

Rapport

Oppdragsgiver Thomas Løvik

Oppdrag 1266 Masfjorden kommune, Skredfarevurdering for tomt 57/27 i indre Haugsdal

Dokument Utført av Denise Rüther

Kontrollert av Helge Henriksen

Dato 12.03.2019

Skredfarevurdering for tomt 57/27 i indre Haugsdal, Masfjorden kommune

Sammendrag

Det ble gjennomført ei skredfarevurdering for et tomt eid av Thomas Løvik i indre Haugsdal med gards- og bruksnummer 57/27. Dimensjonerende skredtype er steinsprang. Steinsprang fra Pallstokkehatten er vurdert til å ha utløp med størst årlig nominell sannsynlighet 1/5000 over store deler av tomten i nord, mens steinsprang fra de lokale skrentene har kort rekkevidde og berører kun mindre deler av tomten. Planlagt fritidsbolig kan oppføres i det flate partiet av tomt 57/27 slik at det ligger innenfor en faresone der årlig nominell sannsynlighet for skred er mindre enn 1/1000 og vil dermed tilfredsstille kravene for oppføring av byggverk under sikkerhetsklasse S2 for skred i TEK17.

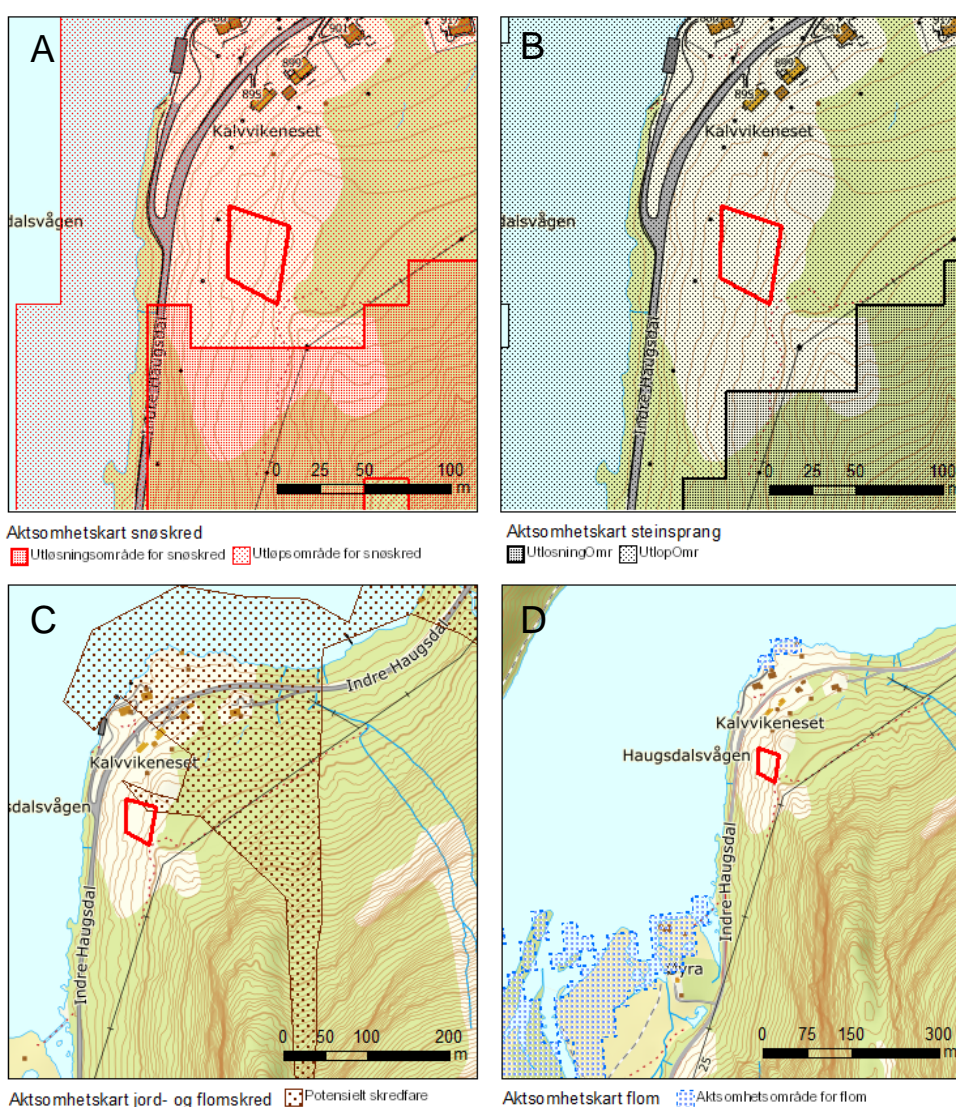
Innhold

| | |
|--|----|
| 1. Innledning | 3 |
| 2. Krav til sikkerhet mot skred | 4 |
| 2.1 Lovverket..... | 4 |
| 2.2 Vurderte skredtyper..... | 5 |
| 3. Beskrivelse av området..... | 5 |
| 3.1 Topografi..... | 5 |
| 3.2 Geologi..... | 6 |
| 3.3 Vegetasjon og drenering | 6 |
| 3.4 Klimatiske forhold | 8 |
| 3.5 Tidligere skredhendelser | 12 |
| 4. Datagrunnlag og metode | 13 |
| 4.1 Datagrunnlag | 13 |
| 4.2 Synfaring..... | 13 |
| 4.3 Datasimulering | 13 |
| 5. Vurdering av skredfare | 14 |
| 5.1 Snø- og sørpeskred..... | 14 |
| 5.2 Skred i løsmasser | 16 |
| 5.3 Skred i fast fjell | 18 |
| 5.3.1 Resultat av steinsprangsimuleringer..... | 20 |
| 5.4 Samlet vurdering av skredfare..... | 25 |
| Konklusjon | 25 |
| Referanseliste..... | 26 |

1. Innledning

Det ble gjennomført ei skredfarevurdering for et tomt eid av Thomas Løvik i indre Haugsdal med gards- og bruksnummer 57/27. Utfra aktsomhetskartene, som kun gjenspeiler potensiell skredfare, ligger tomten i utløpssoner for snøskred og steinsprang (Figur 1A og 1B). Videre kan den nordligste delen av tomten være utsatt for jord- eller flomskred (Figur 1C). Det er derimot ingen potensiell fare for flom i tilknytting til tomten (Figur 1D) og flomfaren blir dermed heller ikke undersøkt nærmere her.

Denne rapporten gir svar på den reelle skredfaren og om det etter byggeteknisk forskrift kan bygges hytte(r) på tomten. Vurderingen bygger på synfaring fredag den 3. januar 2019, analyse av kart, terrengmodell og flyfoto samt modellering av rekkevidden for steinsprang, flomskred og sørpeskred.



Figur 1 Aktsomhetskartene (NVE, 2019a) for områder som viser potensiell fare for snøskred (A), steinsprang (B), jord-/ flomskred (C) og flom (D).

2. Krav til sikkerhet mot skred

2.1 Lovverket

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

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

Skredfaren blir omfattet av Byggeteknisk forskrift (TEK1717 § 7-3. Sikkerhet mot skred). Andre ledd av TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal utfra plassering av byggverk i skredfarlige områder i tre sikkerhetsklasser for skred (Tabell 1). Kravet i forskriften er formulert slik at desto større konsekvensen av et skred kan være, desto lavere nominell sannsynlighet for skred kan aksepteres. Nominell sannsynlighet innebærer at sannsynligheten for skredhendelser aldri kan beregnes eksakt og at det alltid inngår faglig skjønn i fastsettelsen av sannsynlighet. Sannsynligheten i Tabell 1 angir den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, dvs. skred med intensitet som kan medføre fare for liv og helse og/eller større materielle skader.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde

| Sikkerhetsklasse for skred | Konsekvens | Største nominelle årlige sannsynlighet |
|----------------------------|------------|--|
| S1 | liten | 1/100 |
| S2 | middels | 1/1 000 |
| S3 | stor | 1/5 000 |

I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2019). Sikkerhetsklasse S1 omfatter byggverk hvor det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller samfunnsmessige konsekvenser av et skred. Eksempler på byggverk som inngår i sikkerhetsklasse S1 er garasjer, uthus, båtnaust, mindre brygger, og lagerbygninger med lite personopphold. Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der skred har større konsekvenser, som for eksempel bolighus, fritidsbolig eller rekkehus med mindre enn 10 personenheter. I sikkerhetsklasse S3 inngår tiltak der et skred kan føre til store økonomiske eller samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på tiltak i sikkerhetsklassen S3 er eneboliger i kjede, rekkehus, boligblokk, fritidsbolig med mer enn 10 boenheter, andre typer byggverk hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer slik som skole, barnehage og sykehjem. Et frittstående fritidsbolig faller dermed i sikkerhetsklasse S2, der det er krav om maksimalt en skredhendelse per 1000 år. Uteareal og eventuell anneks med lite personopphold kan derimot plasseres i sikkerhetsklasse S1 med krav om maksimalt en skredhendelse per 100 år.

2.2 Vurderte skredtyper

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

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

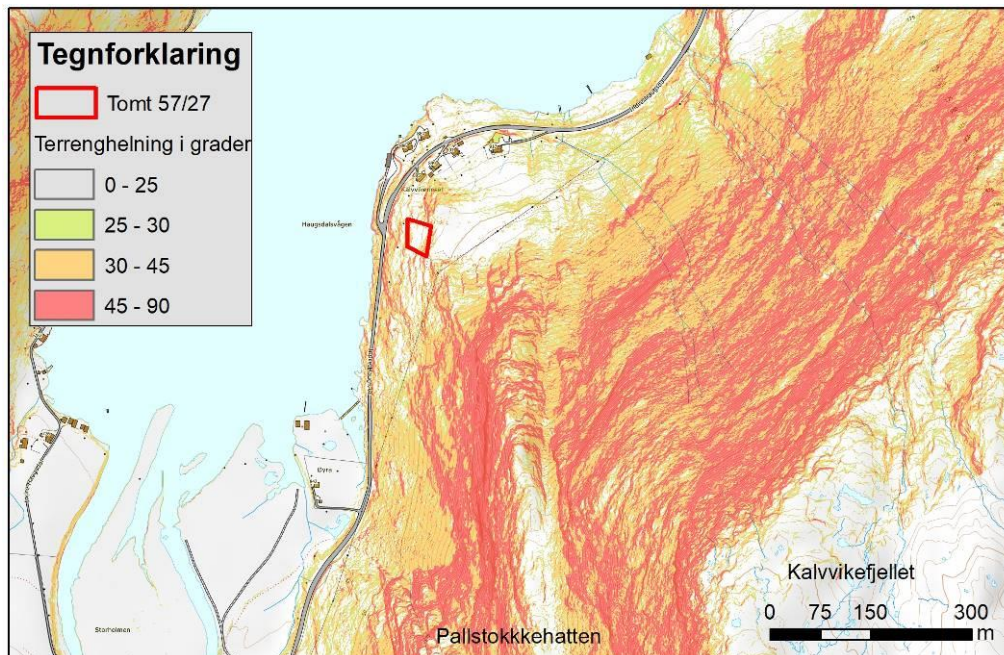
Gjennom analysene ble det fastslått at det er skred i fast fjell, nærmere bestemt steinsprang, som er den dimensjonerende skredtypen. Den endelige vurderingen av skredfaren kan forstås som samlet nominell årlig sannsynlighet for skred.

De nasjonalt dekkende aktsomhetskartene for skred (NVE, 2019a) er basert på matematisk modellering av rekkevidde for skred ut fra en grov terrengmodell og tar ikke hensyn til vegetasjon, klimatiske forhold og mindre terrengformasjoner. Som nevnt innledningsvis ligger tomten med gards- og bruksnummer 57/27 i utløpsområdene for både snøskred og steinsprang samt delvis i potensiell faresone for flomskred (figur 1). Aktsomhetskartene viser potensielle løsne- og utløpsområder for skred, men er ikke knyttet til sannsynligheten for skred relatert til sikkerhetsklassene i TEK17. Områder som ligger innenfor aktsomhetssonene, må derfor undersøkes nærmere for å avklare om skredfaren er reell og eventuelt fastsette rekkevidde for skred med de årlige nominelle sannsynlighetene som er gitt i TEK17.

3. Beskrivelse av området

3.1 Topografi

Tomten (Figur 2) ligger ved Kalvvikeneset i indre Haugsdal, Masfjorden kommune, og strekker seg fra 24 til 46 moh. Som det går frem av Figur 2 har store deler av Kalvvikeneset slakere terreng enn 25 grader mens terrenget oppover mot Pallstokkehatten og Kalvikefjellet er svært bratt med flere skrenter over 55 grader. Pallstokkehatten strekker seg i sør-nordlig retning og er opp mot 340 moh. høy. Sammen med et smalt dalføre i vest forhindrer denne terrengformasjonen at skred fra Kalvikefjellet (716 moh.) når østover og mot tomten.



Figur 2: Kart med terrenghelning basert på nasjonale høydedata prosjekt Hordaland 2007 og Masfjorden 2011 med oppløsning 0.5 x 0.5 meter. Klassifikasjonen av terrenghelning er basert på typiske terrenghelninger for utløsning av jordskred, snøskred og steinsprang.

3.2 Geologi

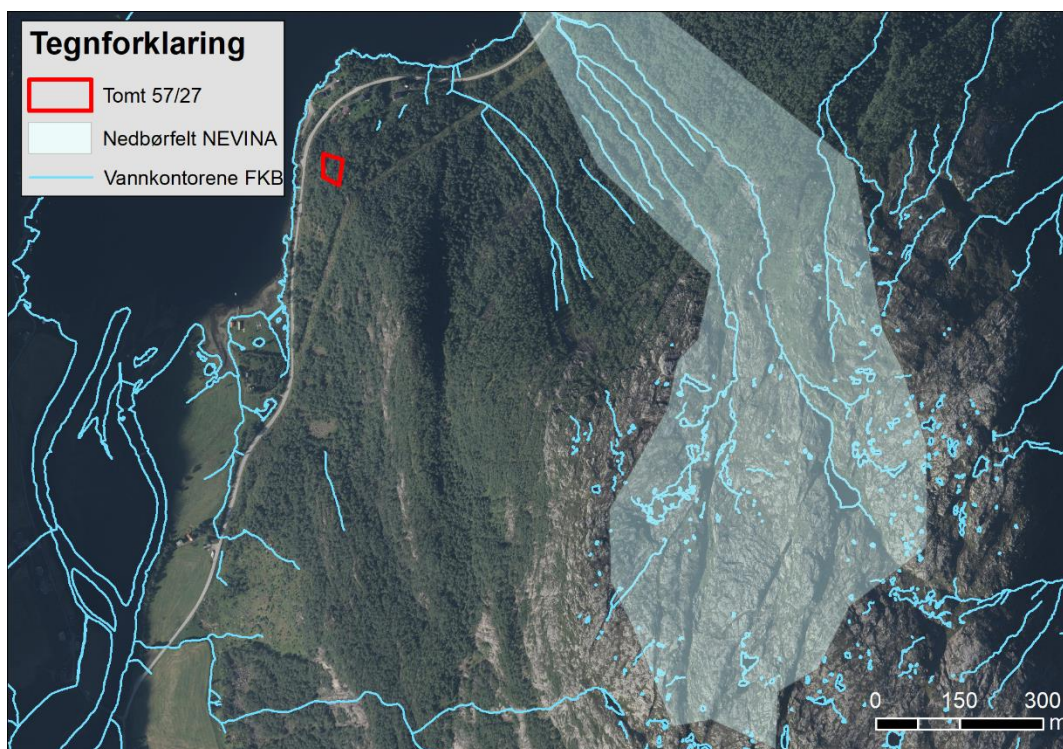
Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:250 000 (NGU, 2019a) og består av diorittisk- til granittisk gneis og migmatitt. Ifølge NGU sitt løsmassekart (NGU, 2019b) består dalsiden overfor planområdet av tynt morenedekke og fast fjell. Marin grense er på cirka 60 meter og dermed ligger planområdet under denne. I følge NGU sin løsmassedatabase (NGU, 2019b) er marin leire stort sett fraværende i planområdet. Det ble ikke observert marin leire som kan gi ustabile grunnforhold, men dette kan ikke utelukkes.

3.3 Vegetasjon og drenering

Med unntak av noen bratte fjellskrenter er fjellsiden ovenfor planområdet kledd med bjørkeskog og spredt furu opp til cirka 500 moh. (Figur 3 og 4). Dreneringen i området Kalvvikefjellet følger et sør-nordlig mønster og det er ingen bekker i umiddelbar nærhet til tomten (Figur 4). Mye mosevekst vitner om svært fuktige forhold, men fravær av lokale bekker tyder på at vegetasjon og jordsmonn har stor kapasitet til å ta opp fuktighet. Nærmeste større bekk som er med i NVEs database NEVINA (NVE, 2019b) ligger øst for Kalvvikeneset (Figur 4). Nedbørsfeltet til denne bekken er brukt som referanseområdet i analysen av de klimatiske forholdene.



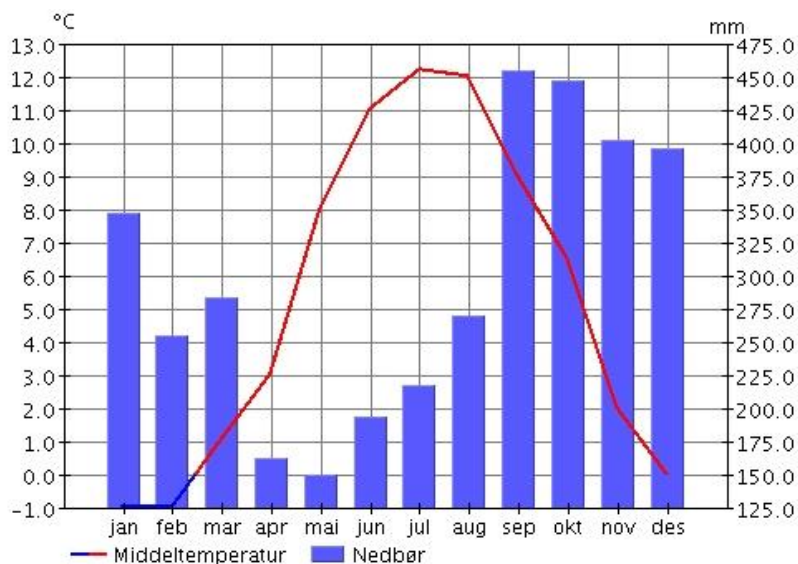
Figur 3: Bjørkeskogen i øvre nordlige delen av tomt 57/27. Blokkene til venstre er sannsynligvis resultat av steinsprang fra den lokale skrenten.



Figur 4: Skogdekke og drenering i sør-nordlig retning samt nærmeste registrerte nedbørsfelt (NVE, 2019b).

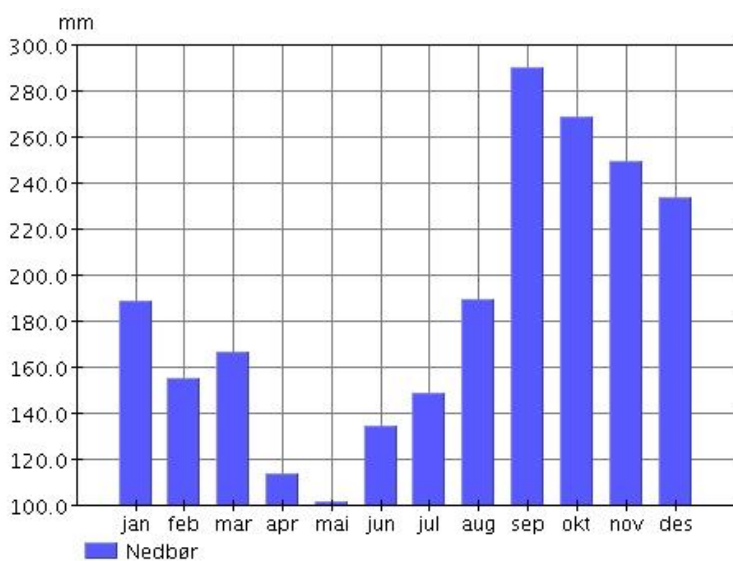
3.4 Klimatiske forhold

Nærmeste operative meteorologiske målestasjon med både nedbørs- og temperaturmålinger er Brekke i Sogn som ligger på 240 moh., 12,5 km nord for Indre Haugsdal. Nedbørs- og temperaturnormalen for 1961-1990 er vist i Figur 5 (Meteorologisk Institutt, 2019). Med 3575 mm pr. år er normalnedbøren svært høy. Det meste av nedbøren kommer i perioden september til januar.



Figur 5: Normalnedbør og -temperatur for 1961-1990 for nedbørstasjon Brekke i Sogn (52930). Kilde eklima.met.no

Til sammenligning ble det også hentet nedbørsnormalen for 1961-1990 fra nedbørstasjonen Frøyset (Figur 6) som ligger på 13 moh. omtrent 17 km øst for indre Haugsdal (Meteorologisk institutt, 2019).



Figur 6: Normalnedbør for 1961-1990 for nedbørstasjon Frøyset (52750). Kilde eklima.met.no

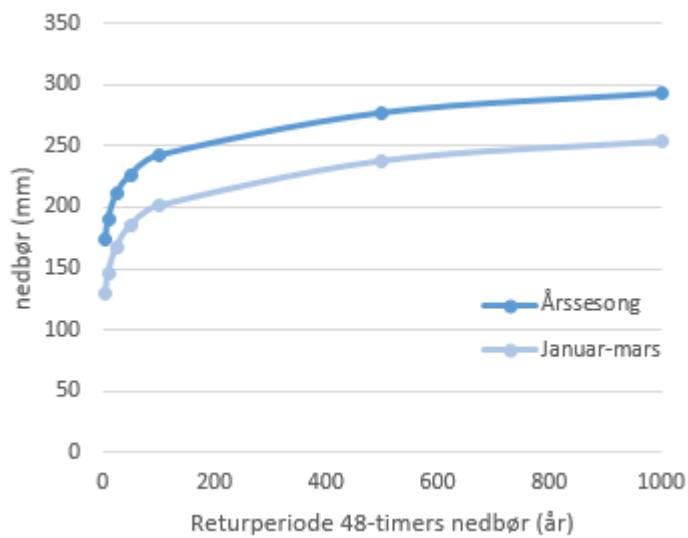
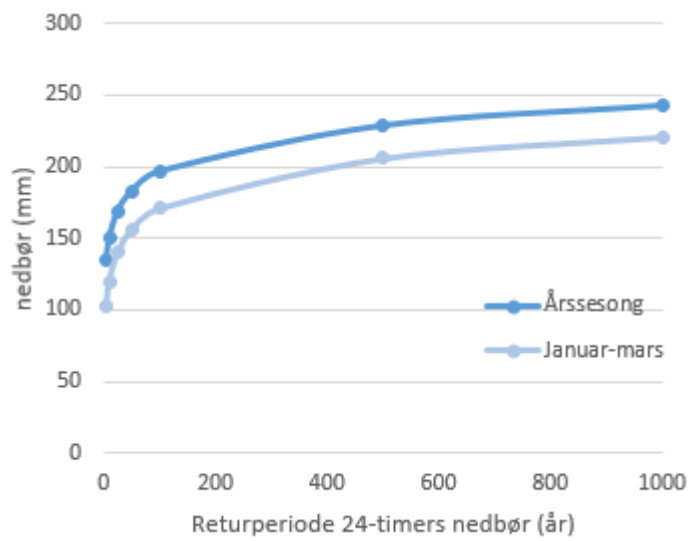
Nedbørsmønsteret i Brekke og Frøyset er ganske lik, men normalnedbøren i Frøyset er relativt lavere med på 2234 mm pr. år. Siden det ikke bare er selve tomteområdet men nedbørfeltet som skal vurderes, ble det også innhentet beregninger for det nærmeste nedbørfeltet (plassering i Figur 4). Ut fra beregningene i NEVINA er årsnedbøren i nedbørfeltet 3288 mm. Vinternedbøren (oktober-april) er beregnet til 2143 mm og gjennomsnittlig vintertemperatur til 2 °C. Ut fra denne sammenligningen blir målestasjon Brekke i Sogn vurdert å gi de mest representative verdiene for nedbør og temperatur i lokale nedbørsfelt.

Klimatiske forhold er av betydning for utløsning av jord- og flomskred, sørpeskred og snøskred. Stor vanntilførsel fører til høyt porevannstrykk i jordmasser og stabiliteten reduseres. Jord- og flomskred blir derfor ofte utløst som følge av kortvarig og intens nedbør, men kan også gå om høsten under langvarig nedbør. Både på høsten og våren kan snøsmelting bidra til å øke porevannstrykket ytterligere. Sandersen (1993) og Sandersen m.fl. (1997) har ut fra erfaringer foreslått kritiske nedbørsmengder i prosent av årsmiddelnedbør for utløsning av jordskred og flomskred. Disse er vist i Tabell 2 sammen med de tilsvarende verdier for nedbørsmengder på nedbørstasjonene Frøyset og Brekke i Sogn samt estimerte nedbørsmengder for nærmeste nedbørfelt i nordøst.

Tabell 2: Kritiske nedbørsmengder for utløsning av jordskred og flomskred

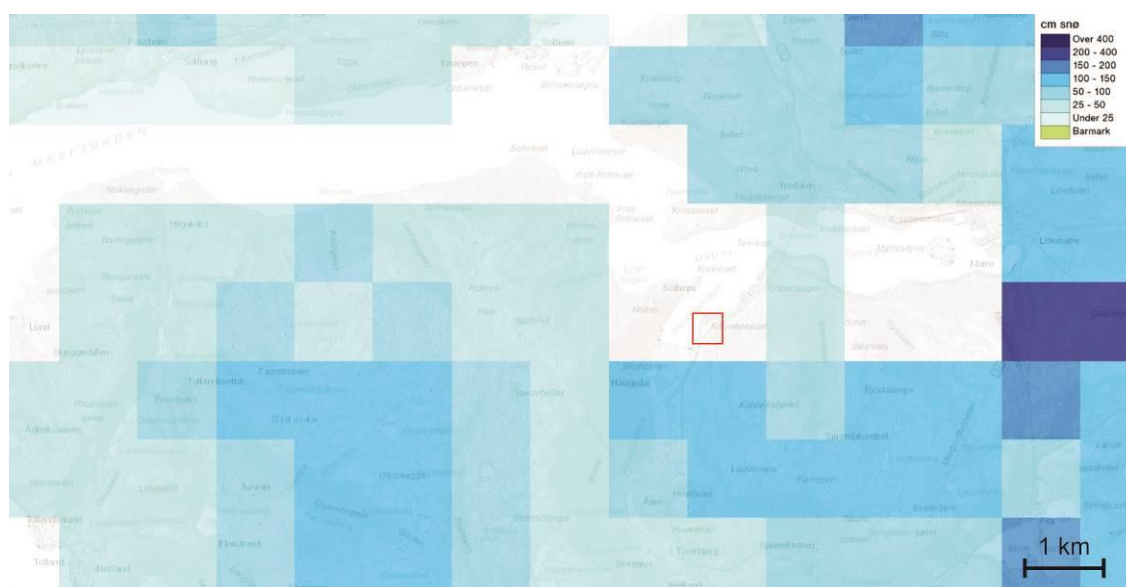
| Kritisk nedbørsmengde (% av årsmiddelnedbør) | Tidsrom (timer) | Kritisk nedbørsm. for Brekke i Sogn | Kritisk nedbørsm. for Frøyset | Kritisk nedbørsm. for lokalt nedbørsfelt |
|--|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------|--|
| 5 | 12 | 179 | 112 | 164 |
| 8 | 24 | 286 | 179 | 263 |
| 12.2 | 48 | 436 | 273 | 401 |

Grafer med returperioder for sammenhengende nedbør i 24 og 48 timer for nedbørstasjonen Brekke er vist i Figur 7. Returperioder for kritisk nedbørsmengder for 24- og 48-timers tidsrom for Brekke (Tabell 2) er større enn 1000 år og lar seg ikke bestemme nærmere med dagens datasett (Figur 7). Hvis en legger verdiene fra Sandersen (1993) og Sandersen m.fl. (1997) til grunn er utløsning av jord- og flomskred lite sannsynlig. Det må derimot tas forbehold til om dette kriterium for kritiske nedbørsmengder kan brukes i ytre Vestlandet der årsnedbøren er så pass høy. Flomskred ble derfor vurdert videre selv om kritiske nedbørsmengder er usannsynlige ifølge Sandersen (1993) og Sandersen m.fl. (1997).



Figur 7: Returperioder for 24 og 48- timers nedbør for nedbørstasjon Brekke i Sogn basert på nedbørsmålinger fra 1939 til 2018. Kurvene er basert på en Gumbel fordeling. Kilde eklima.met.no

Klimatiske trekk av betydning for vurderingen av snøskredfare er akkumulasjonsrate, snødybde og fremherskende vindretning under snøfall. Middelttemperaturen er så vidt under 0 °C i januar og februar i Brekke som ligger på 240 moh. Siden temperaturen i vintermånedene fluktuerer mellom pluss- og minusgrader er akkumulasjonsraten eller hvor mye snø som kan forventes under et snøfall vanskelig å estimere. Dersom sammenhengende vinternedbør utelukkende kom som snø, ville det falt henholdsvis maks 195 cm snø på 24 timer og 210 cm snø i løpet av 48 timer (Fig. 7). Imidlertid viser interpolerte data fra www.senorge.no (Fig. 8) at det ikke faller så mye snø på en gang i området. Årlig maksimum av snødybde i perioden 1971 til 2000 er på opptil 100 cm i fjellsiden overfor vurdert område. Det kan også fastslås at det i månedene januar til mars faller store nedbørsmengder i form av regn. Det er ingen stasjoner med målinger av vindretning i nærheten av det vurderte området. På Vestlandet er fremherskende vindretning under snøfall ofte fra sørvest til nord. Overliggende dalside vender mot vest og ligger dermed i lo for vind fra sørvest og vest, slik at det ikke vil legge seg mye snø under slike forhold.



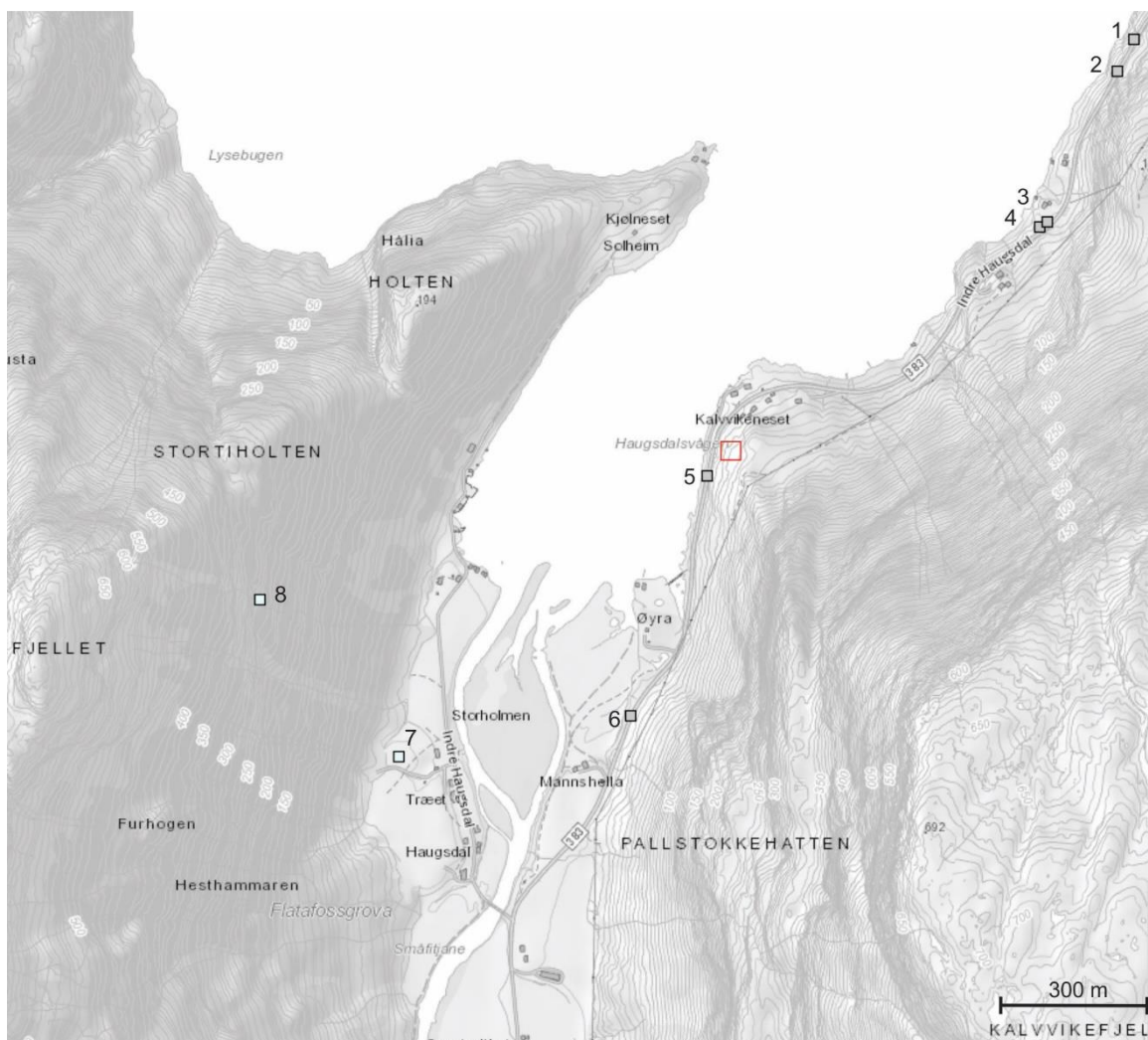
Figur 8: Normal årsmaksimum av snødybde (i cm) for normalperioden 1971-2000. Kalvvikeneset vises med rød boks. Dataeier: Norges vassdrags- og energidirektorat. Kilde: senorge.no

I kystnære områder er kraftig nedbør på eksisterende snødekke oftest skredutløsende situasjon for sørpeskred. En nedbørsmengde på 50 mm pr. døgn regnes som kritisk verdi (Statens Vegvesen, 2014). I vintermånedene januar til mars er returperioden for 50 mm nedbør pr. døgn for Brekke mindre enn 5 år (Figur 7) og nøyaktig returperiode blir ikke fanget opp av Gumbel-metoden. Det er rimelig å anslå at sørpeskred er en vanlig skredform for området.

De høye nedbørsmengdene om høsten og vinteren kombinert med temperaturer som ligger over 0 °C med unntak av januar og februar der temperaturen er så vidt under 0 °C, gjør at sørpeskred, flomskred og en kombinasjon av disse blir vurdert til å være de viktigste klimarelaterte skredtypene i området.

3.5 Tidligere skredhendelser

I nasjonal skreddatabase (NVE, 2019a) er det registrert ei rekke skredhendelser primært i tilknytning til fylkesvei 383. Hendelsene 1 til 6 på Figur 9 er steinsprang eller steinskred som har ført til skade på vei. Det er ellers oppgitt få detaljer om disse hendelser i skreddatabasen, men alle er av nyere dato. Hendelsene 7 og 8 har opphav i fjellsiden vest for indre Haugsdal og er registrert som henholdsvis snøskred og vått snøskred. Først nevnte (hendelse 7 på Figur 9) var et stort snøskred som skjedde på 1880 tallet, kom nær bolighusene og tok blant annet et fjøs. Det våte snøskredet (hendelse 8 på Figur 9) etterlot spor i terrenget som ble oppdaget av kommunegeologen i Kvam herad på synfaring den 13. desember 2013, men må ha skjedd etter at ortofoto fra 2011 ble tatt.



Figur 9: Tidligere skredhendelser i nærheten av Kalvikeneset. Omtrentlig plassering av tomt 57/27 vises med rød boks. Kilde: atlas.nve.no

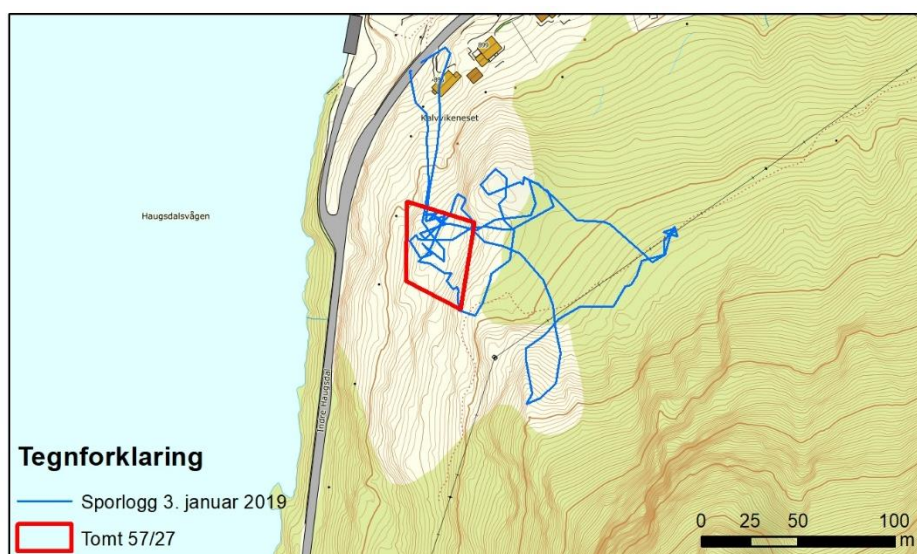
4. Datagrunnlag og metode

4.1 Datagrunnlag

Som høydemodell ble det benyttet nasjonale høydedata prosjekt Hordaland 2007 og Masfjorden 2011 med oppløsning 0.5 x 0.5 meter som er tilgjengelig fra hoydedata.no. For noen simuleringer av rekkevidden til steinsprang ble oppløsningen redusert til 2 meter. Det ble videre lastet ned matrikkeldata, Fkb data for vanntema samt nedbørsfelt med parameter fra NVE sitt kartverktøy NEVINA. Ellers ble det benyttet en rekke digitale karttjenester, både som wms tjenester og diverse kartinnsynsløsninger. Alle disse karttjeneste er henvist til i teksten direkte.

4.2 Synfaring

Skredfarevurderingen ble utført etter anbefalinger i NVE veilederen *Sikkerhet mot skred i bratt terreng* (Schanke, 2014 Synfaring ble gjennomført under frost- og snøfrie forhold fredag den 3. januar 2019 sammen med faren til grunneieren og lokalkjent, Magnar Løvik. Det ble fokusert på å observere spor etter tidligere skredhendelser i potensielle løснеområder, skredbaner og avsetninger og forhold som har betydning for skredutløsning og rekkevidde ble undersøkt. Figur 9 viser sporloggen fra synfaringen.



Figur 9: Sporlogg fra synfaring den 3. januar 2019

4.3 Datasimulering

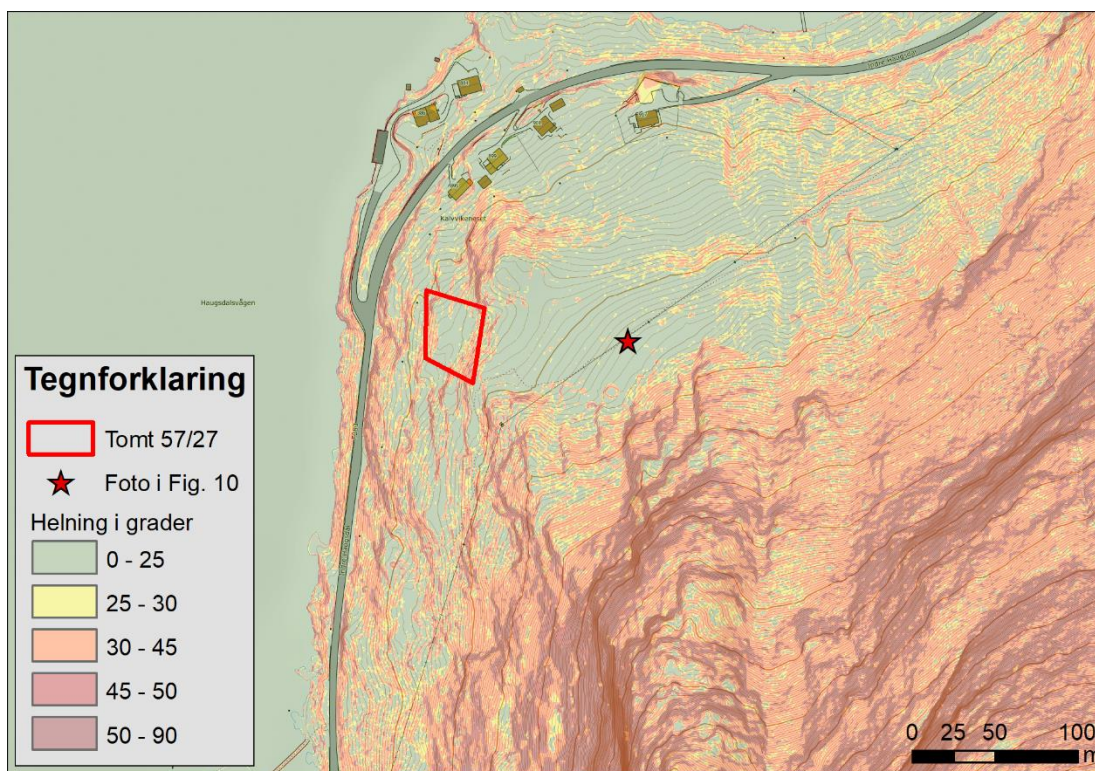
Energi, fart, flythøyde og rekkevidde for jord- og flomskred ble simulert ved hjelp av Debris Flow modulen i RAMMS (Rapid Mass Movement Simulation). RAMMS er et dynamisk modelleringsprogram som kan simulere massebevegelser i et tredimensjonalt landskap Flomskredmodellen som er brukt i denne vurderingen baserer seg på feltobservasjoner gjort i Illgraben, Sveits (Bartelt, m.fl., 2017; Frank m.fl., 2015, 2017).

Energi, fart, spretthøyde og rekkevidde til steinsprang ble simulert ved hjelp av både RocFall og RockyFor3D. RocFall v6.0 (Rocscience Inc., 2019) er et todimensjonalt simuleringsprogram som utfører statiske analyser av steinsprang langs et profil, mens RockyFor3D (Dorren, 2015) simulerer banen til enkeltblokker som beveger seg nedover et tredimensjonalt landskap.

5. Vurdering av skredfare

5.1 Snø- og sørpeskred

I øvre del av tomten mellom 30 og 40 moh. er terrenghelningen over 30 grader inkludert noen 1-2 meter høye skrenter, mens terrenget flater ut til mellom 0-25 grader umiddelbart over tomt 57/27 (40-60 moh.). Henget mellom 30 og 40 moh. er for liten til at det kan løses ut snøskred derfra. Fra cirka 50-60 til 100 moh. er terrenghelningen passelig for utløsning av snøskred, overfor det blir det fort for bratt til at det kan legges seg store snømengder (Figur 10). Sett bort fra en smal korridor for kraftlinjen er det tett skog og kratt i hele området.



Figur 10: Terrenghelning (grader) for terrenget rundt tomten. Faren for utløsning av snøskred er størst i de lyserøde områdene med mellom 30 og 45 graders helning.

I motsetning til våte og tørre snøskred, starter sørpeskred i 5° til 25° bratt terreng, der tilførselen av vann er større enn det som drenerer ut. Dette kan være på grunn av tele i bakken, bart fjell eller terrengformasjonen. Sørpeskred løses som regel ut i perioder med kraftig regn og/eller snøsmelting i områder med en snødybde på minst 0.5 m. Det er ikke beregnet årsmaksimum for snødybde i normalperioden for de kystnære områdene ved Kalvikeneset (Figur 8), men sammenlignbare lokaliteter i nærheten har maks snødybder på 0.5 m. Dermed kan det konkluderes at utløsning av sørpeskred over tomten 57/27 er usannsynlig siden området med passelig helningsgrad over tomten har antageligvis tynt snødekke, liten sannsynlighet for utvikling av tele og ingen utpregete søkk i terrenget.

Under synfaringen ble det lagt merke til nedtrykte og bøyde tre øverst i det flatere partiet i tilknytning til kraftgaten (Figur 11). Knekk og bøyninger hadde ikke en ensformet retning og det var ikke mulig å se skredbaner hverken under synfaring eller ved studie av ortofoto fra 1965 til 2013 (Norge i Bilder, 2019). Det antas at skogsåpningen som følge av kraftgaten er grunn til at både vind tar kraftigere tak og at det kan samle seg mer snø i det aktuelle området. Tilstedeværelse av skog i potensielle utløsningsområder, i kombinasjon med den vestvendte helning i lo for fremherskende vindretning og generelt forholdsvis moderate snødybder gjør at faren for utløsning av tørre og våte snøskred i terrenget over tomten ansees som lite. I konklusjon blir sannsynligheten for at tomten rammes av snøskred eller sørpeskred vurdert til mindre enn 1/5000 pr. år.

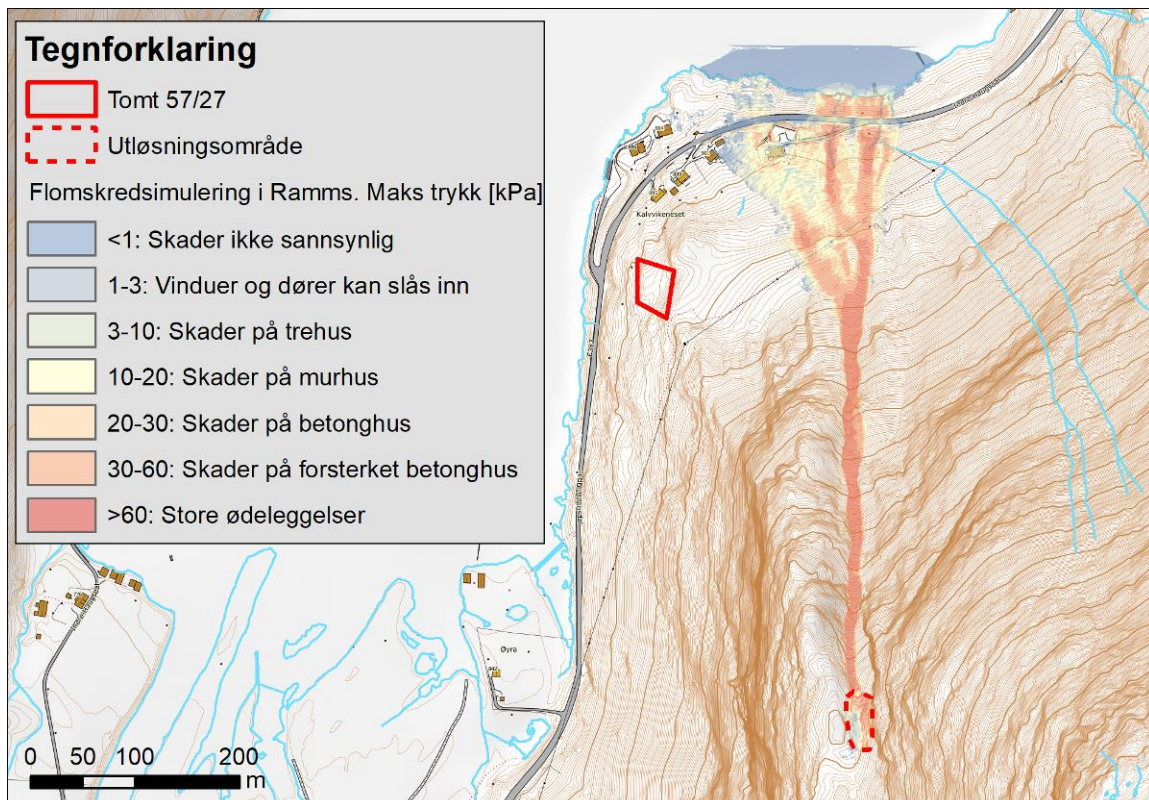


Figur 11: Bjørkeskog med bøyde tre og kratt. Se figur 11 for omtrentlig posisjon

5.2 Skred i løsmasser

Under synfaring ble terrenget overfor tomt 57/27 også sjekket for spor etter løsmasseskred. Spesielt tre smale renner sørøst for tomten kan lede jordmasser nedover mot det flate partiet mellom 40 og 60 moh. og muligens videre ned mot tomten. Men utfra synfaring og studie av lidar-basert terrengmodell kan det utelukkes at dette har skjedd de siste cirka 10 000 år siden det ikke er avsatt levéer eller skredvifter. Terrenget over cirka 50 moh. er på løsmassekartet (NGU, 2019b) klassifisert som bart fjell. Synfaring og skogsdekke på flybilde tyder derimot på at det finnes et svært tynt løsmassedekke i områdene over tomten med passelig helningsvinkel til utløsning av løsmasseskred (brattere enn 25 grader). Det at mektigheten av løsmasselaget er svært begrenset og at det dessuten vokser tett bjørkeskog gjør utløsning av løsmasser lite sannsynlig.

Aktsomhetskartet for jord- og flomskred (Figur 1C) viser potensiell skredfare for den nordøstlige delen av tomt 57/27. Etter å ha studert terrenget både på kartet og under synfaring, antas dette å være en konsekvens av den lave oppløsningen av terrengmodellen som brukes til å generere aktsomhetskartene. Det ble likevel foretatt beregninger av skredutbredelse for flomskred med programvaren RAMMS (Bartelt m.fl. 2017). Et eksempel på beregningsresultatene er vist i Figur 12 og inngangsverdiene er spesifisert i Tabell 3.



Figur 12: Eksempel på resultat fra flomskredsimulering i RAMMS.

Tabell 3: Inngangsparameter og beregnet erosjonsvolum for flomskredsimuleringen vist i Figur 12 i første rad og et simulasjonsløp som etterligner sørpeskred i andre rad

| Friksjonsparameter μ O | ξ (m/s ²) | Oppløsning høydemodell (m) | Blokk-bruddkant (m) | Løsnvolum (m ³) | Erosjonsmodul | Erosjonsvolum (m ³) |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|--|---------------------------------|
| 0.20 | 200 | 0.5 | 1 | 1438 | Standardverdier, erosjon til maks 1m dyp ble tillatt | 8 807 |
| 0.50 | 1000 | 2 | 1.5 | 2156 | Standardverdier, erosjon til maks 1m dyp ble tillatt | 20 026 |

Ingen variant av flomskredsimuleringene i RAMMS var i nærhet av å krysse det slakere partiet ovenfor tomten. Dette illustrerer at det ikke foreligger en reel fare for at flomskred eller en kombinasjon av sørpe- og flomskred som følger dalføre bak Pallstokkehatten kan nå tomten. Samlet sett vurderes derfor sannsynligheten for at tomten skal rammes av løsmasseskred som svært liten, og mindre enn 1/5000 pr. år.

5.3 Skred i fast fjell

Registrerte tidligere skredhendelser rundt Kalvvikeneset er utelukkende steinspranghendelser (se avsnitt 3.5). Kartstudier, synfaring og simulering av rekkevidden for steinsprang med programvarene RockyFor3D og RocFall bekrefter at steinsprang er den dimensjonerende skredtype for vurdering av sikkerheten for tomten.

Ryggen Pallstokkehatten og det smale dalføre i øst strekker seg nesten 1.5 km i sør-nordlig retning med flere inntil 20 meter høye og opp til 82 grader bratte skrenter. Tomten ligger nordvest for det nordligste partiet av denne ryggen slik at den ikke ligger i potensiell utløpssone for steinsprang fra de bratteste skrentene. Likevel ligger tomten i utløpsbane for steinsprang som kan løses ut fra over 45 grader bratt terreng- potensielle løseområder er vist i bilde tatt under synfaring (Figur 13) og merket på kart i Figur 17.



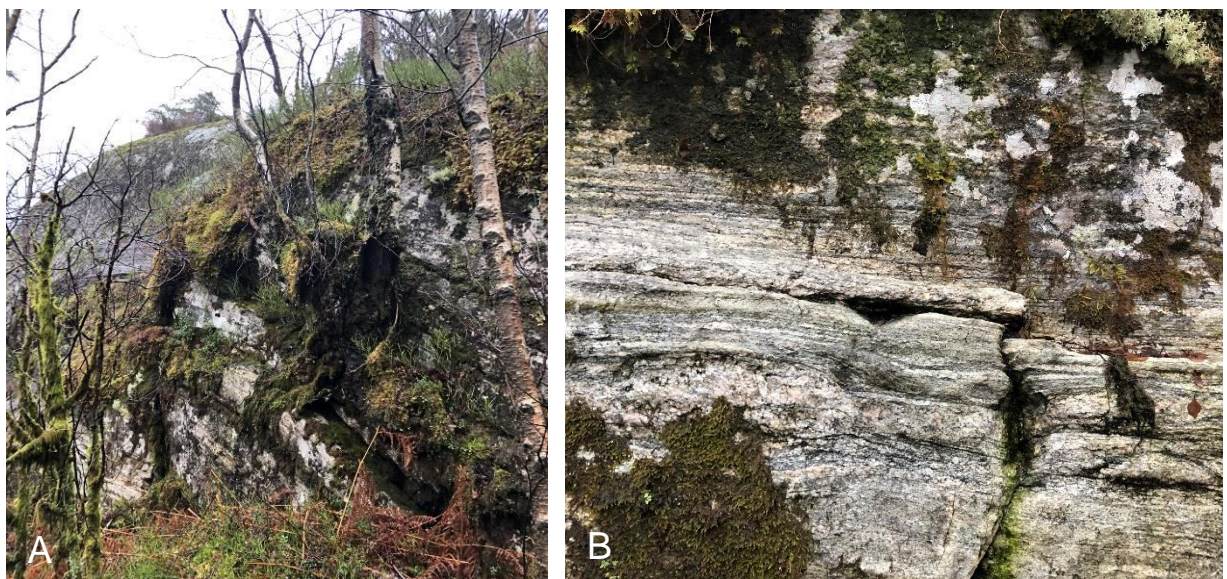
Figur 13: Bratt fjellskrent i nordre enden av Pallstokkehatten over tomt 57/27 merket med hvit ring, tilsvarende parti er også markert i Figur 17. Steinsprang fra Kalvikefjellet når ikke over ryggen

I øvre delen av tomten er terrenget også bratt nok til utløsning av steinsprang. De lokale skrentene er ikke høyere enn 1-2 meter. I den sørøstlige delen av tomten er skrenten bare rundt 1 meter høy. Nedenfor denne ble det funnet to blokker som sannsynligvis er resultat av steinsprang (Figur 14).



Figur 14: (A) Den lokale skrenten i det sørøstlige hjørnet av tomten og (B) et eksempel på en steinsprangblokk som ikke er fullstendig overgrodd med mose

Skrenten som begynner i det nordøstlige hjørnet av tomten er opp til 2 meter høy og denne viste til noe mer sprekkdannelse men uten sprekkekonnetivitet som kan føre til avløste blokker (Figur 15). Også nedenfor denne ble det funnet blokker, både i nordøstlige delen av tomten og rett nord for tomten (Figur 3).



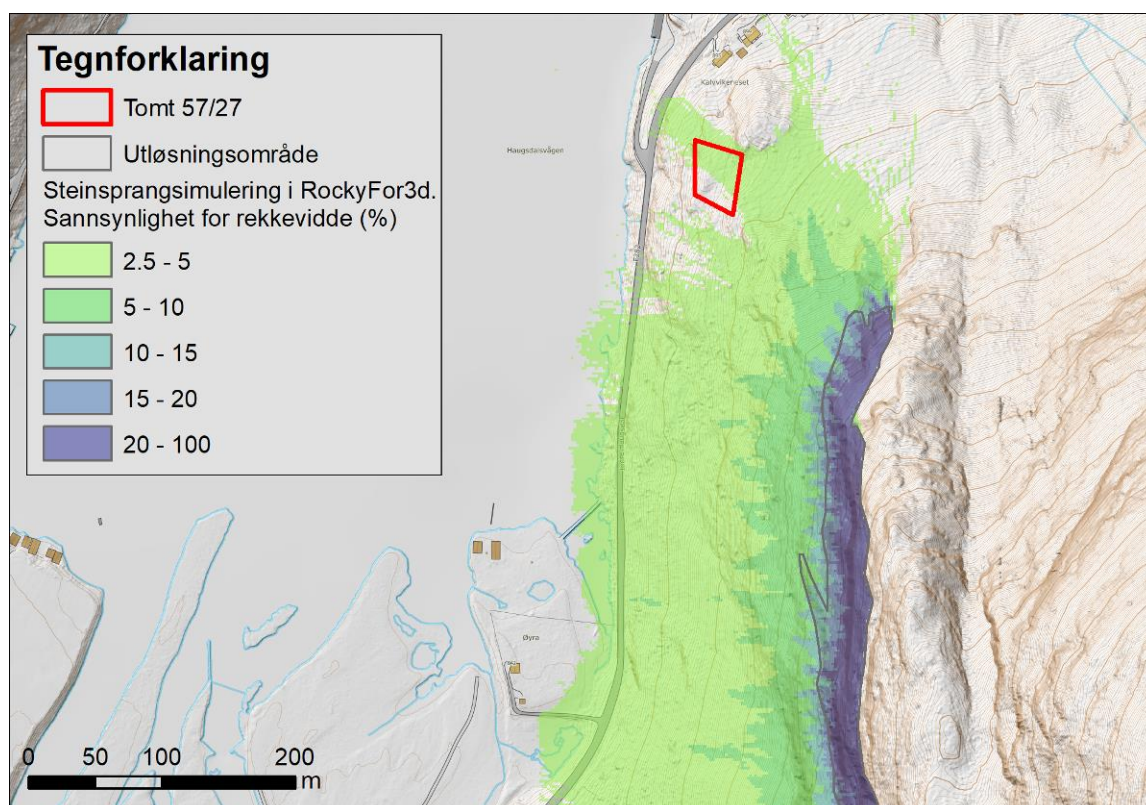
Figur 15: (A) Den lokale skrenten i det nordøstlige hjørnet av tomten og (B) et eksempel på sprekkdannelse uten sprekkekonnetivitet.

Dagens tilstand av de lokale skrentene gjør at utløsning av blokker derfra blir vurdert som lite sannsynlig. Simulering av steinsprang i RocFall ble brukt for å avdekke om de observerte blokkene på tomten kan være resultat av steinsprang fra de lokale skrentene eller fra Pallstokkehatten.

Lengre opp fra tomten er det gjort flere observasjoner av blokker som mest sannsynlig er resultat av steinsprang. De største blokkene på mellom 8 og 20 m³ ligger på plataet rett over den lokale skrenten i nordøstlig hjørnet av tomten. Disse er også godt synlig på terrengmodellen basert på lidar-data (f.eks. Figur 17). I hele det slakere partiet mellom 40 og 60 moh. samt i de tre smale rennene mellom 60 og 80 moh. ligger det flere blokker spredt. Det er derimot kun de største blokkene på over 1 m³ som ikke er fullstendig overgrodd med mose og annen vegetasjon.

5.3.1 Resultat av steinsprangsimuleringer

De ble i alt kjørt åtte simuleringer i RockyFor3D der utløsningsområdet og inngangsparameteren som bestemmer ruheten i terrenget ble systematisk variert. I Figur 16 er det vist et eksempel av et resultat som viser sannsynligheten for rekkevidden i et scenario der 50 enkeltblokker på 1 m³ (+/- 10%) blir sluppet fra hver rastercelle som er definert som utløsningsområde. Slike hendelser blir oppfattet som typisk 100-års-skred i denne sammenhengen.

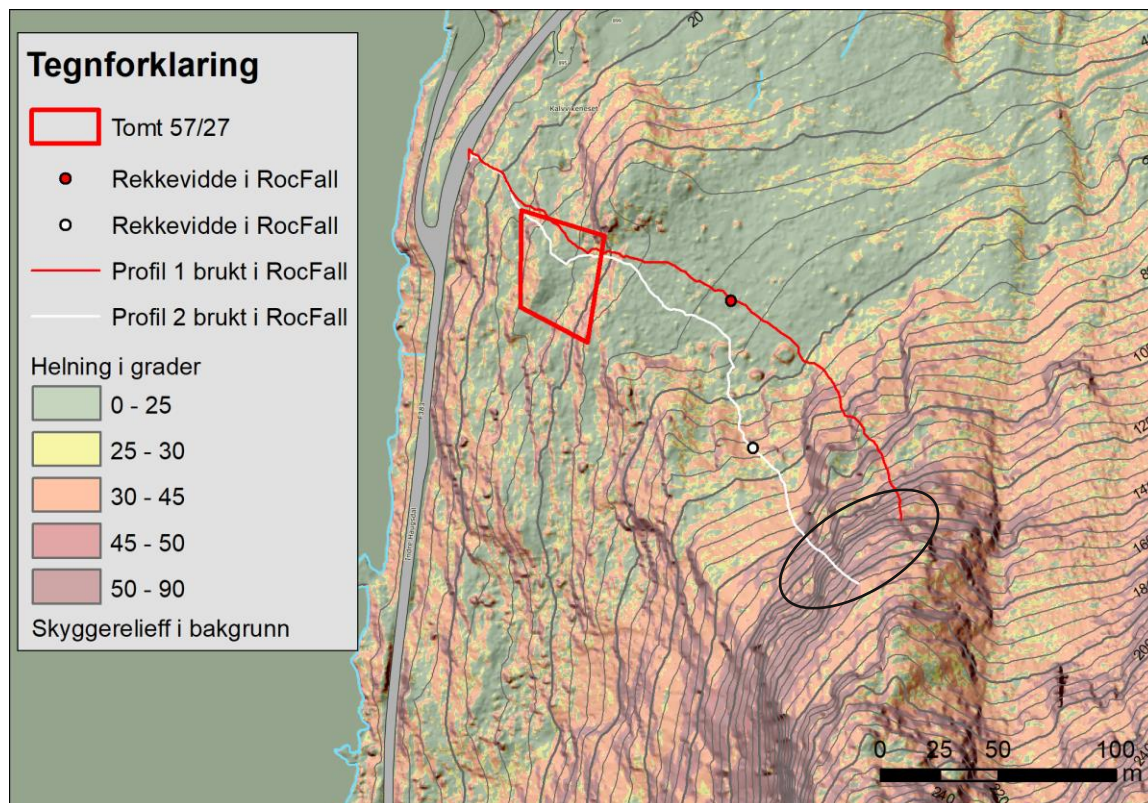


Figur 16: Eksempel på resultat fra steinsprangsimulering fra Pallstokkehatten i RockyFor3D

Tabell 4: Inngangsverdiene for resultat fra steinsprangsimuleringen vist i Figur 16

| Oppløsning høyde- modell (m) | Tetthet steinblokker | Blokkform | Ruhet tynt morenedekke (m) | | |
|------------------------------------|-------------------------|-------------|----------------------------|----------|----------|
| | | | RG70 (%) | RG20 (%) | RG10 (%) |
| 2 | 2750 | Rektangulær | 0.1 | 0.3 | 0.5 |

I følge denne simuleringen er det opp til 3.6% sannsynlighet for at de nordlige delene av tomten kan bli rammet av steinsprang. RockyFor3D har en tendens til å simulere for lange utløpslengder og fra programmets side (Dorren, 2015) er det anbefalt å oppfatte alle celler med sannsynlighet for rekkevidde mindre enn 1-1.5% som uteliggere. I Figur 16 er alle områder med mindre enn 2.5% sannsynlighet for steinsprang filtrert fra i visningen. Likevel viser simuleringen at det er en liten mulighet for at steinsprang fra de nordlige skrentene til Pallstokkehatten når tomten. Dessuten hadde variasjon av blokkstørrelsen 1 m³, 8 m³ og 27 m³ lite effekt på utløpslengde. Derfor ble resultatet overprøvd med simulering langs to terrengprofiler i RocFall (Figur 17).

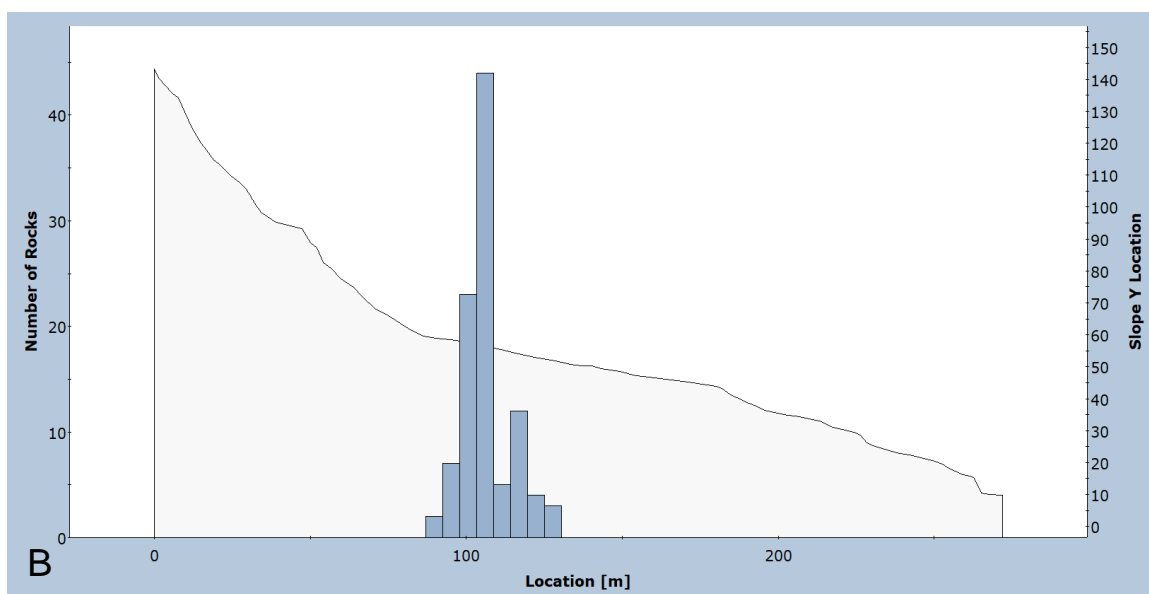
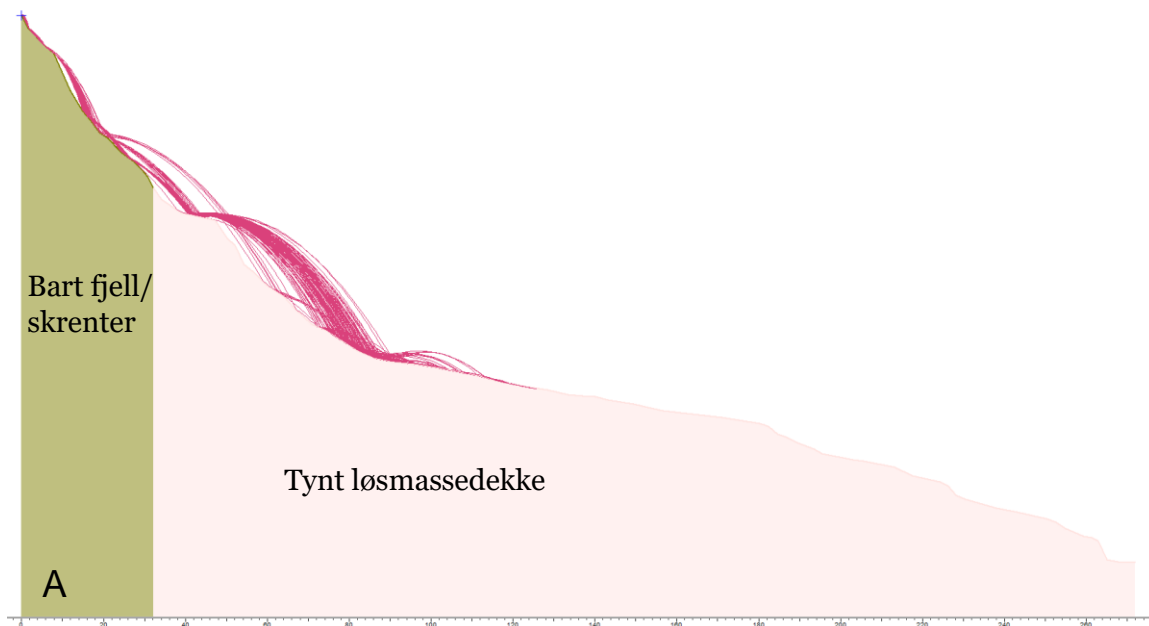


Figur 17: Profilene og rekkevidde av steinsprang fra Pallstokkehatten analysert i RocFall. Den svarte ringen er omtrentlig plassering av skrenten vist i Figur 12. Høydekoter med 5 meter ekvidistanse, skyggerelieff basert på Lidardata i bakgrunnen.

I RocFall ta simuleringene utgangspunkt i terrengprofiler som følger bratteste vei ned fjellsiden. Profil 1 og 2 er lokalisert i Figur 17. Utløsningspunktet er satt til starten av profilene og det ble simulert 100 gjentakelser med starthastighet på 1.5 m/s i horisontal og vertikal retning. Også i RocFall ble det differensiert etter blokkvolum på 1 m³, 8 m³ og 27 m³, men også i RocFall var rekkevidden uavhengig av blokkvolum. Tabell 5 viser de øvrige innstillingene som ble brukt i simuleringene for både profil 1 og 2.

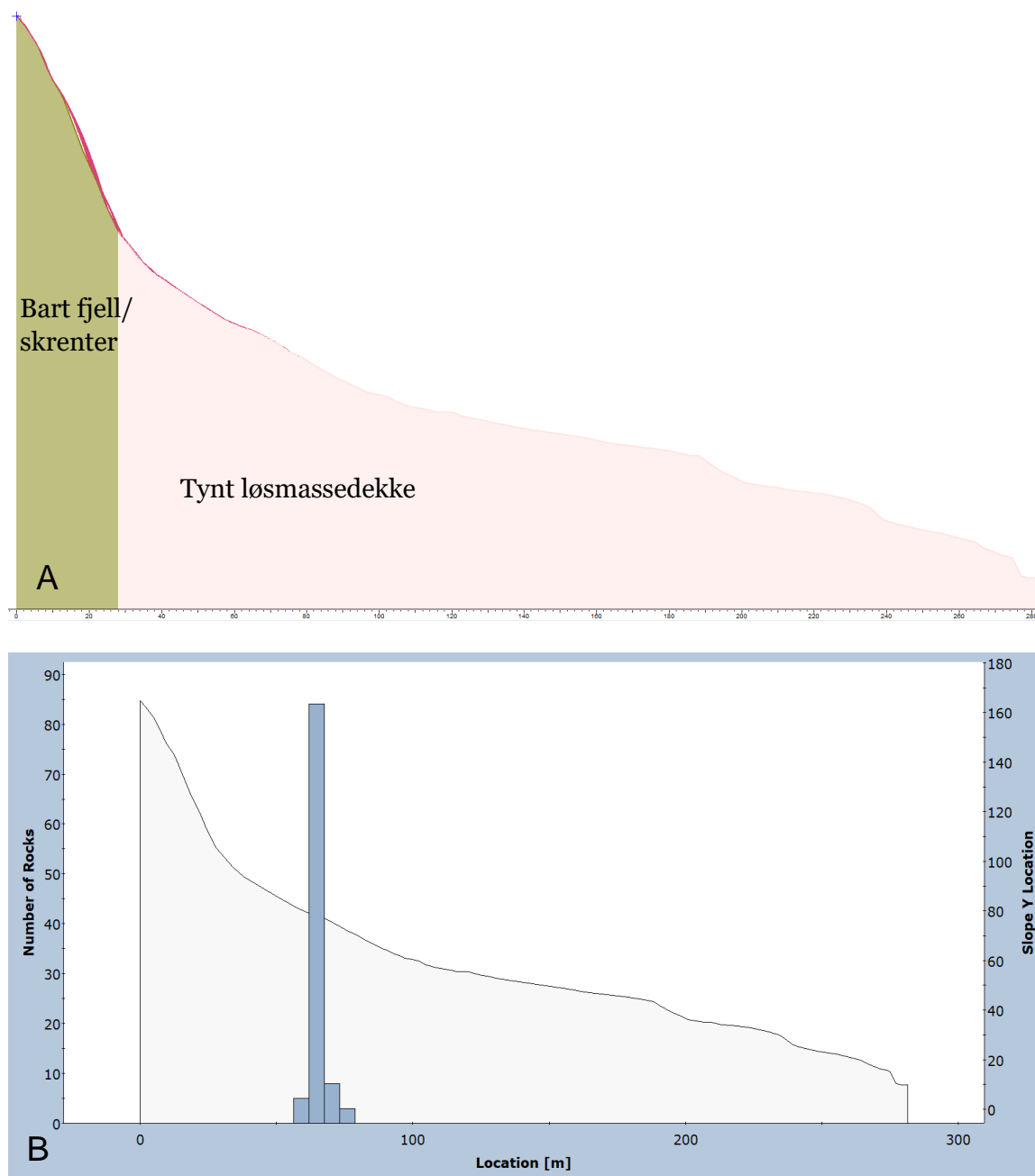
Tabell 5: Verdier for normal restitusjonskoeffisient (R_N), tangentiell restitusjonskoeffisient (R_T), friksjonsvinkel og standardavvik for ruhet i terrenget brukt i RocFall for profil 1 og 2 (Rocscience Inc., 2019).

| Materialtype | R_N | R_T | Friksjonsvinkel | Standardavvik ruhet |
|------------------------|-------------|-------------|-----------------|---------------------|
| Bart fjell og skrenter | 0.53 (0.04) | 0.93 (0.01) | 33 (3) | 3 |
| Tynt løsmassedekke | 0.32 (0.04) | 0.80 (0.04) | 34 (4) | 5 |



Figur 18A: Profil 1 med inndeling i ulike grunntyper. Kildeområdet i starten av profilet, sprettbane simulert med RocFall er vist med rødt. B: Antall blokker som stopper ved en gitt plassering langs profil 1 simulert med RocFall

Maksimal utløpslengde langs profil 1 er 128 meter og tilsvarende punkt i terrenget er markert i Figur 17.

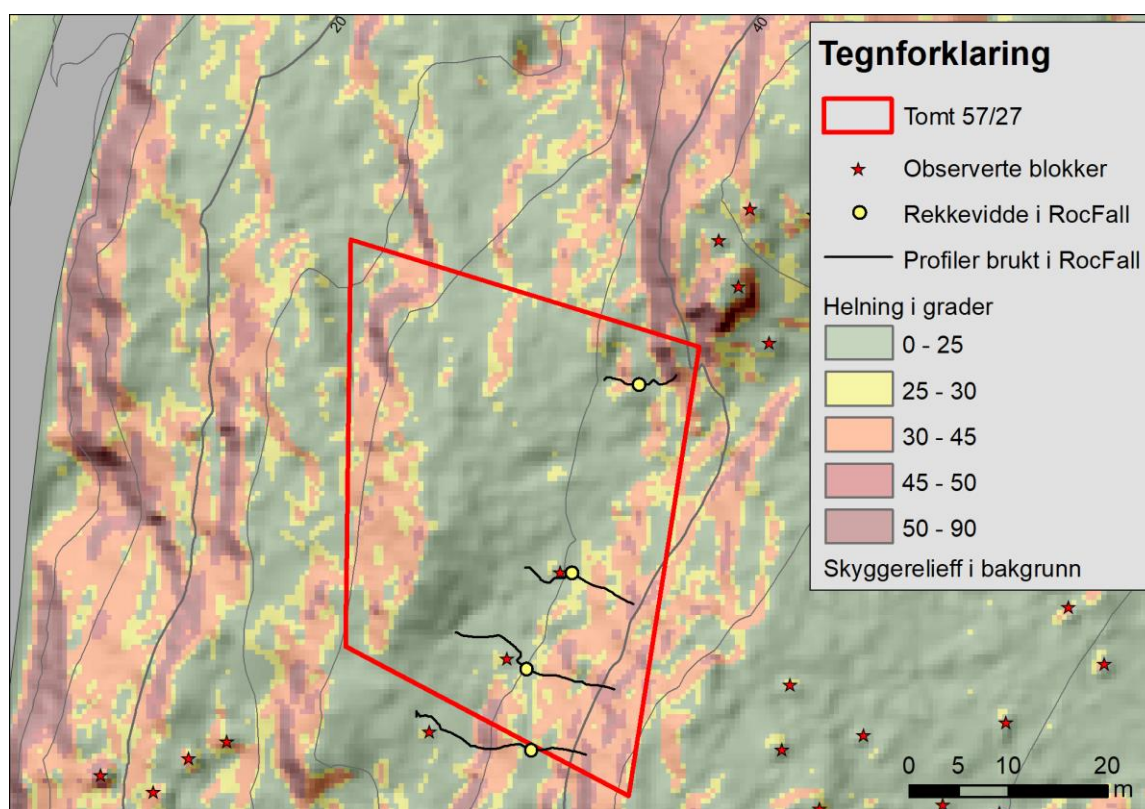


Figur 19A: Profil 2 med inndeling i ulike grunntyper. Kildeområdet i starten av profilet, sprettbane simulert med RocFall er vist med rødt. B: Antall blokker som stopper ved en gitt plassering langs profil 2 simulert med RocFall

Blokkene spretter forholdsvis lite langs profil 2. Dette skyldes terregegenskapene langs dette utløpet der et svært bratt parti er etterfulgt av jevn helning mellom 30 og 40 grader. Maksimale utløpslengde langs profil 2 er simulert til 76 meter og tilsvarende punktet i terrenget er markert i Figur 17.

Den maksimale rekkevidden fra Pallstokkehatten simulert i RocFall ligger innenfor området simulert til å ha 5% sannsynlighet for å være utløpsområde for steinsprang i RockyFor3D. Det konkluderes derfor med at dette vil tilsvare grensen for 1000 års-skred fra Pallstokkehatten. På grunnlag av simuleringene og synfaring kan det ikke utelukkes at steinsprang når tomten, især når de utløste blokkene er større enn 1 m³. Med bakgrunn i synfaring og simuleringen konkluderes med at dette tilsvarer 5000-års skredhendelser fra Pallstokkehatten berører de nordlige delene av tomten.

De lokale skrentene ble også undersøkt nærmere i RocFall for å kunne konkludere hvor stor fare disse utgjør. Det ble brukt de samme innstillinger og parameter som for analysen av rekkevidden fra Pallstokkehatten (se også Tabell 4 og 5). Figur 20 viser maksimal rekkevidde langs tre utvalgte profiler i RocFall som viser god overenstemmelse med blokker observert under synfaring. Blokker i sørlige delen av tomten stammer derfor mest sannsynlig fra den lokale skrenten i sør.



Figur 20: Profilene og rekkevidde av steinsprang fra lokale skrenter analysert i RocFall. Høydekoter med 5 meter ekvidistanse, skyggerelieff basert på Lidardata i bakgrunnen.

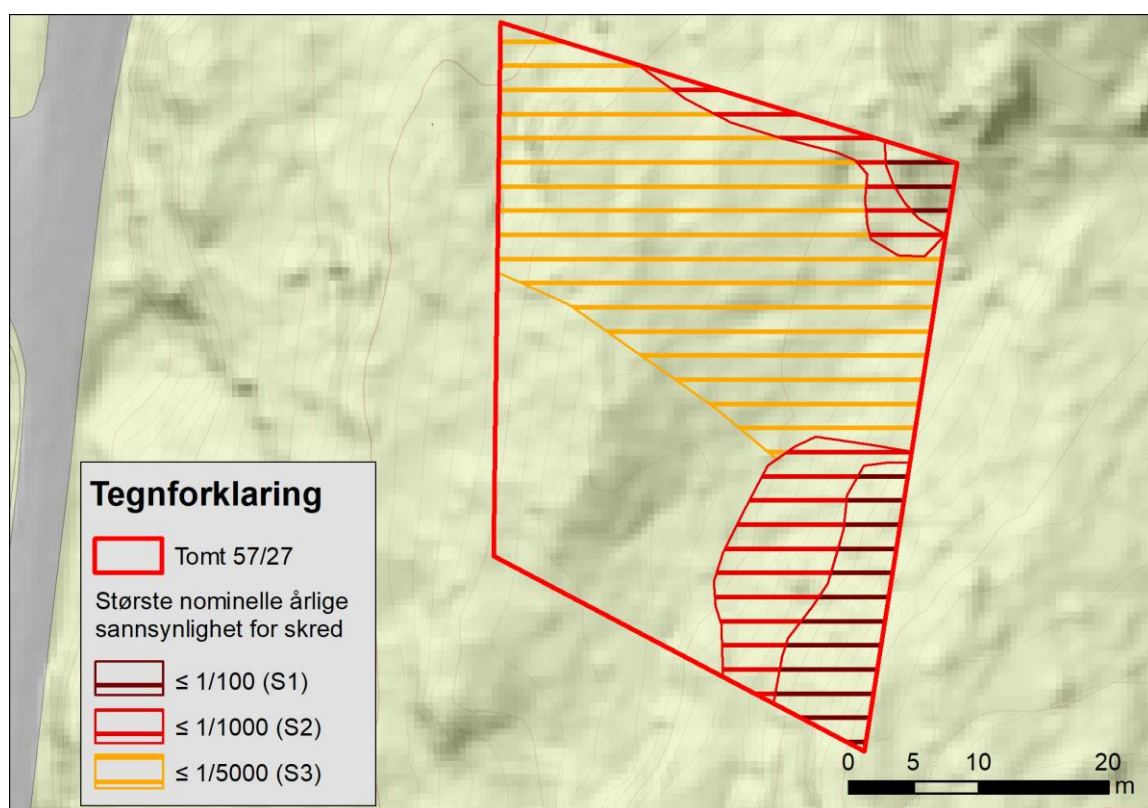
I bestemmelse av nominell sannsynlighet for skred er det tatt høyde for at det er observert minimalt med sprekkdannelse i de lokale skrentene. I tillegg vil lav skrenthøyde fører til begrenset bevegelsesenergi og korte utløp.

5.4 Samlet vurdering av skredfare

Vurderingene i avsnitt 5.1-5.3 tilsier at steinsprang er dimensjonerende skredtype for planområdet.

Steinsprang fra Pallstokkehatten er vurdert til å ha utløp med størst årlig nominell sannsynlighet 1/5000 over store deler av tomten i nord, mens steinsprang fra de lokale skrentene har kort rekkevidde og berører kun mindre deler av tomten. Faresoner for steinsprang med årlig nominelle sannsynligheter tilsvarende grensene for sikkerhetsklassene for skred i TEK17 er vist i Figur 21.

Bygging av fritidsbolig uten sikringstiltak kan skje utenfor faresonene S1 og S2, der årlig nominell sannsynlighet for skred er mindre enn 1/1000. Det flateste partiet av tomten som egner seg best til å sette opp fritidsbolig er dermed utenfor sikkerhetsklassen S2 og tilfredsstillende de byggetekniske kravene til sikkerhet mot skred.



Figur 21: Faresonekart for planområdet. Fritidsbolig kan oppføres utenfor faresonene S1 og S2

Konklusjon

Dimensjonerende skredtype er steinsprang. Planlagt fritidsbolig kan oppføres i hele det flate partiet av tomt 57/27 slik at det ligger innenfor en faresone der årlig nominell sannsynlighet for skred er mindre enn 1/1000 og vil dermed tilfredsstillende kravene for oppføring av byggverk under sikkerhetsklasse S2 for skred i TEK17.

Referanseliste

- Bartelt, P., Bieler, C., Bühler, Y., Christen, M., Deubelbeiss, Y., Graf, C., McArdell, B., Salz, M. & Schneider, M. (2017). RAMMS::DEBRIS FLOW User Manual v1.7.0. Institute for Snow and Avalanche Research SLF.
- Frank, F., McArdell, B. W., Huggel, C. & Vieli, A. (2015). The importance of entrainment and bulking on debris flow runout modeling: examples from the Swiss Alps. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(11), 2569-2583.
- Frank, F., McArdell, B. W., Oggier, N., Baer, P., Christen, M. & Vieli, A. (2017). Debris-flow modeling at Meretschibach and Bondasca catchments, Switzerland: sensitivity testing of field-data-based entrainment model. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(5), 801-815.
- DiBK, 2019. Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17) [WWW Document]. Hjemmeside. URL <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- Dorren, L. (2015). Rockyfor3D (v5.2) revealed - Transparent description of the complete 3D rockfall model. ecorisQ paper (www.ecorisq.org): 32p. Geneve: Int. ecorisQ Association.
- Meteorologisk institutt (2019): eKlima klimadatabase [WWW Document]. URL <http://eklima.met.no/>
- NGU (2019a): Nasjonal berggrunnsdatabase [WWW Document]. URL <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>
- NGU (2019b): Nasjonal løsmassedatabase [WWW Document]. URL <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- Norge i Bilder (2019): Ortofoto på nett [WWW Document]. URL <https://www.norgeibilder.no/>
- NVE (2019a): NVE Atlas [WWW Document]. URL <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>
- NVE (2019b): NVE Kartverktøy NEVINA [WWW Document]. URL <http://nevina.nve.no/>
- Rocscience Inc. (2019): [WWW Document]. URL: <https://www.rocscience.com/software/rockfall>
- Sandersen, F. 1993. Sammenhengen mellom vær-faktorer og utløsning av snø-, stein-, og jordskred. I Blikra, L. H., Nesje, A., Sandersen, F., Anda, E., Russenes, B.F., og Aa, A. R. (red.) 1993: Klima og skred. Fagseminar ved Sogn og Fjordane Distriktshøgskule. Skrifter 8-93.
- Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestenes, E. & Lied, K. (1997): The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rockmass stability. NGI Publikasjon 201, s. 97 – 114.
- Schanche, S. (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak. NVEs veileder 8: 2014.
- Statens vegvesen (2014): Flom- og sørpeskred. Håndbok V139.