

| | | |
|---------------|--|--|
| Oppdragsgiver | Navn Nord-Fron kommune | Kontaktperson Bjørn Bjørke |
| Oppdrag | Nummer og navn 16113 Nord-Fron, Kvam – Skredfarevurdering Letrud | Oppdragsleder Kalle Kronholm |
| Dokument | Nummer 16113-01-1 Utført av Kalle Kronholm | Dato 2016-11-16 Kontrollert av Steinar Hustoft, Andrea Taurisano |

Faresoner for skred og forslag til sikring

Sammendrag

Letrudgrenda boligfelt, 2 km øst for Kvam sentrum i Nord-Fron kommune har de siste årene vært rammet av flere skredhendelser. Nord-Fron kommune ønsker å få utarbeidet faresoner for skred og om nødvendig utrede muligheter for sikring. Denne rapporten beskriver grunnlaget og vurderingene gjort for å utarbeide faresoner for skred.

Det er faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$, $\geq 1/333$, $\geq 1/1000$ og $\geq 1/5000$ i det vurderte området i Letrudgrenda boligfelt. Dimensjonerende skredtyper er steinsprang og løsmasseskred kanalisert som flomskred langs eksisterende raviner i fjellsiden. På grunn av skogen i fjellsiden og de klimatiske forholdene, er det svært liten sannsynlighet for snøskred inn i det vurderte området.

Et enkelt bolighus ligger innenfor faresonen $\geq 1/333$ (Gardvegen 314). Ytterligere tre bolighus ligger innenfor faresonen $\geq 1/1000$ (Gardvegen 310, 312, 320). Alle sju bolighus i Letrudgrenda boligfelt ligger innenfor faresonen $\geq 1/5000$.

De anbefalte sikringsløsningene består av voller som skal lede flomskred og stoppe steinsprang. Når flomskredmasser ledes forbi de øverste bolighusene, vil det øke sannsynligheten for skred på bolighusene lenger ned i boligfeltet. Dette må tas hensyn til ved design av sikringstiltakene.

For å sikre utsatte bolighus til $1/333$ estimerer vi en kostnad på kr 3,6 mill. For å sikre til $1/1000$ estimerer vi en kostnad på kr 9 mill. Kostnadene avhenger i stor grad av muligheten for lokal tilgang på egnede løsmasser og stein til tørrmur i støtsiden på de øverste vollene. Geotekniske forhold og infrastruktur i bakken må undersøkes nærmere før man velger endelig sikringsløsning.

Innhold

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Innledning | 5 |
| 1.1 | Bakgrunn | 5 |
| 1.2 | Mål | 6 |
| 1.3 | Grunnlag | 6 |
| 1.4 | Befaring | 7 |
| 1.5 | Forbehold | 7 |
| 2 | Vurderte skredtyper | 8 |
| 2.1.1 | Snøskred og sørpeskred | 8 |
| 2.1.2 | Skred i fast fjell | 8 |
| 2.1.3 | Jordskred og flomskred | 8 |
| 2.1.4 | Skredfare og klimaendringer | 9 |
| 3 | Beskrivelse av området | 10 |
| 3.1 | Topografi | 10 |
| 3.2 | Vegetasjon | 10 |
| 3.3 | Geologi | 12 |
| 3.4 | Avrenning | 13 |
| 3.5 | Geomorfologi | 14 |
| 3.6 | Registrerte skredhendelser | 15 |
| 3.7 | Tidligere rapporter | 17 |
| 3.8 | Aktsomhetsområder | 18 |
| 3.9 | Eksisterende skredsikringstiltak | 18 |
| 3.10 | Klimatiske trekk av betydning for skredfare | 19 |
| 4 | Vurdering av skredfare | 23 |
| 4.1 | Snøskred | 23 |
| 4.2 | Sørpeskred | 23 |
| 4.3 | Løsmasseskred | 23 |
| 4.3.1 | Beregninger | 24 |
| 4.3.2 | Justering av modellparametere | 24 |
| 4.3.3 | Forventede utløsningsområder | 25 |
| 4.4 | Skred i fast fjell | 26 |
| 4.4.1 | Beregninger | 26 |
| 4.4.2 | Justering av modellparametere | 26 |
| 4.4.3 | Forventede kildeområder | 27 |
| 4.5 | Faresoner for skred | 28 |
| 4.6 | Forutsetninger for faresonene | 29 |
| 5 | Mulige sikringstiltak | 30 |
| 5.1 | Dimensjonerende skredtyper | 30 |
| 5.2 | Skog | 30 |
| 5.3 | Forbehold og begrensninger for kostnadsoverslag | 30 |

| | | |
|----------|-----------------------------|-----------|
| 5.4 | Sikring til 1/333..... | 30 |
| 5.5 | Sikring til 1/1000..... | 32 |
| 6 | Konklusjon | 34 |
| 7 | Referanseliste | 35 |

Figurer

| | | |
|-----------|---|----|
| Figur 1: | Lokaliseringen av det vurderte området 2 km øst for tettstedet Kvam i Nord-Fron kommune..... | 5 |
| Figur 2: | Bilde av Letrudgrenda boligfelt og terrenget rundt. Fra www.norgebilder.no | 6 |
| Figur 3: | Beregnet terrenghelning samt mulige utløsningsområder for ulike skredtyper..... | 11 |
| Figur 4: | Terrenget med skyggeeffekt. | 12 |
| Figur 5: | Akkumulert areal for avrenning, beregnet fra terrengmodellen. Av forsenkningene ned mot Letrudgrenda har ravinene ovenfor Gardvegen 314 og øst for Gardvegen 312 størst beregnet nedslagsfelt..... | 13 |
| Figur 6: | Geomorfologisk tolkning av terrengformer i fjellsiden..... | 14 |
| Figur 7: | Oversiktsbilde tatt mot nord. De to øverste boligene i boligfeltet er synlige (Gardvegen 312 og 314). Bilde er tatt med drone av Fredrik Weikle, 2016-06-11, samme dagen det gikk steinsprang inn i boligfeltet. | 15 |
| Figur 8: | En av de mindre blokkene fra steinspranghendelsen i 2016. | 16 |
| Figur 9: | Bilde av øvre del av utløsningsområde og skredbane til flomskred i 2013. Bilde tatt av Fredrik Weikle, 1. juni 2014. Merk svaberget øverst i bildet. Det er kildeområdet for steinsprang i juni 2016. | 17 |
| Figur 10: | Kart med kildeområder, skredbaner og plassering av blokker fra flomskredene i 2013 og steinsprang i 2016. | 18 |
| Figur 11: | Kart med plassering av de benyttede meteorologiske stasjonene i forhold til kartleggingsområdet (markert i lilla)..... | 19 |
| Figur 12: | Månedsnormaler 1961-90 for middeltemperatur. Data fra www.eklima.no | 21 |
| Figur 13: | Månedsnormaler 1961-90 for nedbør. Data fra www.eklima.no | 21 |
| Figur 14: | Beregnet 1-døgns nedbør med ulike gjentaksintervaller for månedene mai til november. Data fra www.eklima.no | 22 |
| Figur 15: | Eksempel på resultat fra beregning med RAMMS. Her er flomskredet i 2013 etterregnet. | 25 |
| Figur 16: | Eksempel på beregningsresultat fra Rockyfor3d. Resultatet viser beregning av steinspranghendelsen i 2016..... | 27 |
| Figur 17: | Faresoner for skred. Eksisterende bolighus er vist sammen husnummer på Gardvegen. | 29 |
| Figur 18: | Foreslått løsning for sikring til 1/333. Alle foreslåtte tiltak er ledevoller i løsmasse. | 31 |
| Figur 19: | Foreslått løsning for sikring til 1/1000. Alle foreslåtte tiltak er ledevoller i løsmasse, som kan beplantes..... | 33 |

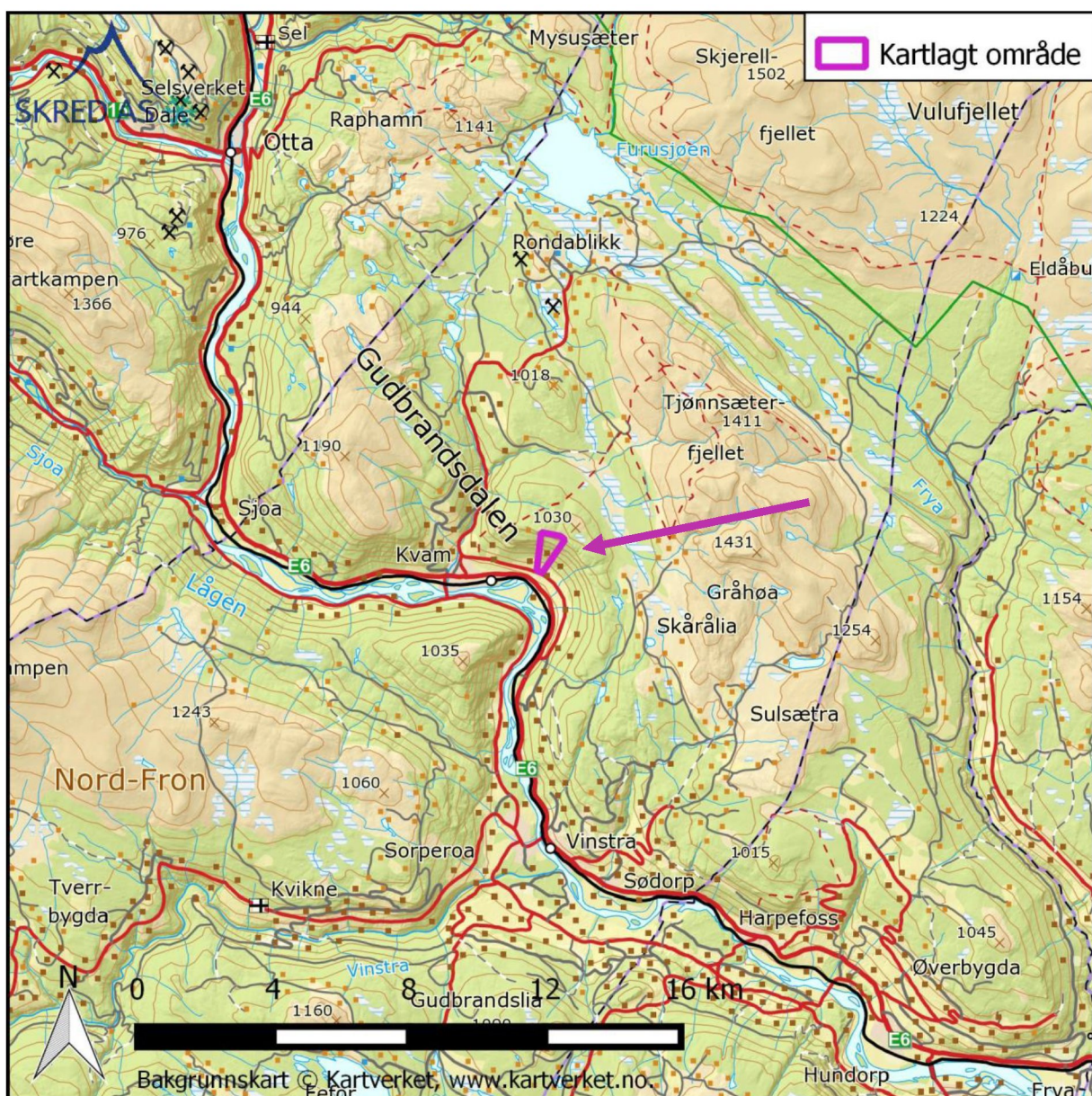
Tabeller

| | |
|---|----|
| Tabell 1: Driftsperioden for de anvendte meteorologiske stasjonene. | 19 |
| Tabell 2: Gjentakintervaller for døgnedbør teoretisk i stand til å utløse jord- og flomskred. | 22 |
| Tabell 3: Definisjon av de ulike scenario satt opp i beregningene av rekkevidde av steinsprang. | 28 |
| Tabell 4: Fare for skred mot bolighus i Letrudgrenda boligfelt. Fargene angir farenivå. | 28 |
| Tabell 5: Kostnadsestimat for sikring av bolighus på Gardvegen 314 og 310 til 1/333. | 32 |
| Tabell 6: Kostnadsestimat for sikring av samtlige bolighus i Letrudgrenda til 1/1000. | 33 |

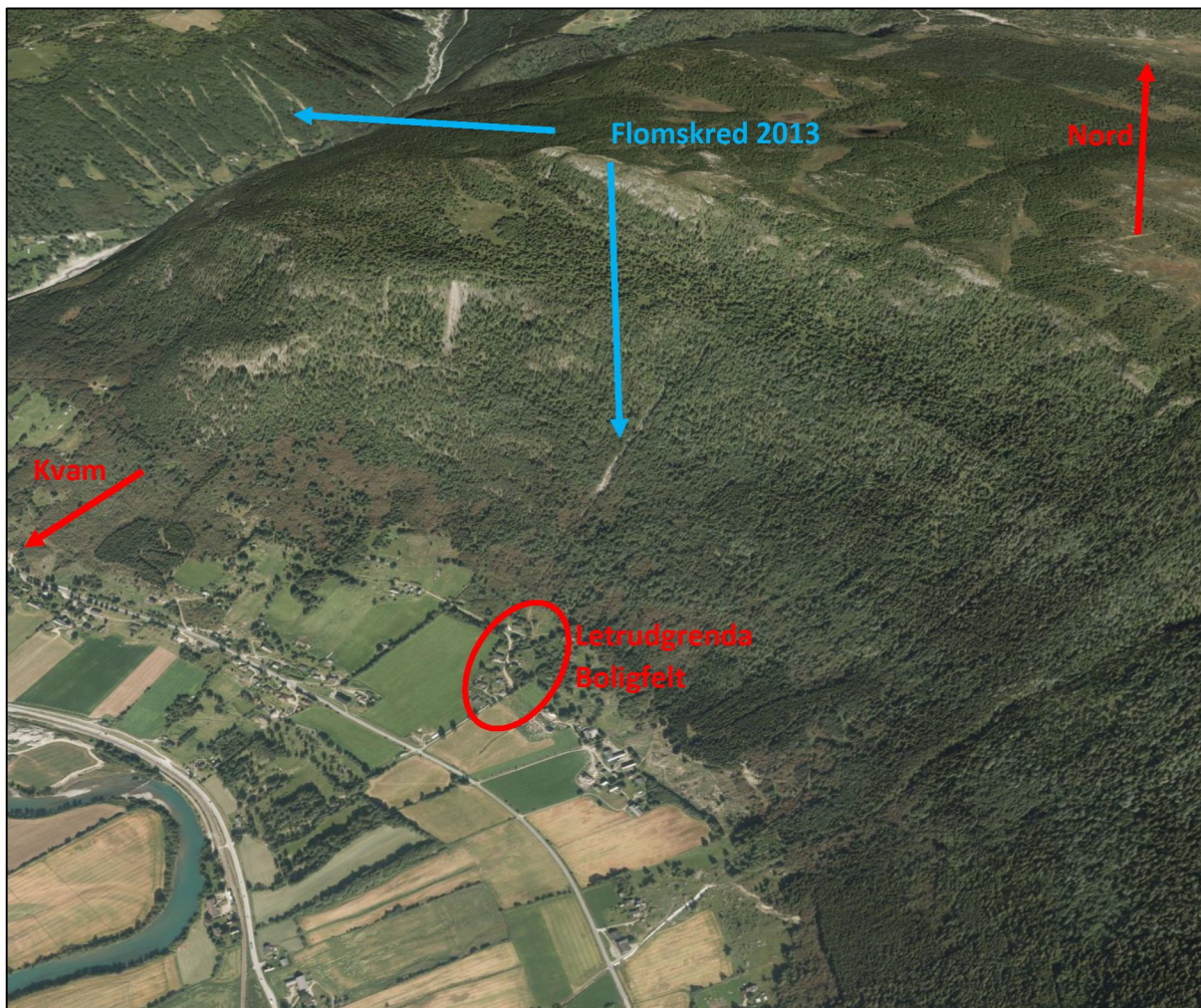
1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I 2013 gikk et løsmasseskred inn i Letrudgrenda boligfeltet, omtrent 2 km øst for Kvam sentrum i Nord-Fron kommune (figur 1, figur 2). I 2016 løsnet en større steinblokk fra samme fjellsiden. En steinblokk passerte mellom to bolighus og flere blokker stoppet i forholdvis kort avstand fra et bolighus. Basert på disse hendelsene har Nord-Fron kommune engasjert Skred AS til å utarbeide faresoner for skred og om nødvendig utrede muligheter for sikring. Denne rapporten beskriver grunnlaget og vurderingene gjort for å utarbeide faresoner for skred.



Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte området 2 km øst for tettstedet Kvam i Nord-Fron kommune.



Figur 2: Bilde av Letrudgrenda boligfelt og terrenget rundt. Fra www.norgebilder.no.

1.2 Mål

Skred AS er bedt om å utarbeide faresoner for skred for boligfeltet Letrud, for området vist i figur 1. Det skal utarbeides faresoner for skred med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/333, 1/1000 og 1/5000. Dersom skredfarevurderingen viser at noen av boligene i boligfeltet ikke tilfredsstillt krav til sikkerhet mot skred med årlig sannsynlighet på 1/1000 og 1/333, skal aktuelle sikringstiltak beskrives og grove kostnadsoverslag utarbeides.

Sannsynligheten 1/333 er ikke blant kravene som TEK10 stiller til ny bebyggelse, men vurderes i denne rapporten ettersom den ofte anvendes til identifisering av eksisterende bebyggelse som er uakseptabelt utsatt for skred og dermed bør vurderes sikret.

1.3 Grunnlag

Som grunnlag for vurderingene har vi fått tilgang på følgende:

- Laser data til terrengeanalyse.

- Foto og video tatt med drone av Fredrik Weikle. Flomskredhendelsen i 2013 samt steinspranghendelsen i 2016 er dokumentert.
- Rapporter og notater beskrevet i avsnitt 3.7 nedenfor.

1.4 Befaring

Befaring i området ble utført 2016-10-11 av Hans Georg Grue og Steinar Hustoft, Skred AS. Nedre del av fjellsiden ble befart til fots.

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.

2 Vurderte skredtyper

I Byggeteknisk forskrift (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:

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

Den endelige vurderingen av skredfare er samlet nominell årlig sannsynlighet for skred, som kan sammenliknes direkte med kravene i TEK10.

2.1.1 Snøskred og sørpeskred

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

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

2.1.2 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>) og steinskred (volum 100-10.000 m^3). Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 40-45°.

2.1.3 Jordskred og flomskred

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

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

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

2.1.4 Skredfare og klimaendringer

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

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

3 Beskrivelse av området

Det vurderte området ved Letrudgrenda er lokalisert 2 km øst for tettstedet Kvam i Nord-Fron kommune (figur 1).

3.1 Topografi

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m. Terrengmodellen er laget fra laser data levert av kommunen. Vi er ikke kjent med dato for innsamling samt kvalitet av laserdata. Kun laserpunkter klassifisert som «bakke» er anvendt. Kart med terrenghelning er vist i figur 3. Identifikasjon av terrengformer er blant annet gjort med kart som viser skyggerelieff. Et eksempel er vist i figur 4.

De vurderte boligene ligger i kote 350-400 i den sørvestvendte dalsiden. Sør for Letrudgrenda løper Gudbrandsdalen mot sør. Vest for Letrudgrenda løper Gudbrandsdalen mot vest. Lågen renner i bunnen av Gudbrandsdalen, og ligger her rundt kote 250.

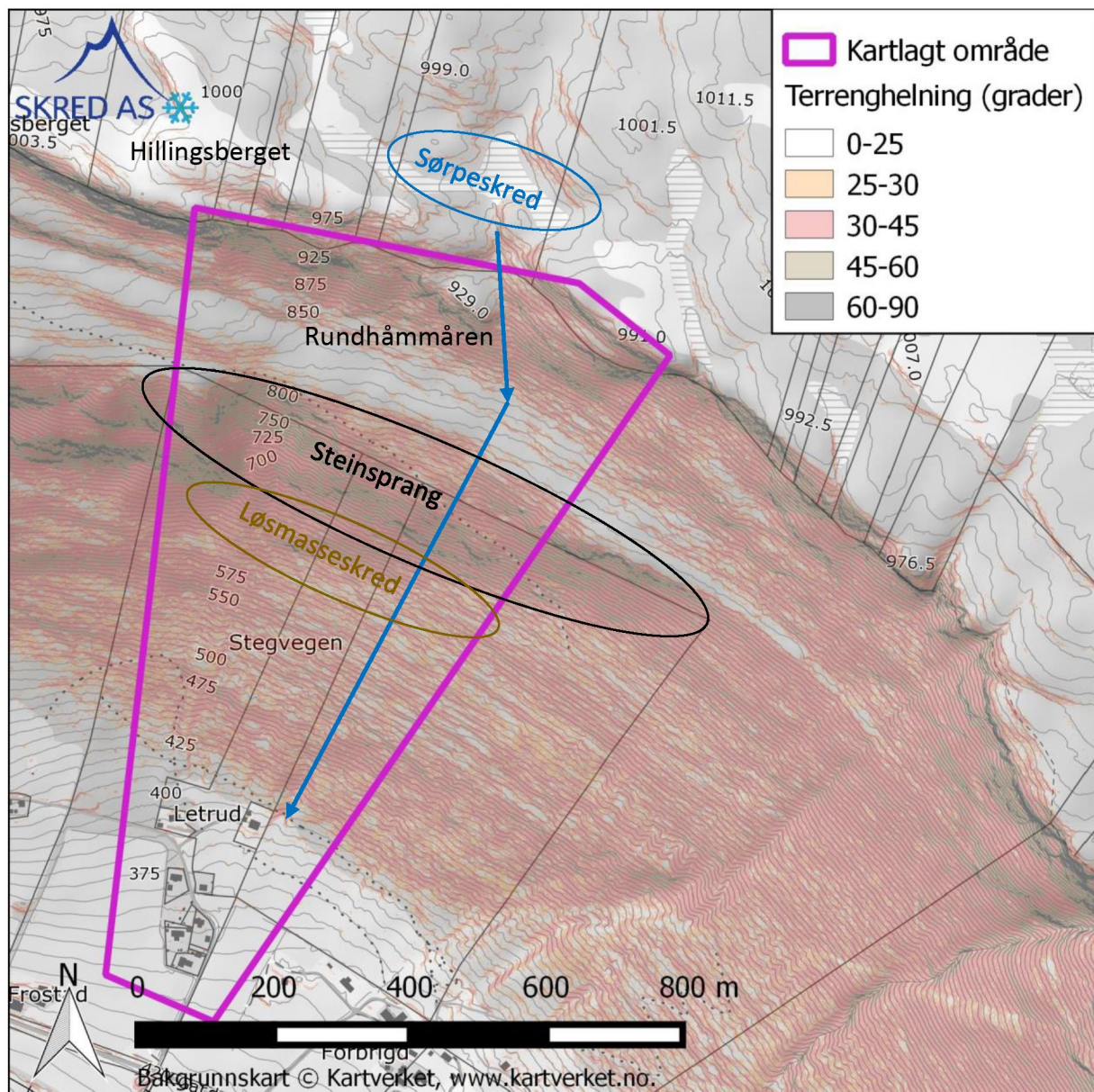
Nord og nordøst for Letrudgrenda stiger terrenget opp mot Hillingen og Hillingsberget. Terrenghelningen i boligfeltet er 10-15°. Ovenfor kote 400 øker terrenghelningen betydelig. Fjellsiden kan grovt inndeles i øvre og nedre fjellside.

I nedre fjellside mellom kote 400 og kote 800 er terrenghelningen 25-50°. Det er to markert brattere parti i fjellsiden: et parti med liten vertikal utstrekning rundt kote 475, og et parti med større vertikal utstrekning i kote 675-800.

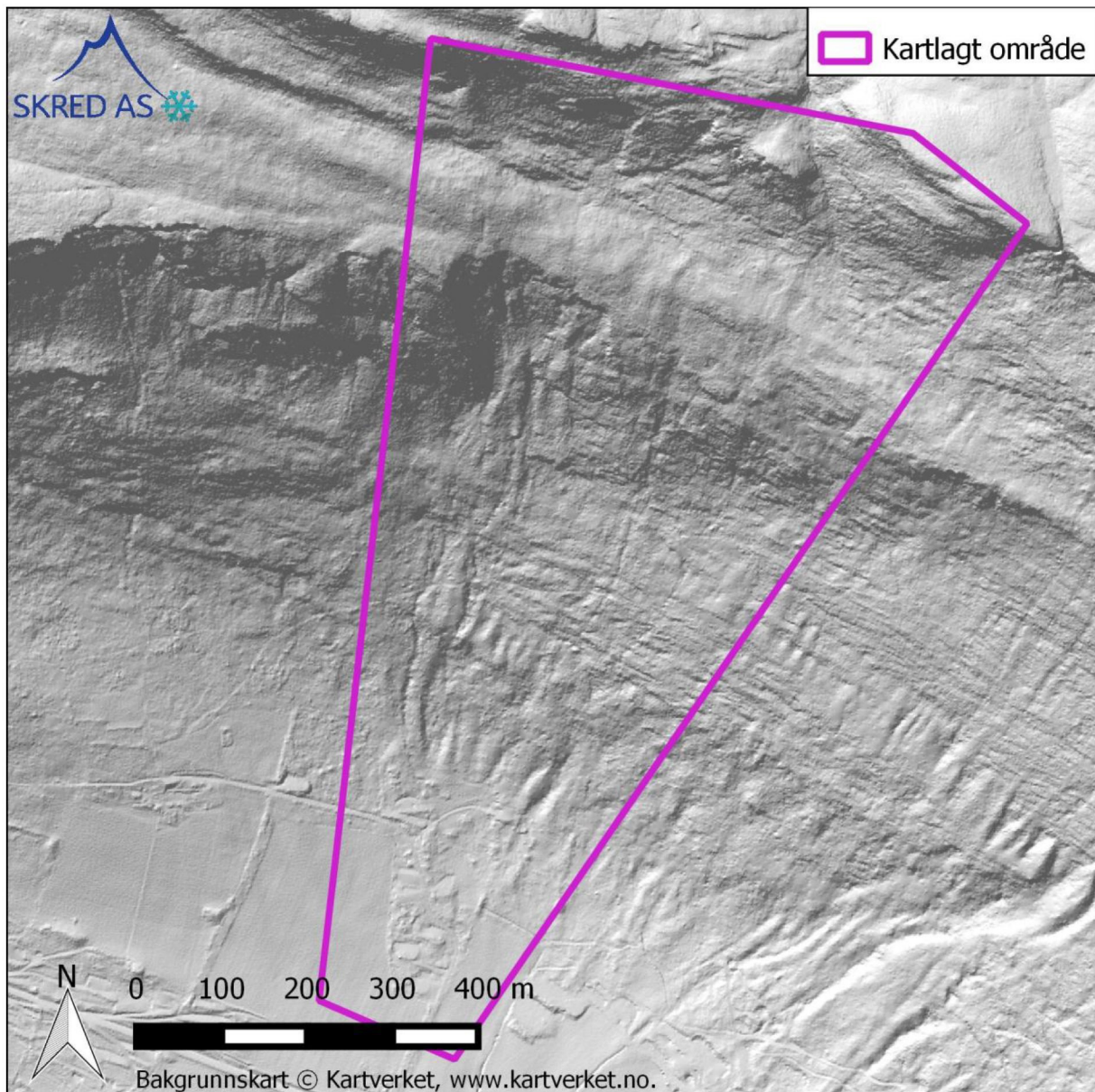
Ovenfor kote 800 i øvre fjellside blir terrenget først slakt, med generell terrenghelning på 10-20°. Horisontal lengde på det slake partiet er 120-150 m. Ovenfor dette ligger en nær vertikal skrent, Rundhåmmåren.

3.2 Vegetasjon

Tregrensa i området er på ca. 1000 moh. Ovenfor kote 640 er skogen forholdsvis glissen, mest sannsynlig på grunn av høyde og tynt løsmassedekke. Den høyere vegetasjonen i fjellsiden er blandingsskog, i hovedsak av gran og bjørk. Skogen ovenfor kote 800 er registrert som vernskog (NIBIO, 2015). Det eldste tilgjengelige flyfoto vi har tilgang til, er fra 2004. Siden dette ble tatt ser vi ikke tydelige endringer i skogen, bortsett fra skredskadene.



Figur 3: Beregnet terrenghelning samt mulige utløsningsområder for ulike skredtyper.



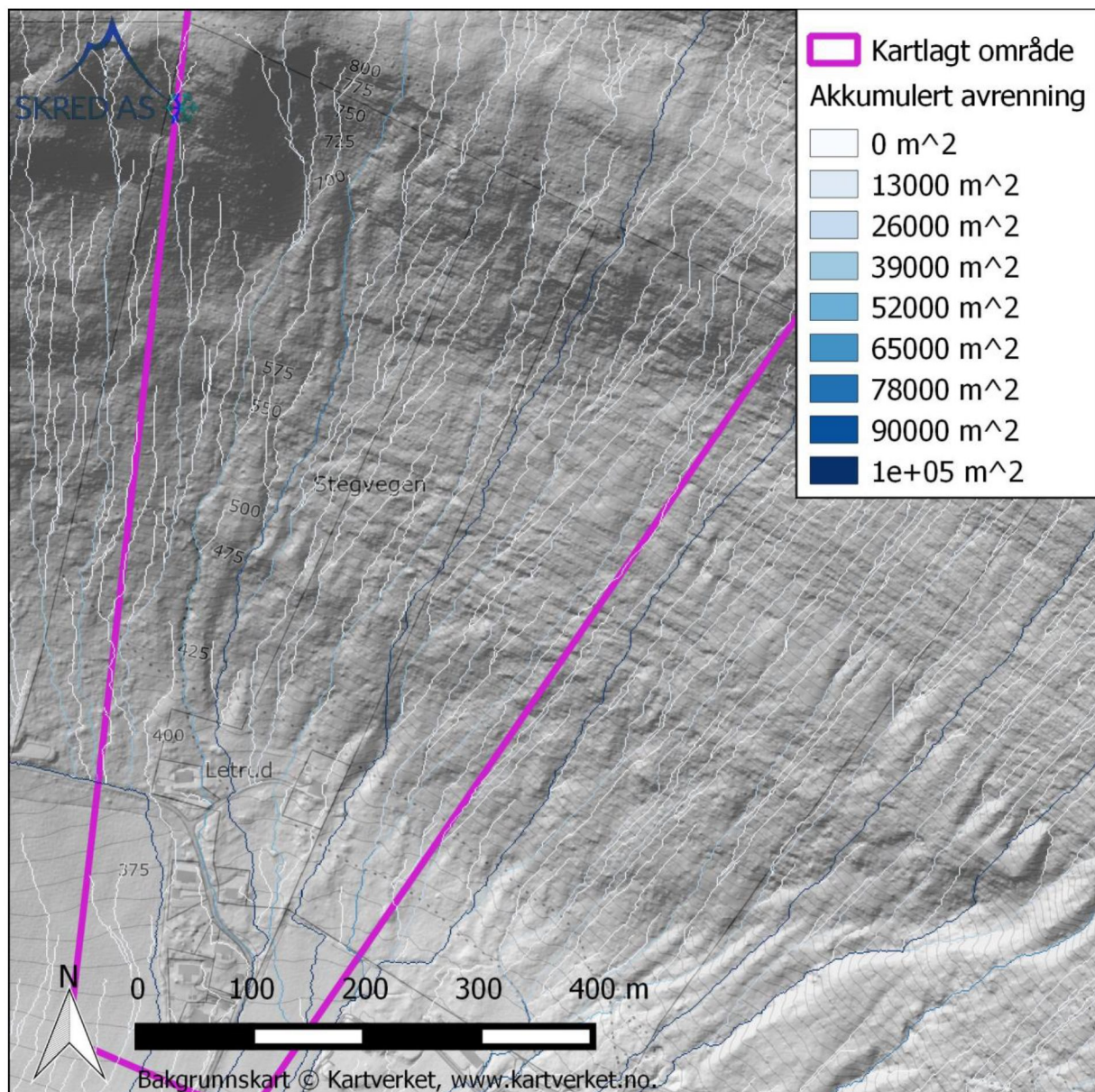
Figur 4: Terrenget med skyggeeffekt.

3.3 Geologi

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 og består hovedsakelig av fyllitt. I Gudbrandsdalen er de fleste registrerte skredhendelser i forbindelse med fyllitt og glimmerskifer i berggrunnen (Walberg og Devoli, 2014).

Ifølge nasjonal løsmassedatabase er området kartlagt i 1:250 000. Løsmassedekket i boligfeltet og nedre del av fjellsiden, opp til rundt kote 475, består av brelvavsetninger. Ovenfor dette er det et parti med tynn morene. Øverst i fjellsiden er det bart fjell.

NGU har nylig utført en kartlegging av løsmassedekket i området. Vi har vært i kontakt med NGU og har hatt tilgang til foreløpige kart med observasjoner fra deres befarings.



Figur 5: Akkumulert areal for avrenning, beregnet fra terrenngmodellen. Av forsenkningene ned mot Letrudgrenda har ravinene ovenfor Gardvegen 314 og øst for Gardvegen 312 størst beregnet nedslagsfelt.

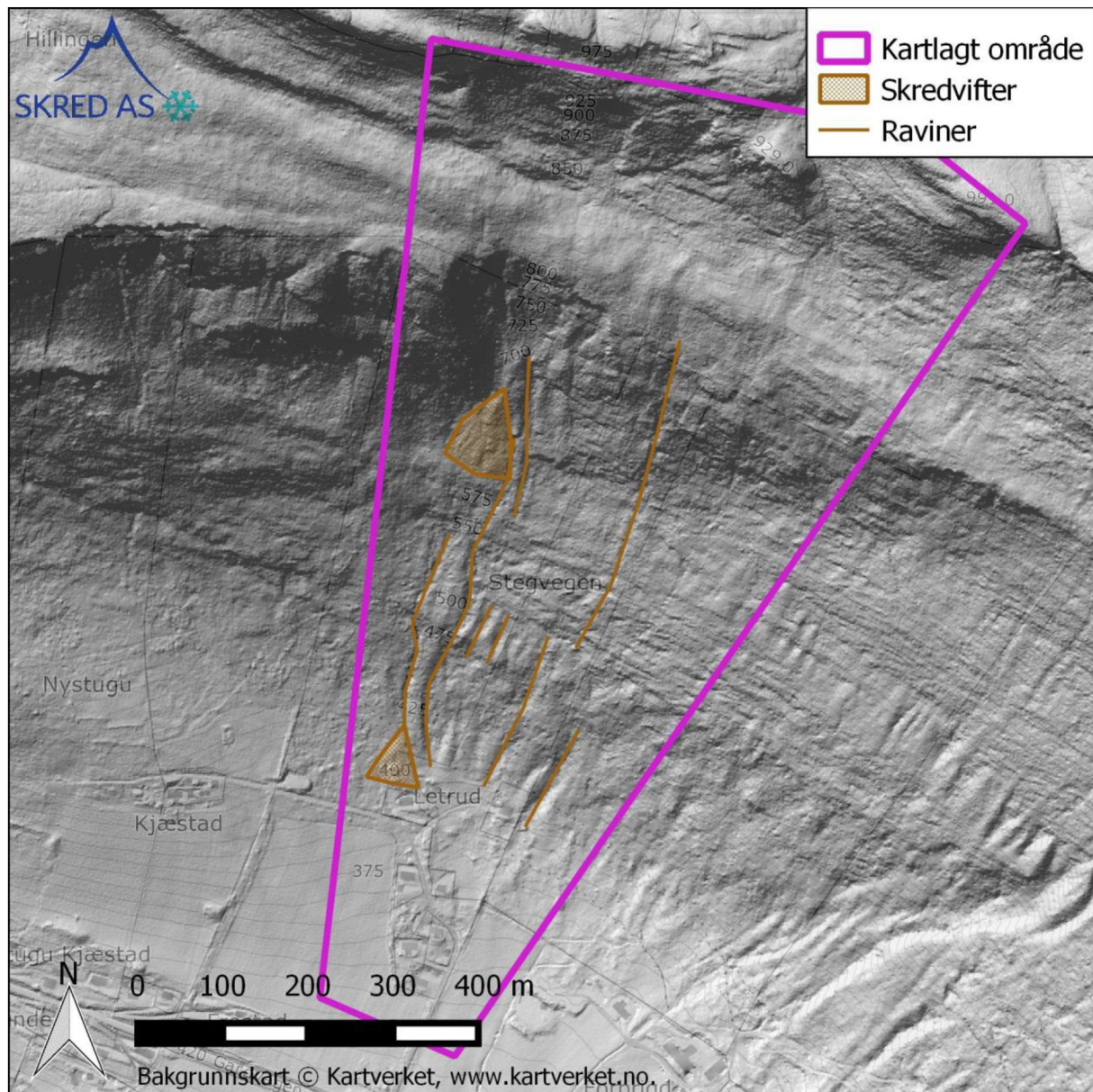
3.4 Avrenning

Avrenningen i fjellsiden ovenfor Letrudgrenda er styrt av renner og forsenkninger. Det er tydelig kanalisering inn mot flere av bekkene. Beregnet avrenning er vist i figur 5. Beregningen viser at de tre mest markerte ravinene også har størst nedslagsfelt. Dette har betydning for antatt sannsynlighet for flomskred langsetter ravinene.

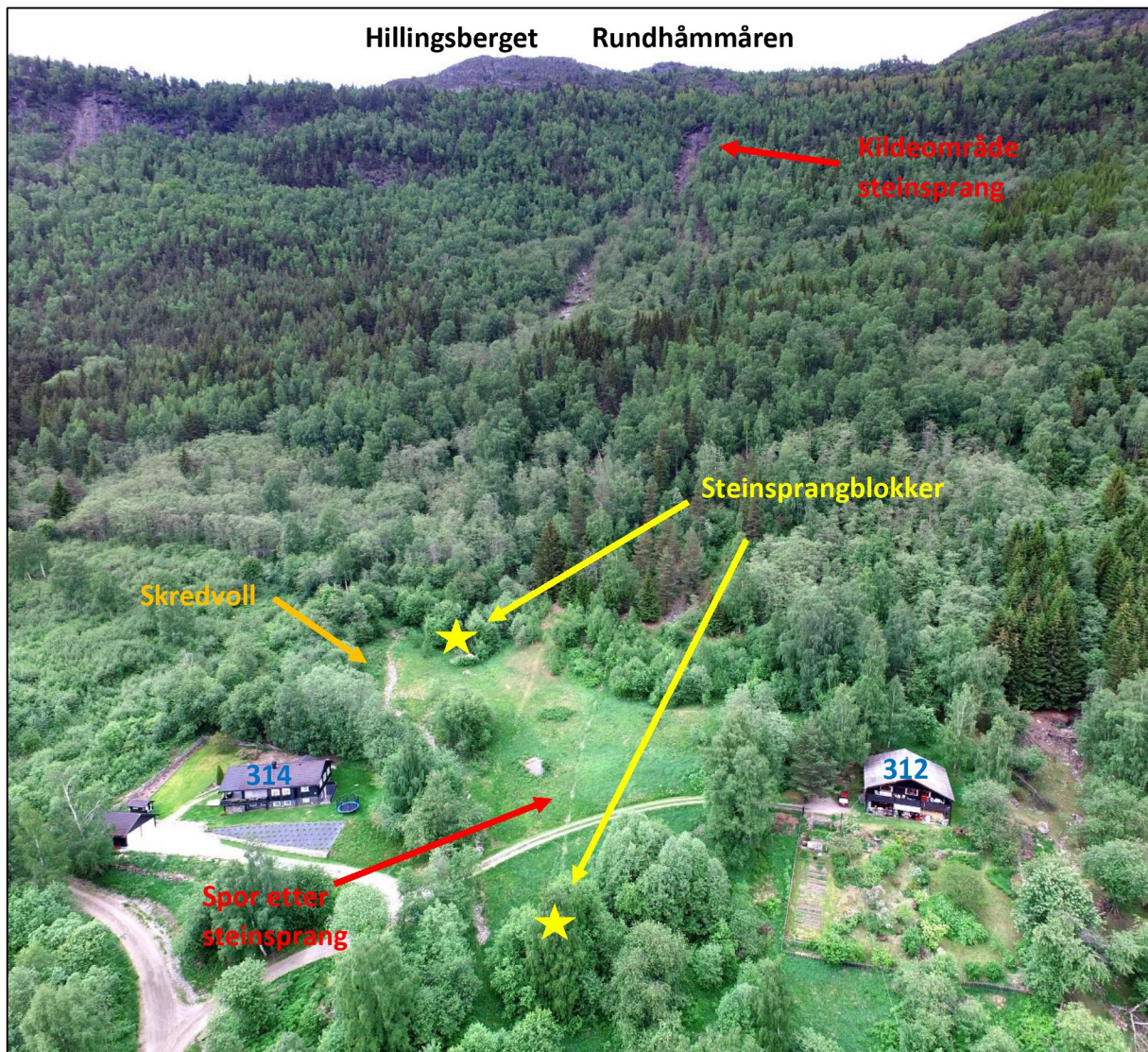
3.5 Geomorfologi

Nedenfor Rundhåmmåren er det steinsprangur. Utstrekningen av ura er begrenset, og urfoten ligger omtrent 100 m fra toppen av nedre fjellside, altså et godt stykke ovenfor kote 800.

Flere raviner og skredvifter er synlige i kartgrunnet (figur 4). De to vestlige, mest markerte ravinene ligger ovenfor bolighuset på Gardvegen 314. Øst for bolighuset på Gardvegen 312 ligger enda en markert ravine. Ravinene kan være spor etter flomskred eller erosjon i forbindelse med flom i løpet av perioden siden siste istid. De to mest tydelige skredvifter ligger ovenfor boligen på Gardvegen 314. På grunn av opparbeiding av jordene og terrengingrep er det vanskelig å tolke terrengformer i boligfeltet.



Figur 6: Geomorfologisk tolkning av terrengformer i fjellsiden.



Figur 7: Oversiktsbilde tatt mot nord. De to øverste boligene i boligfeltet er synlige (Gardvegen 312 og 314). Bilde er tatt med drone av Fredrik Weikle, 2016-06-11, samme dagen det gikk steinsprang inn i boligfeltet.

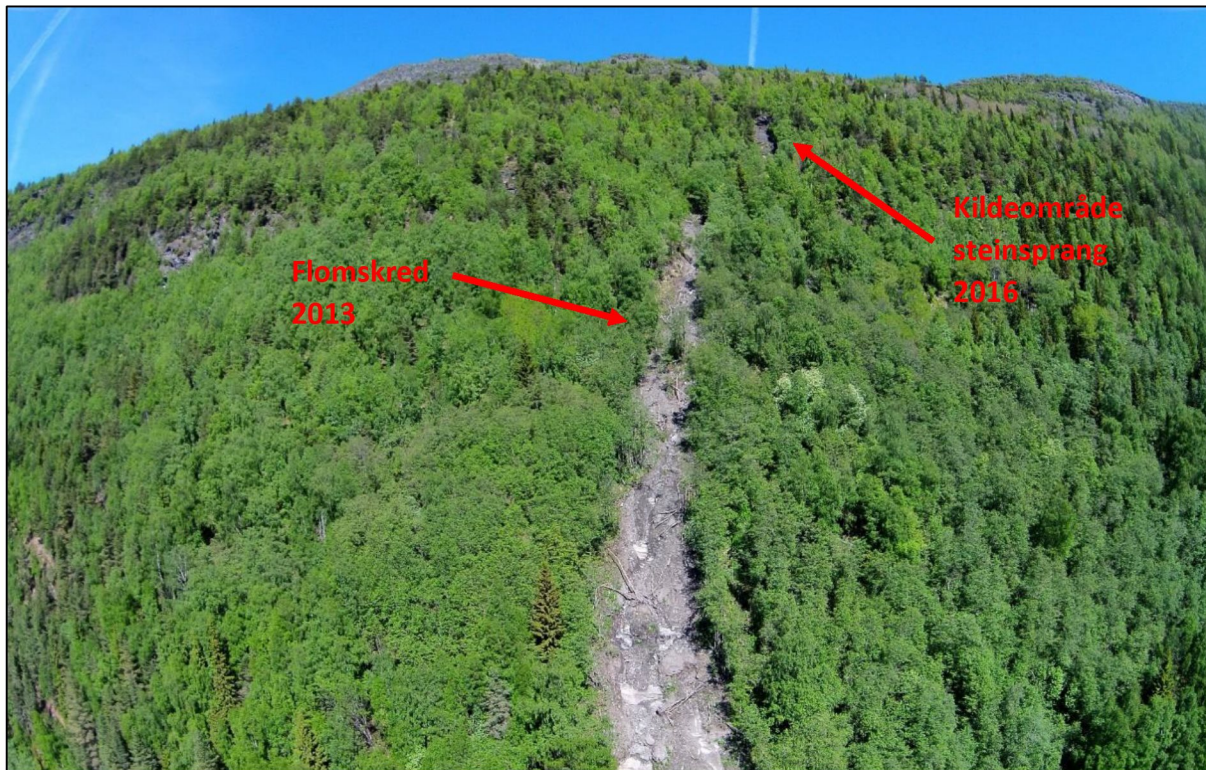
3.6 Registrerte skredhendelser

I nasjonal skreddatabase (NVE, 2016a) er det i fjellsiden nord for Letrudgrenda registrert et enkelt skred: steinsprang 11. juni 2016. Hendelsen er også beskrevet av NVE som var på befaring i området etter hendelsen (NVE, 2016b). Plassering av flere steinsprangblokker er vist i figur 7 og figur 10. Den ene blokken er vist i figur 8. Vi har fått opplysninger om det tidligere har vært steinsprang ned i boligfeltet, eller vest for boligfeltet, men har ikke fått bekreftet disse. Under befaringen og på flyfoto er det observert 5-10 store mulige steinsprangblokker i området rundt de to øverste hus i Letrudgrenda. På grunn av opparbeiding av jordene, forventer vi ikke å finne igjen alle tidligere steinsprang. Det er

registrert to steinsprang fra et område omtrent 1 km vest for Letrudgrenda, i 1927 og i 1952. Omtrent 1 km sørøst for Letrudgrenda var det i 1924 flere steinsprang mot garden på Steine.



Figur 8: En av de mindre blokkene fra steinspranghendelsen i 2016.



Figur 9: Bilde av øvre del av utløsningsområde og skredbane til flømskred i 2013. Bilde tatt av Fredrik Weikle, 1. juni 2014. Merk svaberget øverst i bildet. Det er kildeområdet for steinsprang i juni 2016.

I løpet av 2013 gikk det flere løsmasseskred i Gudbrandsdalen. Spesielt utsatt var Veikledalen nord for Kvam. I samme perioden gikk det et løsmasseskred som traff bolighuset på Gardvegen 314 i Letrudgrenda (figur 9, figur 10). Skredmasser bestående av slam fortsatte ned forbi boligen på Gardvegen 310, og ifølge beboere helt ned til Fv 420 Gardvegen. Det ble etablert en mindre ledevoll ovenfor og øst for boligen på Gardvegen 314, og videre øst for boligen på Gardvegen 310.

På flyfoto ser det ut til at et mindre løsmasseskred løsnet omtrent samtidig 250 øst for løsmasseskredet beskrevet over (figur 10). En beboer har opplyst at det kom ut en del skred- og flommasser fra ravinen øst for boligen på Gardvegen 312. Innenfor en radius på omtrent 5 km rundt Letrudgrenda er det registrert mer enn 50 løsmasseskred.

Et enkelt snøskred er registrert rundt Kvam, i 1864, men plasseringen er usikker.

3.7 Tidligere rapporter

Etter steinspranghendelsen i juni 2016 utarbeidet NVE et kort notat om hendelsen (NVE, 2016b). Notatet beskriver blant annet plassering og størrelse av flere steinsprangblokker. I notatet er det indikert at sannsynlighet for skred kan være større enn dagens sikkerhetskrav til ny bebyggelse.

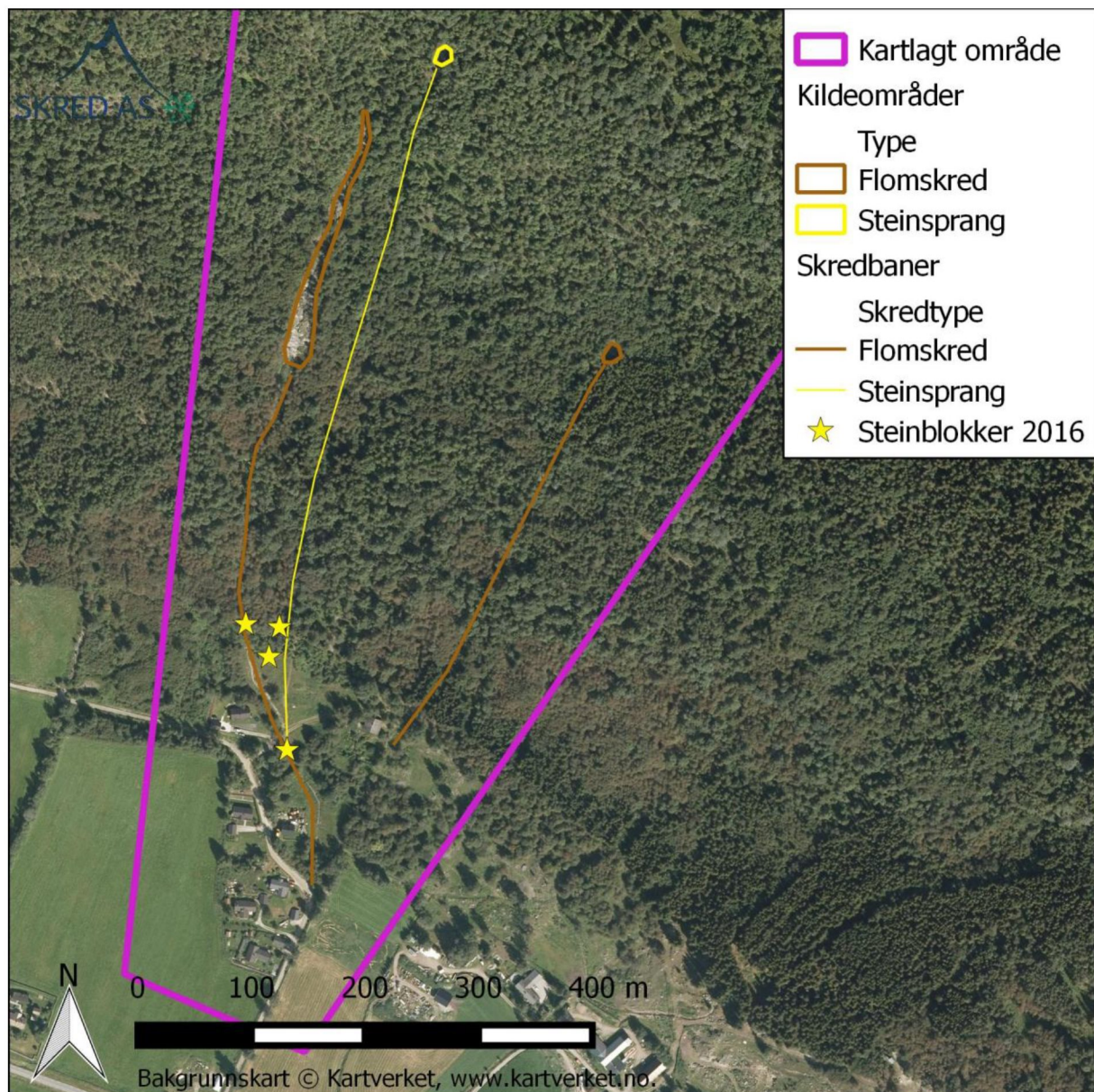
I NVE rapport 44-2014 (Sund, 2014) og i NVE rapport 52-2014 (Walberg og Devoli, 2014) beskrives historiske skredhendelser i området på generelt grunnlag.

3.8 Aktsomhetsområder

Øvre delen av boligfeltet ligger innenfor aktsomhetssone for steinsprang, mens aktsomhetssoner for snøskred samt jord- og flomskred dekker hele boligfeltet (NVE, 2016a). NGIs kombinerte snø- og steinskredkart er ikke utarbeidet for dette området.

3.9 Eksisterende skredsikringstiltak

Etter flomskredhendelsen i 2013 ble det etablert en ledevoll ovenfor bolighuset på Gardsvegen 314. Vollen er bygget som et midlertidig tiltak.

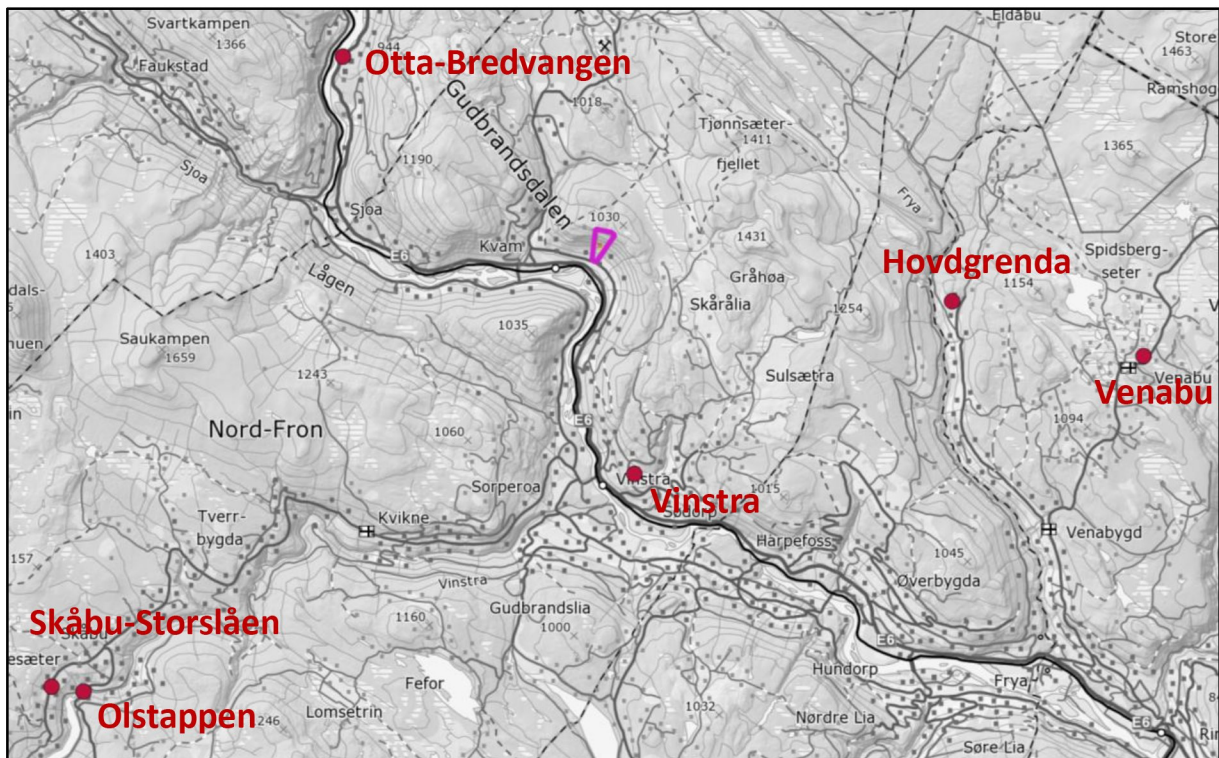


Figur 10: Kart med kildeområder, skredbaner og plassering av blokker fra flomskredene i 2013 og steinsprang i 2016.

3.10 Klimatiske trekk av betydning for skredfare

Vi har utført en enkel analyse av områdets klimatiske trekk med størst betydning for skredfarevurderingen. Analysen er gjort på bakgrunn av data fra Meteorologisk institutt (eklima.no). Det finnes ingen meteorologiske stasjoner med brukbare dataserier i umiddelbar nærhet av det vurderte området. Det finnes imidlertid en rekke stasjoner innen en radius på en til to mil (figur 11).

Stasjonene har vært i drift i ulike tidsperioder. Den eldste av dem var operativ fram til 1968, mens de andre ble satt i drift i 1960- eller 1970-tallet (tabell 1).



Figur 11: Kart med plassering av de benyttede meteorologiske stasjonene i forhold til kartleggingsområdet (markert i lilla).

Tabell 1: Driftsperioden for de anvendte meteorologiske stasjonene.

| St.nr. | Stasjonsnavn | I drift fra | til | moh. |
|--------|-------------------|-------------|--------|------|
| 13420 | VENABU | aug.80 | | 930 |
| 13450 | HOVDGRENDA | jan.72 | | 666 |
| 13550 | VINSTRÅ | jan.19 | mar.68 | 241 |
| 13640 | OLSTAPPEN | okt.70 | | 630 |
| 13670 | SKÅBU - STORSLÅEN | okt.68 | mar.10 | 890 |
| 14310 | OTTA - BREDVANGEN | jul.70 | aug.95 | 285 |

Stasjonene ligger mellom 241 og 930 moh., og dette resulterer i forskjellige normale temperaturer, spesielt i sommermånedene (figur 12), samt forskjellig årsnedbør (figur 13): De lavest liggende stasjonene registrerer bare 375 – 430 mm/år, mens de høyeste registrerer 540 – 660 mm/år. Både den lave årsnedbøren og faktumet at mesteparten av denne faller i sommermånedene, er typiske i innlandsområder. Sen høst og vinter er særdeles tørre måneder, med bare 15 – 40 mm nedbør.

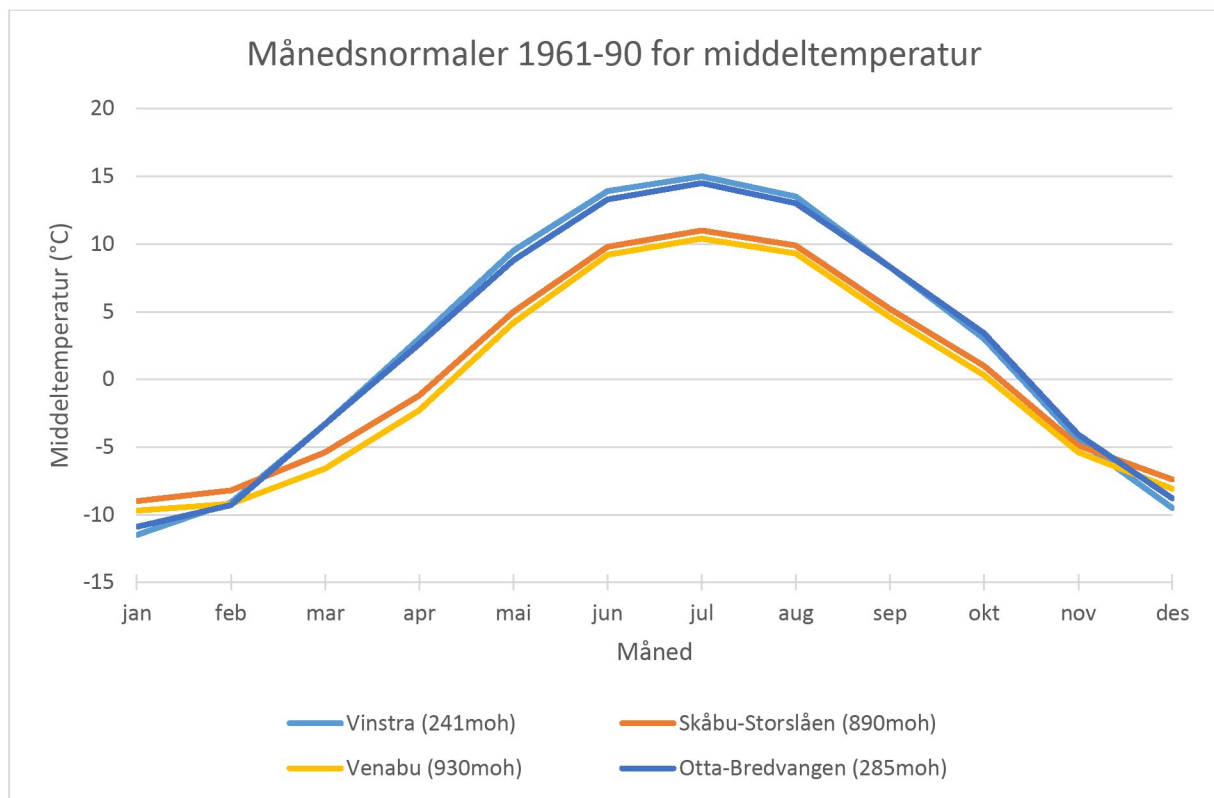
For skredfarevurderingen er det imidlertid viktigere å analysere ekstrem nedbør enn normale verdier. I områder der jordskred og flomskred er de mest aktuelle prosessene, settes det spesielt fokus på intens nedbør som faller i form av regn. Dette er fordi regn som på ett døgn overskrider 8 % av den normale årsnedbøren, erfaringsmessig kan utløse jord- og flomskred (Sandersen mfl., 1996).

I denne analysen antas det at nedbør som faller mellom mai og november, kommer i form av regn. Den beregnede 1-døgns nedbør med 1000 års gjentaksintervall varierer mellom 57 og 95 mm for de ulike stasjonene (figur 14).

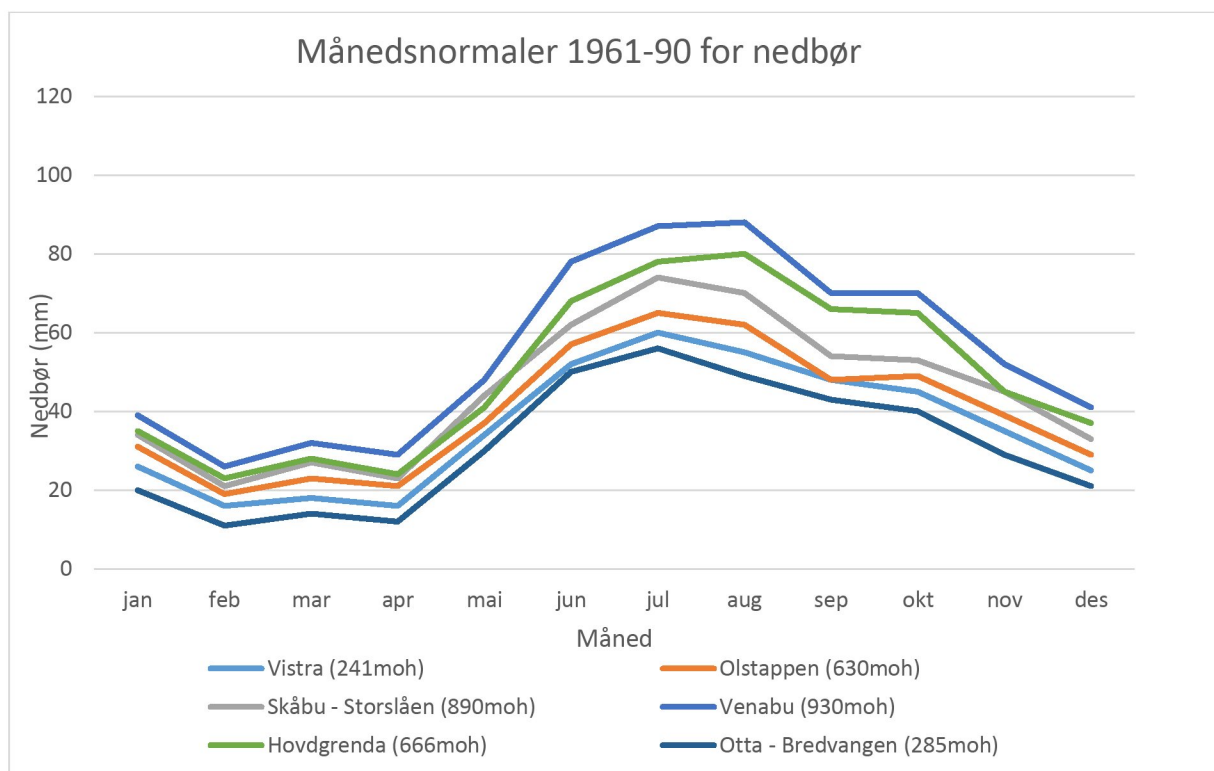
Ved å kombinere den normale årsnedbøren (nærmere bestemt verdien som tilsvarer 8% av denne) med kurvene som viser gjentaksintervaller for ulik nedbørintensitet, er det lett å vurdere at en døgnsnedbør i stand til å utløse jord- og flomskred, i dette området forekommer temmelig ofte, med gjentaksintervall mellom mindre enn 10 år og 20-30 år (tabell 2).

Sannsynligheten for at en nedbør erfaringsmessig 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.

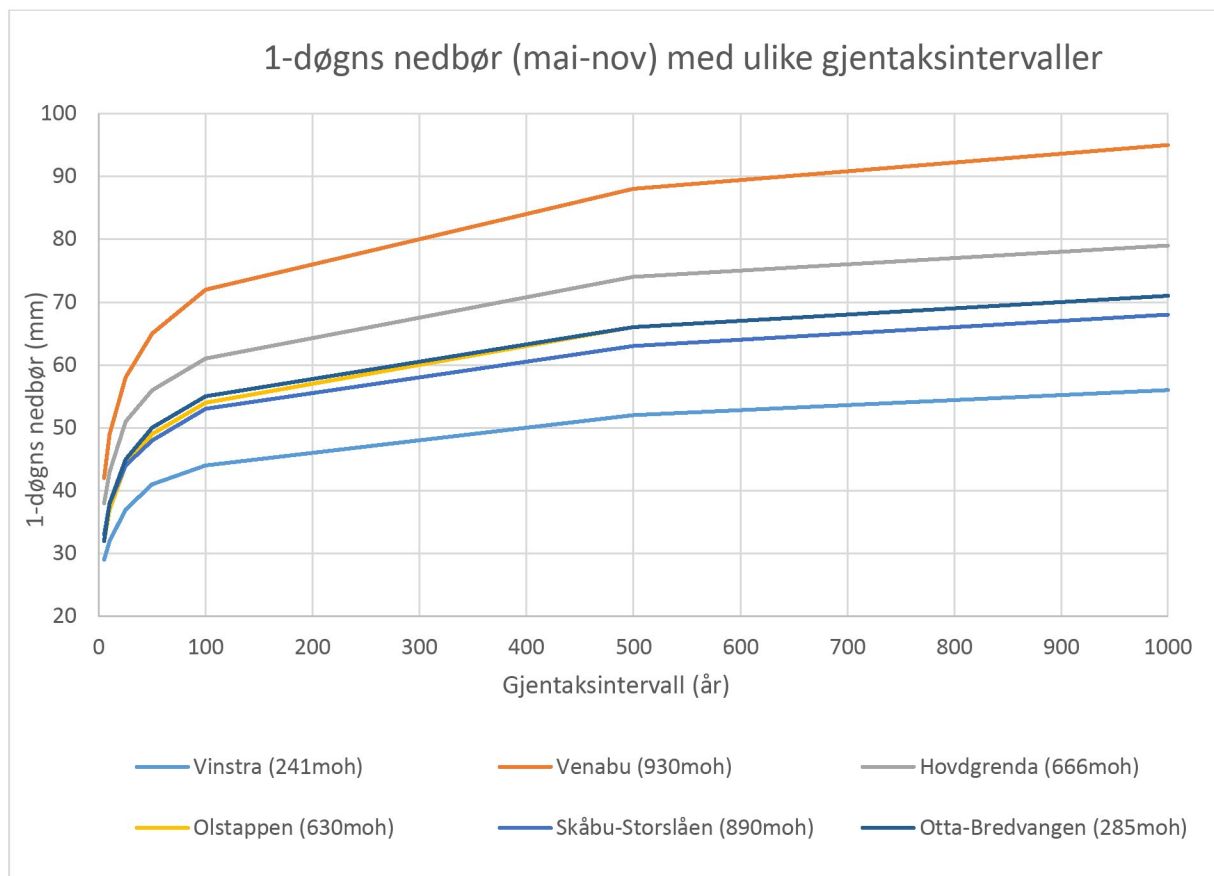
Som et hjelpemiddel til vurdering av fare for snøskred kan man gjennomføre en tilsvarende ekstremnedbørsanalyse med fokus på nedbøren som kommer i form av snø, der 1-døgns og 3-døgns snøfall er av interesse. I dette tilfellet anser vi det ikke som nødvendig å gjøre dette ettersom faren for snøskred kan utelukkes ut ifra betraktning av skogsdekke og dataene som viser at området vinterstid er meget nedbørfattig.



Figur 12: Månednormaler 1961-90 for middeltemperatur. Data fra www.eklima.no.



Figur 13: Månednormaler 1961-90 for nedbør. Data fra www.eklima.no.



Figur 14: Beregnet 1-døgns nedbør med ulike gjentaksintervaller for månedene mai til november. Data fra www.eklima.no.

Tabell 2: Gjentaksintervaller for døggnedbør teoretisk i stand til å utløse jord- og flomskred.

| | Normal årsnedbør | Beregnet 8% av årsnedbør | Gjentaksintervall for 1-døgns nedbør som tilsvarer 8% av årsnedbør |
|----------------------------|------------------|--------------------------|--|
| Vinstra (241moh) | 430 mm | 34 mm | 20 - 30 år |
| Olstappen (630moh) | 480 mm | 38 mm | 10 - 20 år |
| Skåbu - Storslåen (890moh) | 540 mm | 43 mm | 10 - 20 år |
| Venabu (930moh) | 660 mm | 53 mm | 10 - 20 år |
| Hovdgrenda (666moh) | 590 mm | 47 mm | 10 - 20 år |
| Otta - Bredvangen (285moh) | 375 mm | 30 mm | < 10 år |

4 Vurdering av skredfare

4.1 Snøskred

Fjellsiden nord for boligfeltet er brattere enn 30°. Deler av fjellsiden er dermed potensielle utløsningsområder for snøskred. Spesielt to forhold gjør at vi mener snøskred under forholdene observert under befaringen ikke er dimensjonerende skredtype:

- 1) Fjellsiden er dekket med skog. Skogen vil redusere sannsynligheten for utløsning av snøskred, samt redusere rekkevidden av eventuelle snøskred. Enkelte tilfeller av snøskredutløsning i skog er kjent i litteraturen, også fra Norge, men de gjelder i all hovedsak menneskeutløste skred med kort utløp. Skogen er dermed en viktig forutsetning for skredfare i Letrudgrenda.
- 2) Klima: Fjellsiden er vendt omtrent mot sør. Det betyr at solinnstråling vil redusere sannsynligheten for at det dannes svake lag i snødekket. Det vil redusere sannsynligheten for bruddforplantning over store flater, og dermed redusere sannsynligheten for utløsning av store snøskred med lang rekkevidde. Solinnstråling vil også redusere lengden av perioden med snø på bakken i forhold til nordvendte skråninger. Vinterhalvåret er nedbørfattig (avsnitt 3.10 ovenfor), og det ventes begrenset med snø i området.

Årlig sannsynlighet for snøskred inn i Letrudgrenda boligfelt vurderes derfor som mindre enn 1/1000, mest sannsynlig mindre enn 1/5000. Skogen i fjellsiden er en forutsetning for dette.

4.2 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent i området. Sørpeskred kan utløses under flere forskjellige forhold. Myrområdene nord for Rundhåmmåren (figur 3) kan være et utløsningsområde for sørpeskred. Det er ingen markerte, gjennomgående forsenkninger ned gjennom fjellsiden fra dette området. Den hydrologiske analysen viser at vannet fra myrområdet drenerer ut i ravinen øst for Gardvegen 312. Beregningene for flomskred (avsnitt 4.3 nedenfor) viser samme tendensen.

Sannsynligheten for sørpeskred inn i Letrudgrenda boligfelt vurderes derfor som mindre enn 1/1000, kanskje i størrelsesorden 1/5000. Det eneste utsatte området er ravinene rundt boligene på Gardvegen 312.

4.3 Løsmasseskred

Flere tydelige raviner langs fjellsiden nord og øst for boligfeltet kan stamme fra tidligere løsmasseskred (figur 6). Skredhendelsen i 2013 som traff bolighuset på Gardvegen 314 ble utløst fra området nedenfor botnen nord for boligfeltet. Skredmassene fulgte en av de mest tydelige ravinene. Studier av flyfoto tyder på at det i 2013 også var en mindre utglidning i løsmassedekket rundt kote 610 omtrent 250 m lenger øst for skredet som traff bolighuset på Gardvegen 314. På flyfoto kan det være antydning til skredmasser øst for bolighuset på Gardvegen 312.

4.3.1 Beregninger

Beregninger av skredutbredelse av løsmasseskred er utført med programvaren RAMMS (Christen mfl., 2010). Modulen for flomskred, versjon 1.6.20 er brukt. Først er det gjennomført en kalibrering av modellparameterne til en kjent skredhendelse. Dette for å teste om modellen kan gi realistiske resultater. Deretter har vi beregnet mulig utbredelse av fremtidige løsmasseskred.

4.3.2 Justering av modellparametere

Utløsningsområdet og området med tydelig erosjon/medrivning for skredhendelsen i 2013 er anvendt som kildeområde for modellberegningene. Vi kjenner ikke til vannmengdene som strømmet gjennom utløsningsområdet, og har derfor i beregningene utløst skredmassen som en blokk. Bruddhøyde er satt til 1 m. Deretter har vi variert følgende parametere, og sammenliknet med skredutbredelse sett på flyfoto tatt umiddelbart etter skredhendelsen:

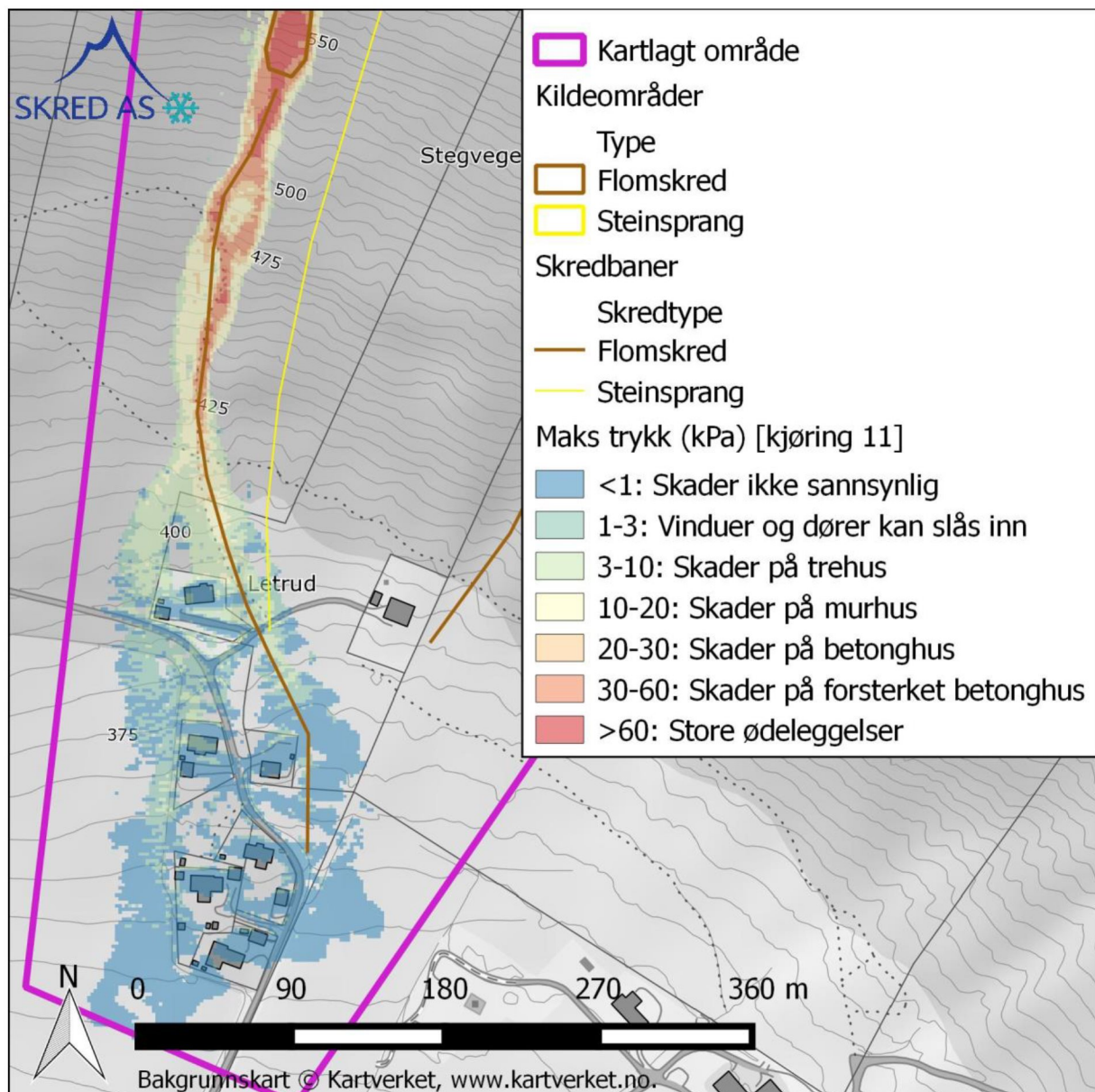
- Horisontal oppløsning i modellen er variert mellom 1 m og 5 m. Endring fra 1 m til 2 m gir nesten ingen endring i resultatene, men beregningstiden øker betydelig. Økes cellestørrelsen til >2 m blir flytemønsteret ikke gjengitt realistisk. Vi har derfor utført de fleste videre beregninger med horisontal oppløsning på 2 m.
- Friksjonsparameteren μ er variert mellom 0,05 og 0,20. De beste resultater fant vi med $\mu=0,15$.
- Friksjonsparameteren ξ er variert mellom 100 m/s^2 og 1000 m/s^2 . De beste resultater fant vi med $\xi=100 \text{ m/s}^2$. Vi forventer en strømning av forholdsvis finkornede skredmasser. Basert på anbefalte verdier i RAMMS forventet vi betydelig høyere verdier av ξ .

Beregnet skredbevegelse følger i stor grad sporene etter hendelsen i 2013. Det største unntaket er at modellen ved kote 415 viser en arm med skredmasser med retning mot sørvest (figur 15). I dette området er terrenget i terrengmodellen lite kanalisert.

Uoverensstemmelsen mellom modell og observasjon kan skyldes følgende:

- I beregningene har vi utløst massene som en blokk. I en naturlig situasjon vil skredmassene mest sannsynlig komme mer jevnt langs skredbanen. I modellen er da trolig flyte høyden for stor. Dette kan medføre at skredmassene i modellen lettere hopper ut av skredløpet enn det som er naturlig.
- Terrengmodellen representerer ikke det naturlige terrenget før skredhendelsen. Vi kjenner ikke dato for innsamling av laserdata. Dersom innsamlingen fant sted etter hendelsen, representerer terrenget ikke det terrenget skredbevegelsen fant sted i.
- Bevegelsen av flomskredmasser er delvis tilfeldig, avhengig av blant annet plassering av store blokker og trær.

Til tross for noen uoverensstemmelser mellom modellresultater og observert skredutbredelse, mener vi modellen kan brukes som støtteverktøy til å beregne forventet utløp av flomskred i det vurderte området.



Figur 15: Eksempel på resultat fra beregning med RAMMS. Her er flomskredet i 2013 etterregnet.

4.3.3 Forventede utløsningsområder

Vurdert ut fra størrelsen på skredviftene i fjellsiden, er det størst årlig sannsynlighet for utløsning av løsmasseskred fra området ovenfor Gardvegen 314. Det er området der det gikk flomskred i 2013. Her er det en del løsmasser tilgjengelig for transport, og vannet kanaliseres ned i området. Området der det gikk et mindre skred i 2013, har også betydelig potensial for ytterligere utglidninger. Eventuelle løsmasseskred vil mest sannsynlig kanaliseres som flomskred av ravinene i fjellsiden.

4.4 Skred i fast fjell

Det er flere kildeområder for steinsprang i fjellsiden ovenfor Letrudgrenda. I de bratte skrentene er det potensial for utfall. I kildeområdet for steinsprang i juni 2016 er det en del delvis avløste blokker. I fjellsiden ellers er det mulighet for remobilisering av blokker, blant annet ved rotvelt.

4.4.1 Beregninger

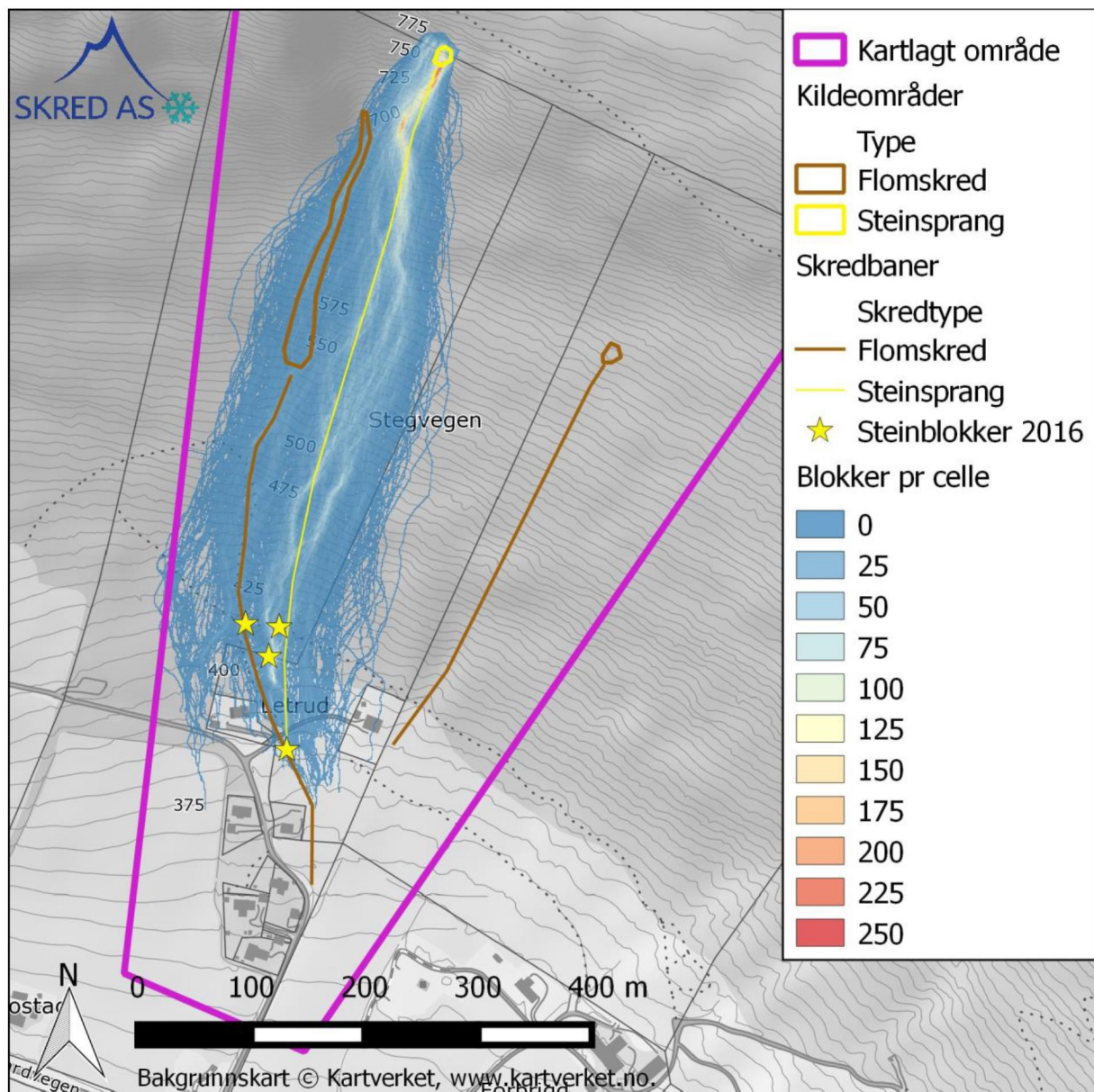
Beregninger av steinsprangbevegelse er utført med programvaren Rockyfor3d (Dorren, 2015), versjon 5.2.4. Først er det gjennomført en kalibrering av modellparameterne til en kjent skredhendelse. Dette for å teste om modellen kan gi realistiske resultater. Deretter har vi beregnet mulig utbredelse av fremtidige steinsprang. Merk at modelleringen ikke tar høyde for at steinblokker som løsner høyt i fjellsiden mest sannsynlig vil deles før de stopper.

4.4.2 Justering av modellparametere

Kildeområdet for skredhendelsen i 2016 er anvendt for modellberegningene. Vi kjenner ikke til det nøyaktige volumet som løsnet. Kildeområde og blokkstørrelse ($4 \times 4 \times 4 \text{ m}^3$) er vurdert fra observasjoner og bilder. Vi har variert en rekke parametersett, og sammenliknet med plasseringen av blokkene med lengst rekkevidde (figur 10). Beregningene viser følgende (figur 16):

- Beregningene viser at det er mulig med stor spredning av blokkene i terrenget.
- Hovedparten av steinsprangblokkene følger forsenkningene øst for flomskredhendelsen i 2013. Dette stemmer med observasjoner. Slik sett ligger bolighuset på Gardvegen 314 mer gunstig til i forhold til steinsprang fra kildeområdet til 2016-hendelsen, enn for flomskred fra kildeområdet til flomskred i 2013-hendelsen.
- De fire blokkene med lengst rekkevidde i 2016-hendelsen ligger alle i området med størst sannsynlighet for blokker.
- Blokken med lengst rekkevidde i 2016-hendelsen ligger i ytterkant av beregnet rekkevidde, men noen få blokker i beregningene har større rekkevidde.

Basert på sammenlikning mellom modellresultater og observert bevegelse av steinsprang i 2016-hendelsen, mener vi modellen kan brukes som støtteverktøy til å beregne forventet utbredelse og rekkevidde av steinsprang i det vurderte området.



Figur 16: Eksempel på beregningsresultat fra Rockyfor3d. Resultatet viser beregning av steinspranghendelsen i 2016.

4.4.3 Forventede kildeområder

Rundt kildeområdet for hendelsen i 2016 er det flere løse blokker. Det er størst sannsynlighet for utfall fra dette området. For scenarier med årlig sannsynlighet på 1/1000 og 1/5000 mener vi det er potensial for utfall fra alle bratte skrenter i fjellsiden. Definisjon på de ulike scenarioene satt opp for modellarbeidet er vist i tabell 3.

Tabell 3: Definisjon av de ulike scenario satt opp i beregningene av rekkevidde av steinsprang.

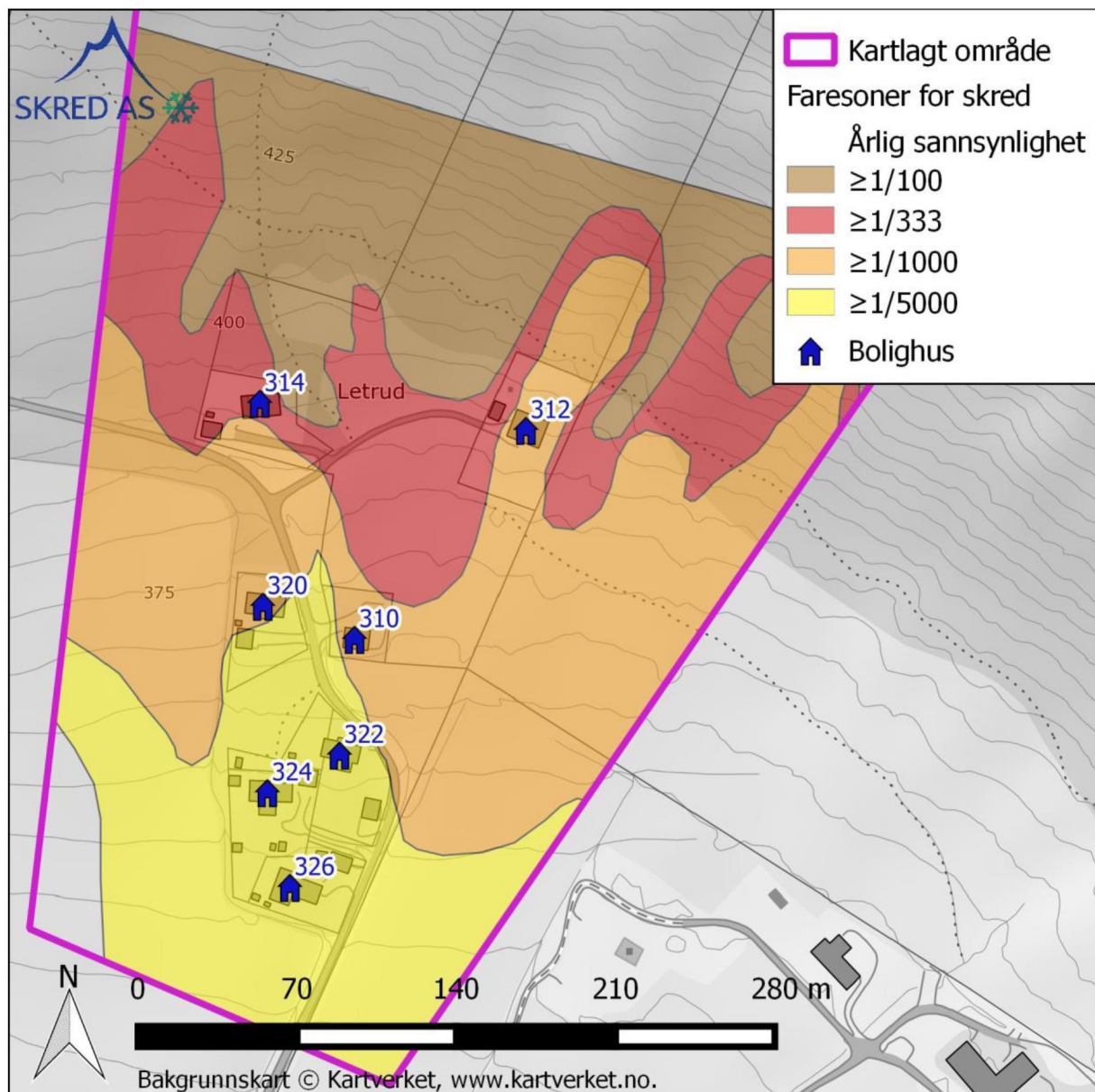
| Scenario | Blokkstørrelse m ³ | Kildeområde | Kommentar | Beregning |
|----------|----------------------------------|--|---|-----------|
| 1/100 | 2x2x2 | Kildeområde 2016-hendelse. | Stopper i terrenget ovenfor bolighusene. | 02 |
| 1/333 | 4x4x4 | 2016-hendelsen + området rundt, i østsiden av botnformasjonen. | Blokker passerer hovedsakelig mellom bolighusene på Gardvegen 312 og 314. Når ikke frem til 310 og 320. | 03 |
| 1/1000 | 6x6x6 | Hele øvre skrent. | Blokker når så vidt frem til bolighusene på Gardvegen 310 og 320. | 04 |
| 1/5000 | 8x8x8 | Hele øvre skrent. | Blokker når marginalt lenger enn 1/1000 scenario. | 05 |

4.5 Faresoner for skred

Samlede faresoner for skred er vist i figur 17. Farenivå og dimensjonerende skredtype for de sju eksisterende bolighus i Letrudgrenda er vist i tabell 4. Vi antar at nybygg tilsvarende de sju bolighus skal tilfredsstille krav i sikkerhetsklasse S2 (1/1000).

Tabell 4: Fare for skred mot bolighus i Letrudgrenda boligfelt. Fargene angir farenivå.

| Gardvegen nr. | Faresone | Skredtype | Kommentar |
|---------------|----------|---|---|
| 310 | 1/1000 | Flomskred er mest hyppig. Men også svært store, sjeldne steinsprang kan nå frem. | Sannsynlighet vil trolig endres dersom 314 sikres med ledevoll. |
| 312 | 1/1000 | Flomskred og steinsprang. | En ravine mot øst kanalisere flomskred og steinsprang |
| 314 | 1/333 | Flomskred og steinsprang. Hovedflyteretning for begge skredtyper går rett øst for bolighuset. | Ligger helt inntil faresonen 1/100. |
| 320 | 1/1000 | Flomskred er mest hyppig, men også svært store steinsprang kan nå frem. | |
| 322 | 1/5000 | Slam fra flomskred. | |
| 324 | 1/5000 | Slam fra flomskred. | |
| 326 | 1/5000 | Slam fra flomskred. | |



Figur 17: Faresoner for skred. Eksisterende bolighus er vist sammen husnummer på Gardvegen.

4.6 Forutsetninger for faresonene

Skogen reduserer sannsynligheten for utløsning av snøskred og løsmasseskred. Dersom det utføres flatehogst i hele fjellsiden, vil det føre til en økning i utstrekningen av faresonene vist i figur 17. Ved hogst må det utføres en ny vurdering.

5 Mulige sikringstiltak

5.1 Dimensjonerende skredtyper

Dimensjonerende skredtyper er flomskred langs de eksisterende raviner, samt steinsprang. Løsmasseskred kan nå lenger ut over det nedre, sørlige området i Letrudgrenda, enn steinsprang. Løsmasseskred vil kanaliseres som flomskred av dagens raviner, og sannsynligheten for flomskred er derfor betydelig større i bunnen av forsenkninger enn på ryggene. Steinsprang har samme tendens til å følge bunnen av forsenkninger, men ikke i så stor grad som flomskred. Dette samsvarer med både feltobservasjoner og modellering.

For sikring av de to øvre bolighus, Gardvegen 312 og 314, skal sikringstiltak designes for å håndtere både flomskred og steinsprang. Det gjelder også sikringstiltak for Gardvegen 310 og 320. For boligene på Gardvegen 322, 324 og 326 er det hovedsakelig utfordringer med slam (finkornede masser) i sakte bevegelse som skal håndteres, dersom man mener dette faller innenfor begrepet «skader eller vesentlig ulempe» nevnt i krav til sikkerhet i veilederen til TEK10.

5.2 Skog

Skogen i fjellsiden er en forutsetning for våre vurderinger. Ved flatehogst av større areal i terreng brattere enn 30°, kan sannsynligheten for både snøskred og løsmasseskred øke. Skogsveger med dårlig håndtering av overvann, vil også føre til økt sannsynlighet for utløsning av løsmasseskred. Vi anbefaler derfor å regulere skogsdriften i potensielle utløsningsområder for snøskred og løsmasseskred. Regulering av skogsdriften vil ikke sikre bebyggelsen i Letrudgrenda, men kan være medvirkende til at skredfaren ikke øker.

5.3 Forbehold og begrensninger for kostnadsoverslag

Vi er ikke kjent med detaljene rundt infrastruktur som VA anlegget og kabler i området. Dette kan ha betydning for endelig valg av sikringsløsning.

De geotekniske forholdene er ikke kjent. Før endelig design og detaljprosjektering må det gjennomføres geotekniske vurderinger av områdestabilitet samt egenstabilitet av de foreslåtte sikringsløsningene.

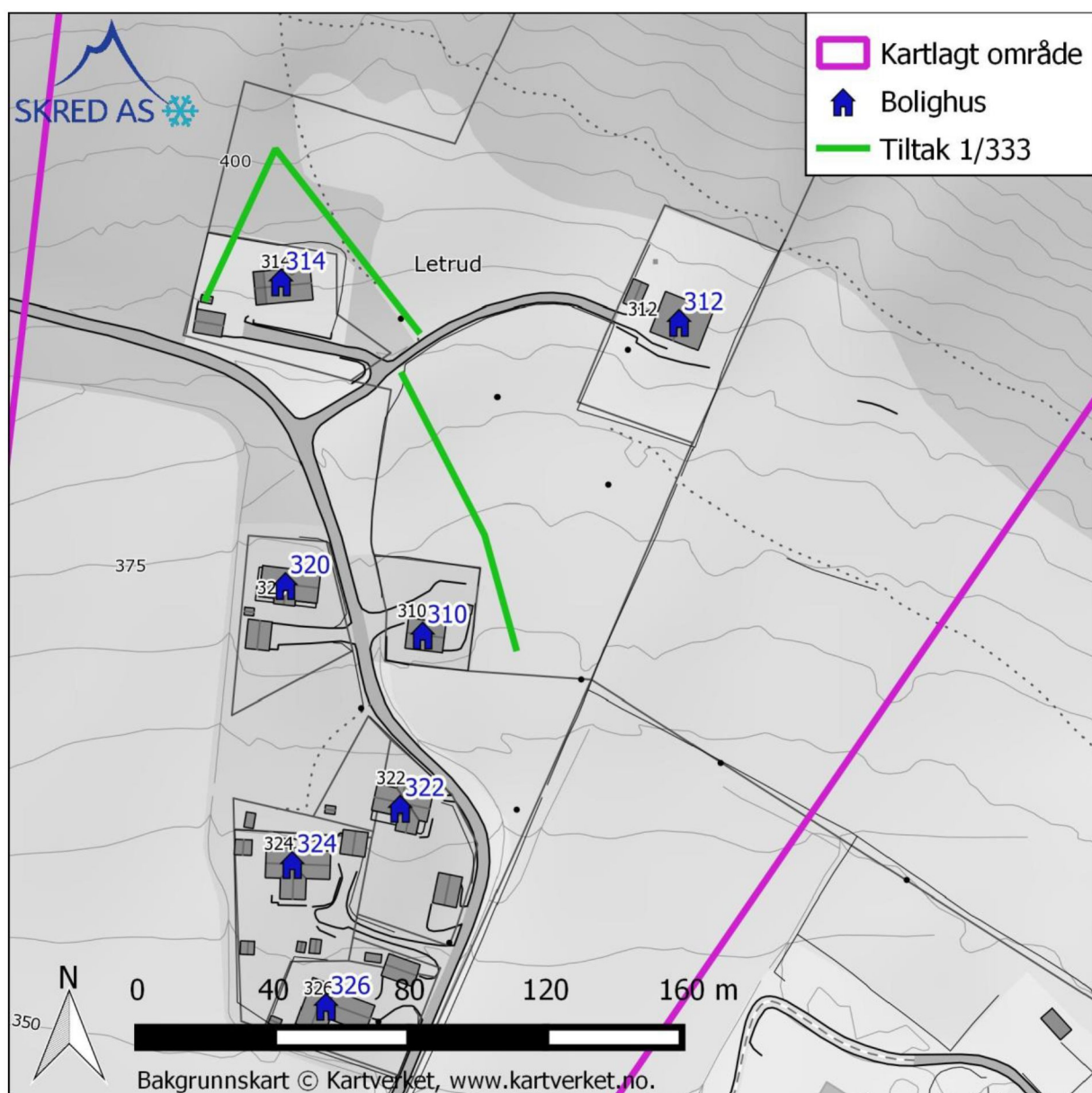
Kostnader for voller i løsmasser og stein, som hovedsakelig foreslått her, avhenger i meget stor grad av tilgang på stein og løsmasser lokalt. Kostnadsoverslagene er basert på erfaringspriser. På dette detaljeringsnivået må det påregnes en usikkerhet på $\pm 50\%$.

5.4 Sikring til 1/333

Bolighuset på Gardvegen 314 skal sikres mot flomskred og steinsprang. Den mest aktuelle løsningen virker å være en plogformet voll ovenfor bygningen (figur 18). Vollen skal lede flomskredmasser forbi bygningen, og skal stoppe steinsprangblokker. Et estimat på nødvendig høyde er 4 m, basert på beregninger beskrevet ovenfor. Støtsiden av vollen bør være forholdsvis bratt, for eksempel i tørrmur. Selve kroppen av vollen kan bygges opp av lokale, veldrenerte masser. Den østlige delen av vollen kan plasseres omtrent der den midlertidige vollen ligger.

En ledevoll vil øke sannsynligheten for skred på boligen på Gardvegen 310. Vi mener derfor at dersom boligen på Gardvegen 314 sikres med en ledevoll, så bør ledevollen forlenges forbi bolighuset på Gardvegen 310. Tilkomstvegen til Gardvegen 312 vil være en utfordring for en sammenhengende voll. Dette kan løses på flere måter, for eksempel ved å forskyve de to deler av vollen som vist på figur 18. Avhengig av vollens form ovenfor Gardvegen 314, kan også skredfare for boligen på Gardvegen 320 øke. Detaljene avhenger av småskala topografi, og må vurderes endelig i terrenget.

Sikring av boligen på Gardvegen 314 samt forlengelse av ledevollen forbi Gardvegen 310 vil ha dimensjoner og kostnad som grovt estimert i tabell 5.



Figur 18: Foreslått løsning for sikring til 1/333. Alle foreslåtte tiltak er ledevoller i løsmasse.

Tabell 5: Kostnadsestimat for sikring av bolighus på Gardvegen 314 og 310 til 1/333.

| Sikringstiltak | Lengde (m) | Høyde (m) | Kostnad (kr) |
|---|------------|-----------|------------------|
| Voll nord og øst for Gardvegen 314 | 70 | 4 | 1 500 000 |
| Forlengelse av voll forbi Gardvegen 310 | 85 | 3-2 | 1 000 000 |
| Voll nord og vest for Gardvegen 314 | 50 | 4 | 1 100 000 |
| Sum | | | 3 600 000 |

5.5 Sikring til 1/1000

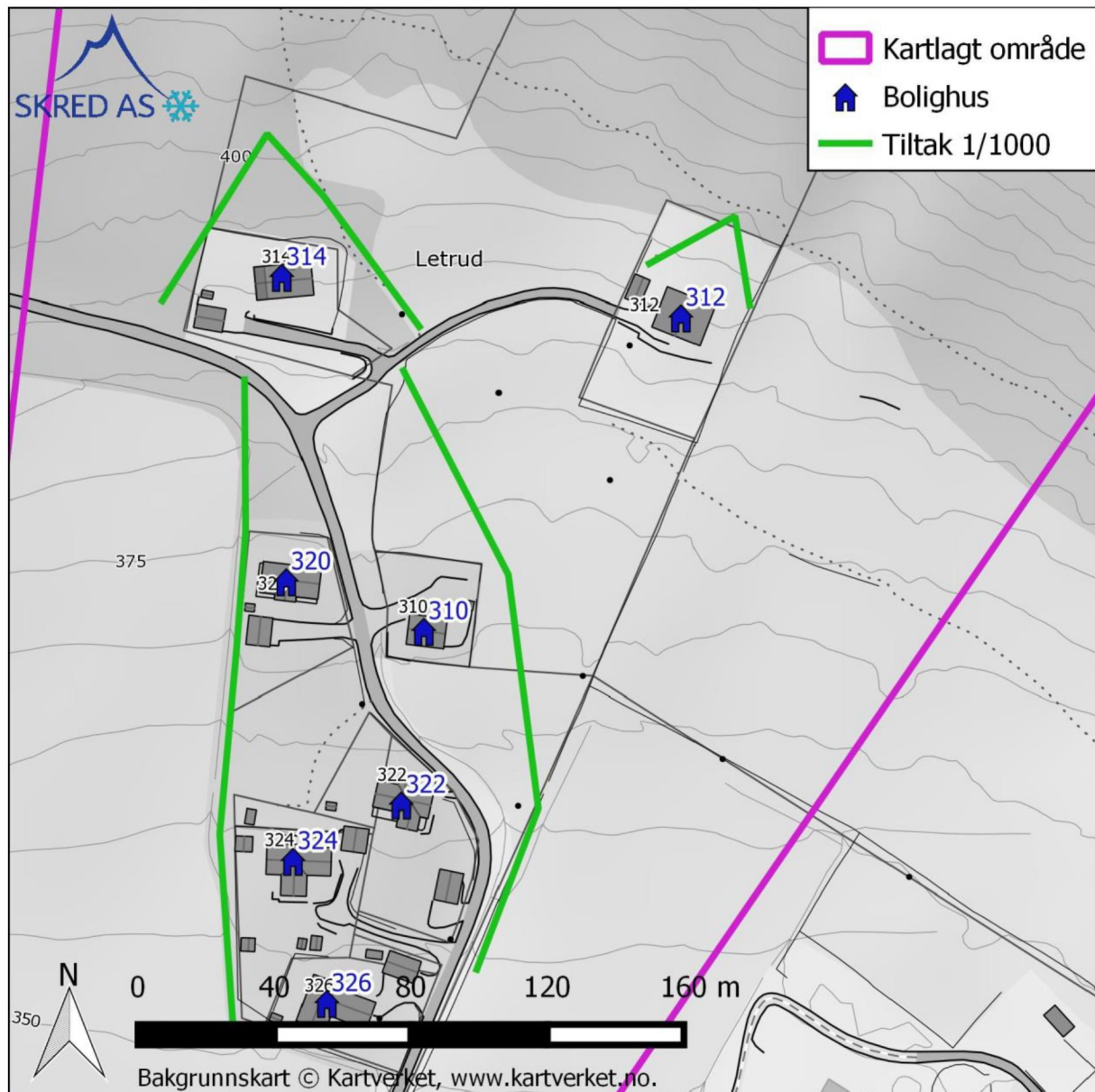
Bolighusene på Gardvegen 310, 312, 314 og 320 skal sikres. De øvre boligene (Gardvegen 312 og 314) er utsatt for både flomskred og steinsprang, mens Gardvegen 310 og 320 hovedsakelig er utsatt for flomskred.

Den mest aktuelle løsningen er som for foreslått løsning for 1/333 beskrevet ovenfor, en plogformet voll ovenfor bolighuset på Gardvegen 314 (figur 19). Vollen skal lede flomskredmasser forbi bygningen, og skal stoppe steinsprangblokker. Et estimat på nødvendig høyde er 6 m, basert på beregninger beskrevet ovenfor. Støtsiden av vollen bør være forholdsvis bratt, for eksempel i tørrmur. Selve kroppen av vollen kan bygges opp av lokale, veldrenerte masser.

Ledevollen ovenfor Gardvegen 314 forlenges mot øst, forbi boligen på Gardvegen 310 (figur 19). For ikke å øke skredfare for boligen på Gardvegen 322, bør ledevollen også forlenges forbi denne boligen. På vestsiden av boligfeltet bør det på samme måten etableres en voll for å lede flomskred forbi boligene.

Boligen på Gardvegen 312 sikres med en plogformet ledevoll (figur 19). Lengden på denne er mindre enn vollen ovenfor Gardvegen 314 på grunn av beliggenheten på en svak ryggformasjon.

Sikring av boligene i Letrudgrenda vil ha dimensjoner og kostnad som grovt estimert i tabell 6. De foreslåtte tiltakene vil ha en betydelig visuell effekt i landskapet.



Figur 19: Foreslått løsning for sikring til 1/1000. Alle foreslåtte tiltak er ledevoller i løsmasse, som kan beplantes.

Tabell 6: Kostnadsestimat for sikring av samtlige bolighus i Letrudgrenda til 1/1000.

| Sikringstiltak | Lengde (m) | Høyde (m) | Kostnad (kr) |
|---|------------|-----------|------------------|
| Voll nord og øst for Gardvegen 314 | 70 | 6 | 2 000 000 |
| Forlengelse av voll forbi Gardvegen 310 | 190 | 4-2 | 2 000 000 |
| Voll nord og vest for Gardvegen 314 | 60 | 6 | 1 500 000 |
| Voll vest for Gardvegen 320, 324 og 326 | 190 | 3-2 | 1 500 000 |
| Voll nord for Gardvegen 312 | 60 | 6 | 2 000 000 |
| Sum | | | 9 000 000 |

6 Konklusjon

Det er faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$, $\geq 1/333$, $\geq 1/1000$ og $\geq 1/5000$ i det vurderte området i Letrudgrenda boligfelt. Dimensjonerende skredtyper er steinsprang og løsmasseskred kanalisert som flomskred langs eksisterende raviner i fjellsiden. På grunn av skogen i fjellsiden og de klimatiske forholdene, er det svært liten sannsynlighet for snøskred inn i det vurderte området.

Et enkelt bolighus ligger innenfor faresonen $\geq 1/333$ (Gardvegen 314). Ytterligere tre bolighus ligger innenfor faresonen $\geq 1/1000$ (Gardvegen 310, 312, 320). Alle sju bolighus i Letrudgrenda boligfelt ligger innenfor faresonen $\geq 1/5000$.

De anbefalte sikringsløsningene består av valler som skal lede flomskred og stoppe steinsprang. Når flomskredmasser ledes forbi de øverste bolighusene, vil det øke sannsynligheten for skred på bolighusene lenger ned i boligfeltet. Dette må tas hensyn til ved design av sikringstiltakene.

For å sikre utsatte bolighus til $1/333$ estimerer vi en kostnad på kr 3,6 mill. For å sikre til $1/1000$ estimerer vi en kostnad på kr 9 mill. Kostnadene avhenger i stor grad av muligheten for lokal tilgang på egnede løsmasser og stein til tørrmur i støtsiden på de øverste vollene. Geotekniske forhold og infrastruktur i bakken må undersøkes nærmere før man velger endelig sikringsløsning.

7 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
- Dorren, L.K.A., 2015. Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model, ecorisQ paper.
- NIBIO, 2015. Vernskog [WWW Document]. Hjemmeside. URL <http://www.skogoglandskap.no/kart/Vernskog> (åpnet 11.25.15).
- NVE, 2016a. Skredatlas [WWW Document]. URL <http://skredatlas.nve.no>
- NVE, 2016b. Befaring etter steinsprang i Letrudgrenda i Kvam, Nord-Fron kommune, Notat.
- Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestnes, E., Lied, K., 1996. The influence of meteorologic factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rockmass stability, i: *Landslides*. s. 97–115.
- Sund, M., 2014. Jord- og sørpeskred i Sør-Norge, mai 2013, NVE Rapport.
- Walberg, N.A.K., Devoli, G., 2014. Regional varsling av jordskredfare: Analyse av historiske jordskred, flomskred og sørpeskred i Gudbrandsdalen og Ottadalen, NVE Rapport.