

Oppdragsgiver	Navn Sør-Aurdal kommune	Kontaktperson Bente Lindahl
Oppdrag	Nummer og navn 16136 Sør-Aurdal, Bagn - Faresoner for skred i bratt terreng	Oppdragsleder Andrea Taurisano
Dokument	Nummer 16136-01-2 Utført av Andrea Taurisano	Dato 2017-05-08 Kontrollert av Hans Georg Grue, Kalle Kronholm

Faresonekartlegging skred i bratt terreng

Sammendrag

Sør-Aurdal kommune har engasjert Skred AS til å utføre faresonekartlegging for skred i bratt terreng for kommunesenteret Bagn.

Faresonene skal kunne brukes i behandling av reguleringsplaner og byggesaker og er derfor rutinemessig utarbeidet i henhold til TEK10, dvs. med faresoner for alle tre sikkerhetsklasser der alle aktuelle skredtyper i bratt terreng er vurdert.

Mye av landskapet i det kartlagte området bærer preg av erosjonsprosesser og utglidninger i morenemasser som er finkornete og relativt lett eroderbare. Flere av bekkene som kommer inn til det kartlagte området, har forholdsvis store nedslagsfelt. Dette vil si at potensialet for mer erosjon og nye utglidninger, samt flom, er tilstede.

Jordskred og flomskred er dimensjonerende skredtyper de fleste steder, men steinsprang og sørpeskred er også aktuelle problemstillinger enkelte steder. Det er faresoner for skred svarende til kravene for alle tre sikkerhetsklasser i det vurderte området.

Det er registrert noen lokale situasjoner (en liten utglidning som har tettet en kulvert, en kulvert som slipper ut vann i en sårbar skråning, osv.) som bør utbedres for å unngå skade på eksisterende bebyggelse. To bygninger ligger relativt utsatt langs en større ravine i Sørvollbakkin.

Gitt beskaffenheten av løsmassene i området er det viktig, i skråninger brattere enn 25 - 30°, å unngå ytterligere avskoging og terrenginngrep som kan starte utglidninger, samt ha god kontroll på avrenning langs veigrøfter og kulverter.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Mål	6
1.3	Datagrunnlag: Terrengmodell	6
1.4	Befaring	6
1.5	Forbehold	6
1.6	Vurderte skredtyper	6
1.6.1	Snøskred og sørpeskred	7
1.6.2	Skred i fast fjell	7
1.6.3	Jordskred og flomskred	7
1.6.4	Skredfare og klimaendringer	7
1.7	Effekt av skog	8
1.8	Metodikk for kartleggingen	8
1.8.1	Beregninger med RAMMS steinsprang	8
1.8.2	Beregninger med RAMMS flomskred	9
1.8.3	Tolkning av modellresultater	9
2	Generelt om kartleggingsområdet	10
2.1	Klima	10
2.2	Berggrunn	13
2.3	Kvartærgeologi	13
2.4	Registrerte skredhendelser	14
2.5	Tidligere rapporter	14
2.6	Aktsomhetsområder	14
3	Bagn, område øst for Begna	18
3.1	Beskrivelse av området	19
3.1.1	Topografi	19
3.1.2	Vegetasjon	21
3.1.3	Avrenning	21
3.1.4	Geomorfologisk tolkning av observasjoner	22
3.2	Vurdering av skredfare	23
3.2.1	Snøskred	23
3.2.2	Sørpeskred	23
3.2.3	Løsmasseskred	23
3.2.4	Skred i fast fjell	25
3.2.5	Faresoner for skred	26
3.2.6	Forutsetninger for faresonene	27
3.2.7	Mulighet for å redusere faresonene	27
4	Bagn, område vest for Begna	28
4.1	Beskrivelse av området	28
4.1.1	Topografi	28

4.1.2	Vegetasjon.....	30
4.1.3	Avrenning	30
4.1.4	Geomorfologisk tolkning av observasjoner	31
4.2	Vurdering av skredfare	32
4.2.1	Snøskred	32
4.2.2	Sørpeskred.....	32
4.2.3	Løsmasseskred	32
4.2.4	Skred i fast fjell	34
4.2.5	Faresoner for skred	35
4.2.6	Forutsetninger for faresonene.....	36
4.2.7	Mulighet for å redusere faresonene	36
5	Konklusjon	37
6	Referanseliste	38

Figurer

Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte området, rundt kommunesenteret Bagn. Kartet viser også de meteorologiske stasjonene benyttet for klimaanalysen. Bakgrunnskart © Kartverket, www.kartverket.no	5
Figur 2: Månedsnormaler 1961-90 for middeltemperatur. Data fra www.eklima.no	11
Figur 3: Månedsnormaler 1961-90 for nedbør. Data fra www.eklima.no	11
Figur 4: Beregnet 3-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for månedene mars til november (antatt regn). Data fra www.eklima.no	12
Figur 5: Utsnitt fra bergrunnskart M 1: 50 000, fra www.ngu.no . Den lyserosa fargen i og rundt Bagn er øyegneis.....	13
Figur 6: Utsnitt fra kvartærgeologisk kart M 1: 250 000. Fra www.ngu.no . Den lyseste grønfargen og den litt mørkere grønfargen viser tynt og tykt morenedekke, henholdsvis, mens den gule fargen i dalbunnen er fluviale avsetninger.....	14
Figur 7: Utsnitt fra aktsomhetskartet for snøskred www.atlas.nve.no . Den mørkere og den litt lysere røde fargen viser henholdsvis beregnede løsneområder og utløpsområder for snøskred.....	15
Figur 8: Utsnitt fra aktsomhetskartet for snøskred www.atlas.nve.no . Den brune skravuren viser potensiell fare for jordskred.	16
Figur 9: Utsnitt fra aktsomhetskartet for steinsprang www.atlas.nve.no . Den svarte og den grå skravuren viser henholdsvis beregnede løsneområder og utløpsområder for steinsprang.	17
Figur 10: Avgrensning av kartleggingsområdene øst og vest for elva	18
Figur 11: Nordre del av delområdet øst for Begna, karakterisert av fjellskrenter fra E16 (venstre i bildet) til Spangrud boligfeltet (høyre i bildet).....	20
Figur 12: En del av delområdet øst for Begna, karakterisert av slakere fjellsider med løsmasser og nedskjærte bekker.....	20

Figur 13: Kart over planområdet med beregnet terrenghelning. Helningskartet er gjengitt med større detaljnivå i kartbilag 1.	21
Figur 14: Den lille vollen bygd i overkant av Spangrud boligfelt, for å lede vann inn i kulverten med inntak i bildets nedre høyre hjørne.....	22
Figur 15: En liten utglidning i foten av skråningen ved den øverste svingen i Spangrud boligfelt har delvis tettet kulverten under veifyllingen.	24
Figur 16: Dronebilde av fjellskrenten mellom den nye veitunellen og Spangrud. Nede til venstre ser man noen av sikringstiltakene iverksatt i forbindelse med veianlegget...	25
Figur 17: Dronebilde av fjellskrenten ovenfor Jordet.	26
Figur 18: Dronebilde som viser mesteparten av delområdet vest for Begna, sett fra nordøst. Avgrensningen av området gitt av de gule linjene, er bare en grov indikasjon.....	28
Figur 19: Gamle utglidninger i morenemasser nedenfor Leidstrudgardatn, som vises som forsenkningene i terrenget.....	29
Figur 20: Ravinen ved Sørvollbakkin 45, der deformasjoner tilsier en ustabil ravinekant.	30
Figur 21: Kulvert som munner ut i bratt løsmasseskråning ovenfor Vollskogveien (gul pil). ..	31
Figur 22: Figuren, tatt fra NVEs rapport 1/2008, illustrerer sikkerhetssonen for å ivareta sikkerhet mot erosjon ved utbygging i nærheten av raviner med bekk eller elv.	34
Figur 23: En av fjellskrentene i skogen sør i delområdet, med til dels store avløste blokker.	35

Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK10 (DiBK, 2015).	6
Tabell 4: Variasjon i anvendte parametere i RAMMS beregningene for flomskred og sørpeskred.	9
Tabell 5: Oversikt over de meteorologiske stasjonene anvendt i klimaanalysen.....	10

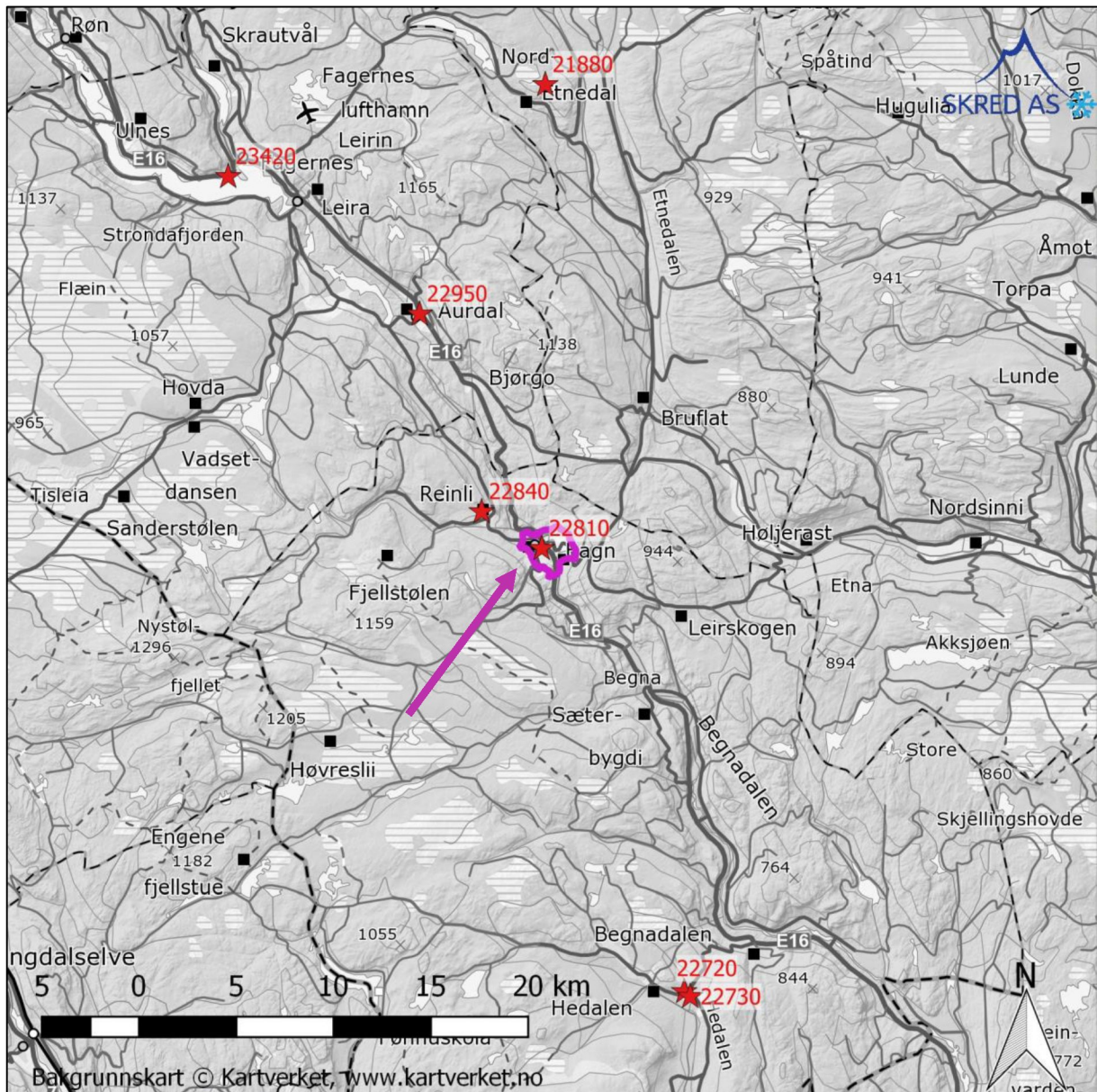
Kartbilag

1. Terrenghelning.
2. Registreringskart med registrerte skredhendelser.
3. GPS sporlogg.
4. Eksempel på modelleringsresultater RAMMS, jord-/flomskred.
5. Eksempel på modelleringsresultater RAMMS, steinsprang.
6. Faresoner med dimensjonerende skredtype.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Sør-Aurdal kommune arbeider med en kommunedelplan for området rundt Bagn. Deler av planområdet er dekket av aktsomhetssoner for jord- og flomskred, aktsomhetssoner for snøskred og aktsomhetssoner for steinsprang (NVE, 2016). Det ønskes derfor en detaljert skredfarevurdering for planområdet.



Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte området, rundt kommunesenteret Bagn. Kartet viser også de meteorologiske stasjonene benyttet for klimaanalysen.

1.2 Mål

Det skal utarbeides faresoner for skred i forhold til krav til sikkerhet mot skred gitt i TEK10 med veileder (Tabell 1). Faresonekart skal også vise hvilken skredtype som er «dimensjonerende».

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggeteknisk forskrift, TEK10 (DiBK, 2016).

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

1.3 Datagrunnlag: Terrengmodell

Terrengmodellen anvendt til beregninger er utarbeidet på grunnlag av laser data fra følgende prosjekt:

- Valdres Laser 5pkt 2013 LACHOP32, oppmålt av Blom Geomatics AS for Statens Kartverk Hamar i 2013.
- Valdres 2015 – 202249 med dekningsnummer 40519 utarbeidet av Rambøll Norge AS med fotofirma Terratec AS i 2015.

Bare bakkepunkt er anvendt i terrengmodellen, som har en horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Modellen er laget i programvaren SAGA.

1.4 Befaring

Befaring i området ble utført den 5. og 6. april 2017 av Andrea Taurisano og Hans Georg Grue, Skred AS. Det var fint vær, bar mark i hele den østlige dalsiden og snø på bakken i deler av den vestlige dalsiden, med generelt god sikt.

Befaringen er gjennomført til fots, med bil og ved hjelp av drone med 20 Mpx kamera.

1.5 Forbehold

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

Vurderingene er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det ble observert på befaring, på tilgjengelige flyfoto, og på kotegrunnlag. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for skredforholdene. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

1.6 Vurderte skredtyper

I TEK10 er det spesifisert at samlet sannsynlighet for alle skredtyper skal legges til grunn for vurderingen av årlig sannsynlighet. Vi har derfor vurdert følgende skredtyper:

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

1.6.1 Snøskred og sørpeskred

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

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

1.6.2 Skred i fast fjell

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller, eller sklir nedover en skråning benyttes begrepene steinsprang (volum <math><100\text{ m}^3</math>), steinskred (volum 100-10.000 m^3) og fjellskred (>10.000 m^3). Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 40-45°.

1.6.3 Jordskred og flomskred

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

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

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

1.6.4 Skredfare og klimaendringer

Spesielle værforhold er en dokumentert utløsende faktor for de fleste typer skred, og forekomsten av disse skredtypene vil naturlig bli påvirket dersom klimaet utvikler seg slik at

ekstremt vær inntreffer oftere. Generelt vil et varmere og våtere klima kunne påvirke frekvensen av jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred.

I klimaprofil for Oppland (Norsk Klimaservicesenter, 2016) vurderes følgende:

Klimaendringene vil i Oppland særlig føre til behov for tilpasning i forhold til ekstremnedbør og økte problemer med overvann; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.

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

1.7 Effekt av skog

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

I det vurderte området er store deler av fjellsidene dekket av tett skog. Skogen har hatt stor betydning for utbredelsen av faresonene. Tett skog i bratte terrengpartier er for eksempel hovedgrunnen til at snøskred i det vurderte området ikke er en aktuell prosess.

I alle områder med skog der terrenget er brattere enn 25-30°, bør skogsdrift reguleres, for å ikke øke sannsynligheten for utløsning av snøskred og jordskred.

1.8 Metodikk for kartleggingen

Utarbeidelsen av faresonekart er gjennomført ved følgende arbeid:

- Innsamling og gjennomgang av eksisterende grunnlagsdata for å identifisere potensielle fareområder. Herunder kart, ortofoto og skredrapporter.
- Feltarbeid for å undersøke forhold som har betydning for skredutløsning og rekkevidde i de skredutsatte områdene. Herunder befarings til fots og observasjon fra kameradrone.
- Analyse av sannsynlighet og utløpsdistanse for de aktuelle skredtypene er basert på ovennevnte eksterne og egeninnsamlede data, samt intervju av informanter og simulering av ulike skredtyper med aktuell programvare, som beskrevet i etterfølgende avsnitt.
- Vekting av alle vurderinger og informasjonen ved tegning av faresoner.

1.8.1 Beregninger med RAMMS steinsprang

Modellering av mulige utløp for steinsprang er gjort ved hjelp av den dynamiske modellen RAMMS RockFall versjon 1.6.55 (Leine mfl., 2014). Vi er ikke kjent med historiske steinspranghendelser i området, og har derfor ikke hatt mulighet for å kalibrere modellen.

Kildeområdene er definert som polygoner og inkluderer fjellskrenter med terrenghelning over 45°. Kildeområdene er identifisert på bakgrunn av helningskartet er deretter

skjønnsmessig vurdert etter kart- og flyfotostudie, samt befaringsobservasjoner, for å ekskludere små lokale brattheng som blir fanget opp av den høyoppløselige terrengmodellen, men som i praksis ikke har betydning som løsneområder for steinsprang.

Det er simulert utfall av steinblokker på 1 til 3 m³ som treffer middels hardt underlag og beveger seg videre gjennom åpen skog. Dette er en situasjon med begrenset evne til å dempe blokkenes energi, men som omtrentlig gjenspeiler terrenget nedenfor de aktuelle skrentene som kan gi utfall av blokker i Bagn.

Fra hver kilde er blokkene «satt i bevegelse» med 10 forskjellige startposisjoner. Dette har innflytelse på typen bevegelse blokkene får videre nedover. Av ulike typer resultater produsert av modellen, har vi i Kartbilag 5 valgt å vise sannsynligheten for treff, som vi mener er av mer intuitiv forståelse og større nytte i kartleggingsammenheng enn for eksempel den kinetiske energien av blokkene.

Det påpekes imidlertid at sannsynligheten for treff representerer antall simulerte blokker som kommer inn i hver gitt celle av terrengmodellen. Dette er ikke det samme som den årlige sannsynligheten for skader, som faresonene representerer. Den sistnevnte er resultatet av en skjønnsmessig vurdering av modelleringsresultater samt mange andre faktorer, som feltobservasjoner, skredhistorikk osv.

1.8.2 Beregninger med RAMMS flomskred

Modellering av mulig skredutbredelse av flomskred er gjort med RAMMS versjon 1.6.20, modulen for flomskred (Christen mfl., 2010). Utløsningsområdene anvendt i modellen er vurdert ut fra observasjoner i terrenget og på kartbilag. Det er anvendt utløsningsområder både i åpne fjellsider og i konkave terrengformer som «gryter» og raviner, for å simulere begge hovedtyper av løsmasseskred. Vi kjenner ikke til detaljer rundt tidligere løsmasseskred i området, og har derfor ikke hatt mulighet for å kalibrere modellen.

For begge typer beregninger er innstillingen «block release» brukt, siden hydrografen for de modellerte skredhendelsene ikke er kjent, og kan variere. Anvendte friksjonsparametere er variert som vist i tabell 2.

Tabell 2: Variasjon i anvendte parametere i RAMMS beregningene for flomskred og sørpeskred.

Skredtype	Horisontal oppløsning i terrengmodell	Friksjonsparameter ξ	Friksjonsparameter μ	Bruddhøyde blokk
Flomskred	2 m	100-2000 m/s ²	0,07-0,2	1 m

1.8.3 Tolkning av modellresultater

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

2 Generelt om kartleggingsområdet

2.1 Klima

Vi har utført en analyse av områdets klimatiske trekk som har størst betydning for skredfarekartlegging. Analysen er gjort på bakgrunn av data fra eklime.met.no.

Plassering av de meteorologiske stasjonene i forhold til kartleggingsområdene (Figur 1), og lengden av dataseriene (Tabell 3) bestemmer hvor godt klimaanalysen klarer å beskrive de lokale klimaforholdene ved hvert kartleggingsområde. Resultatene av analysen anses derfor som usikre, men gir allikevel den mest objektive informasjon om klimaforholdene i området.

Tabell 3: Oversikt over de meteorologiske stasjonene anvendt i klimaanalysen. For plassering av stasjonene, se figur 1.

Nr.	Stasjonsnavn	I drift fra	I drift til	Høyde (moh.)	Breddegrader	Lengdegrader
22720	HEDAL I VALDRES	jul 1895	sep.68	503	60,6217	9,7178
22730	HEDAL I VALDRES II	sep.68		474	60,6197	9,7238
22810	BAGN			225	60,82	9,55
22840	REINLI	jul 1895		628	60,8346	9,4905
23420	FAGERNES	okt 1892		358	60,9785	9,224
21880	NORDRE ETNEDAL	jul 1895	jun.67	679	61,0333	9,5167
22950	NORD-AURDAL II	jan 1892	des.00	452	60,923	9,4162

Stasjonene som er tilgjengelige rundt kartleggingsområdet på Bagn, har dataserier som starter allerede i 1892, men ikke alle stasjonene registrerte alle værelementene av interesse for vår analyse. Dette er grunnen til at bare en av stasjonene viser normale middeltemperaturer i figur 2, mens tre stasjoner viser normale nedbørsverdier i figur 3.

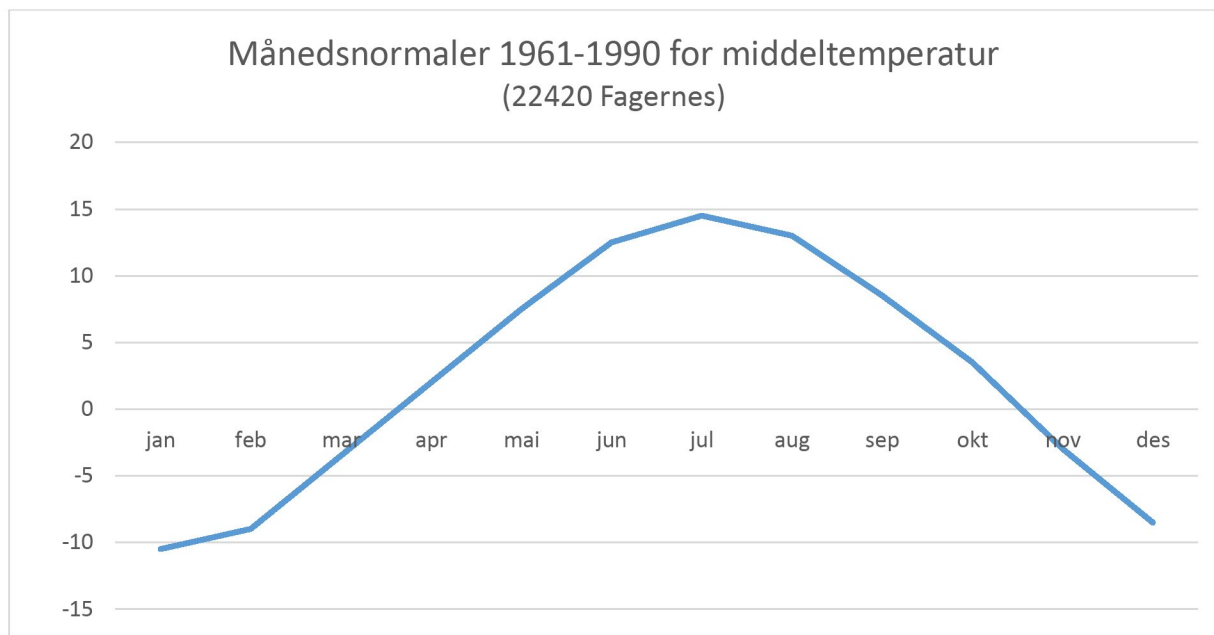
Figur 3 viser at den årlige nedbøren ved de ulike stasjonene varierer mellom 520 og 755 mm per år. Dette er typisk for relativt tørre, innlandsområder i Norge.

For skredfarevurderingen er det imidlertid viktigere å analysere ekstrem nedbør enn normaler. Av de tre hovedtyper skred i bratt terreng, dvs. snøskred, løsmasseskred og steinsprang / steinskred, har klimaanalysen kun fokusert på forholdene som kan knyttes til løsmasseskred. Dette fordi snøskred kan utelukkes som relevant faremoment på grunn av vegetasjonsforholdene, mens for steinsprang / steinskred finnes det ingen spesifikke terskelverdier når det gjelder meteorologiske forhold som kan gjøre en slik analyse nyttig.

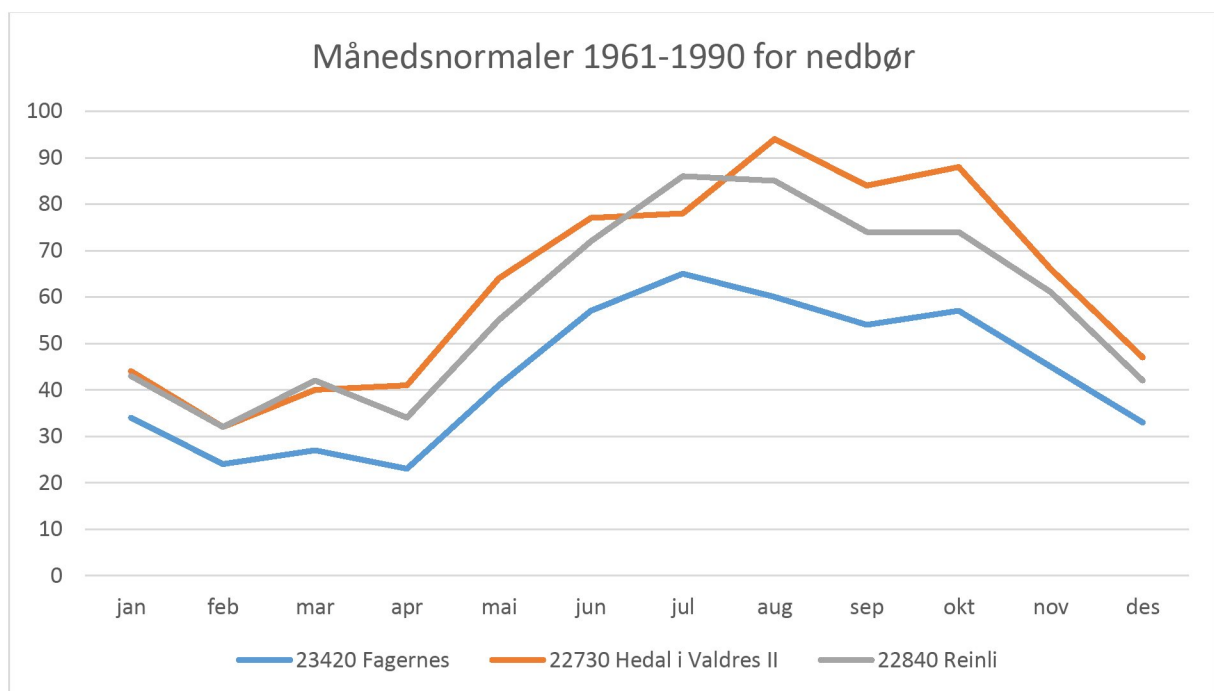
En enkel klimaanalyse som kan anvendes til vurdering av jord- og flomskredfare, har fokus på ekstrem nedbør som kommer i formen av regn.

Studier utført i Norge (Sandersen mfl., 1996) indikerer at løsmasseskred generelt løses ut ved døgnet nedbør på min. 8 % av gjennomsnittlig årlig nedbør. I det vurderte området betyr det døgnet nedbør på 42 – 60 mm. I figur 4 vises beregnet 1-døgns nedbør i perioden mars – november, som i det aktuelle området trygt kan antas å komme i formen av regn. Figuren

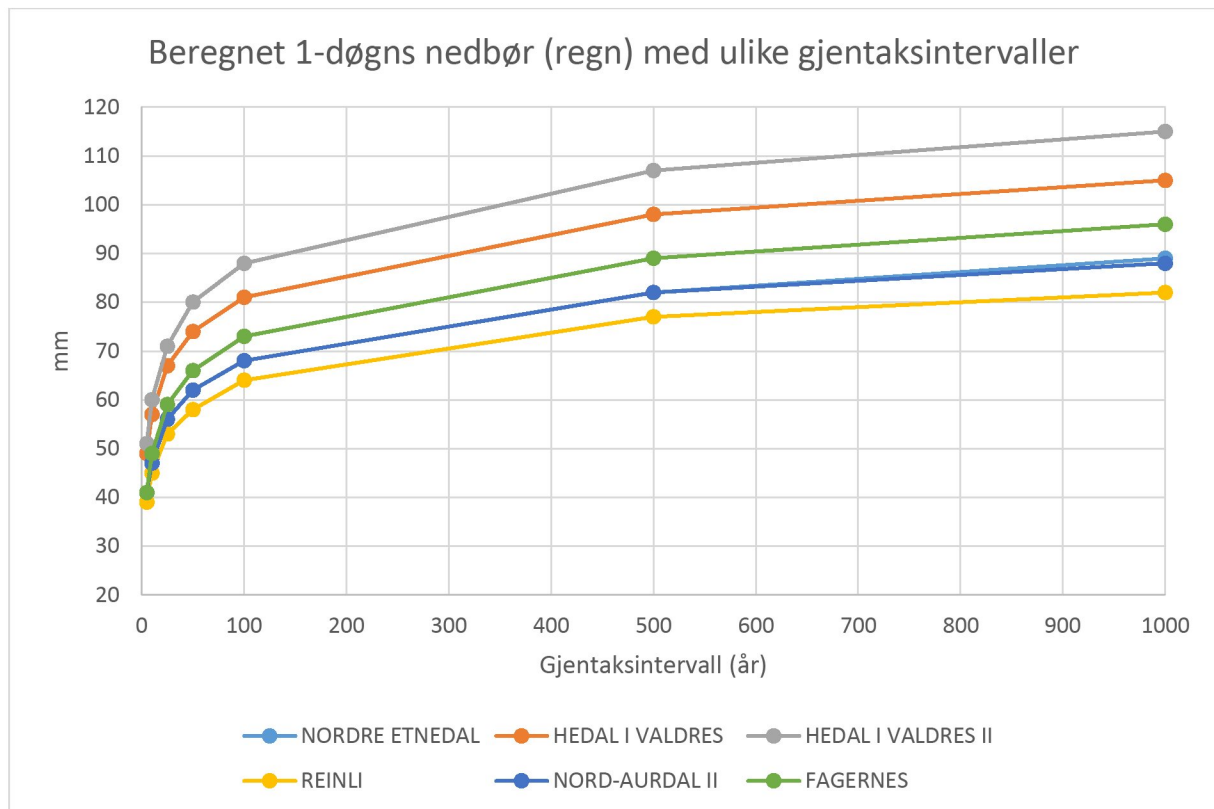
viser at gjentaksintervallet for en døgnedbør på 42 – 60 mm i vurderingsområdet er på bare 5 – 10 år. Sannsynligheten for at en nedbør potensielt i stand til å utløse løsmasseskred forekommer, er ikke er det samme som sannsynligheten for at skred faktisk utløses. Det siste avhenger av mange flere forhold enn nedbørintensitet, og blant alle de forholdene er terrenget viktigst.



Figur 2: Månedsnormaler 1961-90 for middeltemperatur. Data fra www.eklima.no.



Figur 3: Månedsnormaler 1961-90 for nedbør. Data fra www.eklima.no.



Figur 4: Beregnet 1-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for månedene mars til november (antatt regn). Data fra www.eklima.no. Berggrunnsgeologi

2.2 Berggrunn

Berggrunnen i det vurderte området er kartlagt av NGU i målestokk 1:50.000.

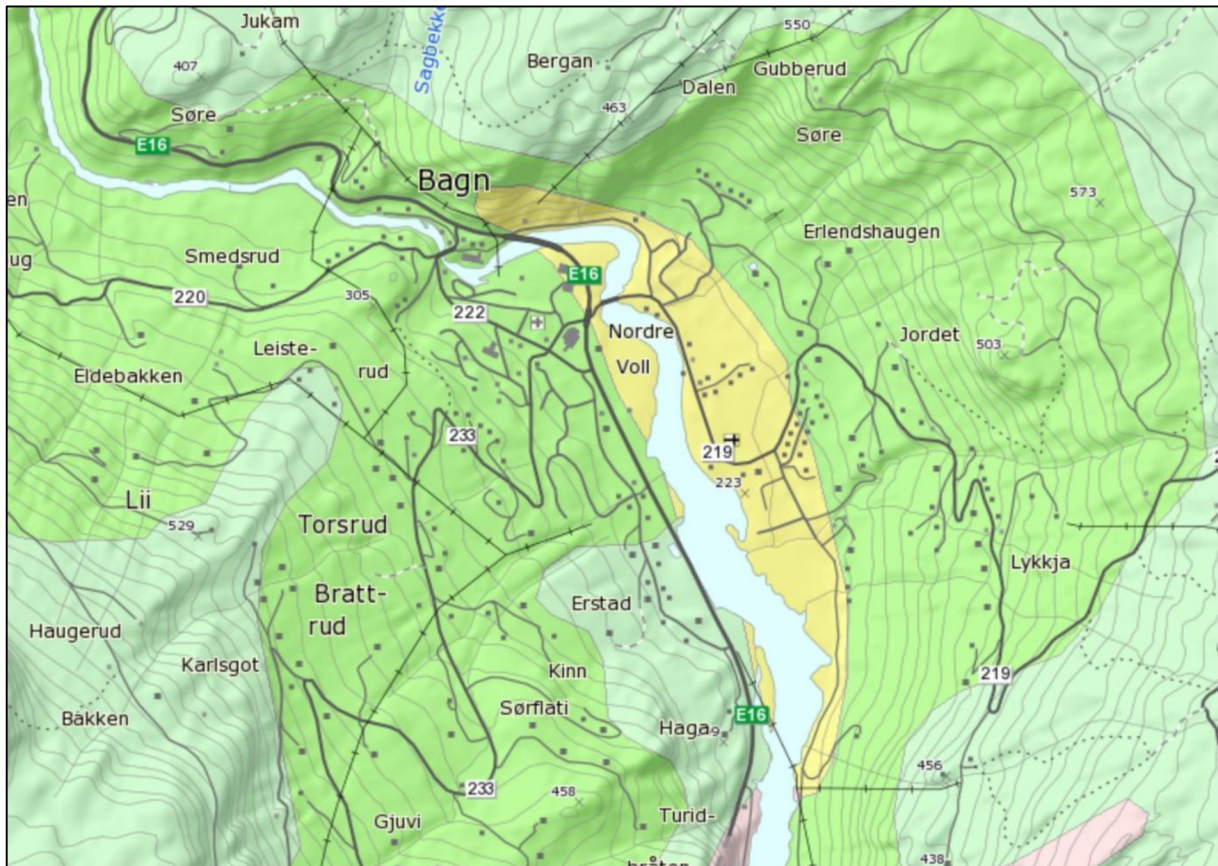
Berggrunnskartet (NGU, 2016a) viser at fjellsidene i og rundt Bagn består av øyegneis med grårosa øyne av kalifeltspat (Figur 5).



Figur 5: Utsnitt fra berggrunnskart M 1: 50 000, fra www.ngu.no. Den lyserosa fargen i og rundt Bagn er øyegneis.

2.3 Kvartærgeologi

Løsmassene i det vurderte området er kartlagt av NGU i målestokk 1:250.000. Kartet (NGU, 2016b) viser at fjellsidene i og rundt Bagn er dekket av morene med varierende mektighet. Det er elveavsetninger i dalbunnen (Figur 6).



Figur 6: Utsnitt fra kvartærgeologisk kart M 1: 250 000. Fra www.ngu.no. Den lyseste grønfargen og den litt mørkere grønfargen viser henholdsvis tynt og tykt morenedekke, mens den gule fargen i dalbunnen er fluviale avsetninger.

2.4 Registrerte skredhendelser

I nasjonal skredatabase (NVE, 2016) er kun tre jordskredhendelser registrert i hele kartleggingsområdet, hvis man ser bort fra et snøskred som i 1928 skal ha tatt et menneskeliv på et ukjent sted i kommunen, og som i databasen er vilkårlig plassert i Bagn. De tre jordskredene er derimot relevante, og blir nærmere omtalt sammen med beskrivelsen og vurderingen av delområdet de ligger i.

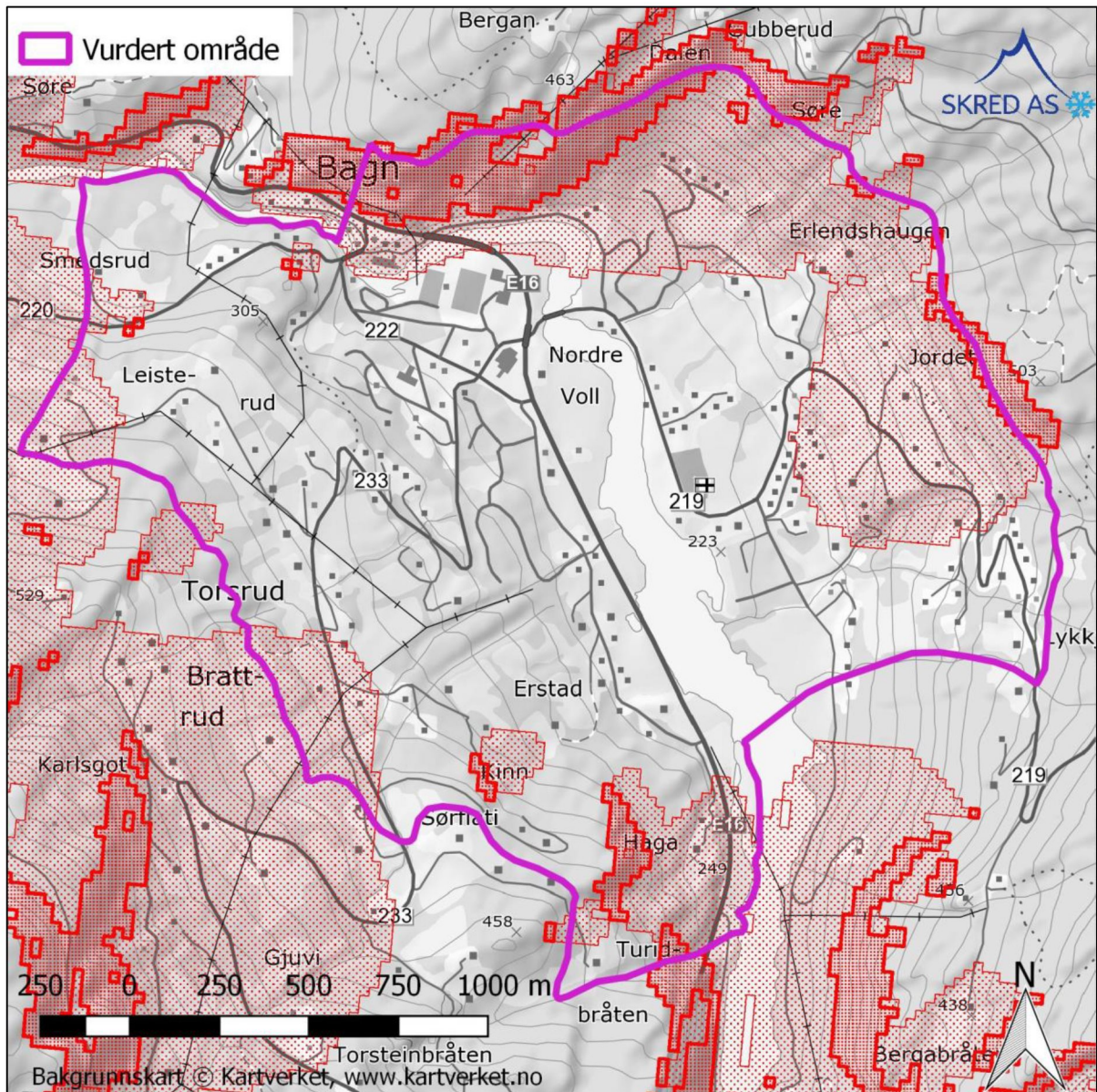
2.5 Tidligere rapporter

I 2001, i forbindelse med etablering av Spangrud II boligfelt, utførte NGI en skredfarevurdering av det området (NVE, 2015). Området vurdert av NGI faller innenfor området som er vurdert i denne rapporten. NGI vurderte flom og flomskred å være hovedproblemet i det vurderte området og ga anbefalinger til best mulig håndtering av overflatevann fra fjellsiden ovenfor.

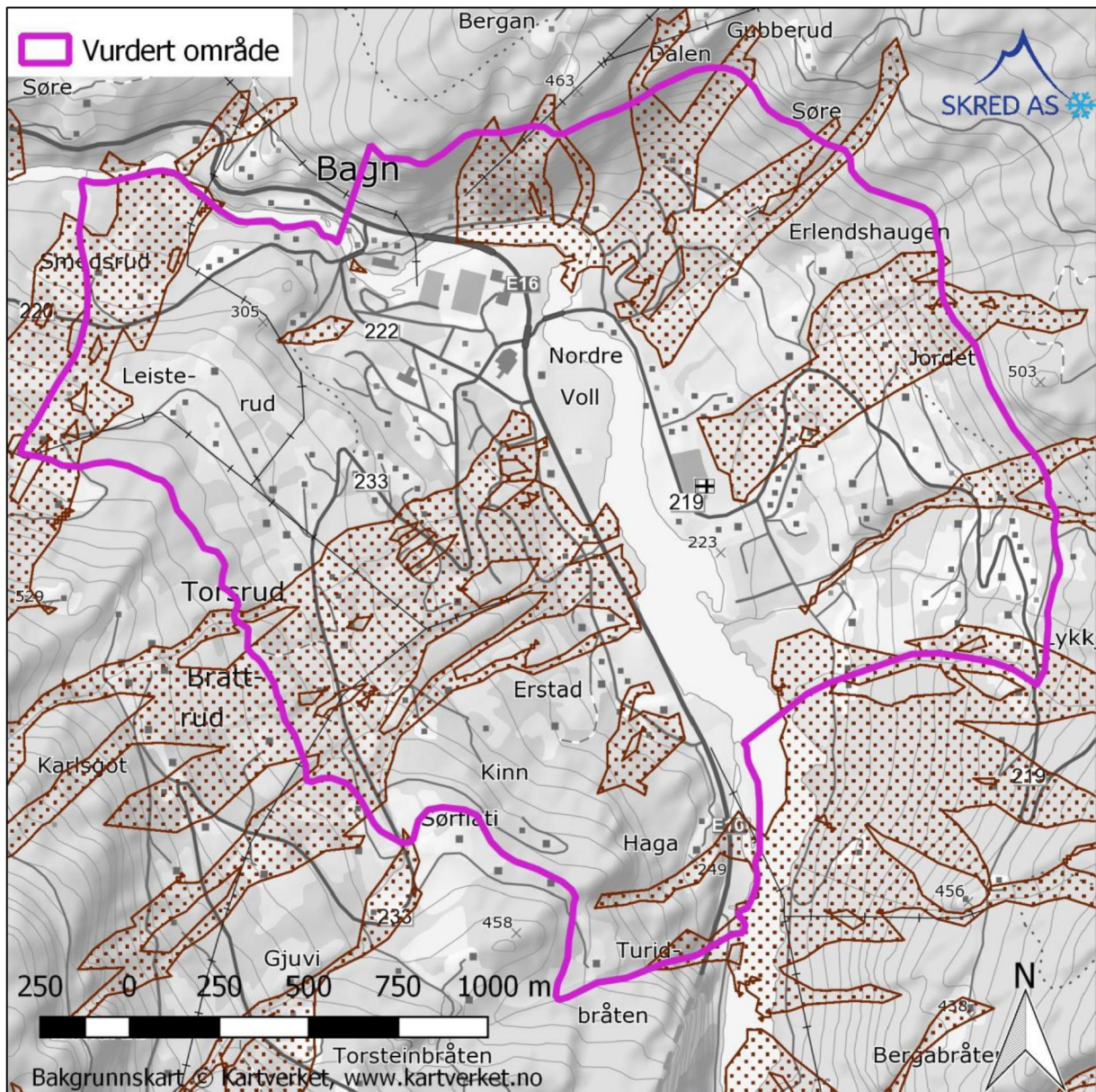
2.6 Aktsomhetsområder

I fjellsidene rundt Bagn, samt i en del skråninger i selve bebyggelsen, er terrenget forholdsvis bratt. Dette gjør at de landsdekkende aktsomhetskartene for snøskred, steinsprang og jord-

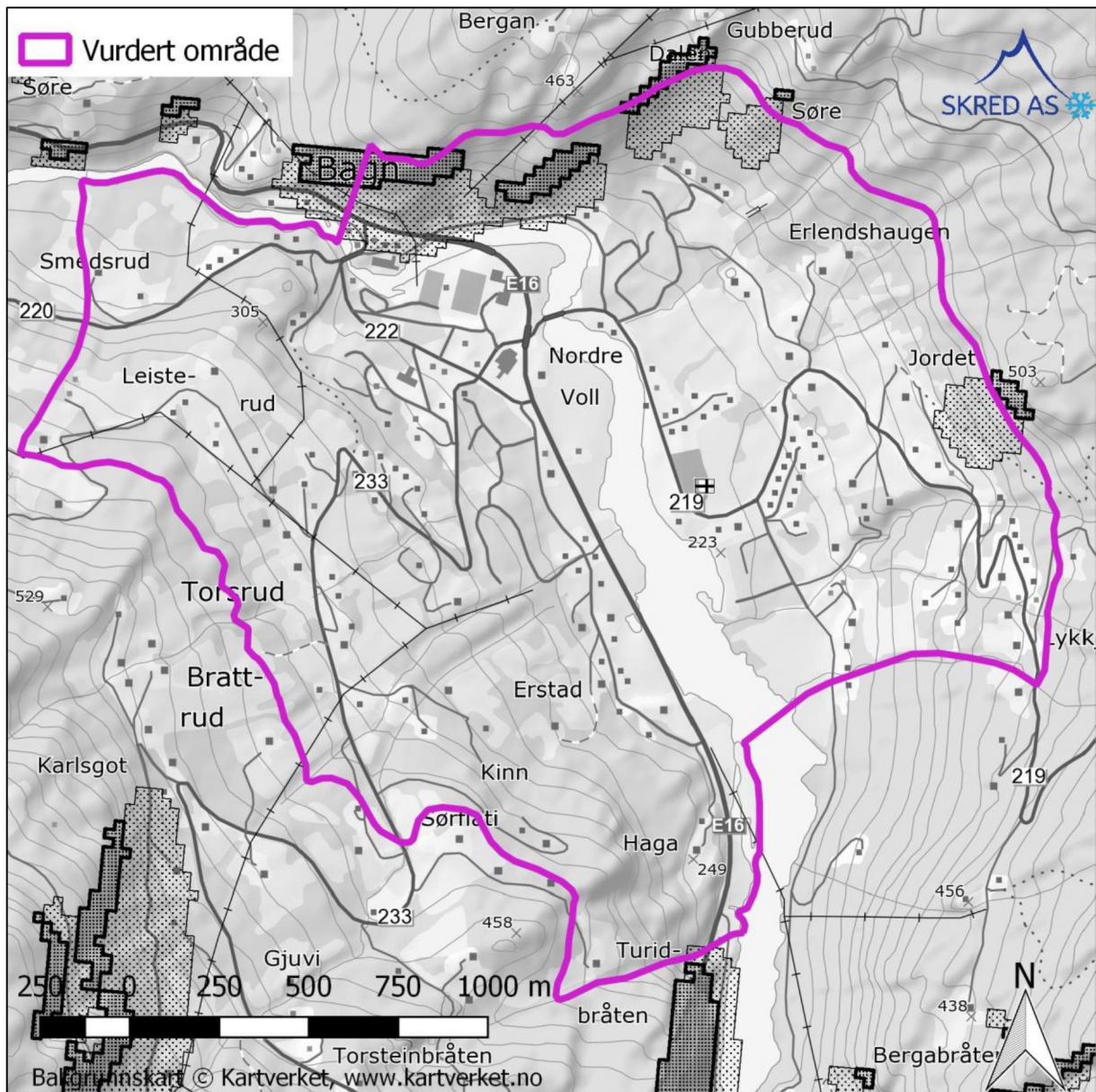
og flomskred, som er automatisk genererte hovedsakelig basert på terrenghelningen, fanger opp mange potensielle løснеområder i det vurderte området. Ettersom algoritmene brukt for beregning av utløpsområder også er ganske konservative, er resultatet at relativt store deler av bebyggelsen i Bagn blir presentert som potensielt skredutsatte områder. Dette vises i utklippene fra de tre aktsomhetskartene i figurene 7, 8 og 9. NGIs kombinerte aktsomhetskart for snø- og steinskred er ikke utarbeidet for det aktuelle området (NVE, 2016).



Figur 7: Utsnitt fra aktsomhetskartet for snøskred, www.atlas.nve.no. Den mørkere og den litt lysere røde fargen viser henholdsvis beregnede løснеområder og utløpsområder for snøskred.



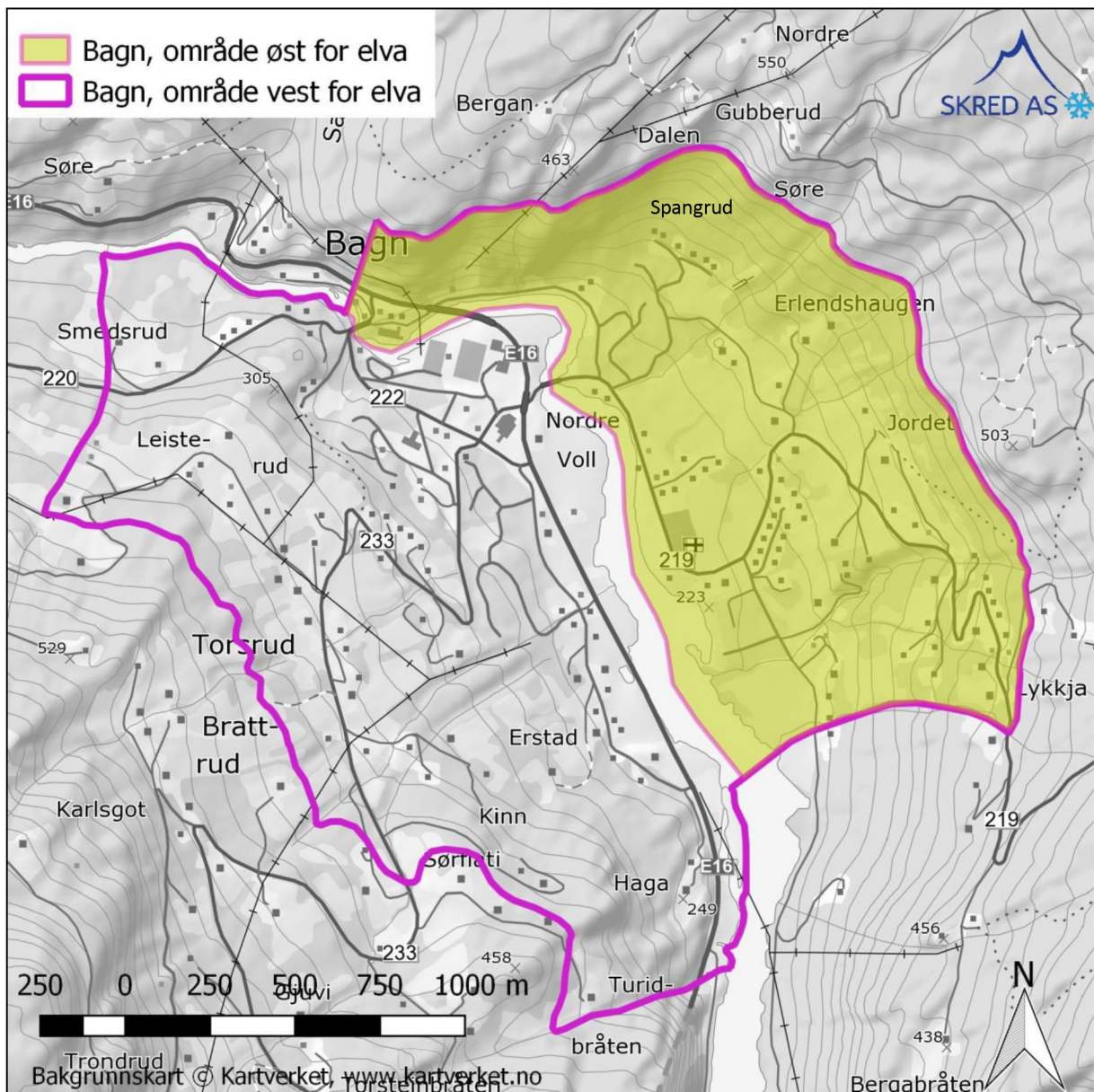
Figur 8: Utsnitt fra aktsomhetskartet for jord- og flomskred, www.atlas.nve.no. Den brune skravuren viser potensiell fare for jord- og flomskred.



Figur 9: Utsnitt fra aktsomhetskartet for steinsprang, www.atlas.nve.no. Den svarte og den grå skravuren viser henholdsvis beregnede løseområder og utløpsområder for steinsprang.

3 Bagn, område øst for Begna

For en enklere presentasjon av observasjoner og vurderinger, deles det vurderte planområdet inn i to delområder, øst og vest for elva, slik vist i figur 10.



Figur 10: Avgrensning av kartleggingsområdene øst og vest for elva.

3.1 Beskrivelse av området

3.1.1 Topografi

Delområdet omfatter sørvendte skråninger ved Spangrudberget (som avgrenser planområdet i nord) og vestvendte skråninger fra Spangrud i nord til Lykkja i sørøst.

Elva Begna, som avgrenser delområdet i vest, renner på ca. kote 220.

Nord i delområdet (figur 11) er den sørvendte siden av Spangrudberget, som stiger opp til ca. 450 moh. og er i hovedsak brattere enn 30° (figur 13 og kartbilag 1). Denne fjellsiden inneholder flere bergskrenter med helning godt over 45°, og enkelte steder nesten vertikale.

Skrentene i vest begynner omtrent fra dalbunnen. Denne er bygd opp av elveavsetninger og senere preget av menneskelige inngrep i forbindelse med vei og bebyggelse. Dette bidrar til at det ikke er steinur i foten av disse skrentene. I denne delen av fjellsiden, like øst for trafostasjonen, var det på befaringstidspunktet under bygging en ny veitunell for E16. Skrentene lenger vest, ovenfor Spangrud boligfelt, begynner fra ca. 350 moh. og har større avstand til bebyggelsen. Under disse skrentene er det steinur. De enkelte skrentene er 40 – 80 m høye.

I det nordøstlige hjørnet av delområdet, bak Spangrud, er det en liten dal som går opp mot Gubberud, med en terrenghelning på 25 - 40° i bunnen. Dalen representerer overgangen mellom de sørvendte skråningene av Spangrudberget nord i delområdet, og den slakere vestvendte fjellsiden øst i delområdet.

Den ca. 1 km lange fjellsiden fra Spangrud til Lykkja (figur 12) stiger gradvis opp til ca. 740 – 780 moh. Toppene ligger 1 – 2 km øst for det vurderte området, dvs. at terrenghelning i gjennomsnitt er ganske lav. Fjellsiden i og ovenfor det kartlagte området har imidlertid flere lokale partier med terreng brattere enn 30° og enkelte steder (eks. ved Jordet) også noen bergskrenter som er brattere enn 45°.

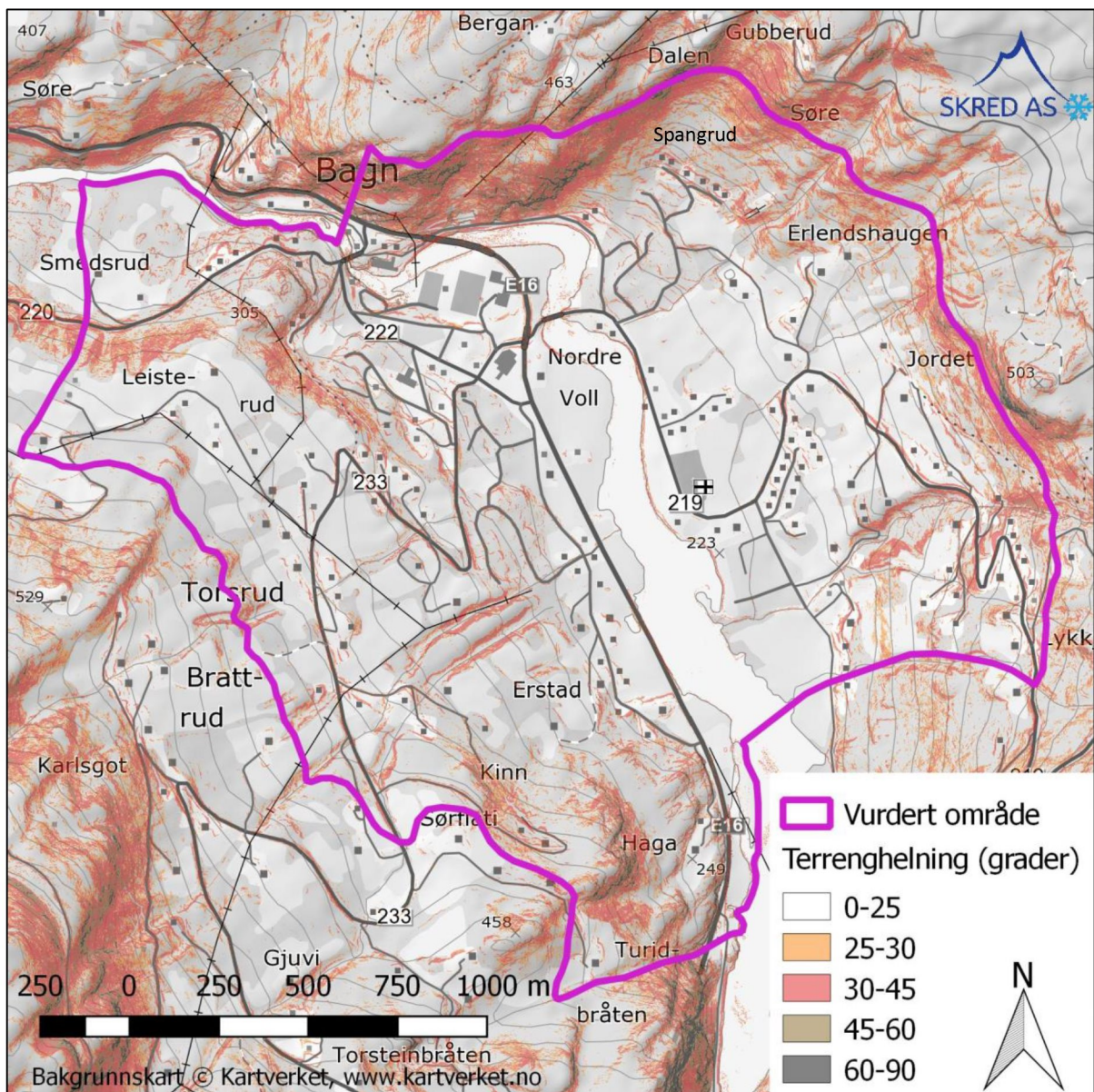
I motsetning til fjellsiden nord i delområdet (dvs. vest for Spangrud), som består i hovedsak av bergskrenter, er fjellsiden mellom Spangrud og Lykkja for det meste karakterisert av løsmasseskråninger. Denne fjellsiden har flere markert nedskjærte bekker (røde piler i figur 12) som drenerer store nedslagsfelt lenger oppe i fjellet og kommer inn i planområdet, der de munner ut i Begna.



Figur 11: Nordre del av delområdet øst for Begna, karakterisert av fjellskrenter fra E16 (venstre i bildet) til Spangrud boligfeltet (høyre i bildet).



Figur 12: En del av delområdet øst for Begna, karakterisert av slakere fjellsider med løsmasser og nedskjærte bekker (røde piler).



Figur 13: Kart over planområdet med beregnet terrenghelning. Helningskartet er gjengitt med større detaljnivå i kartbilag 1.

3.1.2 Vegetasjon

Med unntak av skrentene med blottet fjell og områdene med dyrket mark, er hele dalsiden dekket av sammenhengende gran- og lauvskog. Eldste tilgjengelige web-flyfoto er fra 1991. Sammenligning av flyfoto fra 1991 til 2016 viser en generell, men beskjeden, fortetting av skogen, med unntak av områdene der skog ble hogget ned mellom to flyfotograferinger.

3.1.3 Avrenning

I den bratte, sørvendte siden av Spangrudberget, nord i delområdet, er det kun små nedbørsfelt og mindre smeltevannsbekker som vi antar går tørre om sommeren. To bekker kommer ned bak Spangrud boligfeltet, der de ledes sammen langs en 0,5 – 2 m høy voll

oppført i forbindelse med etablering av boligfeltet (Figur 14). Vannet ledes deretter i en kulvert under boligfeltet og videre nedover mot elva. Kulverten er utstyrt med inntaksrist. Terrengarbeidene ved og ovenfor kulverten ser ut å være gjennomført slik anbefalt av geoteknisk rapport da boligfeltet ble etablert (NGI, 2001).

Bekkene lenger sør i delområdet er større og mindre berørt av menneskelig inngrep. Disse bekkene har også større nedslagsfelt og drenerer kupert fjellområder lenger øst. Bekkene har skjært seg flere meter ned i morenemassene. Nedskjæringen avtar vesentlig der bekkene kommer ut i slakere terreng, dvs. like ved eller ovenfor bebyggelsen (røde piler i Figur 12).



Figur 14: Den lille vollen bygd i overkant av Spangrud boligfelt, for å lede vann inn i kulverten med inntak i bildets nedre høyre hjørne.

3.1.4 Geomorfologisk tolkning av observasjoner

Våre feltobservasjoner og registreringer (kartbilag 2) indikerer at dette delområdet i grove trekk består av relativt finkornet, men steinholdig morene. Skråningene er blitt erodert av en rekke bekker, og det er et par mulige flomskredvifter like sør for Spangrud, ved Erlendshaugen. Disse viftene er vanskelig å tolke blant annet fordi det er gjort noe terrenginngrep i forbindelse med en hoppbakke og mulig tidligere jordbruk.

Det er flere andre terrengformasjoner som ligner på vifter mellom Spangrud og Jordet (eks. til høyre i figur 12), men disse «viftene» ser ut å være resultat av nedskjæring av bekker i moreneskråningen, ikke avsetninger fra jord- eller flomskred.

For øvrig har fjellskrenter i delområdet steinsprangavsetninger i foten.

3.2 Vurdering av skredfare

3.2.1 Snøskred

Dalsiden ovenfor det vurderte området er stedvis brattere enn 30°, dvs. potensielle utløsningsområder for snøskred. På grunn av velutviklet skog anser vi sannsynlighet for utløsning av snøskred som svært liten. Årlig sannsynlighet for snøskred inn i det vurderte området vurderes som mindre enn 1/5000. Det er derfor ikke utført beregninger av skredutbredelse.

Skogen ovenfor det vurderte området har stor betydning for sannsynlighet for utløsning av snøskred. Skogen i skråninger brattere enn 30° (Kartbilag 1) bør derfor bevares og pleies.

3.2.2 Sørpeskred

Sørpeskred nevnes generelt ikke som en problemstilling av lokalkjente i det vurderte området, men minst én hendelse, på 1960-tallet, har vi fått vite om. Dette er et sørpeskred i bekken som går gjennom GBnr 39/7 (Kartbilag 2). Bekken møter nabobekken rett bak GBnr 39/5, men sørpeskredet skal ikke ha gjort skader på bygg der.

Fjellsiden øst for dette delområder har egenskaper som gjør at sørpeskred kan forekomme. Høyereliggende deler av fjellsiden, ca. 1 km øst for kartleggingsområdet, har konkave og slake terrengformasjoner der store mengder snø som kan akkumuleres, bli vannmettet og settes i bevegelse. Måten eventuelle sørpeskred vil bevege seg videre nedover mot kartleggingsområdet på, vil være styrt av de dypt nedskjærte bekkeløpene, på samme måte som disse vil styre utløpet av eventuelle flomskred.

Resultat av modellering av flomskred presentert i avsnitt 3.2.3, vurderes å gi en pekepinn på mulig utløp av sørpeskred, selv om de to prosesstyper ville ha litt ulike løsneområder langs de samme bekkeløpene i fjellsiden.

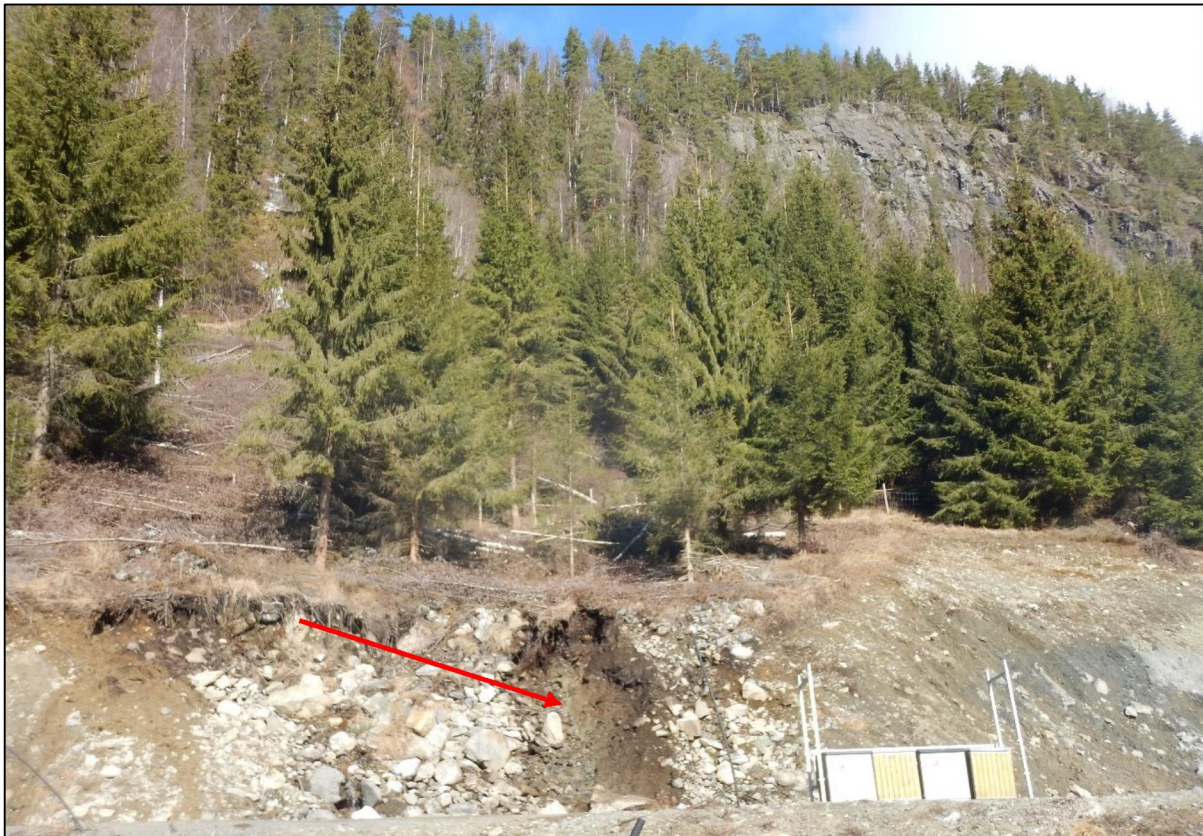
Den årlige sannsynligheten for at sørpeskred fra løsneområder 1 – 2 km lenger øst kan komme inn i det kartlagte området, vurderes å være veldig liten, mellom 1/1000 og 1/5000. Faresonen for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/5000$ er den samme som for flomskred.

3.2.3 Løsmasseskred

Løsmasseskred er godt kjent i Bagnområdet, men ingen skred er registrert i delområdet øst for Begna.

Nedslagsfeltene til flere bekker i fjellsiden ovenfor delområdet er forholdsvis store. Morenemassene i skråningen ser ut å være finkornete, selv om de også inneholder en del steinblokker. Massene virker også relativt lett eroderbare, å bedømme etter omfanget av bekkenedskjæring.

I en skjæring på yttersiden av den øverste svingen i Spangrud boligfelt har vi registrert en fersk utglidning av morenemasser (rød pil i Figur 15). Området der den lille utglidningen ligger, er en opparbeidet skråning, og det kan tidligere ha vært utglidninger like ved (til venstre for pilen). Massene fra den siste utglidningen har dekket inntaket av en kulvert under veifyllinga. Dette bør snarlig utbedres for å unngå at overflatevann finner nye løp i boligfeltet, samt hindre at skrånings- og veifyllingsstabiliteten blir redusert.



Figur 15: Pilen indikerer en liten utglidning i foten av den opparbeidede skråningen ved den øverste svingen i Spangrud boligfelt. Massene har delvis tettet kulverten under veifyllingen.

For å vurdere muligheten for at flomskred kan komme inn i denne delen av kartleggingsområdet, har vi utført beregninger med programvaren RAMMS, versjon 1.6.20, modulen for flomskred (Christen mfl., 2010). For detaljer om bruk av denne modellen henvises det til avsnitt 1.8.2 ovenfor.

Et eksempel på beregningsresultater er vist i kartbilag 4. Kort oppsummert viser resultatene at jord- og flomskred som måtte utløses i bratte terrengpartier ovenfor delområdet, kan komme inn i det kartlagte området. Utløpet vil bli styrt langs nedskjærte bekker og for sjeldne store skred kan komme ut i nærheten av bebyggelse, spesielt hvis det er nok vann tilgjengelig for et lenger utløp.

Overgangen mellom flom og flomskred er ikke veldefinert, og vi har valgt å tegne faresoner rundt de mest definerte bekkeløpene, der det er mest tenkelig at flom og flomskred kan inntreffe (Kartbilag 6). Dette er dimensjonerende prosess flere steder i delområdet.

3.2.4 Skred i fast fjell

Fjellskrenter som har gitt og kan gi utfall av blokker, er en fremtredende terrengform både i nord ved Spangrud (Figur 16) og i sørøst ved Jordet (Figur 17).

Flere steder er det også steinur og noen få antatte steinsprangblokker som har kommet lenger ut enn foten av ura. Alle disse elementene av betydning for skredfarevurderingen er vist i registreringskartet (Kartbilag 2).

Den mest aktive fjellskrenten er den ovenfor Spangrud boligfelt, men avstanden fra foten av ura til boligfeltet tilsier at boligene ligger trygt nok for steinsprang med årlig sannsynlighet på 1/1000. Det samme gjelder skrenten ovenfor Jordet, som dessuten er mye mindre oppsprukket og har betydelig mindre steinur enn skrenten bak Spangrud.

I tillegg til tolkning av mulig utløpslengde fra de ulike uravsetningene, har vi forsøkt å anslå mulig utløp av steinsprang fra disse skrentene ved bruk av den dynamiske modellen RAMMS RockFall (avsnitt 1.8.1).

Eksemplet på resultatene av modelleringen som vi har valgt å vise i rapporten (Kartbilag 5), er sannsynlighet for treff. Modellresultatene sier ingenting om sannsynligheten av det modellerte scenarioet, men viser bare mulig rekkevidde dersom scenarioet inntreffer.



Figur 16: Dronebilde av fjellskrenten mellom den nye veitunellen og Spangrud. Nede til venstre ser man noen av sikringstiltakene iverksatt i forbindelse med veianlegget.



Figur 17: Dronebilde av fjellskrenten ovenfor Jordet.

Modellresultatene er vurdert i lys av de andre elementene, som grad av oppsprekking og størrelse og antall avløste blokker i skrentene, avsetningene registrert under befaringen, terrengformene som kan ha betydning for steinsprangutløpet og skredhistorikk.

Steinsprang er etter vår samlede vurdering dimensjonerende skredtype i områdene nedenfor skrentene, med faresonene som er vist i kartbilag 6.

Skrenten vest for Spangrud, der veitunell er under gjennomføring, er omfattende sikret ved både fjellrensk for å fjerne de mest ustabile blokker, nett og wire for å holde andre potensielt ustabile blokker på plass, samt steinspranggjerde for å fange det som tross alt skulle falle ned mot den nye veien. Vi har ikke detaljkunnskap om sikkerhetskravet og risikoaksepten som er lagt til grunn for denne sikringen. Basert på våre observasjoner fra bakken og fra drone, samt det at sikringstiltaket gjelder en trafikkert Europavei, antar vi at tiltakene har effekt mot steinsprang med årlig sannsynlighet opptil 1/1000, men ikke for 5000 års hendelser. Faresonen som gjelder sikkerhetsklasse S3, tar derfor ikke i betraktning at det er sikring i denne delen av fjellsiden.

3.2.5 Faresoner for skred

Dimensjonerende skredtyper i dette delområdet er steinsprang der det er bratte fjellskrenter i nord og ved Jordet, samt flomskred fra enkelte bekkeløp i fjellsiden øst i området. Det er faresoner fra alle tre sannsynlighetsklasser innenfor det vurderte området. Faresoner for skred er vist i Kartbilag 6.

3.2.6 Forutsetninger for faresonene

Skogen i fjellsiden i nord virker i noen grad bremsende for steinsprang fra skrentene på sørsiden av Spangrudberget. Her vil faresonene kunne bli marginalt større dersom skogen under skrentene hogges ned eller forsvinner av andre årsaker.

Vesentlig viktigere for faresonene er skogen i løsmasseskråninger brattere enn 25 - 30° fra dalen ovenfor Spangrud boligfelt til Lykkja. Skogen i de bratte terrengpartiene (Kartbilag 1) bør bevares og pleies. Der er det også viktig å unngå uforsiktede terrenginngrep som kan føre til jordskred, eks. skogsveier som krever skjæringer i løsmasse og medfører uheldige endringer i vannavrenningsmønsteret.

3.2.7 Mulighet for å redusere faresonene

Der faresonene er dimensjonert av steinsprang, kan disse om ønskelig reduseres ved tiltak slik de etablert ovenfor den nye veitunellen, alternativt ved voller gjennomført med stedlige masser. Tiltak må i så fall detaljvurderes og prosjekteres.

Der faresonene er dimensjonert av jord- og flomskred, er forebygging spesielt viktig. Dette gjøres ved å sørge for uhindret drenering av vann i bekkeløp og kulverter (eks. den som er delvis blitt tettet av en liten utglidning ved Spangrud boligfelt), samt ved å unngå terrenginngrep og hogst i bratte løsmasseskråninger. Dersom en ønsker å sikre bebyggelse mot massene transportert av flomskred, kan det oppnås ved hjelp av flomskredgjerder installert på tvers i det aktuelle bekkeløpet. Slike tiltak må alltid detaljvurderes og prosjekteres.

4 Bagn, område vest for Begna

Delområdet er avgrenset slik vist i figur 10.

4.1 Beskrivelse av området

4.1.1 Topografi

Delområdet omfatter en over 2 km lang skråning som går fra gården Smedsrud i nord til Turidbråten og Bergsund i sør.

Elva Begna (ca. kote 220) avgrenser delområdet i øst, mens områdets øvre grense følger høydekurven 390 moh.

Dette delområdet (Figur 18) er karakterisert av en lang og relativt slak løsmasseskråning med helning godt under 25° (Figur 13 og Kartbilag 1). Den slake skråningen er avbrutt av noen 30 – 60 m høye partier som er brattere enn 30°, for det meste mellom kote 270 og 350. Fra områdets øvre grense fortsetter terrenget å stige slakt opp til ca. 500 – 600 m høyde, for så å bli brattere enn 30° topp til toppen av Langberget (918 moh.). Denne ligger 1,5 km vest for den øvre grensen av kartleggingsområdet.

Innenfor grensene av dette delområdet er det bare to områder med vesentlig brattere skrenter, som for øvrig består av blottet fjell og ikke løsmasse. Det ene området er Saudalsberget, som reiser seg 50 – 70 m ovenfor en del av sentrumsbebyggelsen, og det andre er 50 – 80 m høye skrenter helt sør i kartleggingsområdet (Figur 13 og Kartbilag 1).



Figur 18: Dronebilde som viser mesteparten av delområdet vest for Begna, sett fra nordøst. Avgrensningen av området gitt av de gule linjene, er bare en grov indikasjon.

En stor del av dette delområdet bærer tegn etter tidligere utglidninger og ravinering i løsmasseskråningene (Kartbilag 2). Utglidningene ligger tett i tett i de bratte løsmasseskrentene nord i området, dvs. ovenfor gården Smedsrud og nedenfor Leistrudgardatn (Figur 19). To av de sårene i terrenget kan trolig knyttes til to av de tre jordskredhendelsene registrert i den nasjonale skreddatabasen. Det ene jordskredet gikk rundt 1860, med utløp ned på Smedsrujordet. Det andre gikk ved Leistrud i 1951, med utløp mot det som i våre dager er sentrumsbebyggelsen. Fra kommunen har vi fått informasjon om en skredhendelse som trolig gikk i 2011. Et løsmasseskred gikk langs bekken ved Hegedokki, overfor Gamle Vestbygdvegen. Gamle Vestbygdvegen ble tatt av skredet, og det gikk like ved huset på Hegedokke. Det var masser som også gikk over Vestbygdvegen som måtte ryddes bort.

Litt lenger øst, der skråningene blir slakere, er det færre utglidninger, men kraftig ravinering. Ravinene er mange steder 5 - 10 m dype og har bratte kanter med tegn på dårlig overflatestabilitet og tendens til utglidninger (Figur 20). Det er bebyggelse, inkl. relativt nye hus, nær kanten av et par av disse ravinene. Ved minst et hus (Sørvollbakkin 45), som er bygd helt på kanten av en ravine, er det deformasjoner i bakken og bygget som tydelig viser at byggegrunnen ikke er stabil, men i sakte bevegelse mot ravinen grunnet dårlig stabilitet av de bratte løsmassene og trolig erosjon i foten. Ved Sørvollbakkin 4 har det tidligere vært problemer med overvann.



Figur 19: Gamle utglidninger i morenemasser nedenfor Leidstrudgardatn, som vises som forsinkingene i terrenget.



Figur 20: Ravinen ved Sørvollbakkin 45, der deformasjoner tilsier en ustabil ravinekant.

4.1.2 Vegetasjon

Det er en del bebyggelse og mye dyrket mark i dette delområdet, og derfor er det bare små områder dekket av gran- og lauvskog, hovedsakelig i sør. Eldste tilgjengelige web-flyfoto er fra 1991. Sammenligning av flyfoto fra 1991 til 2016 viser en generell, men beskjeden, fortetting av skogen, med unntak av områdene der skog ble hogget ned mellom to flyfotograferinger.

4.1.3 Avrenning

Det er flere helårsbekker, samt tegn på mange smeltevannbækker i delområdet. Helårsbekkene kommer fra og drenerer den store fjellsiden til Langberget, i vest. Dvs. at disse bekkene har relativt store nedslagsfelt. Lokale smeltevannbækker har generelt små nedslagsfelt som er avgrenset eller påvirket av veier og planeringsarbeider gjort i forbindelse med bebyggelse og jordbruk. I tillegg er det flere raviner som på befaringstidspunkt ikke hadde noe vann i, men som trolig kan fungere som vannveier i spesielle vær-situasjoner.

Det er et relativt omfattende veinettverk gjennom hele dette delområdet, med mange veigrøfter og kulverter. Vi har ikke full oversikt over tilstanden av veigrøfter og kulverter eller hvor effektivt de leder vann som påtenkt, dvs. avrenningsmønsteret i området.

Like ved Leistrudbakkin har vi imidlertid registrert en kulvert som munner ut i en løsmasseskråning brattere enn 30°, ovenfor Vollskogveien. Den aktuelle skrånningen viser

antydning til en gammel utglidning, muligens den tredje jordskredhendelsen registrert i skredbasen, også av 1951 (Kartbilag 2). Det er ikke erosjonssikring nedenfor kulverten.



Figur 21: Kulvert som munner ut i bratt løsmasseskråning ovenfor Vollskogveien (gul pil).

4.1.4 Geomorfologisk tolkning av observasjoner

Våre feltobservasjoner og registreringer (Kartbilag 2) indikerer at dette delområdet i grove trekk består av relativt finkornet morene, mindre steinholdig enn den er i området øst for Begna. Skråningene er blitt erodert av flere bekker, med et resulterende ravinlandskap. Det er også mange tegn på tidligere utglidninger, med små jordskredvifter nedenfor et par av dem. Området er for øvrig preget av jordbruk, veier og bebyggelse, noe som trolig har bidratt til å viske bort en del spor etter tidligere jordskredhendelser, spesielt avsetninger.

For øvrig er det relativt små fjellskrenter et par steder i området, uten tydelig steinur men lokalt med en del steinsprangblokker i foten.

4.2 Vurdering av skredfare

4.2.1 Snøskred

Dalsiden i og ovenfor det vurderte området er i all hovedsak slakere enn 30°, men noen partier gjør unntak. Disse terrengpartiene er teoretiske utløsningsområder for snøskred. Velutviklet skog gjør imidlertid at sannsynligheten for utløsning av snøskred er svært liten.

Et mindre, bratt terrengparti mellom Leistrudbakkin og Vollbakkveien er avskoget. Dette er det samme partiet der en kulvert slipper ut vann i skråning, omtalt i avsnitt 4.1.3 (Figur 21). I tillegg til at dette terrengpartiet er relativt lite og lavtliggende, har terrenget med mindre vegetasjon og stubber fortsatt nok ruhet til at snøskred ikke er en stor problemstilling. Vi oppfordrer uansett til å la disse bratte skråningene bak bebyggelsen gro igjen, ikke minst med hensyn til jordskredfare.

Årlig sannsynlighet for snøskred inn i det vurderte området vurderes som mindre enn 1/5000. Det er derfor ikke utført beregninger av skredutbredelse.

Skogen i terrengpartier brattere enn 30° (Kartbilag 1), både innenfor og ovenfor det kartlagte området, er det som gjør snøskred til en ikke relevant problemstilling, og bør derfor bevares og pleies.

4.2.2 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent å ha gått inn i det vurderte området. Fjellsiden i og vest for dette delområdet har imidlertid egenskaper som gjør at sørpeskred ikke kan utelukkes.

Topografien i dalsiden er veldig kupert, med mange forsenkede partier og skyggepartier der snøen smelter senere enn i resten av dalsiden (som vist i figur 18 og mer i detalj i figur 20).

Vi mener at den sannsynlige utløsningsmekanismen for eventuelle sørpeskred i denne dalsiden er ved at det kommer stor vannføring i bekkesystemer når det fortsatt ligger relativt mye snø i ravinene. Måten eventuelle sørpeskred vil bevege seg videre nedover mot kartleggingsområdet på, vil deretter være styrt av raviner og forsenkede bekkeløp, på samme måte som disse vil styre utløpet av eventuelle flomskred.

Resultat av modellering av flomskredutløpet presentert i avsnittet 4.2.3, vurderes å gi en pekepinn på mulig utløp av sørpeskred.

Den årlige sannsynligheten for sørpeskred inn i det kartlagte området, vurderes å være liten men ikke uten betydning for faresonekartlegging: Faresonen for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/5000$ og til dels den for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$, ved de to største ravinene midt i delområdet, er dimensjonert av sørpeskred i omtrent like stor grad som flomskred.

4.2.3 Løsmasseskred

Siden midten av 1800-tallet er minst tre jordskred registrert å ha skjedd i delområdet vest for Begna. Geomorfologiske elementer indikerer i tillegg minst et tyvetalls jordskred som det ikke er lokalkjennskap om, og som må ha skjedd siden slutten av istiden for ca. 10.000 år

siden. Anslaget om et tyvetalls jordskred tar utgangspunkt i ett skred i hvert utglidningssår funnet i terrenget, men hvert sår kan i virkeligheten være resultatet av flere hendelser.

Nedslagsfeltet til flere bekker i fjellsiden ovenfor delområdet er forholdsvis store. Klimaanalysen viser at en nedbørintensitet som erfaringsmessig er i stand til å utløse jord- og flomskred, forekommer minst hver 10. år, selv om det i seg selv ikke betyr at det vil gå skred så ofte. Videre er morenemassene i skråningen finkornete og lett eroderbare, å bedømme etter omfanget av raviner og bekkenedskjæring (Figur 19 og 20). Alle disse elementene gjør at løsmasseskred er en veldig relevant problemstilling.

For å vurdere muligheten for at jord- og flomskred kan komme inn i denne delen av kartleggingsområdet, har vi utført beregninger med programvaren RAMMS, som beskrevet i avsnitt 1.8.2.

Valgt sett av inngangsparametere ser ut å gi et beregnet utløp som stemmer godt overens med de avsetningene som vi har registrert i felt og som vi mener kan knyttes til hendelser av 1860 og 1951. Hvilket gjentaksintervall de hendelsene hadde er imidlertid umulig å vite.

Et eksempel på beregningsresultater er vist i kartbilag 4. Kort oppsummert viser resultatene at jord- og flomskred kan berøre deler av det kartlagte området, selv dersom de starter i bratte løsmasseskråniger utenfor grensene av delområdet.

Under de registrerte forholdene, med lett eroderbare masser, stor tilgang til vann fra fjellsiden i vest og tendens til raviner, er det spesielt viktig å forebygge utglidninger og erosjon. Dette gjøres blant annet ved å ha kontroll på avrenningsmønsteret i området (veigrøfter og kulverter). Der kulverter slipper ut vann i løsmasseskråniger over 25 - 30°, som for eksempel ovenfor Vollskogveien, er det etter vår mening nødvendig med erosjonssikring. En bør også bevare vegetasjonen eller legge til rette for gjengroing dersom vegetasjonen er borte. Avskoging og terrenginngrep i løsmasseskråniger brattere enn 25 - 30° bør unngås.

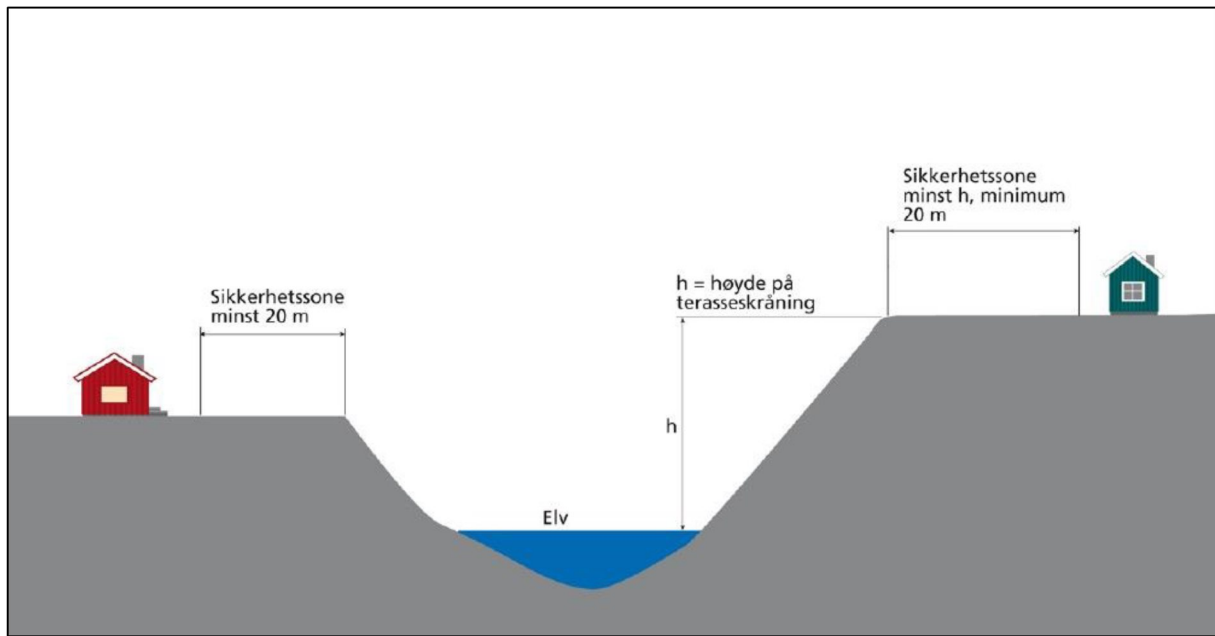
En utfordring i forbindelse med nedskjærte bekker og raviner ligger i at overgangen mellom flom og flomskred ikke er veldefinert. På samme måte, er det en noe flytende grense mellom jordskred og mindre hurtige former for ustabilitet i bratte løsmasseskreter, som sig, teleglidning, hydraulisk brudd, osv. De siste nevnte behandles generelt som geotekniske problemstillinger og faller utenfor omfanget av denne rapporten.

Faresonene tegnet rundt raviner er derfor en særdeles vanskelig oppgave og innbefattes med stor usikkerhet. Faresonenes budskap er imidlertid tydelig, dvs. at utbygging nær kanter av raviner må unngås. Disse har en naturlig tendens til å bli både dypere og bredere, og den tendensen er svært vanskelig å sikre bebyggelsen mot, dersom den er plassert for nær kanten som i tilfellet av Sørvollbakkin 45.

Anbefalingene fra NVEs retningslinjer «Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag» (NVE, 2008), gjengitt i figur 22 nedenfor, bør legges til grunn som et minimum.

Dette er også i henhold til Byggteknisk forskrift TEK10, § 7-2. Det at en bekk, og ikke en elv, renner i ravinen bør ikke føre til reduksjon av sikkerhetssonen.

Jord- og flomskred, samt sørpeskred, er dimensjonerende prosess for faresonene i mye av delområdet vest for Begna, overalt der det ikke er bratte fjellskrenter (Kartbilag 6).



Figur 22: Figuren, tatt fra NVEs rapport 1/2008, illustrerer sikkerhetssonen for å ivareta sikkerhet mot erosjon ved utbygging i nærheten av raviner med bekk eller elv.

4.2.4 Skred i fast fjell

Fjellskrenter som kan gi utfall av blokker, er mindre fremtredende i dette delområdet enn i delområdet øst for Begna, men er likevel en aktuell problemstilling et par steder.

Et av disse stedene er nordøstsiden av Saudalsberget, der skrentens beskjedne høyde likevel gjør at mulig utfall av steiner kun vil berøre utearealer og en garasje.

Det andre stedet der steinsprang er aktuelt, er den sørligste delen av delområdet, der det er en del bratte og relativt oppsprukne fjellskrenter i skog (Figur 23). Noen delvis avløste blokker i de skrentene har potensial for å rulle relativt langt ned.

Vi har forsøkt å anslå mulig utløp av steinsprang fra disse skrentene ved bruk av den dynamiske modellen RAMMS RockFall (avsnitt 1.8.1).

Modellresultatene (Kartbilag 5) sier ingenting om sannsynligheten av det modellerte scenarioet, men viser bare mulig rekkevidde dersom scenarioet inntreffer.

Modellresultatene er vurdert i lys av de andre informasjonene, som graden av oppsprekking og størrelse på de avløste blokkene i skrentene, avsetningene registrert under befaringen, terrengformene som kan ha betydning for steinsprangutløpet og skredhistorikk.

Steinsprang er etter vår samlede vurdering dimensjonerende skredtype i områdene nedenfor skrentene, med faresonene som er vist i kartbilag 6.



Figur 23: En av fjellskrentene i skogen sør i delområdet, med til dels store avløste blokker.

4.2.5 Faresoner for skred

Dimensjonerende skredtyper i dette delområdet er steinsprang der det er bratte fjellskrenter, og for øvrig jordskred, flomskred og sørpeskred. Det er faresoner for alle tre sikkerhetsklasser innenfor det vurderte området.

Faresoner for skred er vist i Kartbilag 6.

4.2.6 Forutsetninger for faresonene

Skogen i terrengpartiene som er brattere enn 25 - 30° virker forebyggende mot utløsning av jordskred og snøskred. De skogsdekkede partiene er totalt sett ikke store i dette delområdet. På grunn av dette vil faresonene de fleste steder bare marginalt bli større dersom skogen hogges ned eller forsvinner av andre årsaker. Enkelte steder kan hogging av skogen gjøre at det oppstår en fare (eks. snøskred) som ville kreve en egen faresone der det under dagens forhold ikke er tegnet faresoner for det.

Der det er brattere enn 25 - 30° er det også viktig å unngå uforsiktige terrenginngrep som kan føre til jordskred, eks. skogsveier som krever skjæringer i løsmasse og medfører uheldige endringer i vannavrenningsmønsteret. Det bør også sørges for periodisk kontroll av veigrøfter og kulverter langs de mange veiene i dette delområdet, spesielt der veier krysser brattere terreng. Dette kan for eksempel koples med varslene fra NVE gjennom en beredskapsplan.

Der kulverter slipper ut vann i løsmasseskråninger over 25 - 30°, som for eksempel ovenfor Vollskogveien, må man planlegge erosjonssikring, samt bevare vegetasjonen eller legge til rette for gjengroing dersom vegetasjonen er borte.

4.2.7 Mulighet for å redusere faresonene

Der faresonene i dette delområdet er dimensjonert av steinsprang, berører faresonen for sikkerhetsklasse S2 kun utearealer eller garasjer. Sikring mot steinsprang er derfor ikke nødvendig for eksisterende bebyggelse. På generelt grunnlag kan fare for steinsprang reduseres ved fjellrensk, stabilisering av ustabile blokker med wire, nett eller bolter, samt steinspranggjerd eller fangvoller gjennomført med stedlige masser. Alle typer tiltak krever detaljvurdering og prosjektering.

Der faresonene er dimensjonert av jordskred, flomskred og sørpeskred, er forebygging spesielt viktig. Dette gjøres ved å sørge for uhindret avrenning i bekkeløp og kulverter, ved å hindre at vann eroderer i bratte skrån timer (eks. ved å ha god kontroll på kulverter), samt ved å unngå terrenginngrep og hogst i bratte løsmasseskråninger. Sist men ikke minst bør en ikke ha bebyggelse nært ravinekanter eller nedenfor utløpet av raviner. Dette reduserer ikke faresonene, men konsekvensen av fremtidige hendelser, og dermed risikobildet.

5 Konklusjon

Mye av landskapet i det kartlagte området bærer preg av erosjonsprosesser og utglidninger i morenemasser som er finkornete og relativt lett eroderbare. Flere av bekkene som kommer inn til det kartlagte området, har forholdsvis store nedslagsfelt. Dette vil si at potensialet for mer erosjon og nye utglidninger, samt flom, er tilstede.

Jordskred og flomskred er dimensjonerende skredtyper de fleste steder, men steinsprang og sørpeskred er også aktuelle problemstillinger enkelte steder.

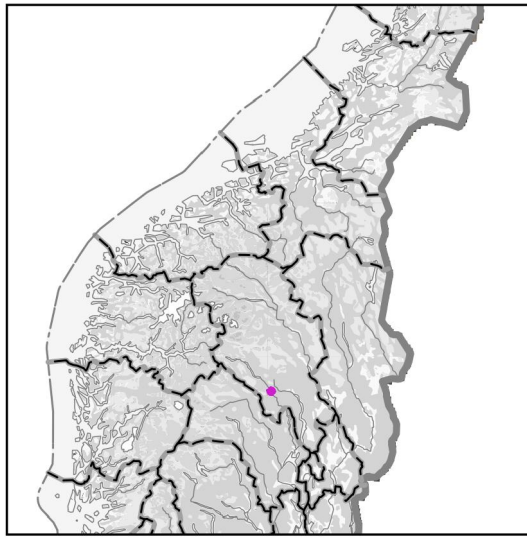
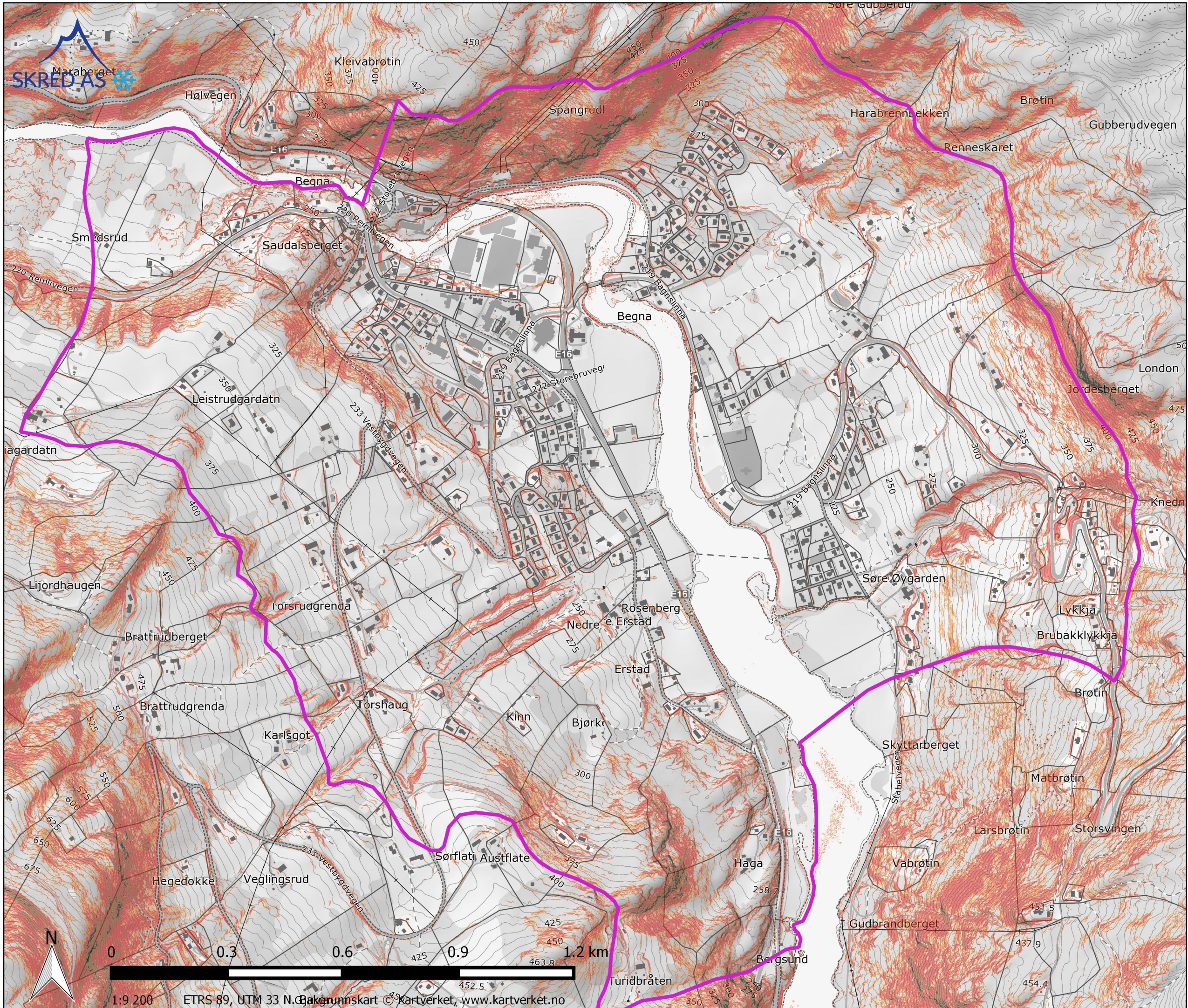
Det er faresoner for skred av relevans for alle tre sikkerhetsklasser i det vurderte området.

Det er registrert noen lokale situasjoner (en liten utglidning som har tettet en kulvert, en kulvert som slipper ut vann i en sårbar skråning, osv.) som bør utbedres for å unngå skader på eksisterende bebyggelse.

Gitt beskaffenheten av løsmassene i området er det viktig å unngå ytterligere avskoging, å unngå terrenginngrep som kan starte utglidninger i skråninger brattere enn 25 - 30°, samt ha god kontroll på veigrøfter og kulverter.

6 Referanseliste

- Christen, M., Kowalski, J., Bartelt, P., 2010. RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Reg. Sci. Technol.* 63, 1–14.
doi:10.1016/j.coldregions.2010.04.005
- DiBK, 2016. Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10) [WWW Document]. Hjemmeside. URL <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>
- Leine, R.I., Schweizer, A., Christen, M., Glover, J., Bartelt, P., Gerber, W., 2014. Simulation of rockfall trajectories with consideration of rock shape. *Multibody Syst. Dyn.* 32, 241–271.
doi:10.1007/s11044-013-9393-4
- NGI, 2001. Spangrud II, Bagn, Sør-Aurdal - Geoteknisk vurdering av planlagt utbyggingsområde, NGI Teknisk notat.
- NGU, 2016a. Nasjonal berggrunnsdatabase [WWW Document]. URL <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>
- NGU, 2016b. Nasjonal løsmassedatabase [WWW Document]. URL <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- Norsk Klimaservicesenter, 2016. Klimaprofil Oppland.
- NVE, 2016. Skredatlas [WWW Document]. URL <http://skredatlas.nve.no>
- NVE, 2015. Skredfarekartlegging i Ørsta kommune (No. 23–2015), NVE Rapport. NVE.
- Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestnes, E., Lied, K., 1996. The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rockmass stability, i: Senneset, K. (Red.), *Landslides*. s. 97–114.



Kartforklaring

Vurdert område

Terrenghelning (grader)

- 0-25
- 25-30
- 30-45
- 45-60
- 60-90

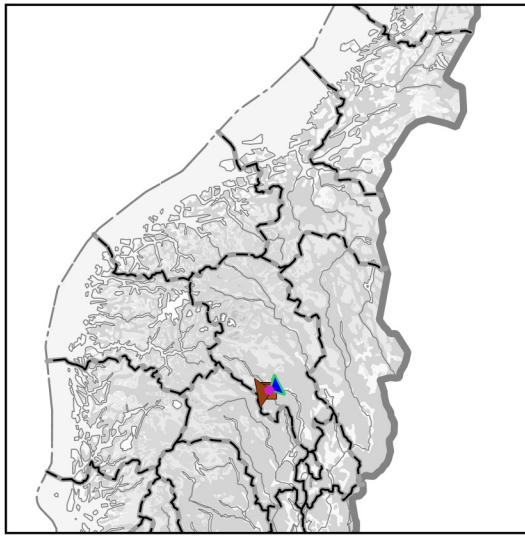
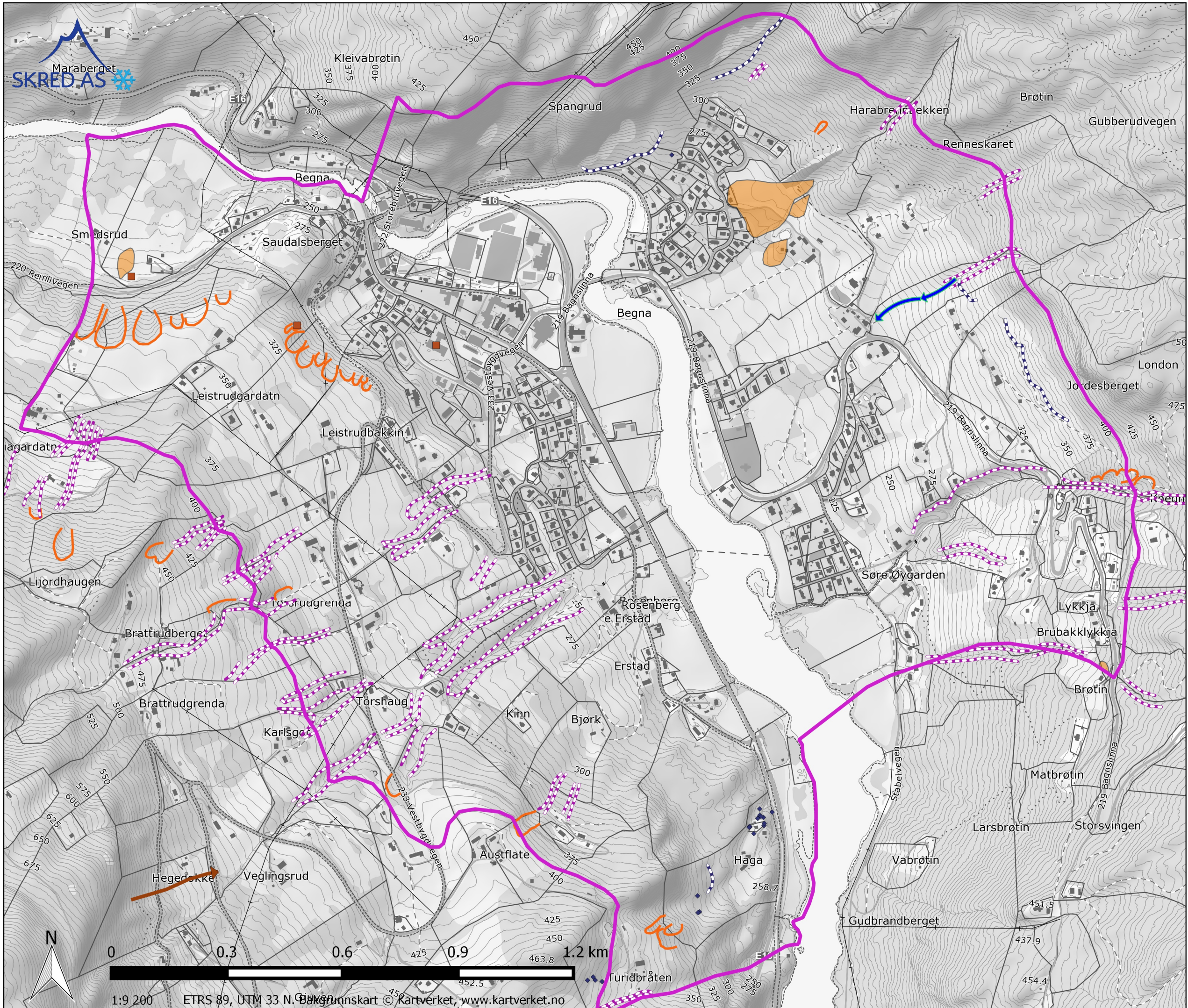
Prosjekt
16136 Sør-Aurdal, Bagn - Skredfarekartlegging

Oppdragsgiver
Sør-Aurdal kommune

Rapport
16136-01 Skredfarekartlegging Bagn

Kartbilag 1
Terrenghelning

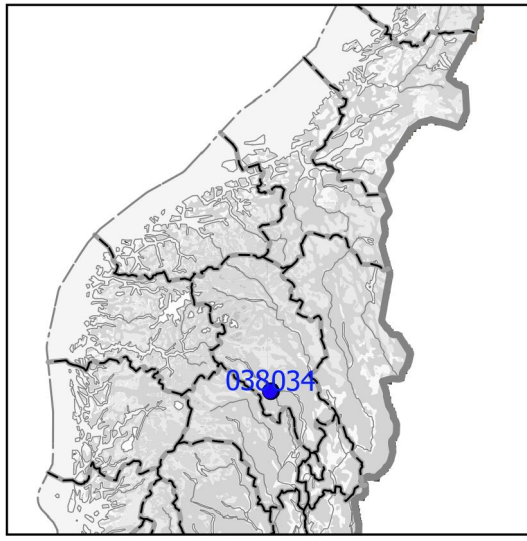
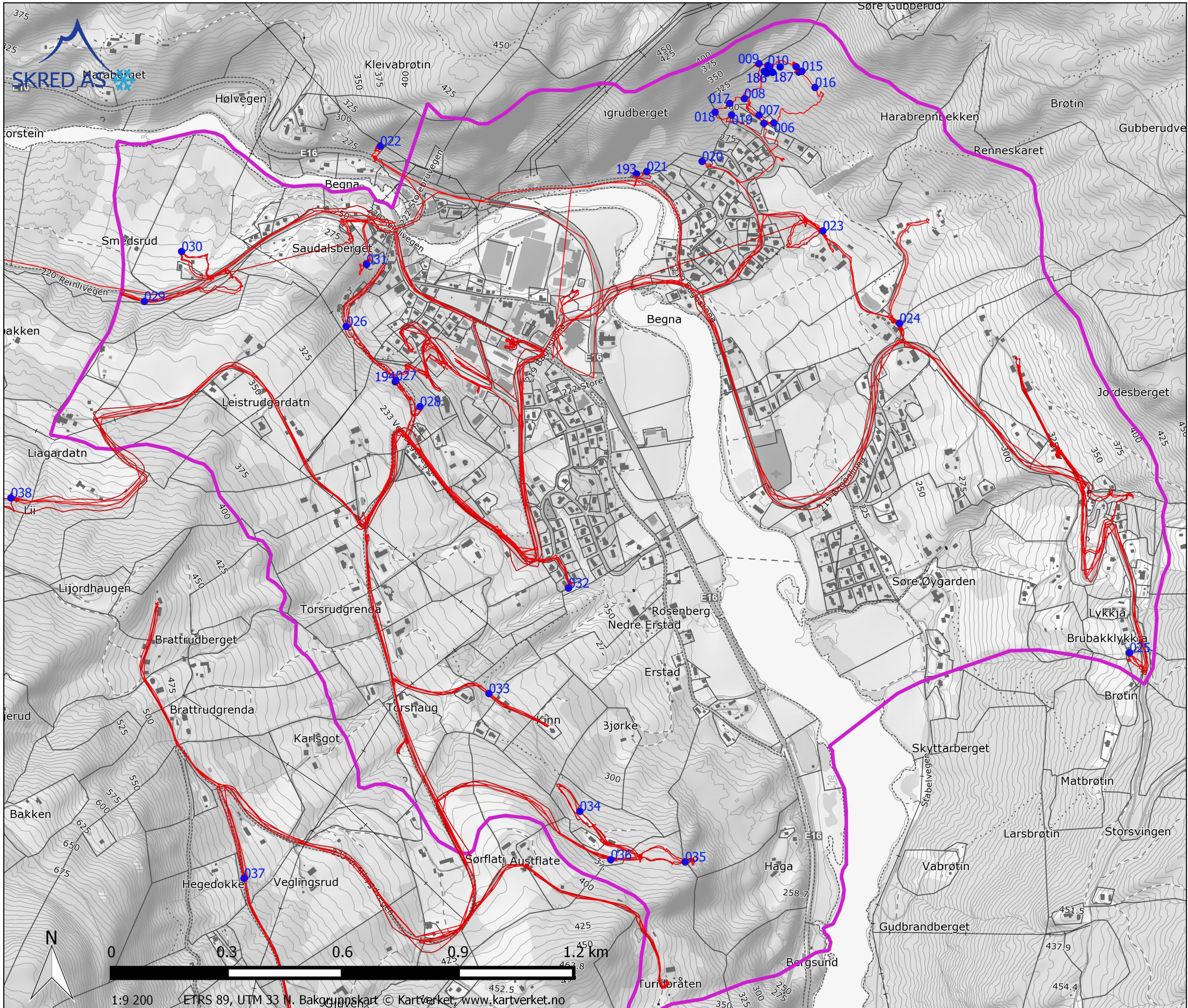
Dato 2017-04-21
Utført Andrea Taurisano
Kontroll Kalle Kronholm



Kartforklaring

- ▭ Planområde
- ➔ Løsmasseskred
- ➔ sørpeskred
- skredhendelser
- ⋯ Steinur
- ◆ outrunners
- ⋯ Erosjonsform (eks. ravine, bekkerosjon)
- ~ Utglidning
- Mulig jordskredvifte

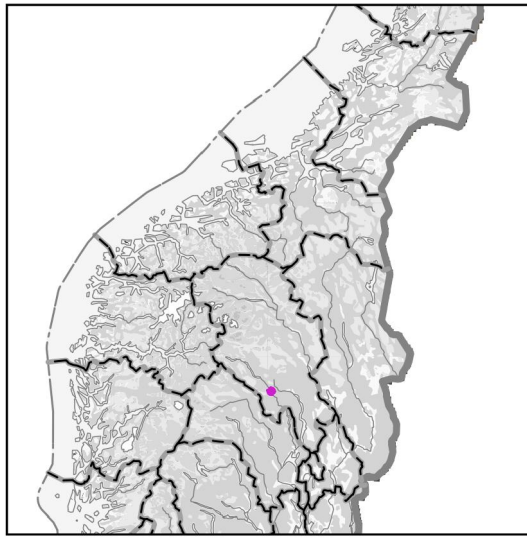
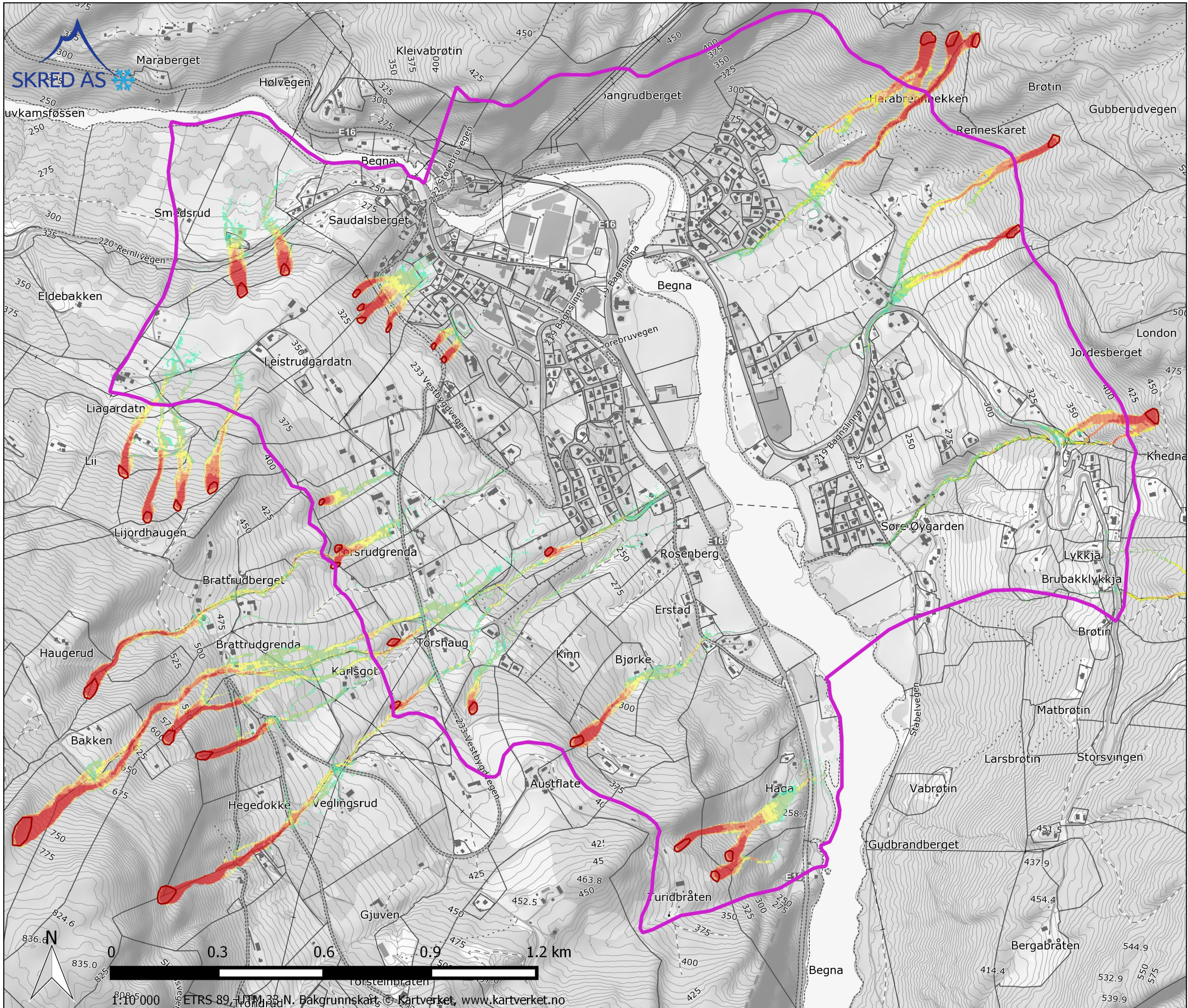
Prosjekt	16136 Sør-Aurdal, Bagn - Skredfarekartlegging
Oppdragsgiver	Sør-Aurdal kommune
Rapport	16136-01 Skredfarekartlegging Bagn
Kartbilag 2	Registreringskart
Dato	2017-05-30
Utført	Andrea Taurisano
Kontroll	Kalle Kronholm



Kartforklaring

- ▭ Vurdert område
- GPS-punkt
- GPS-sporlogg

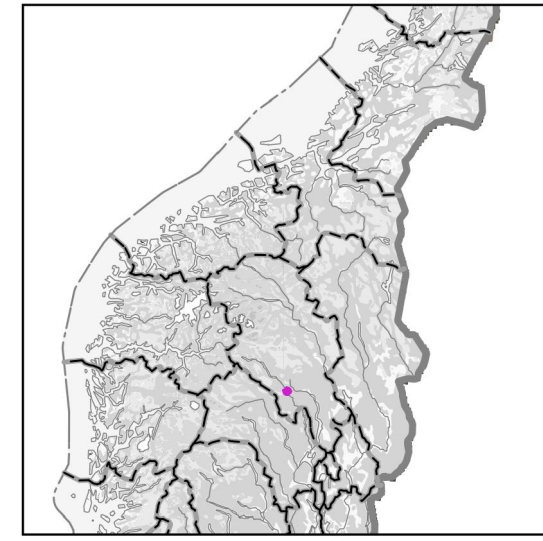
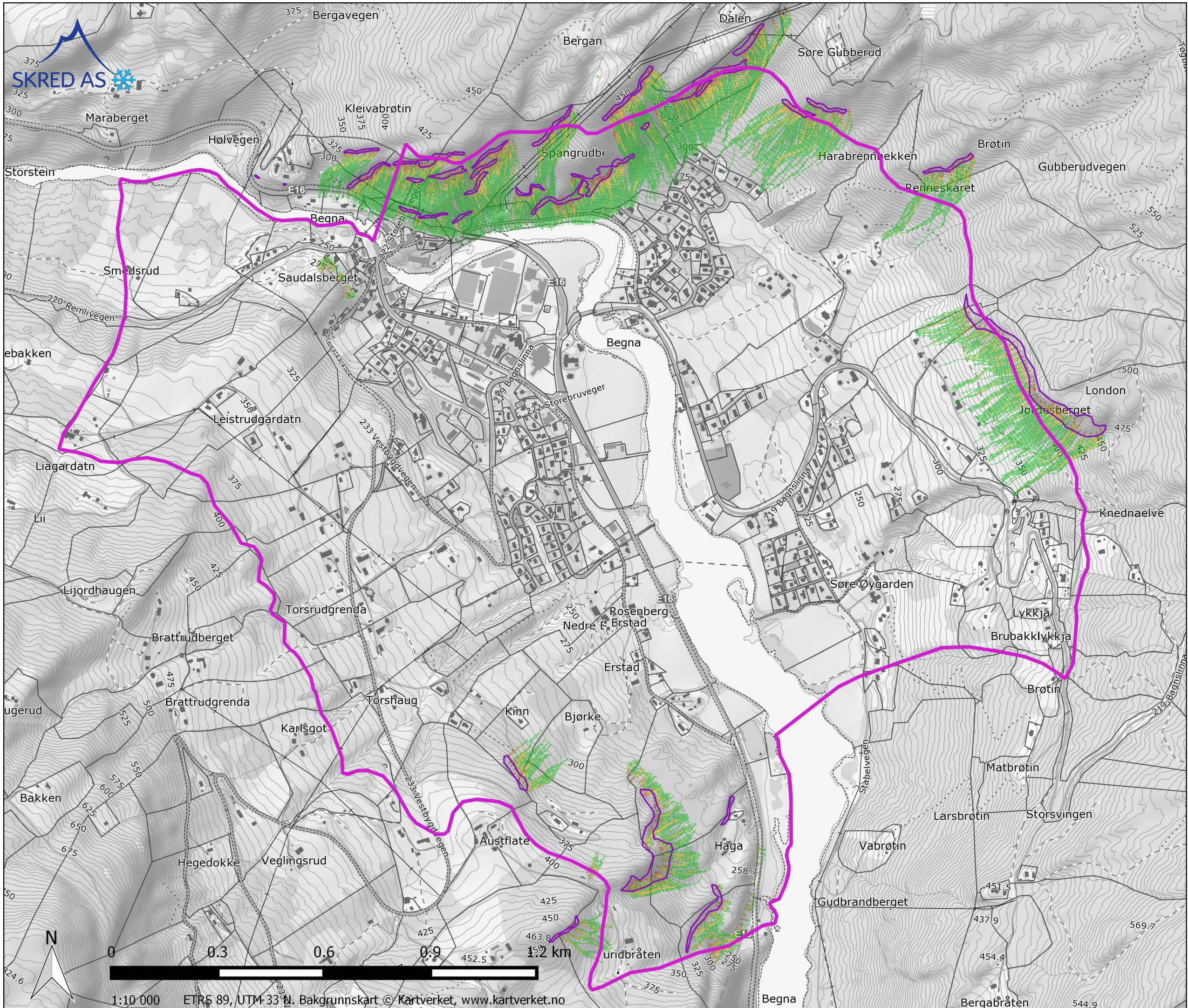
Prosjekt	16136 Sør-Aurdal, Bagn - Skredfarekartlegging
Oppdragsgiver	Sør-Aurdal kommune
Rapport	16136-01 Skredfarekartlegging Bagn
Kartbilag 3	GPS-sporlogg befaring og GPS-punkt
Dato	2017-04-21
Utført	Andrea Taurisano
Kontroll	Kalle Kronholm



Kartforklaring

- Vurdert område
 - Løsneområder jord-/flomskred
- RAMMS Debris flow - Maks.Trykk (kPa)**
- <1: Skader ikke sannsynlig
 - 1-3: Vinduer og dører kan slås inn
 - 3-10: Skader på trehus
 - 10-20: Skader på murhus
 - 20-30: Skader på betonghus
 - 30-60: Skader på forsterket betonghus
 - >60: Store ødeleggelser

Prosjekt	16136 Sør-Aurdal, Bagn - Skredfarekartlegging
Oppdragsgiver	Sør-Aurdal kommune
Rapport	16136-01 Skredfarekartlegging Bagn
Kartbilag 4	Eksempel på modelleringsresultater - Jord-/flomskred
Dato	2017-04-21
Utført	Andrea Taurisano
Kontroll	Kalle Kronholm

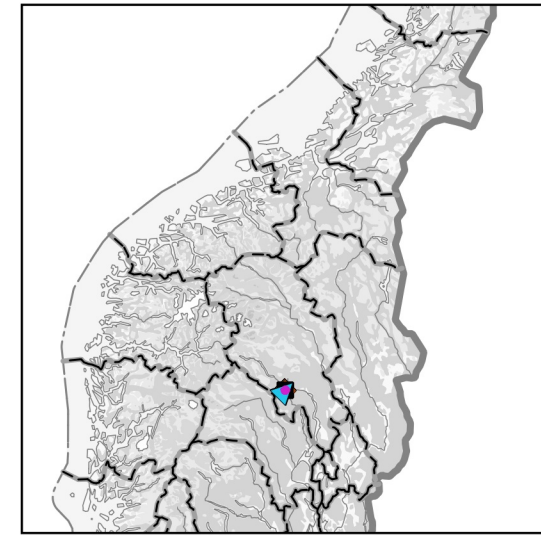
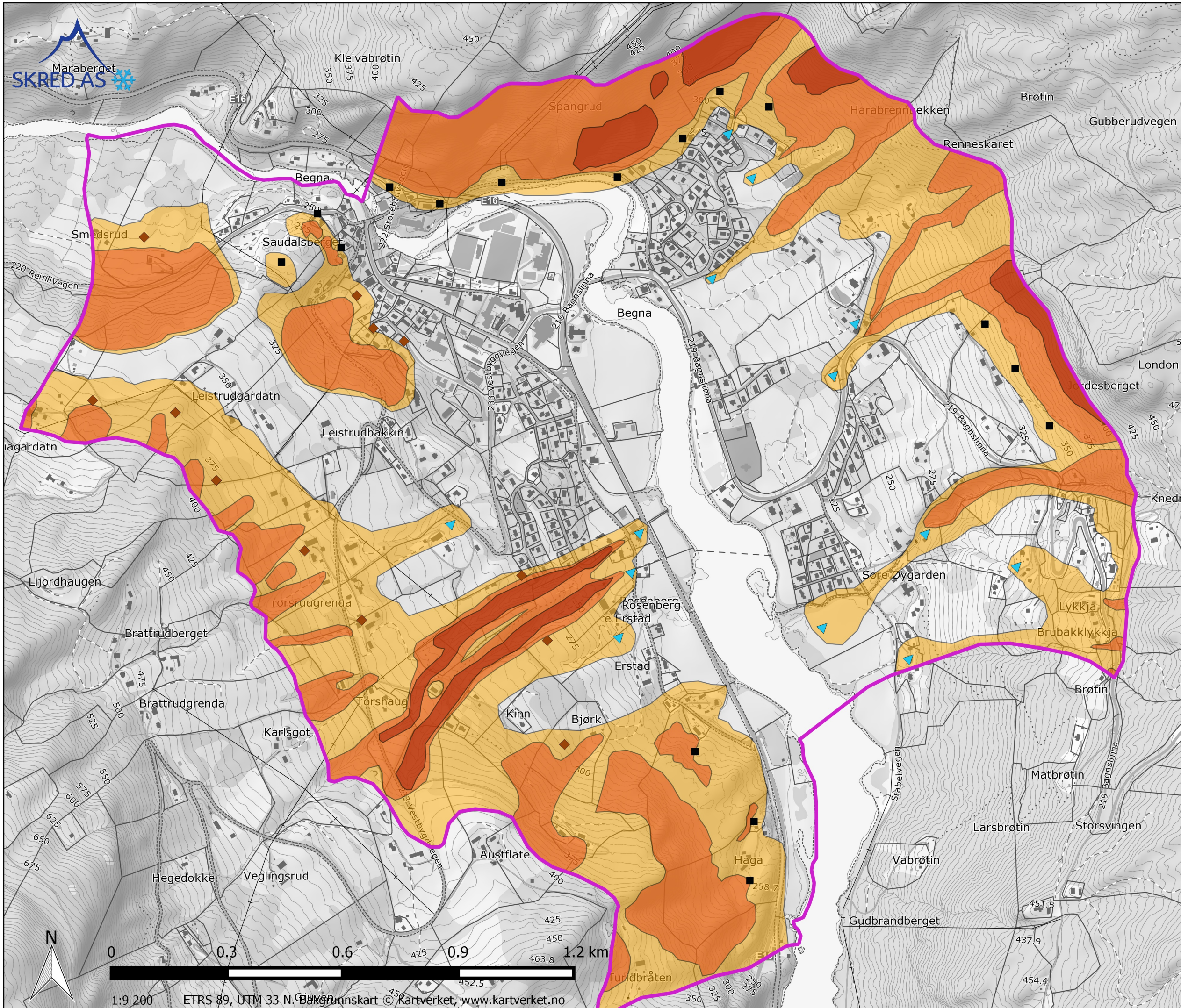


Kartforklaring

- Vurdert område
 - Løsneområder steinsprang
- RAMMS RockFall, treffsannsynlighet (%)**
- <= 1
 - 1 - 20
 - 20 - 40
 - 40 - 60
 - 60 - 80
 - > 80

Prosjekt	16136 Sør-Aurdal, Bagn - Skredfarekartlegging
Oppdragsgiver	Sør-Aurdal kommune
Rapport	16136-01 Skredfarekartlegging Bagn
Kartbilag 5	Eksempel på modelleringsresultater - Steinsprang
Dato	2017-04-21
Utført	Andrea Taurisano
Kontroll	Kalle Kronholm





Kartforklaring

- Faresone S1 ($\geq 1/100$)
 - Faresone S2 ($\geq 1/1000$)
 - Faresone S3 ($\geq 1/5000$)
- Dimensjonerende skredtype**
- ✱ Snøskred
 - Steinsprang
 - Jordskred
 - Flomskred og sørpeskred

Prosjekt	16136 Sør-Aurdal, Bagn - Skredfarekartlegging
Oppdragsgiver	Sør-Aurdal kommune
Rapport	16136-01 Skredfarekartlegging Bagn
Kartbilag 6	Faresoner, med dimensjonerende skredtype
Dato	2017-05-30
Utført	Andrea Taurisano
Kontroll	Kalle Kronholm

