av faresoner for Spangrud boligfelt. Ny skredfareutredning og analyse av skredhendelse ved Spangrud boligfelt, Bagn kommune. Foreløpig versjon til UKS datert 2024-02-22.
- Vedlegg til rapporten
 - Vedlegg A Bilder
 - Vedlegg B-E. Vedleggene inneholder kart med terrenghelning, avrenningsanalyse, registreringskart, utvalgte modelleringsresultater (steinsprang, snøskred, jordskred og flomskred samt sørpeskred), utvalgte beregningsresultater, faresoner (samlet, for hver skredtype og med og uten produktiv skog,), dimensjonerende faretype og skog med betydning for skredfare.
- GIS-filer tilhørende leveransen, herunder både registreringer, faresonekart og modelleringsfiler.

1.3 Metode

NVEs veileder (NVE, 2023a), heretter kalt «veilederen», stiller krav til at den uavhengige kvalitetssikringen dokumenterer at utredningen er gjennomført i samsvar med veilederen, og har tilstrekkelig kvalitet. Arbeidet skal blant annet avklare:

- *Om det er benyttet relevant og dekkende grunnlagsdata, inkludert eventuelle tidligere utførte skredfareutredninger for samme område.*
- *Om feltarbeid/befaringer kan ansees som dekkende og tilstrekkelig.*
- *Om klimadata er brukt der det er relevant.*
- *Om beregningsverktøy er brukt fornuftig, og resultater av modelleringen er diskutert.*
- *Om det er sammenheng mellom registreringskart, eventuelle modellresultater og skredfareutredninger/faresoner.*

Det skal også gjøres en samlet vurdering av konklusjoner og begrunnelser ut fra tilgjengelig grunnlagsdata og beregningsresultater.» (NVE, 2023a).

Dokumentasjonen på en utredning skal være etterprøvbare. Vi har derfor også kommentert på vurderinger som ikke er begrunnet tilstrekkelig. I den uavhengige kvalitetssikringen ligger ikke en direkte kontroll av de utarbeidede vurderingene, og utførende foretak har fullstendig ansvar for disse. Ved å gjennomføre UKS står ikke NGI medansvarlig for de utførte vurderingene. Vi har benyttet betegnelser for kontrollstatus og kommentar gitt i *Tabell 1-1* for å gjennomføre UKS.

Tabell 1-1: Kontrollstatus og betegnelser for gjennomføring av UKS.

Kontrollstatus	Benevnelse	Forklaring
OK	OK	Kontrollert og vurderes som godt nok. I noen tilfeller med et råd om forbedringspotensial eller et spørsmål for avklaring.
Anmerkning	ANM	Kontrollert, men vurderes å avvike i noen grad fra veileder/-kravspesifikasjon og normal praksis. Må ikke rettes opp, men må svares ut og begrunnes mer grundig.
Avvik	AV	Mangel og/eller grovt avvik fra veileder/kravspesifikasjon. Det er forhold som må utbedres og som vurderes å avvike fra veileder/kravspesifikasjon i slik grad at det må rettes opp.
Ikke godkjent	IG	Ikke godkjent på grunn av så stort avvik fra veileder/-kravspesifikasjon at hele eller deler av skredfarevurderingen må gjøres på nytt.

2 Utført kontroll

Den utførte kontrollen er gjort i forhold til temaene vist under:

1. Formelle krav
2. Generelle krav, krav til grunnlagsdata, metodikk og leveranse
3. Analyse av skredhendelsen
4. Skredfarevurdering for området

For hvert av disse temaene er det gjort en vurdering og gitt kommentarer iht. metodikken beskrevet i Tabell 1-1. Hele rapporten og alle Vedlegg er gjennomgått.

2.1 Formelle krav

Tabell 2-1 Formelle krav

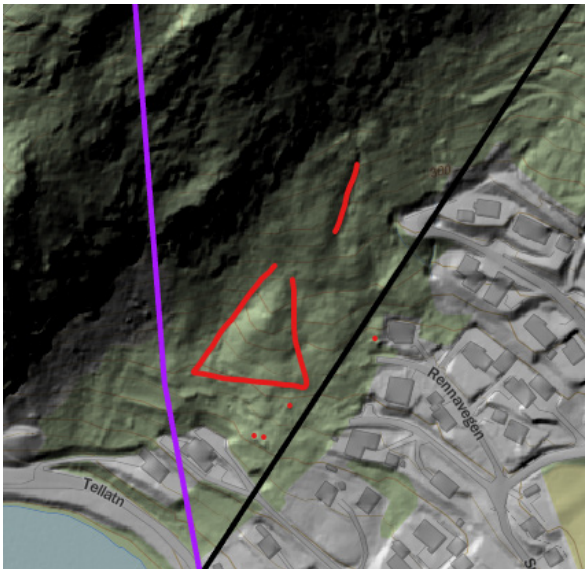
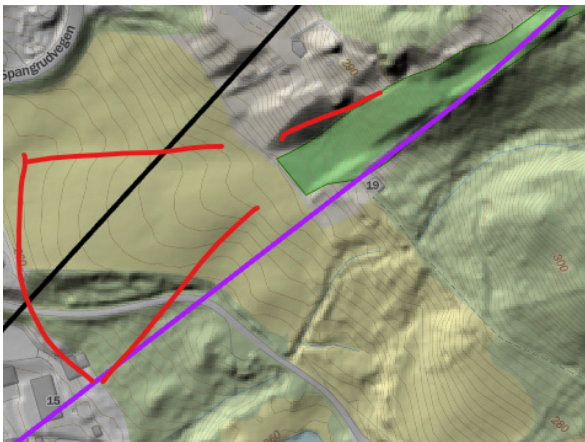
Tema	Status	Kommentar
Rapporttittel og kap. 1 Innledning	ANM	Godt oppsett og gjennomgang. Kommunnavn må endres fra Bagn kommune til Sør-Aurdal kommune i rapporttittel og tekst.
Om oppdraget	OK	Informasjon om oppdragsgiver og utførende foretak fremkommer tydelig.
Valg av sikkerhetsklasser	OK	Utredede sikkerhetsklasser fremkommer flere steder tydelig i kapittel 1.4: S1 (1/100), S2 (1/1000) og S3 (1/5000), som definert i oppdraget.
Veileder-versjon	OK	Rapporten bygger på rapportmal tilhørende NVEs veileder datert 16.01.2024 med tilpasninger.
Referanser	OK	Det er en gitt en oversiktlig referanseliste på slutten av rapporten, kapittel 6.
Egenerklæring	OK	Egenerklæringsskjema ligger ved sist i rapporten.

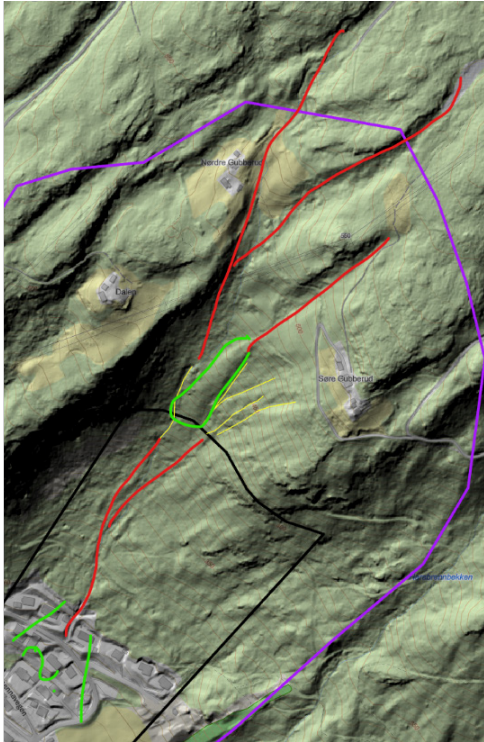
2.2 Grunnlag, metodikk og leveranse

Tabell 2-2 Generelle kommentarer

Tema	Status	Kommentar
Grunnlagsmateriale, kap. 2.1 – 2.4.	OK	Relevante grunnlagsdata er beskrevet oversiktlig og på en god måte. Kap. 2.1. kunne med fordel presisert innledningsvis at detaljert terrengmodell er innhentet fra både før og etter skredet. Samme kapittel kunne under endringsgjennomgang kort omtalt det mest interessante først, nemlig skredhendelsen, og vist til kap. 3 for flere detaljer. Legge til i figurtekst for Figur 3 at det viser endringer før og etter skredhendelsen 8.8.2023.
Grunnlagsmateriale, kap. 2.5 Skog	ANM	Skogspolygonene (produktiv skog) er definert ut fra datasettene SR16 og AR5. Skogspolygonene er gitt attributter som viser hvilke skredtyper de har betydning for og om den har betydning for utløsning utløp eller begge. Nye aktsomhetskart for snøskred med vurdering av skog med betydning for snøskredfare kunne med fordel vært brukt som en del av grunnlagsmaterialet og kommentert i rapporten. Det er en betydelig forskjell mellom skogen kartlagt å hindre utløsning av snøskred i nye aktsomhetskart og Figur 5 i rapporten. Avviket bør begrunnes.
Grunnlagsmateriale, kap. 2.8 Tidligere skredfareutredninger	AV	Feil gjengivelse av NGIs rapport fra 2001 som er vesentlig for vurderingen og som må rettes: NGIs rapport beskriver «en relativt stor flomskredavsetning fra øvre plangrense og nedover gjennom planområdet på vestsida av løpet.» Dvs. gjennom nåværende boligfelt.

Tema	Status	Kommentar
		Øvre plangrense i NGI-rapporten går opp til 300 moh. og tilsvarer øvre avgrensning av dagens boligfelt.
Grunnlagsmateriale, klima	ANM	I hovedsak et godt kapittel som er iht. veileder, men savner vurdering av gyldigheten av klimaanalysen opp mot klimaendringer. Dette er nærmere kommentert til kap. 3.
Metodikk - modellering	OK	Overordnet metodikk for modellering (ink. Oppløsning terrengmodell) kunne med fordel vært gitt samlet for de ulike skredtypene i et innledende metodekapittel eller kap. 2. for bedre oversikt over modelleringen som er utført i prosjektet.
Befaring	OK	Befaring anses som dekkende.
Kartlagt område og påvirkningsområde	AV	Kartlagt område og påvirkningsområde er påvist i alle figurer og i kartvedlegg hvor relevant. Harabrennbekken vurderes å være relevant for påvirkningsområdet for søndre del av kartleggingsområdet som inkluderer utløpet av Harabrennbekken. Eventuell skredfare fra Harabrennbekken bør utredes for å se om skredfare herfra påvirker kartleggingsområdet (hvor vil eventuelle flomskredmasser fra Harabrennbekken avsettes?). Dersom det er avklart at vurderingen ikke skal omfatte Harabrennbekken bør kartleggingsområdets utstrekning ned mot Begna reduseres.
Rapport	ANM	Rapporten er stort sett bygd opp etter mal angitt i veilederen med mindre tilpasninger som det er redegjort for under kap. 1.5. Språket er godt og forståelig, og kun enkelte skrivefeil er funnet. Disse er ikke påpekt, men kan med fordel fanges opp i endelig rapport. Vår ANM går på omtale av farenivå som skaper forvirring, og som vi mener bør rettes opp for at teksten skal være entydig. Eksempel: «...årlige sannsynlighet for steinsprang er større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000...» Er sannsynligheten større enn 1/100 er den også større enn de øvrige tallene, slik at 1/100 holder for entydig budskap. «Vi vurderer at løsningsansynligheten er større enn 1/5000 for...» formuleringen er ikke entydig og her må det legges til 'men lavere enn 1/1000' for at farevurderingen skal bli entydig. Farenivå er uttrykt på denne måten gjennom hele kap. 4 og bør utbedres. Dette er ikke kommentert videre i denne UKS.
Vedlegg A Bilder	OK	Bra utvalg av bilder for å gi leseren mulighet til å følge argumentasjonen og for dokumentasjon. Det kunne med fordel blitt angitt på kart hvor bildene er tatt.
Vedlegg B Helningskart og avrenningskart	OK	Følger ikke veilederen at avrenningskart er i vedlegg B, men synes dette fungerte fint.

Tema	Status	Kommentar
Vedlegg C Registreringskart	ANM	<p>Angivelse av infopunkt, skredhendelser, sporlogg (drone og bakke), raviner, spor etter massetransport og løsneområder alle skredtyper.</p> <p>Kan se morfologiske indikasjoner på raviner og vifteformer og blokker (?) i vestlig del, samt vestlig avgrensning for erosjon /ravine fra gammelt løp Harabrennbekken og mulig vifte fra gammelt løp Harabrennbekken i østlig del – kan dette være gamle skredspor / erosjons- og avsetningsformer?</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">   </div>

Tema	Status	Kommentar
Vedlegg C forts.	ANM	<p>Markerte bekkenedskjæringer synes korte og kunne vært utvidet (skissert i rødt i figur under). Mulig avsetning øvre del markert i grønt. Også observasjon av gammel flomskredavsetning gjennom boligfelt beskrevet i NGI-rapport fra 2001 bør vurderes inkludert.</p> 
Vedlegg D Modelleringskart	OK	Modelleringskart for hver skredtype med angivelse av løsneområder og tekst som angir navn på modellkjøring. Erosjonsområder kunne godt vært lagt under resultatene.
Vedlegg E Faresoner	OK	Faresoner for årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000 for hver skredtype dagens situasjon samt samlet faresoner med og uten skog og med angivelse av dimensjonerende skredtype som angitt i veileder.
Vedlegg F Skogspolygonene	OK	Skogspolygonene (produktiv skog) er definert ut fra datasettene SR16 og AR5. Vedlegget er iht. veileder.

2.3 Analyse av skredhendelse 6. august

Tema	Kontroll status	Kommentar
Analyse	OK	Grundig og god gjennomgang. Analyse av hendelse for vurdering av returperiode og tilbakeregning med modellverktøy er iht. krav i veileder. Gode observasjoner og beregninger rundt drenering og endret dreneringsmønster ved vei og medfølgende økning i nedbørfelt.
Klimaanalyse, klimaendringer og returperiode	ANM	Ang. vurdering av løsnanssynlighet sier veileder: «Det er likevel viktig å beskrive forventede klimaendringer i området og vurdere de mulige endringene i faren for jordskred som disse kan skape i fremtiden (2)». Klimaendringer er kun kommentert rutinemessig i kap. 2.6 Klima ift. klimaprofiler fra Norsk klimaservicesenter med konklusjon «Sannsynlig økning» i farenivå for løsmasse-skred. De mulige endringene i faren for jordskred er ikke vurdert/beskrevet i videre fareutredning. Anvendte klimadata er fra perioden 1991-2020. Det er vurdert at nedbørshendelsen har en beregnet returperiode ca. 1000 – 2000 år. Det ville i den nærmere analysen av skredhendelsen vært interessant og relevant å se hvordan denne returperioden påvirkes av forventede klimaendringer. Det kunne være nyttige læringspunkter å trekke fram her ift. vurdering av fremtidig klima (neste 50 år) for faresoner.
Modellering	ANM	Etterregning og bruk av modell er iht. krav i veileder og er grundig utført og dokumentert. Det stemmer at modellering i liten grad ble utført, og at det ikke var vanlig praksis å bruke erosjon i modellering i 2017. Imidlertid var det kjent også i 2017 at jord- og flomskred eroderer i løsmasser i skredbanen hvilket vil medføre volumøkning, slik at dette illustrerer egentlig bare begrensninger i modellene og at de ikke må brukes som om de representerer fasit. Hvilke mangler eller feilbruk som knytter seg til dagens praksis for modellering er vi kanskje heller ikke i dag klar over, og vil på samme måte bli bevisst om på senere tidspunkt. Vår anmerkning er derfor at læringspunkt samt faresoner for jord- og flomskred ser ut til å legge opp til en stor grad av tillit til modellresultater, mens læringspunktet, basert på denne erfaringen, kanskje heller burde være det motsatte.

2.4 Skredfarevurdering

Tema	Kontrollstatus	Kommentar
Steinsprang	AV	Foto, kart og hoveddel av beskrivelse er dekkende og god. AV retter seg mot at løsningsansynlighet for skrentene ser ut til, basert på ordlyd i teksten, å være vurdert for hele skrentområder og ikke per 30 m. Det er OK å omtale løsningsansynligheten på denne måten, men det framkommer ikke i teksten hvordan eller hvorvidt skredfaren i kartleggingsområdet er gitt per 30 m, hvilket vil redusere faren vesentlig, da skrentene er rundt 130 m lange. Vi savner også omtale av observerte blokkstørrelser i ur og utløpsområder. Er resultatene fra modellering med 1 m ³ vektlagt fordi dette er mer i samsvar med observerte blokkstørrelser eller fordi det gir mer fornuftige resultater i samsvar med observerte utløp og avsetninger? Høyde på skrenter er svært lave (10-50m) og brukte energilinjer og modell gir konservative resultater (hvilket også er omtalt). For så lave skrenter er ikke modellering et krav i veileder og må brukes med omhu. Iht. veileder har skog bremsende effekt på steinsprang inntil 2 m ³ og ved kraftig nok skog. Særlig kan skog være relevant ved så lave fallhøyder som i dette tilfellet. Det er ikke omtalt i rapporten hvilke blokkstørrelser som vurderes aktuelle fra skrentene, og da er det vanskelig å vurdere hvorvidt vurderingen av at skog ikke har betydning er rimelig. Rapporten gir inntrykk av at det står kraftig nok skog i påvirkningsområdet. Blokkstørrelse og skog må omtales nærmere som argument for hvorfor skogen ikke har effekt.
Steinskred	OK	I samsvar med veileder.
Snøskred	ANM	God og dekkende beskrivelse og dokumentasjon. Oversiktlige tabeller. Vurderingene virker rimelige og godt dokumentert iht. veileder. Vår ANM knytter seg til at kjøring av alle skredbaner samtidig ikke er i samsvar med anbefalt praksis, og bør unngås der hvor skredene går sammen / er tilgrensende. At dette er gjort og gir mer konservative resultater er redegjort for hvilket er positivt. Modelleringen er gjort uten effekt av skog, hvilket med fordel kunne vært gjort for en vurdering av resultat med og uten skog. Det er lagt til 25% for snødrift selv om snødriften er vurdert å være begrenset med så mye skog.
Jord- og flomskred	ANM	Godt dokumentert hvorfor skredtypene er vurdert samlet, det synes fornuftig. De mest aktuelle løsningsområdene er markert, og det er bra, men vi savner begrunnelse for hvorfor disse vurderes å være de mest aktuelle. Løsningsansynligheten i etablerte / godt markerte skredrenner / tidligere skredsår synes å være

Tema	Kontrollstatus	Kommentar
		<p>vurdert noe lavt. Skred vurderes å få kortere utløp enn Hans-skredet ettersom det nå er mindre masser tilgjengelig i løpet, hvilket virker rimelig. Sannsynligheten for løsmasseskred er vurdert betydelig høyere i en situasjon uten skog. Er det grunnlag for dette jf. omtale i rapportens kap. 3; «Erfaringen fra dette skredet og en rekke andre skred som løsnet under Hans viser at skog ikke hindrer utløsning av jordskred i så stor grad som tidligere antatt.» NGIs analyser fra skred under Hans viser samme funn/konklusjoner som omtalt her. Likevel er skogen i ny vurdering tillagt betydelig vekt, og som et resultat av dette er faren for løsmasseskred uten skog i fjellsiden vurdert betydelig høyere. Utarbeidede faresoner ser ikke ut til å reflektere læringspunkt fra Hans-hendelsen omtalt i kap. 3 om at skogen har mindre betydning for utløsning av løsmasseskred. Granskogen, med sitt grunne rotsystem, som dominerer mest utsatte område gir mindre grunnlag for å tillegge skogen en slik betydning. Faresoner 1/100 og 1/1000 ligger svært nært hverandre for dagens situasjon, mens 1/5000 har betraktelig større utbredelse, til tross for at forskjellen i farenivå mellom de to førstnevnte er 10 ganger, og kun 5 ganger for de to sistnevnte. Virker ikke helt rimelig. Flomskredavsetningen omtalt i kap. fra NGI 2001 må rettes opp iht. vår kommentar til kap. 2.8.</p>
Sørpeskred	OK	<p>God beskrivelse og oversiktlig gjennomgang med bruk av tabeller. Godt dokumentert iht. veileder.</p>
Avvik fra tidligere skredfarevurderinger	AV	<p>Mangler omtale og begrunnelse for faresoner fra 2017 som nå er borte, altså vurdert mindre konservativt nå enn i 2017. NGI-rapport fra 2001 sier ingenting om utløp eller faresoner, kun at området må sikres for å tilfredsstille krav til sikkerhet og kort anbefaling om hvordan området bør sikres, og derfor blir det ikke helt riktig å si hvorvidt dagens vurdering har lenger utløp enn vurderingen i NGI, 2001.</p>
Stedsspesifikk usikkerhet	OK	<p>Kunne vært omtalt: Usikkerhet omkring klimaendringer og hvilken sannsynlighet Hans-skredet representerte tatt hensyn til forventede klimaendringer, skog, tilgjengelig materiale nå etter skredet.</p>

3 Oppsummering

Rapporten er godt gjennomarbeidet med grundig og god dokumentasjon. Utredningen er i henhold til veileder og kravspesifikasjon for oppdraget med unntak av noen anmerkninger og fire avvik som vi har påpekt i denne UKS. Vurderingene bygger i hovedsak på tilstrekkelig grunnlagsmateriale og et godt faglig arbeid. Av faglige bemerkninger stiller vi i den uavhengige gjennomgangen spørsmål til om faresonene tilstrekkelig tar innover seg læringspunkt fremhevet fra Hans-skredene, om at skogen ikke har så stor betydning for jordskred som tidligere antatt. Utarbeidede faresoner med og uten skog reflekter i liten grad dette. Analysen av skredhendelsen burde også inkludert effekt av klimaendringene og betydning for estimerte returperioder. Hva kan være returperioden for denne skredhendelsen sett i lys av forventede klimaendringer? Når en utvidet analyse er gjort for å trekke fram læringspunkter ville betydningen av et endret klima for faresoner for jord- og flomskred være relevant å vurdere nærmere.

4 Referanser

Direktoratet for byggkvalitet, 2023. Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning [WWW Document]. URL <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-3/>

NVE, 2023a. Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng [WWW Document]. URL <https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no>

NVE, 2023b. NVE API [WWW Document]. URL api.nve.no

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Sør-Aurdal, Bagn. Revurdering av faresoner for Spangrud boligfelt		Dokumentnr./Document no. 20240190-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client NVE	Dato/Date 2024-03-15
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Uavhengig kvalitetssikring, Skred		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Innlandet	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Sør-Aurdal	Felt navn/Field name
Sted/Location Spangrud, Bagn	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2024-03-14 Heidi Hefre	2024-03-14 Frode Sandersen		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 15. mars 2024	Prosjektleder/Project Manager Heidi Hefre
--	-----------------------------------	---

NGI – Norges Geotekniske Institutt - er et uavhengig forskningsinstitutt innen geoteknikk og andre ingeniørrettede geofag.

Vi kombinerer geokunnskap og teknologi for å utvikle smarte og bærekraftige løsninger innen infrastruktur på land og til havs, innen miljøteknologi, forurenset grunn og naturfarer som jord- og snøskred. Forskningen vår leverer kunnskap som bidrar til å løse noen av de viktigste utfordringene verden står overfor innenfor klima, miljø, energi og samfunnsikkerhet.

Samfunnsoppgaven vår er å utvikle geofagene og fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for å bygge, bo og ferdes på sikker grunn. Dette løser vi ved å la forskning og rådgivning gå "hånd i hånd" og være brobygger mellom akademia, næringsliv og det offentlige.

Vi har kontorer i Norge, USA og Australia og vi har internasjonalt anerkjente laboratorier.

www.ngi.no

NGI – The Norwegian Geotechnical Institute – is an independent research centre in the field of geotechnical engineering and the engineering geosciences.

We combine geotechnical knowledge and technology to develop smart and sustainable solutions in infrastructure on land and at sea, in environmental technology, contaminated soil and natural hazards such as landslides and avalanches. Our research provides knowledge that contributes to solve some of the most important challenges the world faces with regards to climate, the environment, energy and societal security.

Our societal mission is to develop the geosciences and produce the knowledge basis to build, live and travel on safe ground. We solve this by combining research and consulting hand-in-hand and being a bridge-builder between academia, industry and the public sector.

We have offices in Norway, the US and Australia, including internationally recognised laboratories.

www.ngi.no

Oppdragsgiver	Navn Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Kontaktperson Jaran Wasrud
Oppdrag	Nummer og navn 23512 - Sør-Aurdal, Bagn - Revurdering av faresoner for Spangrud boligfelt	Oppdragsleder Espen Eidsvåg
Dokument	Nummer 23512-02-1 Utført av Espen Eidsvåg	Dato 2024-03-22 Kontrollert av Kalle Kronholm

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	2024-03-22	EE	KK	Original

Tilsvar på uavhengig kvalitetssikring - Skredfareutredning Spangrud boligfelt

1 Innledning

I forbindelse med skredfarekartlegging som Skred AS har utført på oppdrag for NVE ved Spangrud boligfelt i Bagn, Sør-Aurdal kommune har det blitt gjort uavhengig kvalitetssikring (UKS) av NGI. Skred AS sitt tilsvar til kommentarene i utført UKS er gitt i følgende notat. Punkt som er gitt status OK uten noen kommentar i mottatt UKS er ikke svart ut. I tillegg til NGIs UKS er det også gitt enkelte kommentarer fra NVE som er hensyntatt i revidert rapport, uten at de er kommentert ytterligere.

2 Tilsvar på UKS

ID	Tema (UKS)	Status (UKS)	Skred AS' tilsvar
1.1.	Rapporttittel og kap. 1 Innledning	ANM	Kommunenavn er rettet
1.2.	Grunnlagsmateriale kap. 2.1-2.4	OK	Vi har justert teksten noe iht. forslag.
1.3.	Grunnlagsmateriale, kap. 2.5 Skog	ANM	I kapittel 2.5 har vi ikke tatt stilling til om skogen har betydning for utløp av skred, kun utløsning. Figur 5 viser en beregning fra SR16. Som spesifisert i kapittelet opplever vi at kriteriene til

ID	Tema (UKS)	Status (UKS)	Skred AS' tilsvar
			<p>skog som hindrer utløsning av snøskred i NVEs veileder ikke er entydige. Det er derfor ganske naturlig at disse kriteriene tolkes ulikt. Resultatet blir som NGI påpeker at kriteriene vi har lagt til grunn skiller seg noe fra det NGI har lagt til grunn i utarbeidelsen av NAKSIN.</p> <p>Når det er sagt er det i utgangspunktet ganske liten forskjell på hvordan vi har tolket disse kriteriene og måten de er definert på i NAKSIN. Den største forskjellen mellom NAKSIN-kartene og våre kart er at vi ikke har lagt inn noe kriterium om helning. Våre kart sier derfor utelukkende noe om skogen, og tar i første omgang ikke hensyn til om terrenget er bratt nok for å utløse snøskred. Dette er noe vi vurderer manuelt senere i utredningen i lys av hvor vi har vurdert at det er løsneområder for snøskred. Figur 5 er utelukkende en presentasjon av skogens egenskaper. Korrigert for helning er det ganske liten forskjell mellom NAKSIN og våre kart når det gjelder skog med betydning for snøskred.</p>
1.4.	Grunnlagsmateriale, kap. 2.8 Tidligere skredfareutredninger	AV	<p>Vi har omformulert gjengivelsen av NGIs rapport knyttet til en flomskredavsetning.</p> <p>Vi har også endret formuleringen knyttet til denne rapporten i kapittel 4.8 Avvik.</p>
1.5.	Grunnlagsmateriale, klima	ANM	Dette er svart ut under punkt 1.11.
1.6.	Metodikk – modellering	OK	Vi er ikke uenige i at egne metodekapittel kan være nyttige, men har valgt å ikke ta dette med i dette tilfellet, i stor grad fordi det er snakk om ett enkelt kartleggingsområde.
1.7.	Kartlagt område og påvirkningsområde	AV	<p>Vi vurderer at Harabrennbekken ikke er relevant for kartleggingsområdet, og har derfor ikke inkludert den i påvirkningsområdet.</p> <p>Modelleringer og faresonene fra 2017 langs Harabrennbekken når ikke inn i det nye kartleggingsområdet. Avrenningsanalysen viser heller ingen drenering inn i kartleggingsområdet fra Harabrennbekken. Det er NVE som har definert kartleggingsområdet, og vi har ikke sett</p>

ID	Tema (UKS)	Status (UKS)	Skred AS' tilsvar
			behov for å justere det. Vi har utdypet noe i kap. 1.3.
1.8.	Rapport	ANM	<p>I våre konkluderende setninger om vurderinger av skredfare forsøker vi både å skrive slik at dette blir faglig presist, men også å best mulig kommunisere skredfaren til personer som ikke er vant med å lese skredfareutredninger.</p> <p>- Vi er klar over at det er matematisk unødvendig å skrive at «årlig sannsynlighet er større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000». Vi velger likevel å gjøre dette, fordi dette enda tydeligere gjenspeiler at det i kartet finnes tre sett med faresoner et gitt sted. For fagfolk er det en selvfølge at 1/100 også betyr at skredfaren er større enn 1/1000 og 1/5000, men vi tror ikke dette er like opplagt for alle andre som leser rapporten. Formuleringene henviser også til at de ulike fareklassene har ulik utstrekning.</p> <p>- Iht. til NGIs forslag har vi lagt til formuleringer som «men lavere enn 1/1000» der dette er nødvendig for å gjøre farevurderingene entydige. En del slike formuleringer fantes allerede, men vi har lagt til ytterligere noen. Vi har ikke rettet dette i tabellene av plasshensyn. Tabellene er primært interessante for fagfolk som ut ifra konteksten og teksten for øvrig ikke vil ha problemer med å forstå at f.eks. >1/1000 i tabellene implisitt også betyr <1/100.</p>
1.9.	Vedlegg C Registreringskart	ANM	<p>Vi har gått gjennom innspillene rundt morfologiske elementer:</p> <p>- «Vifteformen» vest for kartleggingsområdet tolker vi som en erosjonsrest, dvs. at terrenget rundt er erodert bort, og at denne formen står igjen. Tilsvarende med linjen/løpet rett nord for denne.</p> <p>- «Blokkene» kan være blokk, men er muligens også artefakter fra prosesseringen av terrengmodellen. Når vi sammenligner skyggekart fra ulike terrengmodeller, ser vi ikke entydige tegn på blokk her. Vi har ikke befart akkurat denne skråningen og har derfor ingen måte å validere det på.</p>

ID	Tema (UKS)	Status (UKS)	Skred AS' tilsvar
			<p>- «Viften» øst for Harabrennbekken er svært bearbeidet mark i unnarenet til en hoppbakke. Det er ingen overliggende raviner eller bekker som skulle tilsa en skredrelatert vifteform her. Vi tolker ikke dette som en vifte av betydning for skredfarevurdering.</p> <p>- For raviner/bekkenedskjæring hadde vi primært tolket det vi mener er raviner som kan ha hatt relevans for skred. Vi er ikke uenige i at løpene NGI har markert er mindre nedskjæring med bekker eller sporadisk drenering, og har utvidet disse noe, selv om vi tror de delene av løpene som ikke var markert har begrenset betydning for skred.</p> <p>- Landformen i øvre del av terrenget sentralt tolker vi også som en erosjonsrest.</p> <p>- Vi har korrigert omtalen av flomskredavsetningen fra NGIs rapport, men ettersom den ikke er markert på kart i NGIs rapport, så er det heller ikke naturlig for oss å gjette på plassering i kartet basert på beskrivelsen fra NGI. Terrenget er bearbeidet og vi ser ingen tydelige spor etter denne landformen i dag. Det er dermed ikke naturlig å inkludere den i et registreringskart.</p>
1.10.	Modelleringskart	OK	Modelleringskart for jordskred og sørpeskred er tegnet på nytt med erosjon lagt under modell.
1.11.	Klimaanalyse, klimaendringer og returperiode	ANM	Vi har lagt til en litt grundigere tekst om klimaendringer i kap. 2.6. hvor vi blant annet presiserer at vi har vært mer konservative enn vi ellers ville vært som følge av klimaendringer. Analyse av enkelthendelsen i Bagn (eller Hans generelt) i lys av klimaendringer vil absolutt være interessant, men det opplever vi er et stykke utenfor det som er realistisk å gjøre som en del av denne rapporten.
1.12.	Modellering	ANM	Vi synes dette er gode innspill fra NGI. Vi er fullstendig enige i at modelleringer ikke må tolkes som noen fasit, og har nå tydeliggjort i teksten at vi heller ikke har forholdt oss til modelleringene på den måten. Vi har verken skrevet eller ment at man skal legge stor tillitt til

ID	Tema (UKS)	Status (UKS)	Skred AS' tilsvar
			<p>modellresultater, spesielt ikke på enkeltkjøringer. Vi ser det ikke som noen motsetning at man både kan få bedre kunnskap om hvordan man best utfører modelleringer, og samtidig bevare en forsiktighet rundt hvilken lit man fester til modelleringer generelt. Vi har tydeliggjort kap. 3.6.</p>
1.13.	Steinsprang	AV	<p>NGI problematiserer hvorvidt løsesannsynligheten som er oppgitt gjelder for hele lengden av en skrent eller for enhetsbredder på 30 m.</p> <p>Enhetsbreddene på 30 m som gis i veiledningen til TEK 17 § 7-3 gjelder for kartleggingsområdet. Dette er ikke synonymt med at man må se på 30 m enhetsbredder også for løsneområder. Tvert imot, dersom det er en konkav fjellside hvor 200 m løsneområde med steinsprang som er relevant for en enhetsbredde på 30 m i kartleggingsområdet, så er det etter vårt skjønn hele den 200 m lengden av løsneområde som må legges til grunn. I motsatt fall, i en konveks fjellside kan det bare være noen få meter med løsneområde som er relevant for en enhetsbredde eller enkelttomt. Eksempelene over illustrerer utfordringen med å skulle gjøre direkte koblinger mellom kvantitative løsesannsynligheter og årlig sannsynlighet for skred i kartleggingsområdet.</p> <p>Vi klarer ikke helt å se hvordan man skal klare å oppgi løsesannsynligheten for steinsprang på en måte som er både kvantitativt presis for hver enkelt enhetsbredde og likevel praktisk gjennomførbare for skredfareutredninger av større arealer. Løsesannsynlighetene som er oppgitt for steinsprang er dermed ganske omtrentlige, men gir likevel en tydelig indikasjon på hvor vi mener steinsprang løsner hyppigere og sjeldnere. Her ønsker vi velkommen en prinsipiell avklaring fra NVE for hvordan dette bør håndteres, og om løsesannsynlighet i det hele tatt må/bør oppgis kvantitativt.</p> <p>Vi har ikke endret teksten i kapittelet om steinsprang når det gjelder løsesannsynlighet.</p>

ID	Tema (UKS)	Status (UKS)	Skred AS' tilsvar
			Vi har lagt til noe tekst om blokkstørrelser i utløpsområder, hvilke modellkjøringer som er vektlagt og vurdering av skog for steinsprang.
1.14.	Snøskred	ANM	<p>Vi er fullt klar over at modelleringer med flere løsneområder som går sammen vil kunne gi for konservative utløp. Vi har tolket resultatene i lys av dette, noe som allerede var presisert, men som nå er ytterligere tydeliggjort.</p> <p>Vi er usikre på hva som menes med nest siste setning i NGIs kommentar. Det har ikke vært ansett som relevant å kjøre modelleringer i RAMMS med skog, da de skredløpene som kan løsne under dagens skogforhold i liten grad har skog i utløpsområdet.</p> <p>Det var allerede redegjort for at 25 % snødrift bidrar til at vi anser modelleringer som konservative for dagens skogforhold. For en situasjon uten skog anser vi imidlertid dette som ganske realistisk.</p>
1.15.	Jord- og flomskred	ANM	<p>Kommentarene (beskrivelsen) av løsneområdene i Tabell 6 gir i stor grad begrunnelsen for hvorfor disse løsneområdene vurderes aktuelle. Som teksten redegjør for, utelukker vi ikke løsmasseskred andre steder.</p> <p>Løsesannsynligheten i de etablerte ravinene er helt bevisst vurdert lavere enn terrengformen kanskje skulle tilsi, fordi dreneringen nå er kanalisert bort fra disse. Vi har utdypet dette.</p> <p>Når det gjelder skogens betydning for løsesannsynlighet, så fremholder vi slik det går frem i kapittel 3 at den trolig er mindre enn tidligere antatt. Men vår erfaring og analyser etter Hans tyder likevel på at skogen fortsatt har betydning for løsesannsynligheten, selv om denne effekten kanskje er mindre enn tidligere antatt. Vi peker også på dette i kapittel 3.5. Vi ønsker velkommen forskning rundt dette med klarere svar for hvordan skogen skal vektlegges. Inntil videre mener vi det fortsatt er rimelig å legge til grunn at løsesannsynligheten øker betydelig for en situasjon uten skog.</p>

ID	Tema (UKS)	Status (UKS)	Skred AS' tilsvar
			Vi har forståelse for at det «ser rart ut» at 1/5000-faresonene er såpass mye større enn 1/100- og 1/1000-faresonene. Dette skyldes først og fremst at det finnes en rekke løsneområder som vi har løsnensannsynlighet større enn 1/5000, men mindre enn 1/1000, og dermed at vesentlig større arealer påvirkes. Teksten om flomskredavsetning fra NGIs rapport er justert.
1.16.	Avvik fra tidligere skredfarevurderinger	AV	Vi har endret omtalen av NGIs rapport.
1.17.	Steds spesifikk usikkerhet	OK	Vi har utdypet dette kapittelet noe.

Vedlegg A – Bilder



Figur 1: Utsnitt fra helikopterbilde tatt av NVE den 16. august som viser skredet under Hans.



Figur 2: Øvre del av skråningen over skredet ved Søre Gubberud. Dronebilde tatt mot NØ.



Figur 3: Løsneområdet og øvre del av skredløpet. Dronebilde tatt mot Ø.



Figur 4: Løsneområdet til skredet, sett mot SØ.



Figur 5: Øvre del av skredløpet, sett oppstrøms fra nordsiden av løsneområdet.



Figur 6: Dronebilde som viser skredløpet ned mot bebyggelsen. Dronebilde tatt mot SV.



Figur 7: Terrenget oppstrøms for skredet er preget av tjukke mose. Bildet tatt oppstrøms fra rett over skredets løsneområde.



Figur 8: En stikkrenne på 250 mm under adkomstveg til Søre Gubberud.



Figur 9: Adkomstveg til Søre Gubberud. Vann ledes i grøft til venstre for vegen.



Figur 10: Ravine i skråningen nord for skredet. Det er flere tilsvarende raviner her.



Figur 11: Skråningen over den nordøstlige delen av kartleggingsområdet.



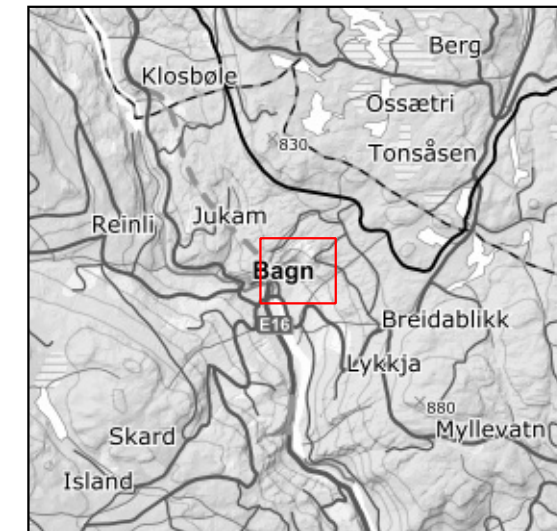
Figur 12: En utsprengt bergskjæring bak en bolig øst i kartleggingsområdet. Det er relativt begrenset med løsmasser i terrenget over bergskjæringen.





Figur 13: Flomskredavsetning i den vestlige delen av kartleggingsområdet.

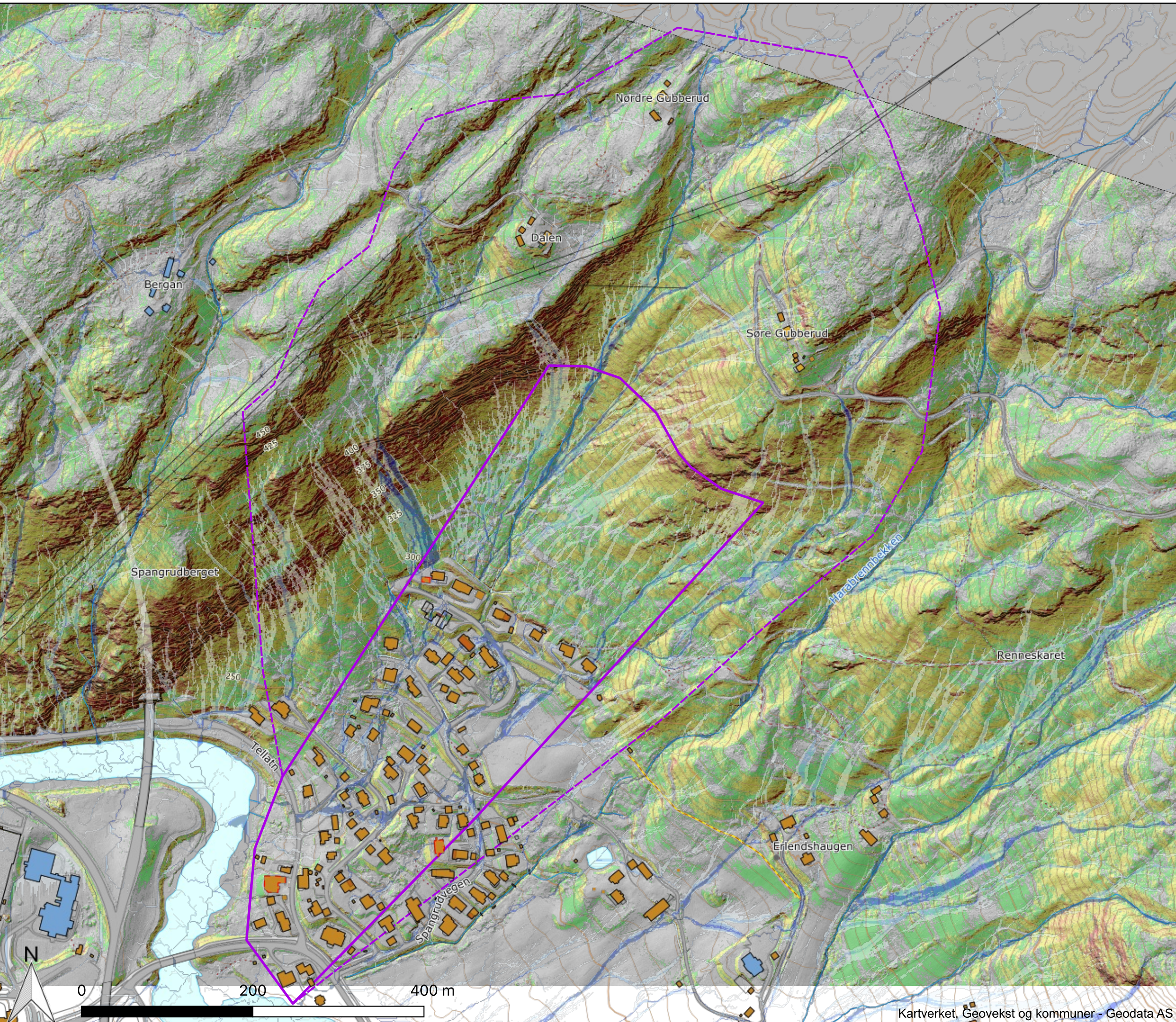


Figur 14: Kileform med rundede blokk i en løsmasseskjæring vest i kartleggingsområdet.



- Kartleggingsområde
- Påvirkningsområde
- Terrenghelning**
- 10-25°
- 25-37°
- 37-45°
- 45-55°
- 55-90°
- Avrenningsanalyse (MFD)**
- <= 100 m²
- 100 - 500 m²
- 500 - 2500 m²
- 2500 - 10000 m²
- > 10000 m²

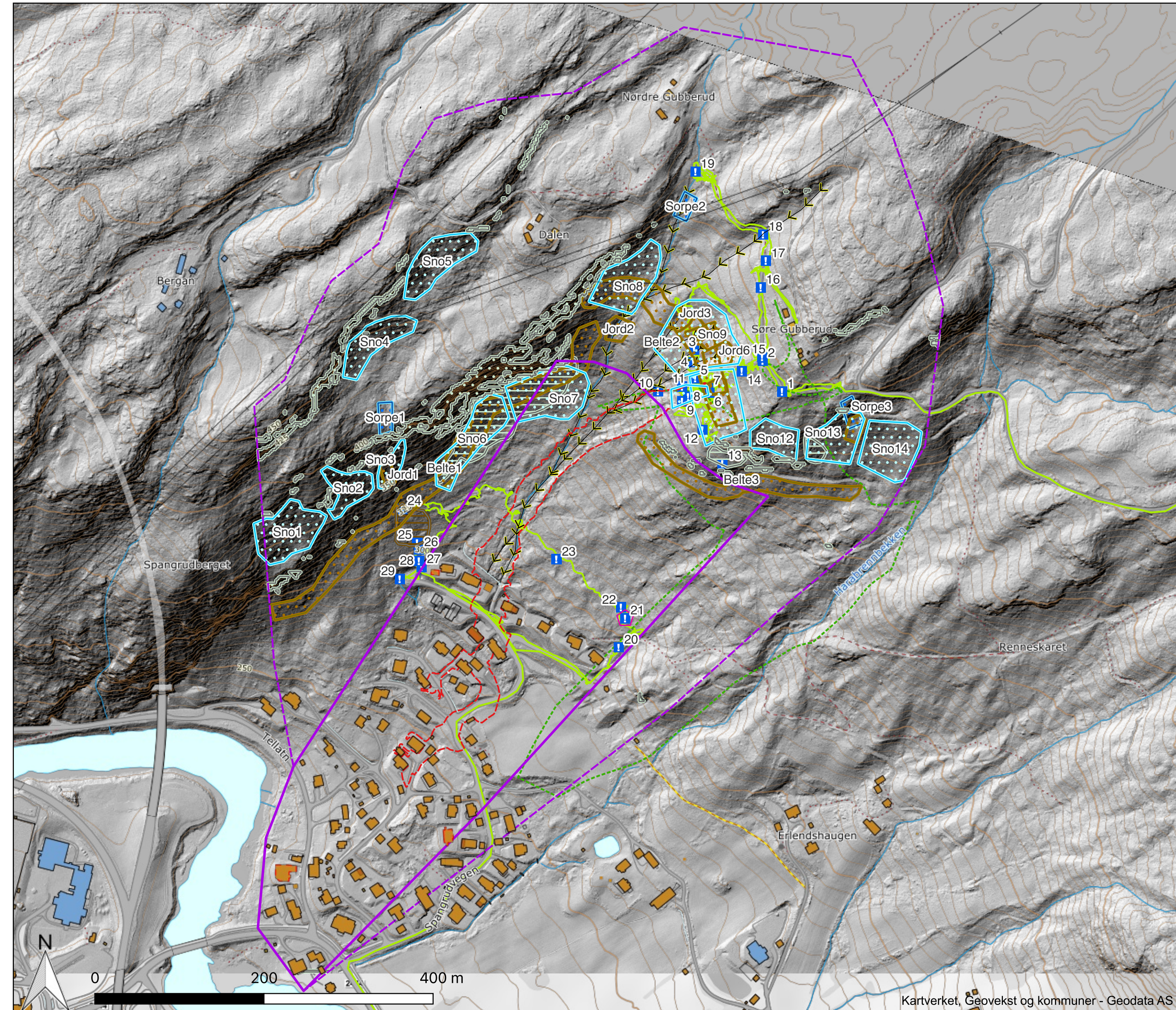
	Vedlegg B Helningskart
NVE	
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N	
Dato: 2024-02-19	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg
Kontrollert av: Kalle Kronholm	
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE	

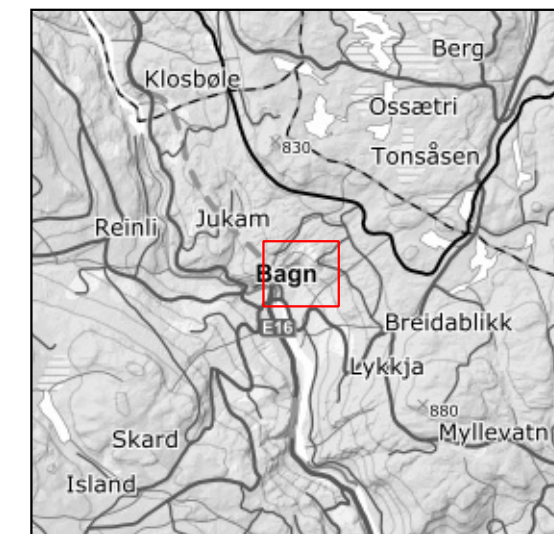






- Kartleggingsområde
- Påvirkningsområde
- Løsneområde steinsprang
- Løsneområde snøskred
- Løsneområde jordskred
- Løsneområde sørpeskred
- ! Infopunkt (SVG)
- Sporlogg bakke
- Sporlogg drone
- Blokk med usikkert opphav
- > Ravine/Bekkenedskjæring
- Skredhendelse
- Jord- og flomskredavsetning
- Steinsprang/Steinskred (ur)

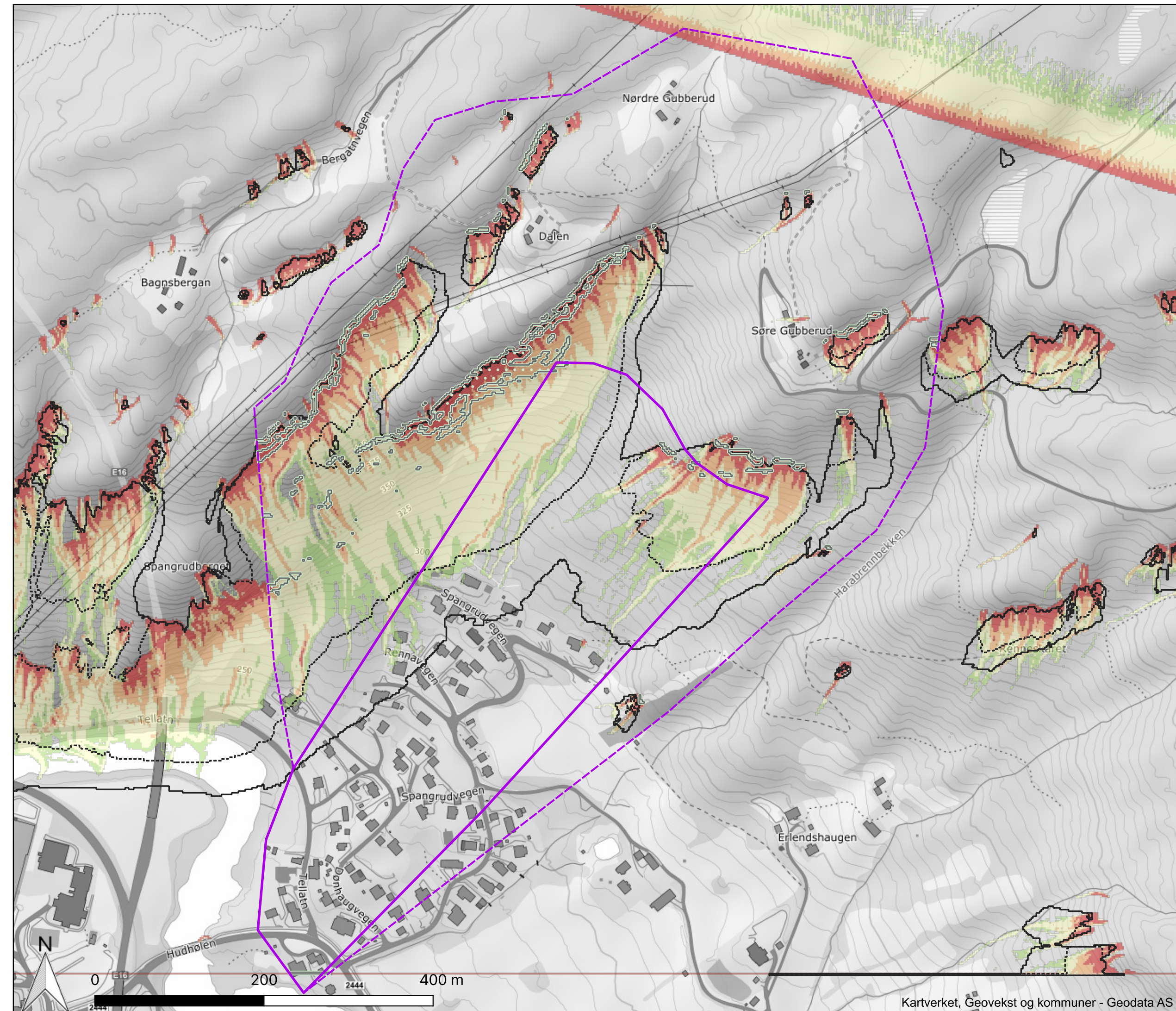
	Vedlegg C Registreringskart		
NVE			
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn			
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N			
Dato: 2024-03-22	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm	
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE			







- Kartleggingsområde
 - Påvirkningsområde
 - Løsneområder steinsprang
 - Siktevinkel 35 grader
 - Siktevinkel 30 grader
- RockyFor3D - 1 m³
Reach Probability
- ≤ 1,5
 - 1,5 - 3
 - 3 - 10
 - 10 - 20
 - 20 - 100

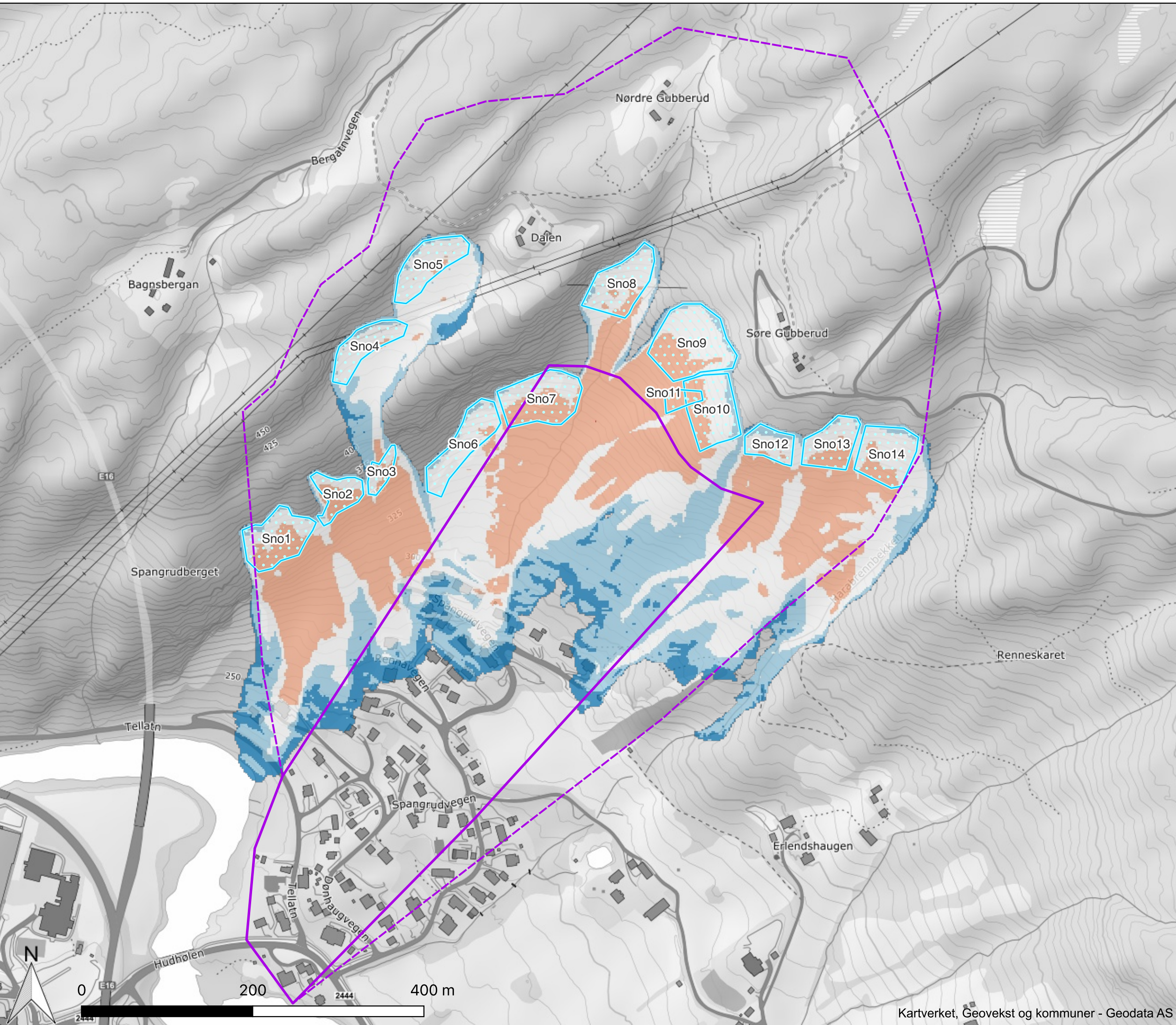
	Vedlegg D Modelleringskart steinsprang		
NVE			
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn			
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N			
Dato: 2024-02-19	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm	
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE			

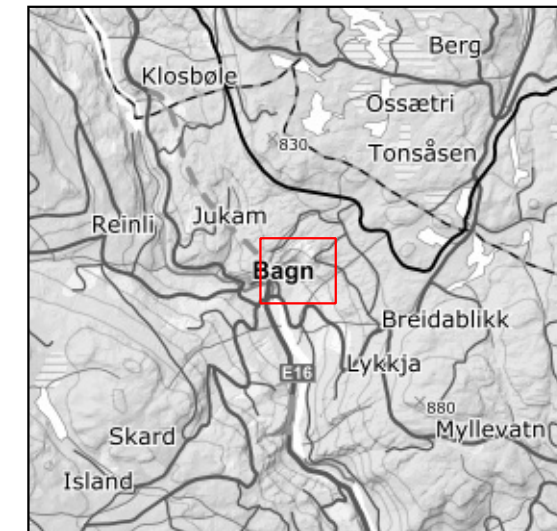






- Kartleggingsområde
 - Påvirkningsområde
 - Løsneområder snøskred
- RAMMS::Avalanche - Tiny 300
70 cm bruddkant - Hastighet
- < 1 m/s
 - 1-5 m/s
 - 5-10 m/s
 - 10-20 m/s
 - > 20 m/s

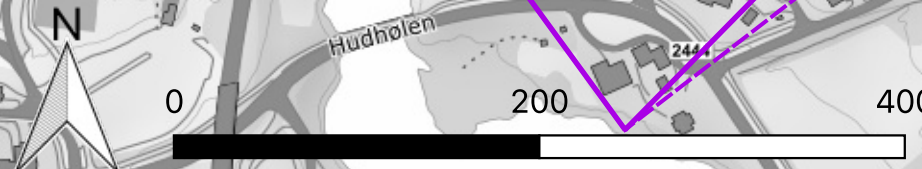
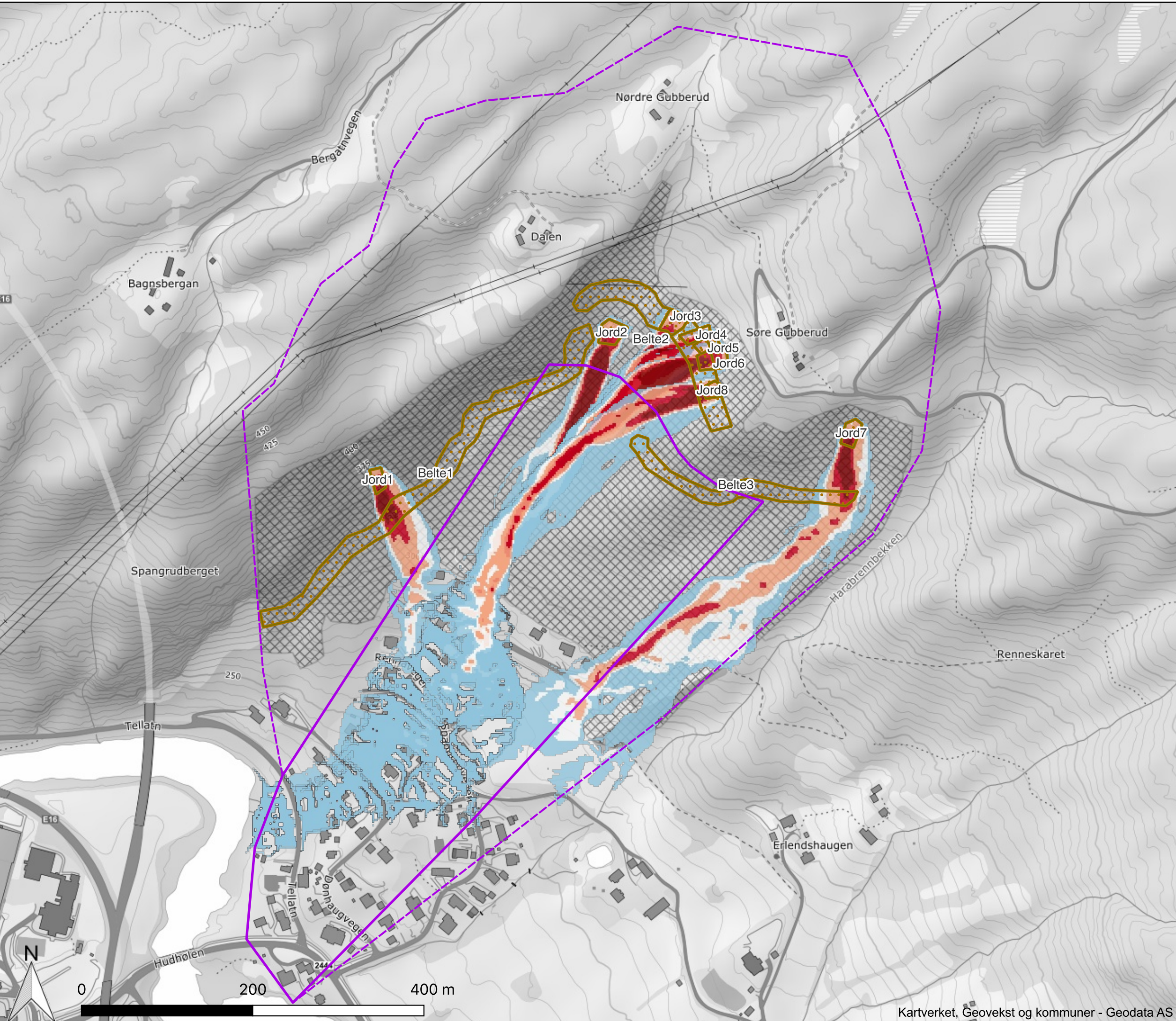
	Vedlegg D Modelleringskart snøskred		
NVE			
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn			
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N			
Dato: 2024-02-19	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm	
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE			

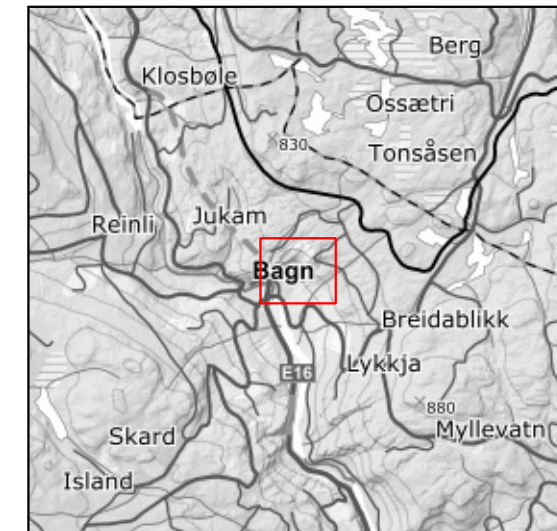






- Kartleggingsområde
 - Påvirkningsområde
 - Løsneområder jordskred
 - Erosjosområde
- RAMMS::Debris Flow
 $X_i=400 \text{ m/s}^2$ $M_y=0,1$ - Hastighet
- $\leq 0,2 \text{ m/s}$
 - $0,2 - 3 \text{ m/s}$
 - $3 - 5 \text{ m/s}$
 - $5 - 8 \text{ m/s}$
 - $8 - 10 \text{ m/s}$
 - $10 - 100 \text{ m/s}$

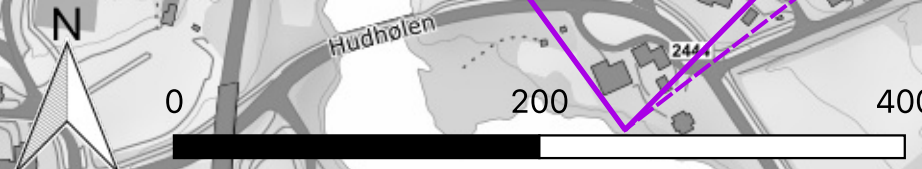
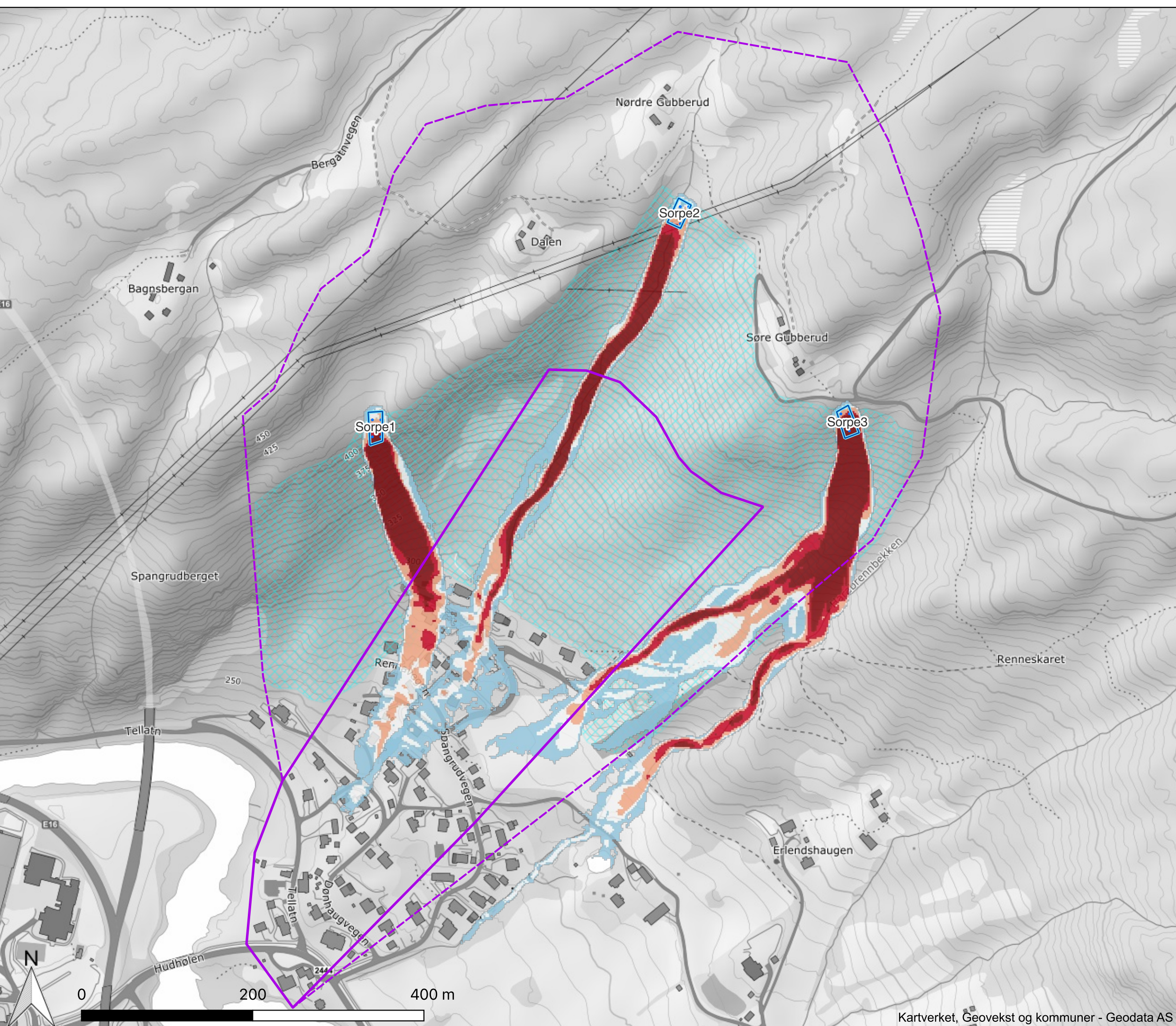
	Vedlegg D Modelleringskart jordskred	
NVE		
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2024-03-18	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm
		
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE		

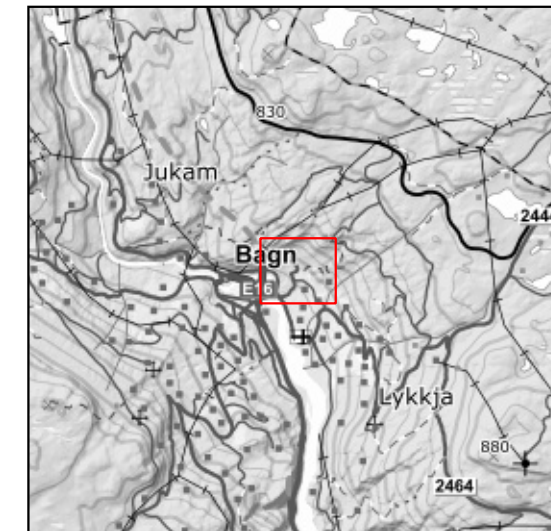






- Kartleggingsområde
 - Påvirkningsområde
 - Løsneområde sørpeskred
 - Erosjonsområde
- RAMMS::Debris Flow
 $X_i=2000 \text{ m/s}^2$ $M_y=0,08$ - Hastighet
- $\leq 0,2 \text{ m/s}$
 - $0,2 - 3 \text{ m/s}$
 - $3 - 5 \text{ m/s}$
 - $5 - 8 \text{ m/s}$
 - $8 - 10 \text{ m/s}$
 - $10 - 100 \text{ m/s}$

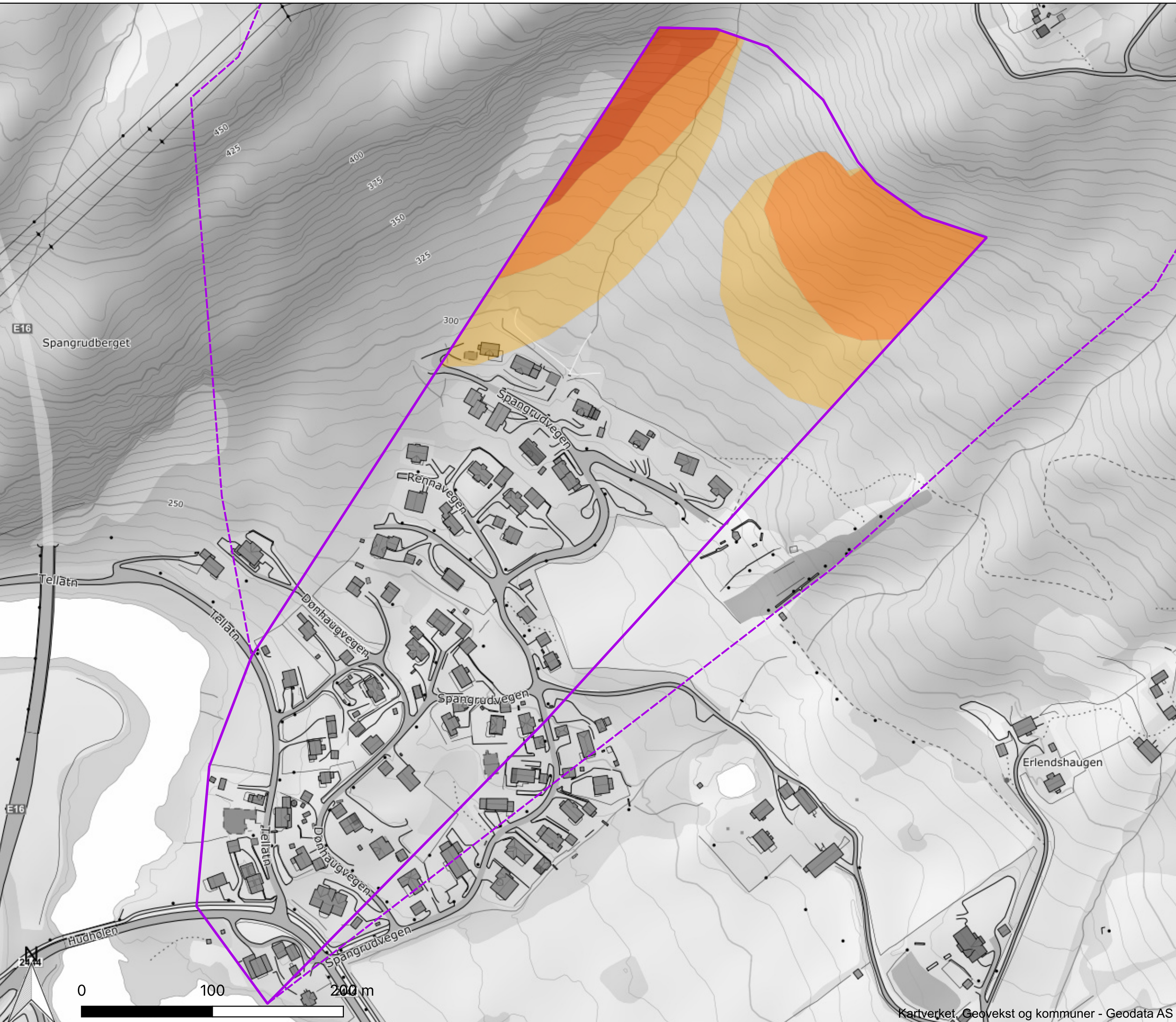
	Vedlegg D Modelleringskart sørpeskred	
NVE		
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2024-03-18	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm
		
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE		

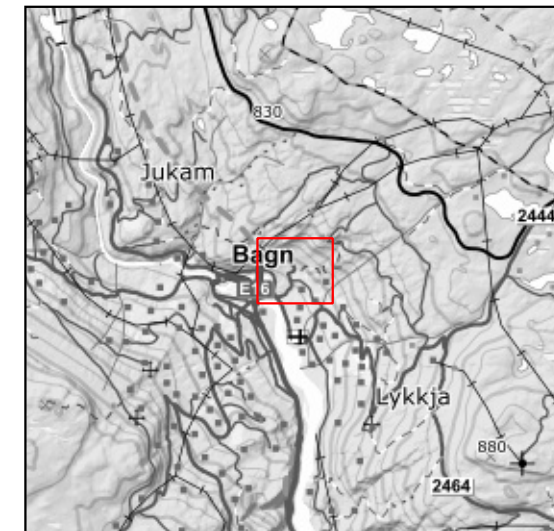






-  Kartleggingsområde
-  Påvirkningsområde
-  Årlig sannsynlighet steinsprang $\geq 1/100$
-  Årlig sannsynlighet steinsprang $\geq 1/1000$
-  Årlig sannsynlighet steinsprang $\geq 1/5000$

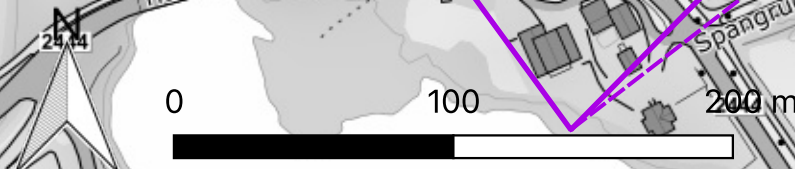
		Vedlegg E Faresonekart steinsprang	
NVE			
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn			
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N			
Dato: 2024-02-19	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm	
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE			

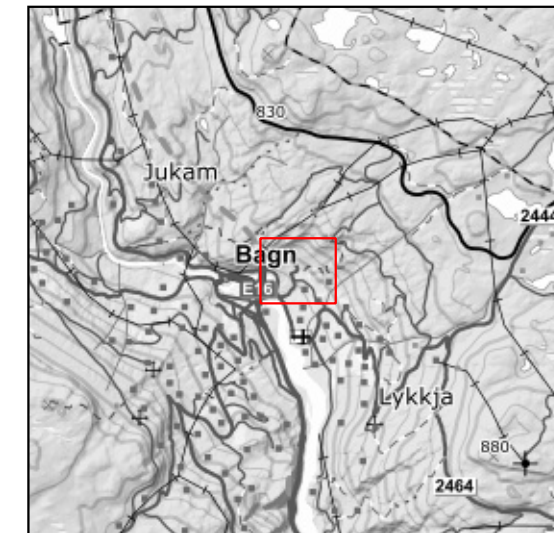





- Kartleggingsområde
- Påvirkningsområde
- Årlig sannsynlighet snøskred $\geq 1/100$
- Årlig sannsynlighet snøskred $\geq 1/1000$
- Årlig sannsynlighet snøskred $\geq 1/5000$

	Vedlegg E Faresonekart snøskred	
NVE		
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2024-02-19	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm
		
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE		

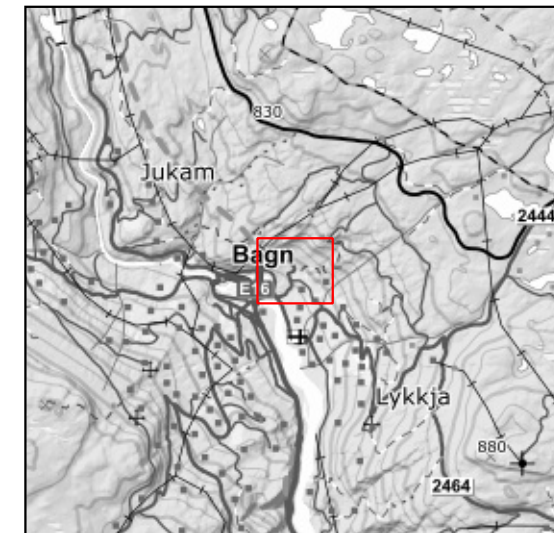




- Kartleggingsområde
- Påvirkningsområde
- Årlig sannsynlighet jordskred $\geq 1/100$
- Årlig sannsynlighet jordskred $\geq 1/1000$
- Årlig sannsynlighet jordskred $\geq 1/5000$

 NVE	Vedlegg E Faresonekart jord- og flomskred		
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn			
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N			
Dato: 2024-02-19	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm	 SKRED AS
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE			

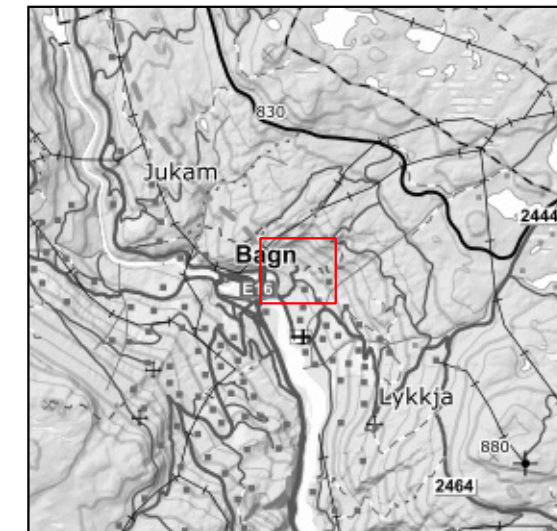






- Kartleggingsområde
- Påvirkningsområde
- Årlig sannsynlighet sørpeskred $\geq 1/100$
- Årlig sannsynlighet sørpeskred $\geq 1/1000$
- Årlig sannsynlighet sørpeskred $\geq 1/5000$

	Vedlegg E Faresonekart sørpeskred	
NVE		
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2024-02-19	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE		

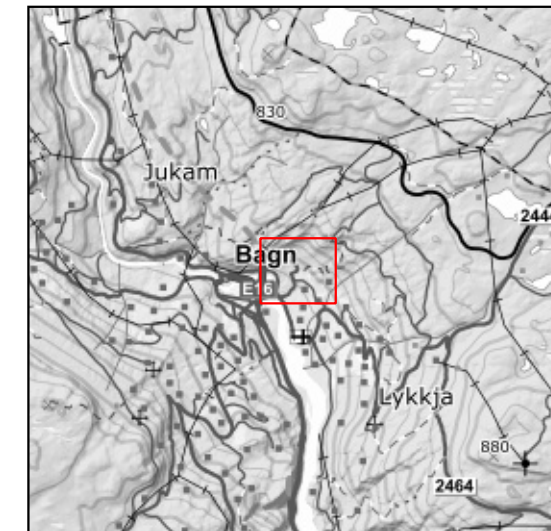






-  Kartleggingsområde
-  Påvirkningsområde
- Dimensjonerende skredtype
-  Steinsprang
-  Jord- og flomskred
-  Årlig sannsynlighet skred $\geq 1/100$
-  Årlig sannsynlighet skred $\geq 1/1000$
-  Årlig sannsynlighet steinsprang $\geq 1/5000$

		Vedlegg E	
		Faresonekart samlet skredfare	
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn			
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N			
Dato:	Utarbeidet av:	Kontrollert av:	
2024-02-19	Espen Eidsvåg	Kalle Kronholm	
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE			

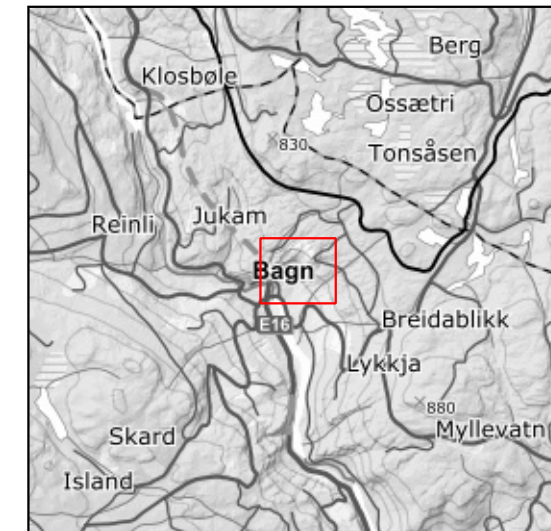






- Kartleggingsområde
- Påvirkningsområde
- Dimensjonerende skredtype uten skog
- Sørpeskred
- Jord- og flomskred
- ✱ Snøskred
- Årlig sannsynlighet skred $\geq 1/100$
- Årlig sannsynlighet skred $\geq 1/1000$
- Årlig sannsynlighet jordskred $\geq 1/5000$

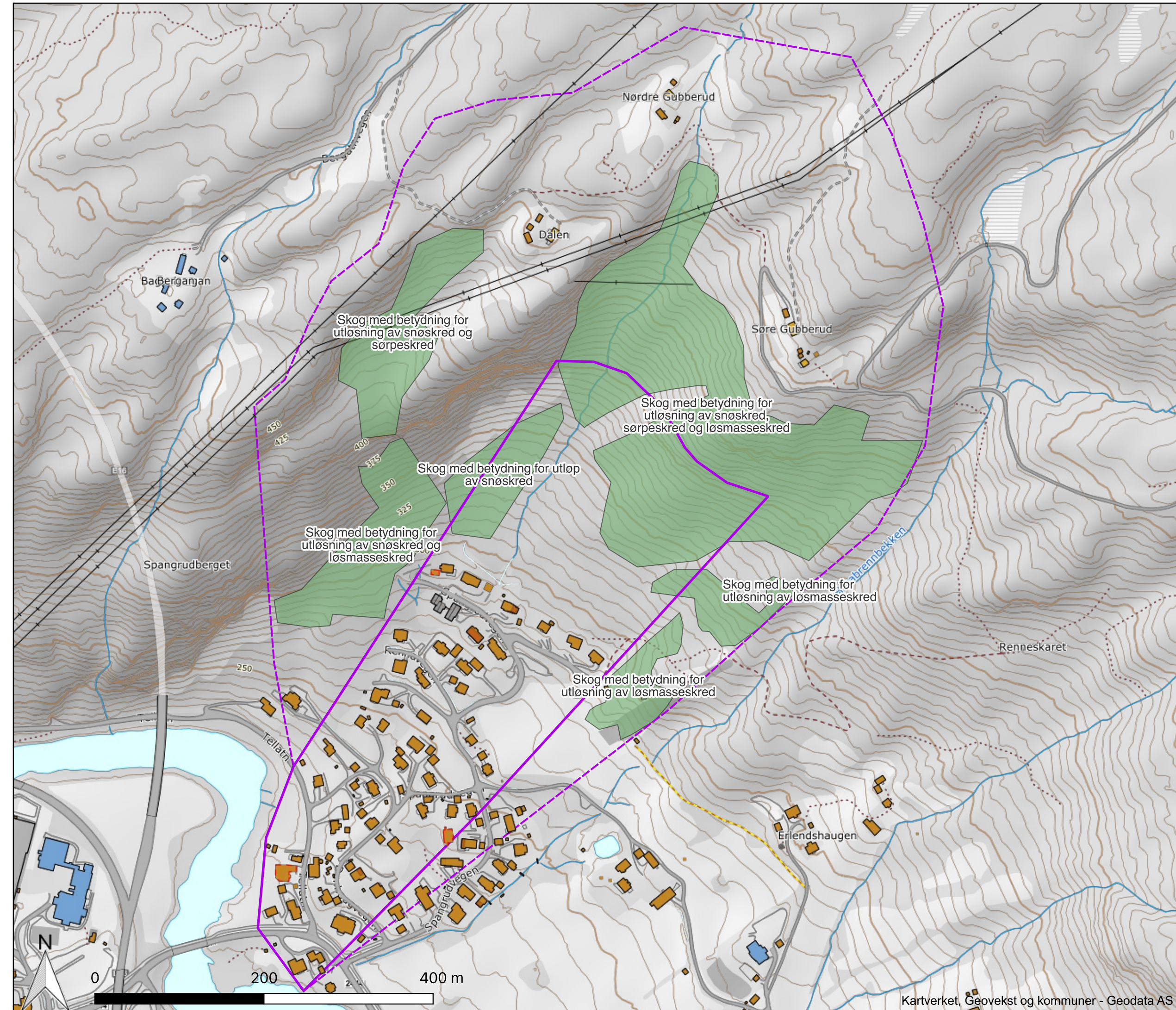
	Vedlegg E Faresonekart samlet skredfare uten skog	
NVE		
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2024-02-19	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm
		
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE		





- Kartleggingsområde
- Påvirkningsområde
- Skog som har betydning for om faresonene er gyldige

	Vedlegg F Skog som har betydning for om faresonene er gyldige	
NVE		
Oppdrag: Skredfareutredning - Spangrud, Bagn		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Zone 33N		
Dato: 2024-02-19	Utarbeidet av: Espen Eidsvåg	Kontrollert av: Kalle Kronholm
		
Kartet er utarbeidet av Skred AS på oppdrag fra NVE		





NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo
Telefon: (+47) 22 95 95 95