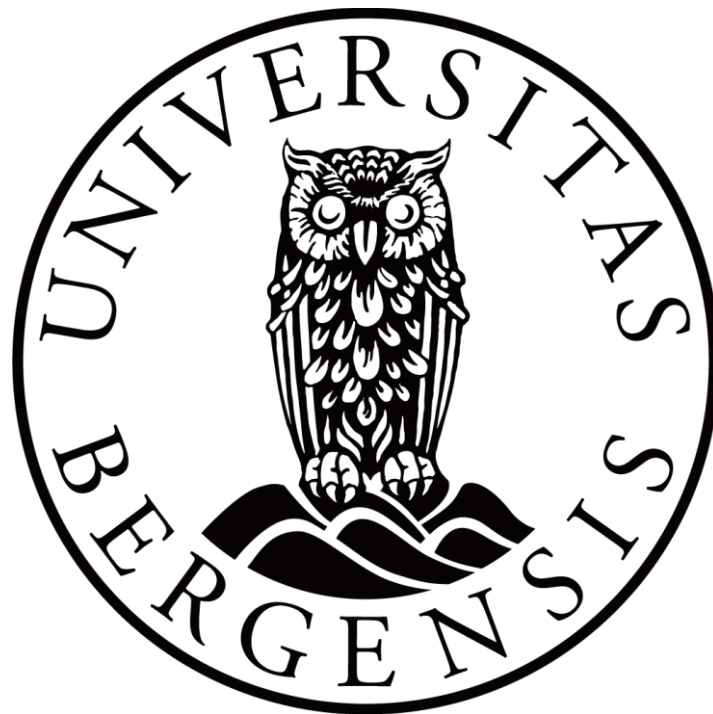


Skredfarekartlegging i Uskedalen, Kvinnherad kommune - basert på feltobservasjoner, schmidthammermålinger og empiriske modeller

Ane Hua Senneseth



Masteroppgave i kvartærgeologi og paleoklima

Institutt for geovitenskap

Universitetet i Bergen

Juni 2018

Sammendrag

I denne oppgaven er skredfare i Uskedalen undersøkt. Feltobservasjoner tyder på at det er høy skredfare i feltområdet, spesielt for steinsprang og sørpeskred. Dette er basert på at det ligger mye avsetninger i dalsiden og dalbunnen i tillegg til analyse av terrenget. De bratte fjellsidene gir optimale forhold for steinsprang. I tillegg er det flere store skåler i fjellsiden der store mengder snø kan akkumuleres. Fra disse løsner det hyppige sørpeskred. Det forekommer også steinskred og flakskred i feltområdet.

Målet med oppgaven er å kartlegge rekkevidden til potensielle skred, og vurdere om alfa-beta metoden og bruk av høyde/lengde-forholdet er gode modeller for å beregne utløpslengder til skred i Uskedalen. Om schmidthammer er en god metode for å anslå skredfrekvens er også et mål med oppgaven.

Det viser seg at alfa-beta metoden ikke er en optimal metode å bruke til å beregne rekkevidde til skred i Uskedalen. Grensene kartlagt i felt og datering med schmidthammer viser at alfa-beta metoden gir realistiske utløpslengder i omtrent halvparten av tilfellene. Dette skyldes hovedsakelig store lokale variasjoner i topografien i feltområdet, i tillegg til at underlaget i skredløpene varierer. Grensene beregnet ved å bruke H/L-forholdet stemmer dårligere enn alfa-beta metoden da denne metoden er enda mer generell.

Vurderingen av de to metodene er basert på fastsettelse av ytterste grense for skredavsetninger i felt samt datering av disse. Til dette er det knyttet flere feilkilder. Den største feilkilden er knyttet til bestemmelse av ytterste grense for skredavsetninger da det ikke er tydelig forskjell på morene- og skredblokker i området. I tillegg er schmidthammer et unøyaktig dateringsverktøy som medfører stor usikkerhet og flere feilkilder.

Abstract

This master thesis is exploring the avalanche hazards in Uskedalen, Norway. Avalanche hazard mapping is an important mitigation measure for hazardous areas. Information about avalanche deposits and terrain gained through fieldwork indicate high avalanche risk in the area, with rock fall and slush avalanches in a high occurrence. This is based on analysis of the terrain and the amount of debris in the valley sides and valley bottom. The steep valley sides provide optimal conditions for rock fall. In addition, there are several big cirques in the valley sides where snow can accumulate. The cirques provide potential release areas. Rock slides and slab avalanches also occur in the field area.

The aim of this project was to map avalanche hazards. The outer boundaries for avalanche deposits were mapped in the field. The work involved calculation of run-out distances by applying the alpha-beta method and use of the Height-Length ratio. These two methods were compared and the predicted results for each were compared with fieldwork observations. Schmidt hammer has been used on the avalanche deposits to help understand the frequency of avalanches. This method has also been evaluated, as a predictor.

The results indicate that the alpha-beta method is not an optimal method for calculating run-out distances for avalanches in Uskedalen. The alpha-beta method compared well with observations from the fieldwork in half of the locations. This is mainly due to differences in local topography and different ground conditions. The results from using the Height-Length ratio in assessing the run-out distances did not correspond with observations from the fieldwork. The Height-Length ratio predicted highly inaccurate results compared to the alpha-beta method.

Determining the outer boundaries of avalanches in the field was challenging. This is due to several possible sources of error, with the biggest differentiating between old avalanche deposits and moraine material. The results from the Schmidt hammer were also concluded to be inaccurate due to many sources of error. Regarding the dating of avalanche deposits, it is found that lithology and other sources of error must be taken into close consideration before carrying out Schmidt hammer readings.

Forord

Denne masteren har vært lærerik, spennende og langvarig. Feltarbeidet var spesielt gøy fordi Kvinnherad er et fantastisk vakkert sted. Takk til Johannes for godt selskap i felt og for å ha vært en å dele frustrasjoner med.

Jeg vil takke veileder Atle Nesje for rask respons da jeg trengte det. Takk for engasjementet og konstruktive tilbakemeldinger. Jeg ønsker også å takke Marit for hjelp da jeg har stått fast i Rstudio. Hun var også god å ha da jeg har trengt å lufte tanker.

Jeg vil takke Sunniva for å ha lest gjennom oppgaven min uoppfordret og kommet med rettinger. Takk til henne og andre medstudenter for nødvendige distraksjoner og lange lunsjpauser i en ellers ensformig studenthverdag. Til slutt vil jeg takke venner og familie som har gjort det mulig å koble av fra arbeidet i ettermiddager og helger.

Ane Hua Senneseth

Bergen, mai 2018

Innhold

| | |
|---|-----------|
| 1. Innledning | 1 |
| 2. Skredfarekartlegging | 2 |
| 2.1 Byggteknisk forskrift og faresoner | 3 |
| 2.2 Aktsomhetskart og faresonekart | 3 |
| 3. Områdebeskrivelse | 4 |
| 3.1 Topografi, hydrologi g vegetasjon..... | 4 |
| 3.2 Klima | 8 |
| 3.2.1 Temperatur og nedbør | 8 |
| 3.2.2 Vind..... | 9 |
| 3.2.3 Klimaendringer og skredfare | 10 |
| 4. Geologi | 11 |
| 4.1 Berggrunnsgeologi..... | 11 |
| 4.2 Løsmassegeologi | 12 |
| 5. Tidligere arbeid | 13 |
| 5.1 Historiske hendelser | 13 |
| 6. Potensielle skredfarer | 14 |
| 6.1 Skred fra fast fjell | 14 |
| 6.1.1 Steinsprang..... | 14 |
| 6.1.2 Steinskred..... | 15 |
| 6.1.3 Løsnemekanismer | 15 |
| 6.1.4 Årsaker | 16 |
| 6.1.5 Spor | 17 |
| 6.2 Snøskred | 19 |
| 6.2.1 Flaskred | 19 |
| 6.2.2 Sørpeskred..... | 20 |
| 6.2.3 Snøskredfare | 20 |
| 6.2.4 Værforhold som fører til snøskred | 21 |
| 6.2.5 Spor etter snøskred..... | 22 |
| 7. Metoder | 23 |
| 7.1 Beregning av rekkevidde | 23 |
| 7.1.1 Alfa-beta metoden..... | 23 |
| 7.1.2 Beregning av utløpslengder ved bruk av høyde/lengde(H/L)-forholdet..... | 26 |
| 7.2 Datering av skredmasser - Schmidthammer | 27 |

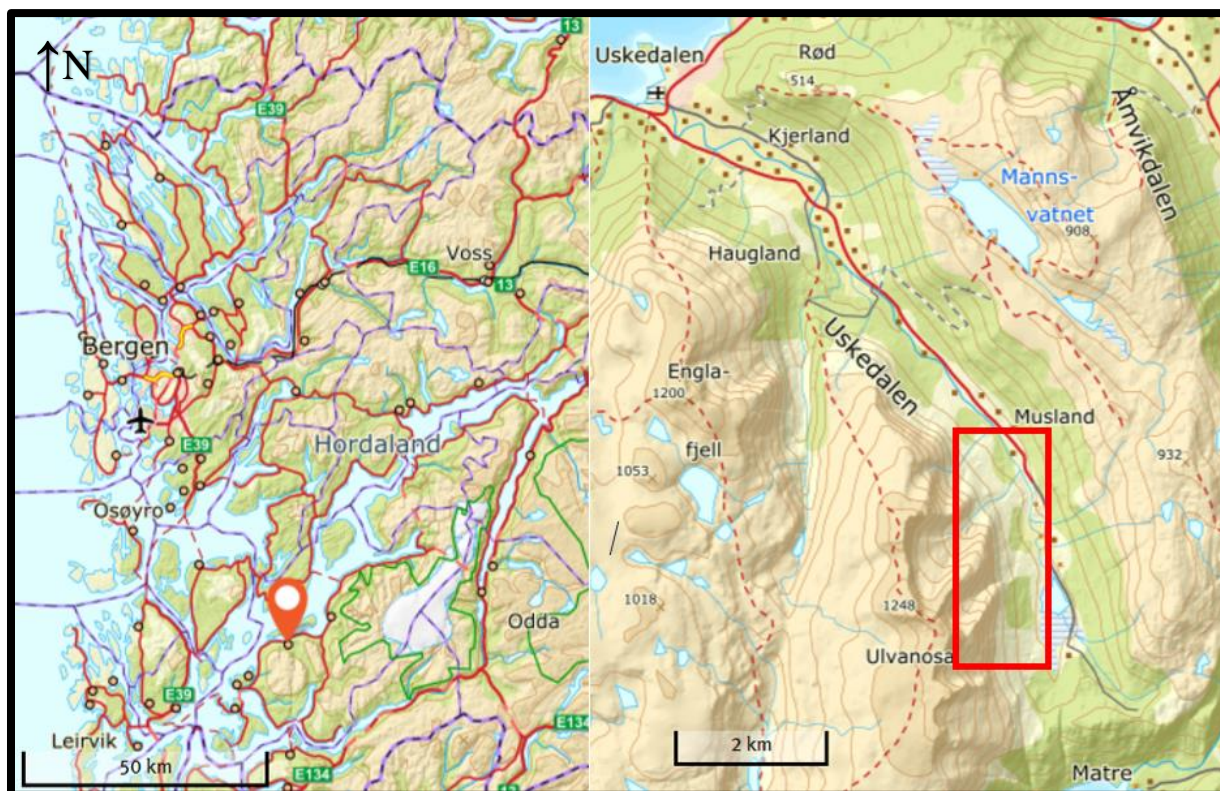
| | |
|--|------------|
| 7.2.1 Behandling av data..... | 32 |
| 7.3 Programvare..... | 34 |
| 8. Resultater | 34 |
| 8.1 Lokaltet 1 – Snøskred..... | 36 |
| 8.1.1 Ytterste skredblokker | 38 |
| 8.1.2 Schmidthammermålinger | 39 |
| 8.1.3 Alder | 42 |
| 8.1.4 Utløpslengder | 43 |
| 8.2 Lokaltet 2 – Steinsprang og steinskred..... | 47 |
| 8.2.1 Ytterste skredblokker | 49 |
| 8.2.2 Schmidthammermålinger | 50 |
| 8.2.3 Alder | 54 |
| 8.2.4 Profiler | 56 |
| 8.2.5 Moreneblokker | 66 |
| 8.2.6 Utløpslengder | 72 |
| 8.3 Lokaltet 3 – Steinsprang | 85 |
| 8.3.1 Ytterste skredblokker | 87 |
| 8.3.2 Schmidthammermålinger | 87 |
| 8.3.3 Alder | 91 |
| 8.3.4 Profiler | 92 |
| 8.3.5 Utløpslengder | 103 |
| 8.4 Lokaltet 4 – Sørpeskred | 114 |
| 8.4.1 Schmidthammermålinger | 116 |
| 8.4.2 Alder | 120 |
| 8.4.3 Utløpslengder | 121 |
| 8.5 Lokaltet 5 – Steinsprang | 125 |
| 8.5.1 Ytterste skredblokker | 127 |
| 8.5.2 Schmidthammermålinger | 127 |
| 8.5.3 Alder | 130 |
| 8.5.4 Profil | 132 |
| 8.5.5 Utløpslengder | 137 |
| 8.6 Høyde/lengde(H/L)-forhold | 145 |
| 8.7 Oppsummering av resultater..... | 146 |
| 9. Diskusjon..... | 147 |
| 9.1 Lokaltet 1..... | 147 |

| | |
|--|------------|
| 9.1.1 Utløpslengder | 147 |
| 9.1.2 Alder | 147 |
| 9.2 Lokaltet 2 | 148 |
| 9.2.1 Lengste utløpslengder | 148 |
| 9.2.2 Korteste utløpslengder | 149 |
| 9.2.3 Alder | 149 |
| 9.2.4 Faresonekart | 150 |
| 9.3 Lokaltet 3 | 150 |
| 9.3.1 Lengste utløpslengder | 150 |
| 9.3.2 Korteste utløpslengder | 151 |
| 9.3.3 Alder | 151 |
| 9.3.4 Faresonekart | 152 |
| 9.4 Lokaltet 4 | 153 |
| 9.4.1 Utløpslengder | 153 |
| 9.4.2 Alder | 153 |
| 9.5 Lokaltet 5 | 153 |
| 9.5.1 Lengste utløpslengder | 153 |
| 9.5.2 Korteste utløpslengder | 154 |
| 9.5.3 Alder | 155 |
| 9.5.4 Faresonekart | 155 |
| 9.6 Alfa-beta metoden | 155 |
| 9.6.1 Steinsprang og steinskred | 155 |
| 9.6.2 Snøskred | 157 |
| 9.7 Høyde/lengde-forhold | 158 |
| 9.8 Usikkerhet og feilkilder ved feltarbeidet | 159 |
| 9.9 Schmidthammer | 160 |
| 9.9.1 Kalibreringskurve | 161 |
| 10. Konklusjon | 162 |
| 11. Videre arbeid | 163 |
| 12. Referanser | 164 |

1. Innledning

Skredfarekartlegging er et viktig tiltak for å overvåke og sikre skredfarlige områder i Norge. Kartlegging av fareområder er viktig for å trygge menneskeliv og sikre materielle verdier. Å ha kunnskap om fareområder, og ta hensyn til dette ved planlegging og utbygging er den mest effektive måten å forebygge skredulykker (NVE, 2017a). I dag er det Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) som har det overordnede ansvaret for statlige oppdrag (Meld.St.15 (2011-2012)). Deler av kartleggingsarbeidet blir utført av Norges geologiske undersøkelse (NGU). Direktoratet for byggkvalitet har utviklet en plan- og bygningslov, TEK17 som tar for seg ulike sikkerhetskrav for skred avhengig av type bygg (DiBK, 2017).

Hordaland fylke er kjent for sin vakre og ville natur med høye fjell, dype fjorder og isbreer. Kyststrøkene og ytre del av fjordstrøkene i fylket deles inn i Nordhordland, Midthordland og Sunnhordland (Thorsnæs, 2018). Undersøkelsesområdet for denne oppgaven ligger i Kvinnherad kommune i Sunnhordland. Feltområdet ligger innerst i Uskedalen, Figur 1.1. Uskedalen strekker seg fra sørøst til nordvest mellom Matre og Uskedalen. Det har blitt utført kartlegging av skredavsetninger og utarbeidet faresonekart for området.



Figur 1.1: Uskedalen strekker seg fra Matre i sør til Uskedalen i nord. Feltområdet dekker de tre sørligste kilometerne av dalen og er markert med rød firkant på kartet. Modifisert kart fra Kartverket (2017a)

For vurdering av skredfare i Uskedalen er det blitt brukt feltobservasjoner, datering av skredavsetninger og beregning av rekkevidder til potensielle skred ved bruk av to ulike modeller. $\alpha\beta$ -metoden (alfa-beta metoden) er mest vektlagt i estimeringen av utløpslengder, men det er også gjort beregninger ved å bruke høyde/lengde (H/L)-forholdet i noen av de samme lokalitetene som alfa-beta metoden. Resultatene fra de to metodene er sammenlignet. Faresonekartene er basert på beregningene fra alfa-beta metoden. Ved utarbeidelse av faresonene er det tatt utgangspunkt i sikkerhetsklassene definert i Plan- og bygningsloven, TEK17. De beregnede grensene er diskutert opp mot grensene kartlagt i felt. Til datering av skredmassene er schmidthammer benyttet.

Målet med oppgaven

Målet med oppgaven er å kartlegge rekkevidden til skred i Uskedalen, og videre vurdere om alfa-beta metoden og bruk av H/L-forholdet er gode modeller for å beregne utløpslengder til skred. Om schmidthammer er en god metode for å anslå skredfrekvens er også et mål for denne masteroppgaven.

2. Skredfarekartlegging

Kartlegging av skredutsatte områder er et viktig verktøy i skredforebyggende arbeid. I dag er det NVE som har det overordnede ansvaret for statlige oppdrag. NVE (2011a) sin rapport "Plan for skredfarekartlegging" legger rammene for kartleggingen, mens NGU gjør feltbefaringer og leverer rapporter.

Utarbeidelse av faresonekart omfatter innsamling og gjennomgang av eksisterende data for å identifisere potensielle fareområder, grundig feltarbeid for å undersøke forhold som har betydning for skredutløsning og rekkevidde, og en vurdering av sannsynlighet og utløpsdistanse for de aktuelle skredtypene (NVE, 2015a).

Verktøy som brukes i utarbeidelse av faresonekart er:

- Terrenganalyse
- Klimatiske data
- Historiske opplysninger om skred
- Observasjoner gjort under feltarbeid
- Modeller for beregning av rekkevidde til skred

2.1 Byggteknisk forskrift og faresoner

I kartlegging av skredfare inngår utarbeidelse av faresoner i henhold til kravene i Plan- og bygningsloven TEK17. Her defineres det hvilken sikkerhet som kreves for ulike typer bygg. Prinsippet er at bygninger der det oppholder seg mange mennesker skal ha større sikkerhet enn bygg der det oppholder seg færre. Det er utarbeidet tre sikkerhetsklasser for skred. Disse er listet opp i Tabell 2.1, og er inndelt etter konsekvens og største nominelle årlig sannsynlighet. Desto større konsekvensen av skredet er desto lavere nominell sannsynlighet for skred kan aksepteres. I vurderingen av hvilken sikkerhetsklasse byggverket hører til tas det hensyn til både konsekvenser for liv og helse, samt økonomiske verdier (DiBK, 2017).

Tabell 2.1: Sikkerhetsklasser for plassering av byggverk i skredfarlige områder. Dette gjelder for snøskred og steinsprang (DiBK, 2017).

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

Sikkerhetsklasse S1 omfatter bygninger der det normalt ikke oppholder seg personer og der skred vil få små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Type bygninger som inngår i denne sikkerhetsklassen er for eksempel garasje, uthus, nøst og lagerbygninger. **Sikkerhetsklasse S2** omfatter byggverk der det normalt oppholder seg maksimalt 25 personer, og der skredhendelser vil få middels store økonomiske og andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på slike bygninger er bolighus, små bygg for næringsdrift samt mindre kaier og havneanlegg. **Sikkerhetsklasse S3** omfatter bygninger der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer, og der skred vil få store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempel på bygninger som inngår i denne sikkerhetsklassen er skoler, barnehager, sykehus og publikumsbygg (DiBK, 2017). Sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 tilsvarer henholdsvis hundreårsskred, tusenårsskred og femtusenårsskred og brukes om hverandre i denne oppgaven.

2.2 Aktsomhetskart og faresonekart

Aktsomhetskart viser potensielle løsne- og utløpsområder for skred, men sier ingenting om sannsynlighet. Kartene utarbeides ved å bruke høydemodeller, der man ut ifra helningen i fjellsiden definerer utløpsområdet. Det gjøres ikke feltarbeid, så effekten av lokale faktorer som

vegetasjon og geologi tas ikke i betraktning. Aktsomhetskart fungerer som et hjelpemiddel for å identifisere områder der det trengs grundigere vurdering av skredfare. Målestokken på aktsomhetskartene er som oftest grov, tilsvarende målestokk 1:50 000. Aktsomhetskartene er utarbeidet av NGU og er tilgjengelige på www.skrednett.no (NVE, 2011a).

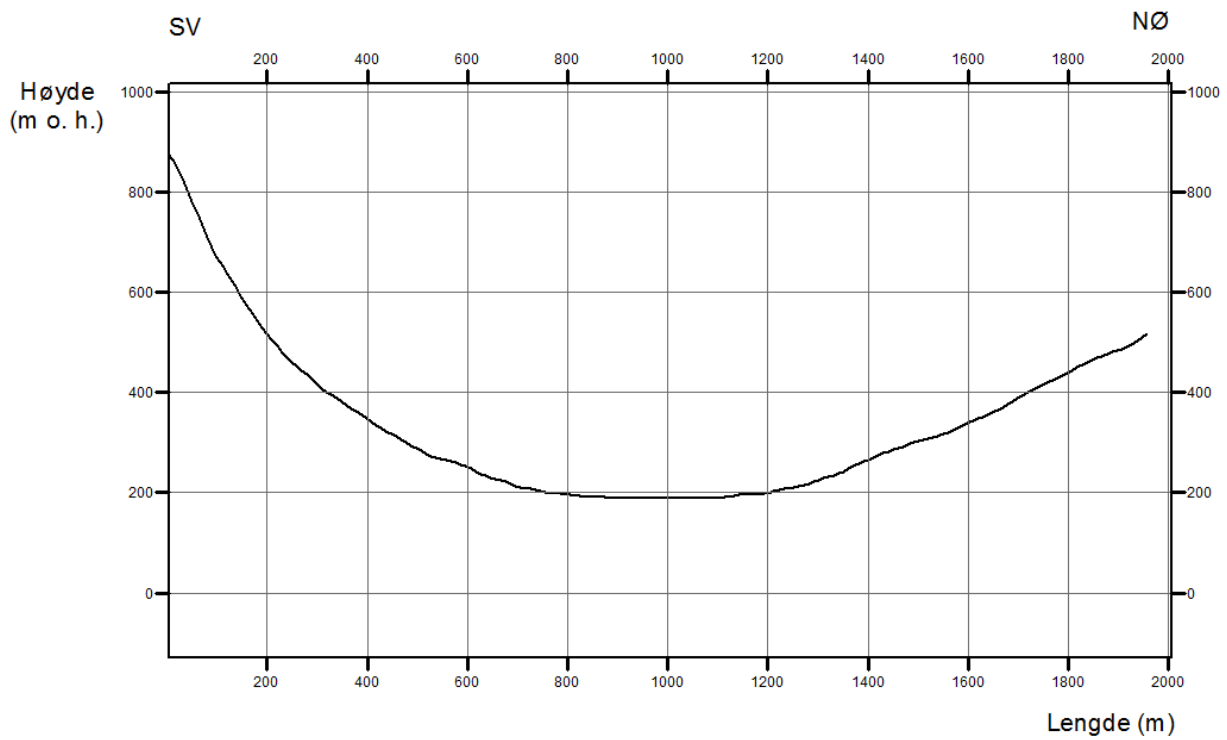
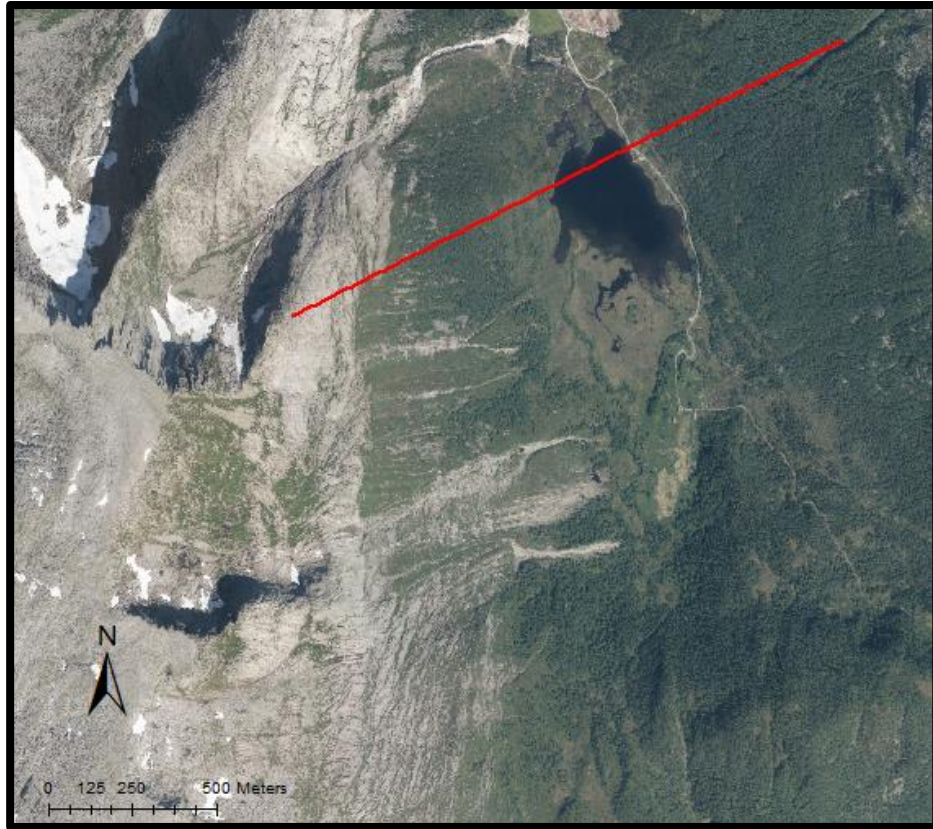
Faresonekart deler områder inn etter sannsynlighet for skred. Kartene inkluderer skredfrekvens (sannsynlighet/gjentaksintervall), og omfatter både skredets løseområde og utløps- og avsetningsområde. Faresonene er delt inn etter sikkerhetsklassene definert i byggt teknisk forskrift TEK 17. Faresonene blir fastsatt på bakgrunn av feltbefaring, opplysninger om tidligere skredhendelser og beregningsmodeller, der det tas hensyn til geologiske forhold og terreng- og klimaforhold (NVE, 2011a).

3. Områdebeskrivelse

3.1 Topografi, hydrologi g vegetasjon

Uskedalen ligger i Kvinnherad kommune i Sunnhordland. Dalen strekker seg 8 km nordvest-sørøst, Figur 1.1. Feltområdet dekker de 3 sørligste kilometerne av dalen; fra Fjellandsbøvatnet i sør til Øvre Musland gård i nord, Figur 3.4.

Det laveste punktet i dalen er Fjellandsbøvatnet som ligger 190 m o. h. Topografien i de to dalsidene er forskjellig. Dette er illustrert i Figur 3.1. Den østlige dalsiden er relativt jevn og slak uten markerte rygger og forsenkninger. Det høyeste punktet på østsiden av dalen er Gråfjellet på 890 m o. h. I den vestlige dalsiden er fjellsiden brattere og høyere. Det høyeste fjellet er Ulvanosa som når en høyde på 1248 m o. h. Fjellpartiet på denne siden av dalen har flere skåler/botner og forsenkninger, se Figur 3.2. Her er tydelige spor etter flak som har løsnet langs sprekker parallelle med overflaten, se Figur 3.3.



Figur 3.1: Tverrprofil av Uskedalen. Den vestlige dalsiden er brattere enn den østlige. Modifisert kart fra Kartverket (2017b)



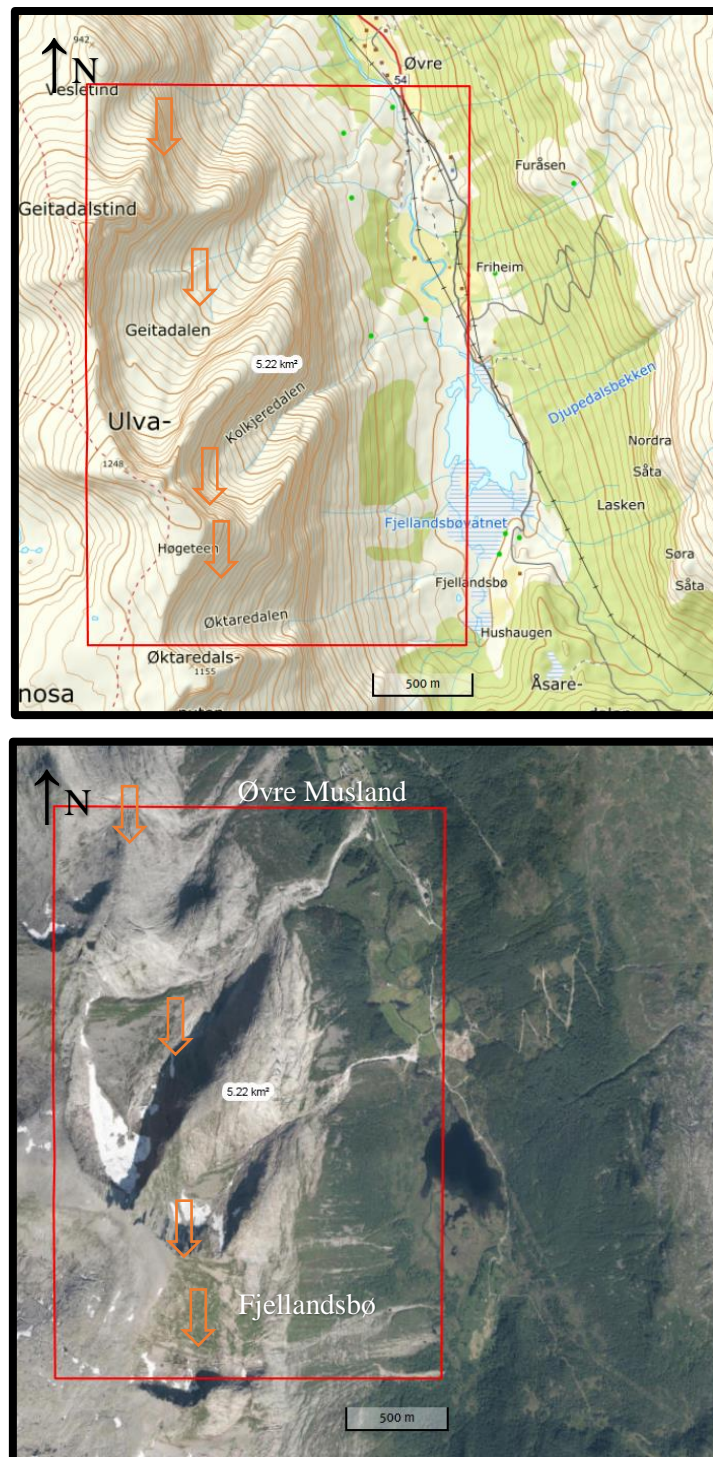
Figur 3.2: Fjellpartiet i den vestlige siden av dalen har flere skåler/botner og forsenkninger. (UTM: 32V 329477 6643795) Foto: Ane Senneseth



Figur 3.3: Fjellsiden i den vestlige dalsiden bærer preg av sprekker og utrasinger fra fjellveggen. (UTM: 330049 6642302) Foto: Ane Senneseth

Feltområdet er lagt til den vestlige dalsiden, Figur 3.5, da det er mest steinsprang- og snøskredaktivitet her. I den sørligste delen av feltområdet, ved Fjellandsbøvatnet, er dalbunnen dekket av myrområder. I nederste del av dalsiden er det bjørketrær og mye kratt, mens øverste del består av bart fjell. Nordover i dalen er dalbunnen dekket av dyrket mark og områder der bonden har gravd i løsmasser. Her er den nederste delen av dalsiden dekket

av barskog, før det går over i bjørkeskog og kratt lenger opp. Øverste del av dalsiden er bart fjell. Det renner fire bekkeløp inn i feltområdet. Disse viser tegn på transport av løsmasser med oppbygging av vifteformede avsetninger i dalbunnen. Disse er markert på kartet i Figur 3.4.



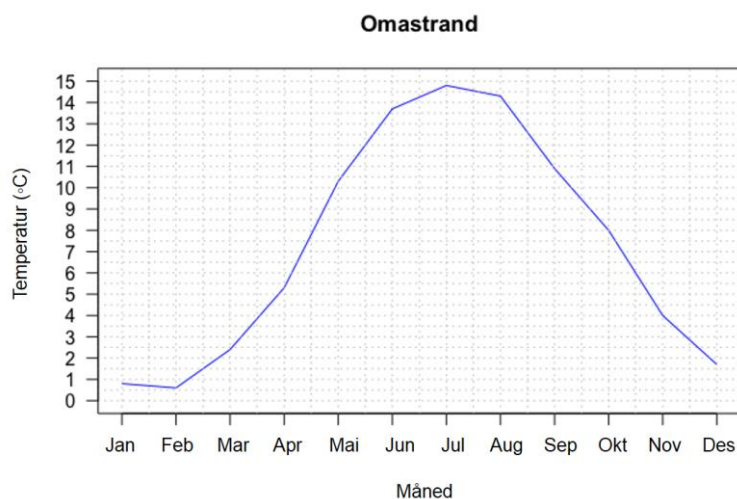
Figur 3.4: Feltområdet dekker de 3 sørligste kilometerne av Uskedalen; fra Fjellandsbøvatnet i sør til Øvre Musland gård i nord. Det renner fire bekkeløp inn i feltområdet. Disse munnar ut i vifteformede avsetninger i dalbunnen. Disse er vist med oransje piler. Modifisert kart fra Kartverket (2017a)

3.2 Klima

Kvinnherad er en typisk vestlandskommune med daler, fjorder og høye fjell. Området har et maritimt klima med store nedbørsmengder og hyppige mildværsinnslag vinterstid. Øst for kommunen ligger Folgefonna som fungerer som en barriere for fuktig havluft fra vest. Luft presses til værs, avkjøles og kondenseres med utfelling i form av nedbør. På vestsiden av Folgefonna er årsnedbøren for det meste over 2000 mm (NVE, 2015b).

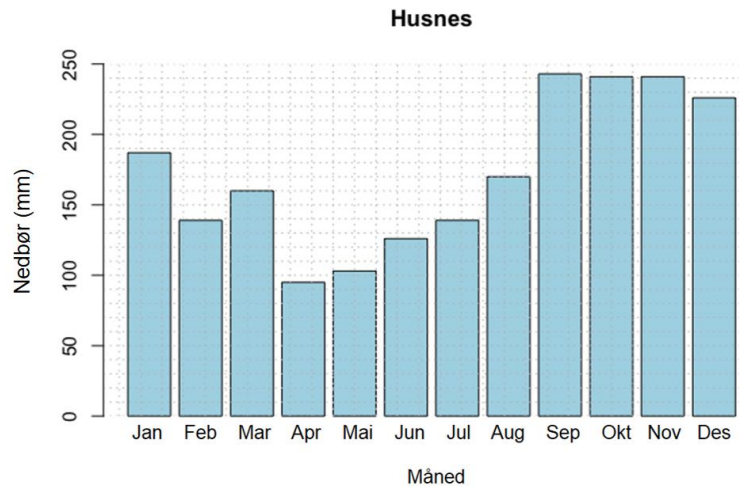
3.2.1 Temperatur og nedbør

Figur 3.5 viser månedsmidler for temperatur i normalperioden 1961-1990. Værdataene er hentet fra Omastrand som ligger 40 km nordøst for Uskedalen. Gjennomsnittstemperaturen gjennom ett år er 7,2°C. Den varmeste måneden er juli med gjennomsnittstemperatur på 14,8°C, mens den kaldeste er februar med gjennomsnittstemperatur på 0,6°C.



Figur 3.5: Langtidsstatistikk for temperatur i Omastrand. Den blå streken viser middeltemperatur gjennom ett år (eKlima, 2017).

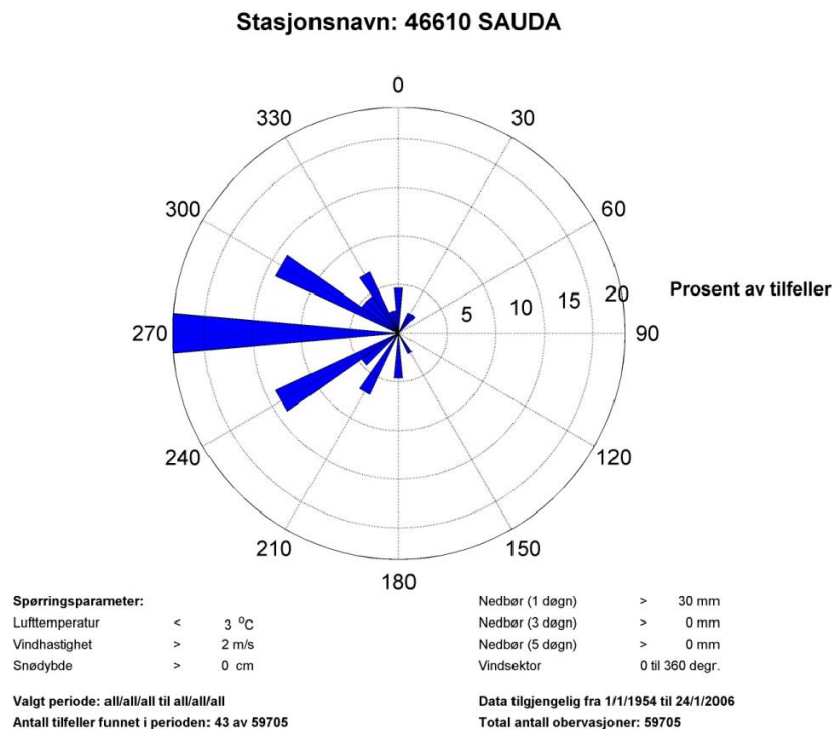
Figur 3.6 viser månedsmidler for nedbør for samme normalperiode. Målingene er tatt på Husnes som ligger 7,5 km sørvest for Uskedalen. Det er en god del nedbør, selv i de tørreste månedene. Nedbøren ligger i gjennomsnitt på 2070 mm i året. Den tørreste måneden er april med 95 mm. Det er mest nedbør i høstmånedene. September er den våteste måneden med med 243 mm nedbør.



Figur 3.6: Langtidsstatistikk for nedbør i Husnes. Blå søyler vises gjennomsnittlig nedbør i mm (eKlima, 2017).

3.2.2 Vind

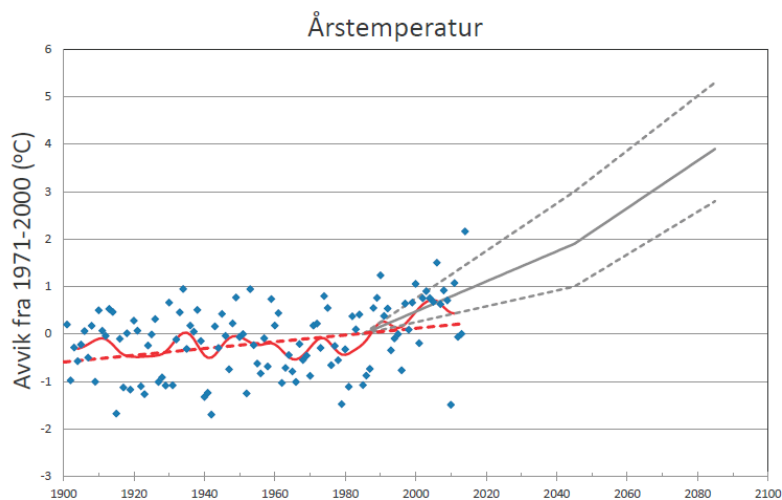
Fordeling av vindretninger er mest viktig med tanke på snøtransport og snøskred. Nærmeste klimastasjon som har en lang måleserie for vind ligger i Sauda kommune i Rogaland, 35 km sørøst for Kvinnherad. Denne målestasjonen har data fra tidsperioden 1954 til 2006. Vindrosen i Figur 3.7 viser at fremherskende nedbørførende vindretningen under vinterforhold er fra vestlige sektor. Vindretningen fører til oppsamling av snø hovedsakelig i områder som ligger i le, det vil si de østvendte fjellsidene (NVE, 2015b).



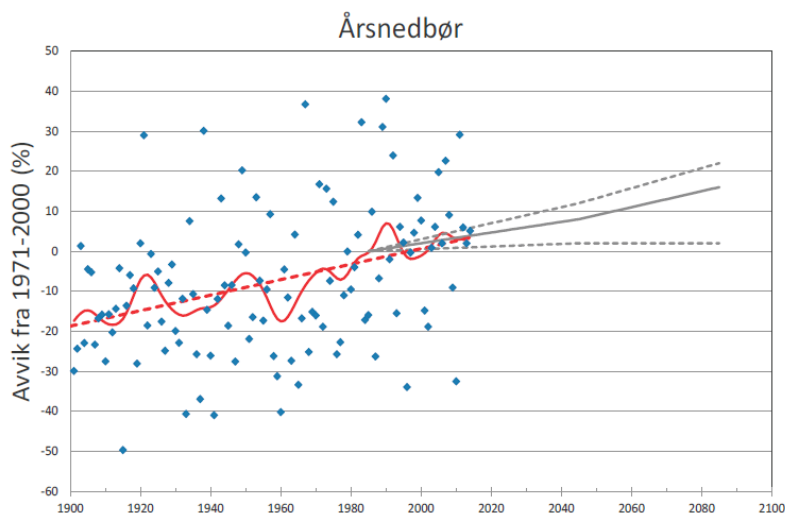
Figur 3.7: Vindrose fra Sauda ved lufttemperatur < 3 °C, vindhastighet > 2 m/s og døgnnedbør > 3 mm (NVE, 2015b).

3.2.3 Klimaendringer og skredfare

Klimaendringer vil påvirke stabiliteten i fjellsider (f. eks. Trauth m. fl., 2000; referert til i NVE, 2011b). Blant annet kan mer nedbør og snøsmelting øke det hydrostatiske trykket langs sprekker og bidra til ustabilitet, noe som vil føre til høyere deformasjonsrater (Blikra, 2008; referer til i NVE, 2011b). Det er forventet at årstemperaturen i Hordaland fylke vil øke med rundt 4°C og at årsnedbøren vil øke med 15% frem mot 2100. Dette er illustrert i Figur 3.8 og 3.9. Temperaturen vil øke mest om høsten og vinteren og minst om sommeren. Dager med mye nedbør vil forekomme oftere og nedbørsintensiteten vil øke (Norsk klimaservicesenter, 2016).



Figur 3.8: Historisk og estimert fremtidig årlig gjennomsnittstemperatur for Hordaland. Blå prikker viser verdier for enkeltår i perioden 1900-2014. Stiplet rød strek viser observert trend. Rød strek viser utjevnete 10-årsvariasjoner. Grå strek og stiplet grå strek viser fremtidens utvikling for henholdsvis middels, lavt og høyt utslipp (Norsk klimaservicesenter, 2016).



Figur 3.9: Historisk og estimert fremtidig årlig nedbørsmengde for Hordaland. Blå prikker viser verdier for enkeltår i perioden 1900-2014. Stiplet rød strek viser observert trend. Rød strek viser utjevnete 10-årsvariasjoner. Grå strek og stiplet grå strek viser fremtidens utvikling for henholdsvis middels, lavt og høyt utslipp (Norsk klimaservicesenter, 2016).

Forholdet mellom klimaendringer og forekomsten av skred er komplekst. Sannsynligvis vil økningen av ekstremnedbør har mer å si for forekomsten av skred enn økning i gjennomsnittlig nedbørmengde (NVE, 2017b). Steinsprang og steinskred utløses ofte på grunn av økt vanntrykk i sprekkesystemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke forekomsten av disse skredtypene, men det vil trolig gjelde mindre steinsprang i hovedsak (Norsk klimaservicesenter, 2016). Temperaturøkning vil også kunne bidra til økt forekomst. For eksempel kan man enkelte steder få flere perioder med fryse-tine prosesser der det tidligere har vært mer stabil temperatur. Dette er en viktig utløsende faktor for steinsprang og steinskred (NVE, 2015c).

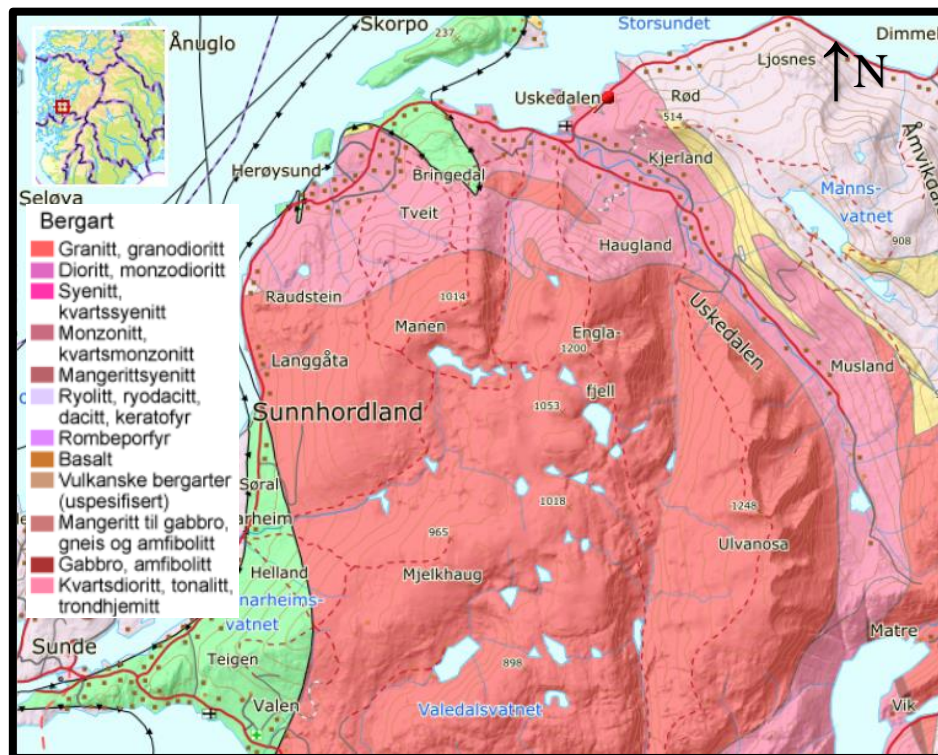
Været er en av de viktigste utløsende faktorene for snøskred. Det er en klar sammenheng mellom nedbør, temperatur, vind og forekomsten av snøskred. Høyere temperaturer vil gi kortere snøsesong, og kystnære strøk i lavlandet kan bli helt snøfrie. Som følge av temperaturøkningen vil det bli flere smelteperioder om vinteren (Norsk klimaservicesenter, 2016). Faren for våtsnøskred og sørpeskred i skredutsatte områder vil mest sannsynlig øke. Skredene kan også ramme andre områder enn tidligere (NVE, 2015c).

4. Geologi

4.1 Berggrunnsgeologi

Uskedalen ligger i et område med bergarter som er en del av det stedege grunnfjellet i Norge. Grunnfjellet består av prekambriske bergarter som hovedsakelig er dypbergarter (magmatiske) og sterkt omdannede (metamorfe) bergarter. Det norske grunnfjellet finner man stort sett i hele Sør-Norge, og bergartene her ble dannet særlig for 1750-1500 og 1100-800 millioner år siden (UiO, 2011a). Det norske grunnfjellet er en del av det baltiske skjold. Dannelsen av berggrunnen har skjedd gjennom mange hendelser av sedimentasjon, vulkanisme og fjellkjededannelser frem til for mindre enn 900 millioner år siden. Vest-Norge er en del av det sørvest-skandinaviske domene der eldre berggrunn har blitt påvirket og delvis omarbeidet under den svekonorvegiske fjellkjededannelsen for 1200-900 millioner år siden. Bergartene har i tillegg blitt deformert under den kaledonske fjellkjededannelsen for 600-400 millioner år siden (UiO, 2011b).

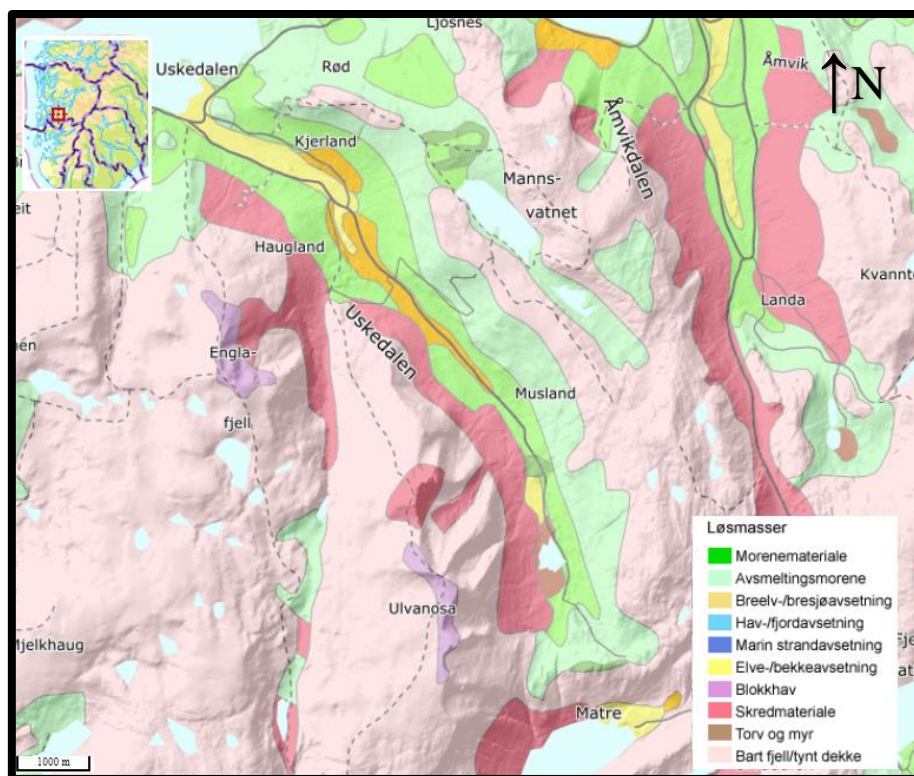
NGU sitt berggrunnskart, Figur 4.1, over området viser at det er to type bergarter i Uskedalen. Ulvanosamassivet består av granodioritt (NGU, 2015a) som er en magmatisk dypbergart. Den er grovkornet og består hovedsakelig av plagioklas og kalifeltspat (Selbekk, 2017a). I dalbunnen er det kvartsdioritt (NGU, 2015a), som er en grovkornet dypbergart med særlig høyt innhold av kvarts. Begge de diorittiske bergartene er gjerne hvite eller grå, og de fleste har jevnkornet struktur (Selbekk, 2017b).



Figur 4.1 Berggrunnskart over Uskedalen. Ulvanosamassivet består av granodioritt, markert med mørk rosa. Dalbunnen består av kvartsdioritt og er representert med lys rosa farge (NGU, 2015a).

4.2 Løsmassegeologi

Utbredelsen av løsmasser er nært knyttet til glacialhistorien i kvartær, spesielt weichsel. Isbreer har gravd ut daler, formet landskapet og avsatt løsmateriale. Forvitring, skred og vann har også avsatt løsmasser, spesielt ved foten av skråninger og i dalbunner (NGU, 2014). NGU sitt kvartærgeologiske kart over Uskedalen, Figur 4.2, viser at det er morenemateriale som dominerer dalbunnen. Det er kartlagt noe elveavsetninger og myr midt i feltområdet. I dalsidene er det for det meste bart fjell. Langs hele den vestlige dalsiden ligger det skredavsetninger (NGU, 2015b).



Figur 4.2: Løsmassekart over Uskedalen. Morenemateriale dominerer dalbunnen. Det er mye skredmateriale langs nedre del av den vestlige dalsiden. Ellers består de øverste delene av dalsidene av bart fjell (NGU, 2015b).

5. Tidligere arbeid

Det er tidligere blitt gjort skredfarekartlegging av den ytterste delen av Uskedalen, fra tettstedet Uskedalen til Haugland. I 2015 utarbeidet NGU et faresonekart i henhold til kravene i TEK10 (nå TEK17). Faresonene har blitt fastsatt på bakgrunn av feltbefaring, opplysninger om tidligere skredhendelser og beregningsmodeller, der de har tatt hensyn til geologiske forhold og terreng- og klimaforhold. I Uskedalen er det to bolighus og syv hytter som ligger innenfor faresonen 1/1000 for snøskred (NVE, 2015b).

5.1 Historiske hendelser

I den nasjonale skreddatabasen er det registrert fire skredhendelser i Uskedalen; tre på 1700-tallet og en på 1800-tallet. Alle skredhendelsene er registrert i den nordligste delen av dalen; fra Kjerland og utover til tettstedet Uskedalen (Figur 1.1). Den alvorligste ulykken skjedde da et snøskred tok en gård på Kjerland. Fire personer omkom. Et annet snøskred skal ha rammet en gård i den sørlige dalsiden. I tillegg er det rapportert om to jordskredhendelser (NVE, 2015b). Det er ikke registrert noen skredulykker innenfor feltområdet, men lokalkjente fortalte at det

årlig går sørpeskred ned Kolkjeredalen vest for Friheim gård. Noen år går det også snøskred ned fra Øktaredalen vest for Fjellandsbø.

6. Potensielle skredfarer

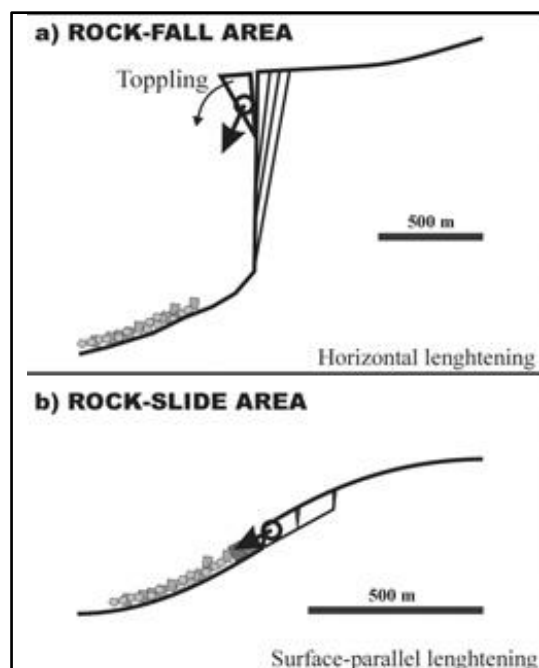
I dette kapitlet er det fokusert på snøskred og skred fra fast fjell da det er disse typene som dominerer i feltområdet. Det blir gjort rede for klassifikasjon, utløsende årsaker og spor.

6.1 Skred fra fast fjell

I Norge deler man typer av skred fra fast fjell inn etter volumet av skredmaterialet (Hestnes, 1980). Når én eller flere steinblokker faller ned med et samlet volum på mindre enn 100 m³ kalles det steinsprang. Når volumet på steinmassene er mellom 100 m³ og 10 000 m³ betegnes det som steinskred. I tillegg kan man skille steinsprang og steinskred fra hverandre på grunnlag av strukturgeometri, deformasjon og helningsvinkel (Braathen m. fl., 2004).

6.1.1 Steinsprang

Steinsprang starter ved at en eller flere blokker løsner og faller relativt fritt fra en bratt fjellvegg (Stokes og Varnes, 1955; referert til i Day, 1997). Steinsprang forekommer i bratte skråninger (> 60° - 75°) og karakteriseres ved at en eller flere blokker blir separert fra fjellveggen av bratte, parallelle sprekker. Dette er illustrert i Figur 6.1. Når drivkreftene overgår friksjonen vil blokken akselerere og falle fritt (Braathen m. fl., 2004). Steinsprang skiller seg fra steinskred ved at blokkene ikke følger et veldefinert, underliggende plan (Day, 1997). I steinsprang er det hovedsakelig enkeltblokker som beveger seg uten å påvirke hverandre, og blokkene har derfor stor bevegelsesfrihet (Blikra og Nemeč, 1998). Blokkene faller, spretter og knuses gjerne på vei ned fjellsiden (Dorren, 2003).



Figur 6.1: Løsnemekanisme for henholdsvis steinsprang og steinskred (Modifisert figur fra Braathen m. fl., 2004).

6.1.2 Steinskred

Steinskred forekommer ved lavere gradienter enn steinsprang ($<45^\circ$). Her spiller svakhetssoner som foliasjon, lagdeling eller tidligere sprekker som er orientert sub-parallelt til skråningen en stor rolle. Siden helningen er moderat, faller ikke blokkene, men sklir langs et underliggende plan (Braathen m. fl., 2004). Dette er illustrert i Figur 6.1. I steinskred vil bergmassene knuses opp i mindre blokker og bevege seg nedover fjellsiden som en strøm av blokker. Blokkene slår borti hverandre og mot underlaget. Dette fører til raskt energitap. I tillegg vil steinskred dra med seg jord, stein og vegetasjon nedover dalsiden. Dette gjør at hastighetene ikke blir like store (Domaas og Grimstad, 2014).

6.1.3 Løsnemekanismer

For at steinsprang og steinskred skal inntreffe må visse topografiske og geologiske betingelser være oppfylt. En blokk eller bergmasse har en kritisk helningsvinkel som fører til utrasing. Dersom terrenget er flatere enn denne vinkelen er det liten sannsynlighet for skred (Domaas og Grimstad, 2014). Faktorer som bestemmer stabiliteten til en fjellside er: a) geometrien på skråningen, b) sprekkesystem c) skjærstyrken i disse og d) destabiliserende krefter som vanntrykk i sprekker og frysing av vann i sprekker (Piteau og Peckover, 1978; referert til i Day,

1997). Dersom fjellsiden har mange sprekker, er det stor sannsynlighet for at blokker vil falle ned (Domaas og Grimstad, 2014).

De fleste bergarter i Norge er så harde at nesten all deformasjon og utglidning skjer langs svakhetsplan eller sprekkesoner i bergmassen. Det er da sprekkenes orientering i forhold til fjellsidens orientering som avgjør om utglidning kan skje. I tillegg vil skjærstyrken langs sprekkeflaten bestemme stabiliteten til hver enkelt blokk (Domaas og Grimstad, 2014). Dypbergarter (som granitt, syenitt og dioritt) opptrer som massive bergmasser med grovt sprekke-mønster. Ofte er det to og tre sprekkesett som står omtrent vinkelrett på hverandre. Dette danner firkantede eller prismeformede blokker (Domaas og Grimstad, 2014), Figur 6.2.



Figur 6.2: Bilde av en skredblokk i feltområdet. Ved utrasing fra fjellsider som består av dypbergarter dannes det typisk firkantede blokker. Tommestokken på bildet er 1 m lang. Foto: Ane Senneseth

6.1.4 Årsaker

I Norge er de viktigste årsakene til steinsprang og steinskred knyttet til reduksjon av skjærstyrke langs sprekkeflatene på grunn av økt vanntrykk i sprekker og som følge av frostsprengning (Braathen m. fl., 2004).

Økt vanntrykk reduserer skjærstyrken til glideplanet, samtidig som det øker vekten på massene og dermed drivkreftene (Carson og Kirkby, 1972; referert til i Braathen m. fl., 2004). Når vann samles på en sprekkeflate uten å kunne drenere fritt, vil det kunne bygge seg opp et vanntrykk. Dette vil redusere stabiliteten til blokker som ellers er stabile i tørre forhold. Vanntrykket kan virke som en hydraulisk jekk langs sprekkeflatene og presse blokker fra hverandre og føre til utglidning eller utfall (Domaas og Grimstad, 2014). Vanntrykket øker med store mengder nedbør og med snøsmelting (Sandersen m. fl., 1996). På Østlandet skjer de fleste skred fra fast

fjell i snøsmeltesesongen (april – mai), mens skred på Vestlandet går hyppigst på høsten (september – desember) grunnet mye nedbør (Domaas og Grimstad, 2014).

En annen viktig årsak til steinsprang og steinskred er fryse- og tinesykluser. Frostsprengning skjer ved at vann fryser i sprekker nær overflaten. Flesteparten av skredene skjer på høsten eller våren, når temperaturen svinger mye rundt frysepunktet (Bjerrum og Jørsdtad, 1966). Ved gjentatt frysing og tining kan blokker eller bergmasser bli gradvis forskjøvet, slik at de etter hvert kommer i ustabile posisjoner. Frysing kan i tillegg tette utløpet for drenering av sprekker slik at vanntrykket øker (Domaas og Grimstad, 2014).

I Norge har glasiale prosesser hatt stor innvirkning på skredfaren. Glasiasjon har dannet bratte fjellvegger, samtidig som fjellsider blir mindre stabile når isen forsvinner. En annen følge av deglasiasjon er trykkavlastning. Som følge av at trykket fra isen forsvinner vil det dannes sprekker i fjellmassene, noe som øker ustabiliteten og kan føre til skred (Braathen m. fl., 2004). Fjellsidene i Uskedalen er et godt eksempel på dette. Blokker løsner fra fjellveggen langs oveflateparalleller som er dannet som følge av trykkavlastning.

6.1.5 Spor

I utløpsområdet avsettes det kantet og umodent materiale, Figur 6.3. Skredets utløpsdistanse bestemmes av faktorer som materialets størrelse og form, samt skråningsoverflatens gradient og tekstur (Parson og Abrahams, 1987). Mengden materiale som faller vil også spille inn på utløpslengden. Generelt har steinsprang kortere utløpslengde enn steinskred. Steinskred og større steinsprang vil gi lengere og slakere skredvifter (Statham og Francis, 1986; referert til i Blikra og Nemeč, 1998).



Figur 6.3: Der det går steinsprang og steinskred avsettes det kantet og umodent materiale. (UTM: 329457 6642537) Foto: Ane Senneseth

Der det har gått mange steinsprang og små steinskred vil det dannes talusvifter, Figur 6.4, med fallsortering der materialet blir grovere mot foten av skråningen (NVE, 2016). Høyest i skråningen vil det være grus og sand, mens størrelsen på blokkene vil øke nedover i ura. Dette skyldes at større og tyngre blokker har mer energi og vil bevege seg raskere og lenger enn mindre blokker (Blikra og Nemeč, 1998). Graden av sortering vil øke etterhvert som ura utvikler seg. Talusvifter er brattest øverst og blir gradvis slakkere nedover skråningen (Domaas og Grimstad, 2014).



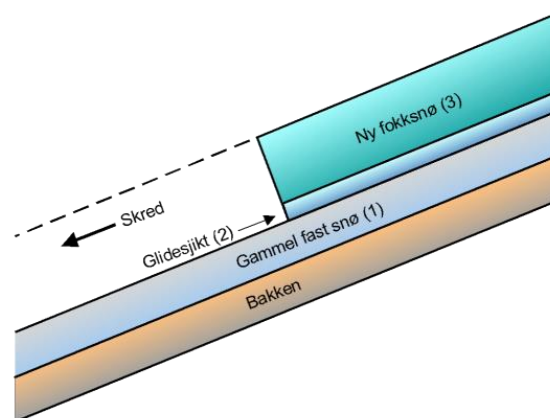
Figur 6.4: Der det har gått mange steinsprang og små steinskred dannes det talusvifter. Disse er markert med oransje piler. (UTM: 32V 329753 6642783) Foto: Ane Senneseth

6.2 Snøskred

Snøskred er snømasser som raskt forflyttes ned en fjellside eller bratt skråning. Snøskred deles inn i to hovedtyper; løssnøskred og flakskred (Schweizer m. fl., 2003). I tillegg finnes sørpeskred. Dette kapittelet tar kun for seg flakskred og sørpeskred, da det er disse to typene som finnes i feltområdet.

6.2.1 Flakskred

Flakskred består av ett sammenhengende flak der all snøen glir ut samtidig (Perla, 1980; referert til i Schweizer m. fl. 2003). Flaket glir ut langs et løsere lag nede i snødekket eller langs bakken (McClung og Schaerer, 1993). I flakskred er snødekket delt i tre lag; gammel snø med stor fasthet nærmest bakken (1), oppå dette ligger et tynt, løst lag med liten styrke og (2) øverst et lag med ny fokksnø (3) (Lied og Kristensen, 2003, s. 64). Dette er illustrert i Figur 6.5.



Figur 6.5: Sammensetningen av snøen i et flakskred; 1) gammel fast snø nærmeste bakken, 2) løst lag med liten styrke og 3) et lag med ny fokksnø (Lied og Kristensen, 2003, s. 64).

Volum, tetthet og krystalltype i lagene vil variere i ulike vær-situasjoner, men et gjennomgående prinsipp er at det er et fastere snølag øverst som glir ut langs et lag med mindre styrke. Det svake laget fungerer som et glidesjikt. Under glidesjiktet ligger et lag med fastere snø som fungerer som glideplan. I enkelte tilfeller kan selve bakken være glideplanet (Lied og Kristensen, 2003, s. 64).

Når et flakskred løsner oppstår det et brudd i glidesjiktet. Bruddet forplanter seg raskt langs glidesjiktet og fører til at ett sammenhengende område av snøen glir ut. Øverst i skråningen der

snødekket er godt forankret dannes en markert bruddkant som står ca. 90° på underlaget (Perla og Martinelli, 1976; referert til i Lied og Kristensen, 2003 s. 64)

Flakskred kan utløses ved lokal økt belastning forårsaket av mennesker, økt belastning grunnet nedbør eller situasjoner der egenskapene til snøen endres som for eksempel ved oppvarming. Flakskred kan løsne der terrenget er brattere enn 30° (Schweizer m. fl., 2003).

6.2.2 Sørpeskred

Sørpeskred løsner der det forekommer vannstrømmer i bratte til moderate skråninger. Snø, isblokker, vann og i mange tilfeller jord og bergartsfragmenter beveger seg på en massestrømlignende måte, som oftest i kanaler (Blikra m. fl., 1989). I sørpeskred er innholdet av vann i snøen så stor at snøen nærmest blir flytende (Lied og Kristensen., 2003, s. 71).

Sørpeskred er mest vanlig i områder med stor lavtrykk- og mildværsaktivitet om vinteren. I Norge er kyst- og fjordstrøk fra Sørvestlandet til Nordland mest utsatt. I lavlandet går skredene oftest tidlig på vinteren (oktober – desember), mens de i høyfjellet som oftest forekommer om våren (Lied og Kristensen, 2003, s. 71).

Sørpeskred utløses når det er større tilførsel av vann enn det som dreneres ut gjennom snøen (Blikra m. fl., 1989). Den viktigste årsaken til at sørpeskred utløses er sterkt tilførsel av vann som følge av kraftig regn eller snøsmelting. Fjellsider som vender mot vinden er mest utsatt fordi varmetilførselen fra luften er størst her slik at det skjer smelting. I fjellsider som vender mot vinden regner det også mest, noe som også øker sannsynligheten for at skred løsner (Lied og Kristensen, 2003, s. 71).

Skredene utløses som oftest langs bekke- og elveløp eller andre forsenkninger i terrenget der det samles opp vann. Helningen i løsneområdet er vanligvis lavere enn for de to andre snøskredtypene. Underlaget har stor betydning for om sørpeskred løsner. Bare fjelloverflater, is og frosset grunn er mest utsatt fordi vann ikke kan dreneres ned i underlaget (Lied og Kristensen, 2003, s. 72).

6.2.3 Snøskredfare

Dannelse av snøskred skyldes komplekse sammenhenger mellom terreng, snøens egenskaper og meteorologiske forhold (Schweizer m. fl. 2003). Helningen i løsneområdet er den topografiske faktoren som har størst betydning for snøskredfare. Alle skråninger med helninger

mellom 30° – 60° og som ikke er dekket av tett skog er mulige løснеområder. Hvilken helning som skal til for at skred løsner avhenger av skredtype og snøforhold (Lied og Kristensen, 2003, s. 23).

I tillegg til helning er det flere andre topografiske forhold som spiller inn på graden av skredfare. Skråninger og fjellsider som ligger i le for de vanlige nedbørsførende vindretningene er mest utsatte for snøskred. På Vestlandet kommer det meste av nedbøren fra sørlig og sørvestlig kant. Dette fører til at det vanligvis ligger mer snø og at det går flest skred i fjellsidene som vender mot nord og nordøst (Lied og Kristensen, 2003, s. 25).

Enkelte terrengformer gir større skredfare. I le av rygger og knauser eller andre fremstikkende formasjoner samles snøen, mens det i forsenkninger og dalfører vil samles mer snø enn i terrenget rundt. Lied (1978) viste at botner, åpne skåler, bratte elvegjel, skar og svaberg er mest utsatt (Lied og Kristensen, 2003, s. 24). I fjellsidene i Uskedalen er det mange skåler/botner og forsenkninger der det kan akkumuleres snø, Figur 6.6. Fra disse kan det løsne snøskred.



Figur 6.6: Fjellsidene i Uskedalen har mange forsenkninger og skåler der det kan akkumuleres snø. (UTM: 329959 6642472) Foto: Ane Senneseth

6.2.4 Værforhold som fører til snøskred

Noen typer værforhold øker faren for snøskred. Om vinteren går skredene som oftest i forbindelse med at det snør og blåser kraftig. Om våren er det varmluft, solstråling og regn som fører til snøskred. De viktigste værfaktorene som bestemmer graden av skredfare er nedbørintensitet, vindstyrke, vindretning og lufttemperatur (Lied og Kristensen, 2003, s. 95). Nedbørintensiteten er viktig fordi snøen setter seg og får økt styrke først etter det har gått en

tid. Hvis nedbørintensiteten er høy øker belastningen raskere enn styrkeøkningen i snøen (Lied og Kristensen, 2003, s. 97). Vindstyrke- og retning er viktig fordi vind kan transportere og akkumulere store mengder snø (Lied og Kristensen, 2003, s. 97). Lufttemperatur har en sammensatt virkning på stabiliteten i snødekket. Snøkrystaller og bindinger mellom dem har størst styrke ved lav temperatur. Generelt vil stigende temperaturer føre til lavere styrke i snøen. Hvis temperaturen er over 0°C over lengre tid, smelter snøen og det dannes smeltevann som siger ned. Dette samles langs bakken og kan fungere som et smøremiddel (Lied og Kristensen, 2003, s. 98).

5.2.5 Spor etter snøskred

Snøskred følger vanligvis bekkeløp eller andre forsenkninger i terrenget slik at løsneområdet snevres inn i overgangen til skredløpet (Lied og Kristensen, 2003, s. 32). I utløpsområdet vil skredet bremses opp og stoppe. Små og våte skred vil stoppe når terrenget har helning på 25° – 15°. Store og tørre skred har mindre friksjon og større hastighet, og vil ikke bremses opp før terrenget er 10°. Slike skred kan nå flere hundre meter ut i dalbunnen, og i enkelte tilfeller nå opp i motsatt dalside (Lied og Kristensen, 2003, s. 32).

I skredløpet og utløpsområdet vil snøskred etterlater seg spor i terrenget. I skredløpet vil snøskred kunne grave i løsmaterialet og danne raviner. Spesielt store, våte skred har stor evne til å erodere. Erosjonen er størst sentralt i skredløpet, mens det lenger ut til sidene legges igjen materiale (Lied og Kristensen, 2003, s. 33). Snøskred kan transportere med seg og avsette løsmasser i utløpsområdet. Snøskred kan dra med seg alt fra sand til store blokker. I utløpsområdet finner man gjerne grus og mindre stein på toppen av større blokker. Et eksempel på dette er vist i Figur 6.7. Dette skyldes materiale som har smeltet ut av snøen, slik at grus og mindre stein blir liggende oppå eldre avsetninger (Lied og Kristensen, 2003, s. 34).



Figur 6.7: Mindre stein på toppen av større blokker. Dette skyldes at materialet smeltes ut av snøen slik at yngre avsetninger blir liggende oppå eldre avsetninger. Tommestokken på bildet er 1 m lang. Foto: Ane Senneseth

Snøskred etterlater seg også spor i vegetasjonen. Dette kan man lettest se ved at trær er skadet. De mest vanlige skadene er brudd på stammer, nedbøying og knekk av greiner (Lied og Kristensen, 2003, s. 35). I områder der skogen er slått helt ned vil stammene hovedsakelig ligge i én retning (Lied og Kristensen, 2003, s. 36). Der det går skred hvert år vokser det ikke skog (Lied og Kristensen, 2003, s. 37).

7. Metoder

I dette kapitlet kommer det en presentasjon av metodene som er brukt i masteroppgaven. Det er brukt to forskjellige metoder for å beregne rekkevidde til skred i Uskedalen; alfa-beta metoden og beregning av utløpslengder ved bruk av H/L-forholdet. For å se på skredfrekvens er schmidthammer benyttet. Schmidthammermålingene er behandlet statistisk.

7.1 Beregning av rekkevidde

En viktig del av skredfarevurderingen er å beregne maksimal rekkevidde for potensielle skred. I denne oppgaven er det brukt to forskjellige metoder til dette; alfa-beta metoden og beregning av utløpslengde ved å bruke H/L-forholdet.

7.1.1 Alfa-beta metoden

Det er vanlig å benytte seg av alfa-beta metoden for å beregne utløpslengde til snøskred og steinskred/-sprang (Derron, 2009). Metoden er basert på empiriske data om utløpslengder til skred på bakgrunn av topografien i skredbanen. Metoden ble utviklet av Lied og Bakkehøi

(1980), og ble opprinnelig brukt til å beregne maksimal utløpslengde til snøskred. Metoden tar utgangspunkt i overgangssonen mellom skredløpet og utløpsområdet. For snøskred ligger dette på rundt 10° (De Quervain, 1972; Buser og Frutiger, 1980, referert til i Bakkehøi m fl., 1983). For steinsprang ligger tilsvarende måling på rundt 23° (Derron, 2009).

Studiet som resulterte i alfa-beta modellen baserer seg på detaljerte beskrivelser av 850 skred utført av Lied (1971), Haug (1974) og Hestnes (1977) (Lied og Bakkehøi, 1980). Hovedandelen av skredhendelsene skjedde i bebodde områder, noe som gjorde det mulig å benytte seg av kunnskapen til lokalbefolkningen, kirkebøker og politirapporter. Informasjon om skredhendelser for mer enn hundre år tilbake i tid ble benyttet (Lied og Bakkehøi, 1980). Hvert skred ble markert på kart. Skredløp og bruddsone ble identifiserte ut ifra flyfoto og feltbefaring. Kun skred med frie utløpslengder ble tatt med. 423 skred hadde god nok informasjon om terrengforhold og maksimal utløpslengde til å brukes. Til slutt ble det utført regresjonsanalyse av 111 skredløp basert på 8 terrengparametere. 26 forskjellige kombinasjoner ble testet, der de 4 beste kombinasjonene av variablene ble brukt. Variablene beskriver i hovedsak helning på skredet, gjennomsnittlig gradient på skredløpet, vertikal forflytning av skredet og gradient på bruddsonen (Lied og Bakkehøi, 1980).

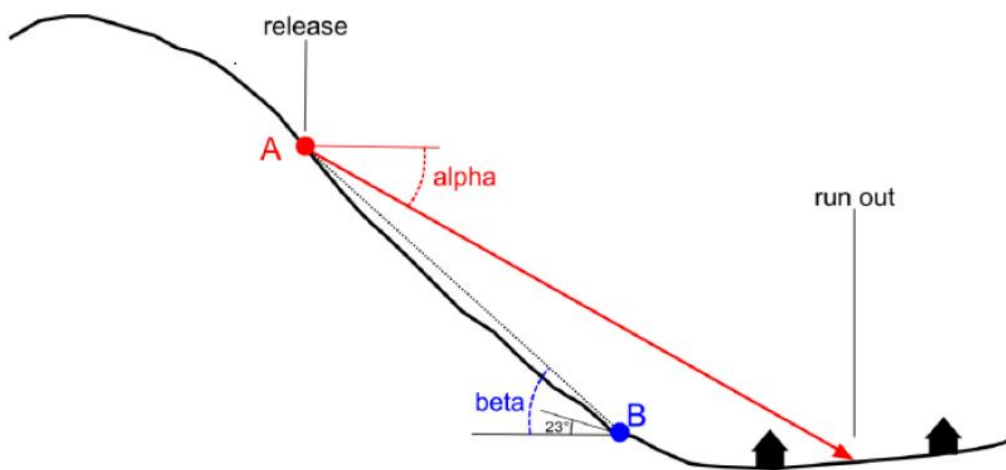
Utførelse

Det tegnes først et høyde-lengde profil av skredbanen. Løsnepunktet, *punkt A* på Figur 7.1, markeres på profilet. Deretter identifiseres punktet der helningen er så lav at skredet begynner å miste energi og avsettes; 23° for steinsprang (Derron, 2009) og 10° for snøskred (Lied og Kristensen, 2003). Dette punktet er markert som *punkt B* i Figur 7.1. Vinkelen *beta* (β) er definert som hellingen på *linjen AB*. Denne vinkelen settes inn i en empirisk utarbeidet formel for å finne *alfa* (α). *Alfa* (α) gir utløpsdistansen til skredet. Rekkevidden til steinsprang og snøskred er gitt ved formlene:

Formel 7.1: Alfa-beta formelen for steinsprang og snøskred.

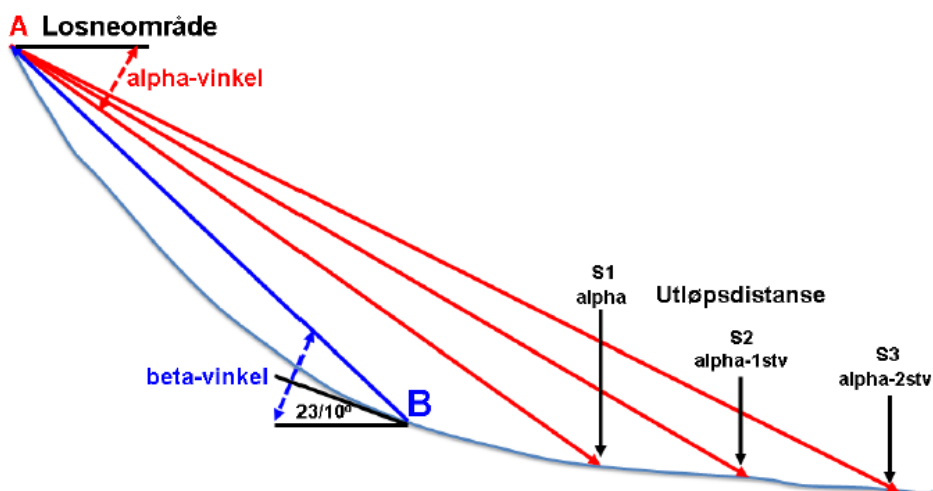
| Steinsprang | Snøskred |
|--|--|
| α -vinkel = $0,77 \times \beta$ -vinkel + $3,9^\circ$ | α -vinkel = $0,96 \times \beta - 1,4^\circ$ |
| Standardavvik = $2,16^\circ$ | Standardavvik = $2,3^\circ$ |

β er vinkelen mellom løsnepunktet, *punkt A* på Figur 7.1, og punktet der helningen går over til å være $23^\circ/10^\circ$, *punkt B* i Figur 7.1. α er vinkelen mellom løsnepunktet (*punkt A*) og maksimal rekkevidde til skredet.



Figur 7.1: Prinsippet for alfa-beta-metoden. Løsnepunktet (A) og 23°-punktet (B) til steinsprang er markert på profilet. Vinkelen β er målt mellom en horisontal linje og linjen AB. Vinkelen α viser utløpsdistansen til skredet (Derron, 2009).

Utløpslengden man får ved å bruke den utregnede α -vinkelen tilsvarer sikkerhetsklasse S1 i Byggteknisk forskrift (DiBK, 2017). Ved å trekke fra ett og to standardavvik fra α -vinkelen finner man grensene til henholdsvis sikkerhetsklasse S2 og S3. Dette er vist i Figur 7.2.



Figur 7.2: Grensen til sikkerhetsklasse S2 og S3 defineres ved å trekke fra henholdsvis ett og to standardavvik fra α -vinkelen (SGC, 2014).

For steinskred og steinsprang (Lokalitet 2, 3 og 5) er det tegnet profil av skredbanen og regnet ut utløpslengder for hver blokk som er kartlagt i felt. I hver skredbane er det regnet ut lengste og korteste mulige utløpslengde ved å ta utgangspunkt i henholdsvis høyeste og laveste mulige løsnepunkt i fjellveggen. På lokalitetene med snøskred (Lokalitet 1 og 4) er samme metode benyttet, men det er kun regnet ut utløpslengder for en skredbane på hver.

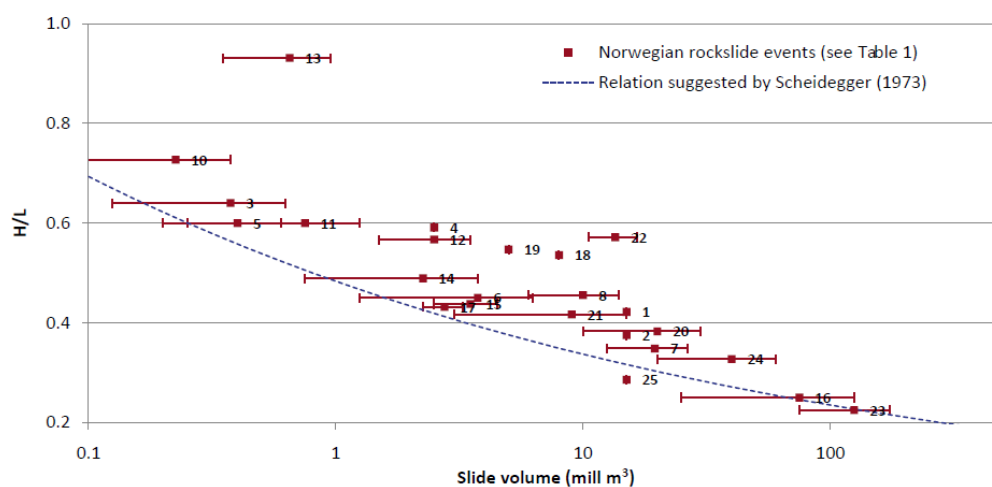
ArcGIS

I denne oppgaven er ArcGIS brukt til å beregne utløpslengder med $\alpha\beta$ -metoden. To forskjellige terrengmodeller (DTM) er benyttet; en med oppløsning på 1 m og en med oppløsning på 10 m (Kartverket, 2017c). I ArcGIS er det brukt 3D-analyse, *3D-analyst tool*, til å tegne høydeprofiler av skredbanene. Til dette er DTM-en med oppløsning på 1 m brukt. DTM-en på 10 m er brukt til å finne 10° -punktet til snøskred og 23° -punktet til steinsprang og steinskred. Denne er også bruk til å analysere hvor i terrenget det er bratt nok til at steinskred og steinsprang kan løsne ($> 40^\circ$).

7.1.2 Beregning av utløpslengder ved bruk av høyde/lengde(H/L)-forholdet

Å bruke H/L-forholdet til å beregne utløpslengder er i utgangspunktet en metode utviklet til å brukes på fjellskred. Metoden baserer seg på at forskjellige typer skred har ulikt H/L-forhold. Rekkevidden til skred avhenger av fallhøyde, friksjon i skredbanen og volumet av skredmassene (Heim, 1932; referert til i Hsü., 1975). Hsü (1975) utviklet et H/L-forhold ut ifra Coloumbs friksjonslov; $H = \tan\alpha L$, der $\tan\alpha$ er friksjonen i skredbanen. Dette gir formelen $f = H/L$, der f er friksjonskoeffisienten, H vertikal høyde og L horisontal utløpslengde (Hsü, 1975).

Friksjonskoeffisienten f blir mindre når volumet av skredmassene øker (Heim, 1932; referert til i Scheidegger, 1973). Det vil si at rekkevidden øker desto større skredet er. I Norge vil H/L-forholdet til fjellskred ligge mellom 0,2 og 0,7, der de laveste verdiene gjelder for de største skredene (Domaas og Grimstad, 2014, s. 59). Figur 7.3 viser H/L-forholdet som en funksjon av volumet på skredet.



Figur 7.3: H/L-forholdet som en funksjon av volum til 16 norske fjellskred. Volumet er presentert logaritmisk (Romstad m. fl. 2009).

Utførelse

Tabell 7.1, meddelt av A. Nesje (2017), foreslår H/L-forhold til ulike typer skred. Disse er brukt til å beregne rekkevidde til skred i Uskedalen. H/L-forholdet til steinsprang (0,8) er brukt til å beregne utløpslengder på Lokalitet 2, 3 og 5. På Lokalitet 2 er også H/L-forholdet til steinskred (0,6) benyttet. Rekkevidden er beregnet ved hjelp av formel 7.2.

Tabell 7.1: H/L-forhold og L/H-forhold til ulike typer skred. Tallene er personlig meddelt av A. Nesje (2017).

| Grader | H/L-forhold | L/H-forhold | Skredtyper |
|--------|-------------|-------------|--|
| 20 | 0,35 | 2,84 | Jordskred med høy mobilitet |
| 22 | 0,4 | 2,5 | Snø- (flyteskred), flom-, sørpe- og store fjellskred med høy mobilitet |
| 26 | 0,5 | 2 | Større løssnøskred og flakskred, jordskred med høy mobilitet |
| 31 | 0,6 | 1,67 | Mellomstore snøskred, steinskred, små fjellskred |
| 35 | 0,7 | 1,43 | Mindre løssnøskred og flakskred |
| 39 | 0,8 | 1,25 | Steinsprang, jordskred med lav mobilitet |

Formel 7.2: Formel for å finne utløpslengden til skred vha. høydedifferansen og H/L-forholdet.

| | |
|-----------|---|
| $H/L = x$ | H = Høydedifferansen (høyden fra løsnepunktet til bunnen av dalen) |
| ↓ | L = Horisontal lengde |
| $L = H/x$ | x = H/L-forholdet |

På Lokalitet 2, 3 og 5 er det beregnet utløpslengder i alle de samme skredbanene som alfa-beta metoden; en for hver av de ytterste skredblokkene kartlagt i felt. Disse er også markert med stiplede linjer på kartene som viser beregnede utløpslengder. I tillegg til dette er H/L-forholdet regnet ut på alle lokalitetene. Dette er gjort ved å ta utgangspunkt i vertikal (H) og horisontal (L) avstand mellom løsnepunkt og ytterste skredblokk kartlagt i felt.

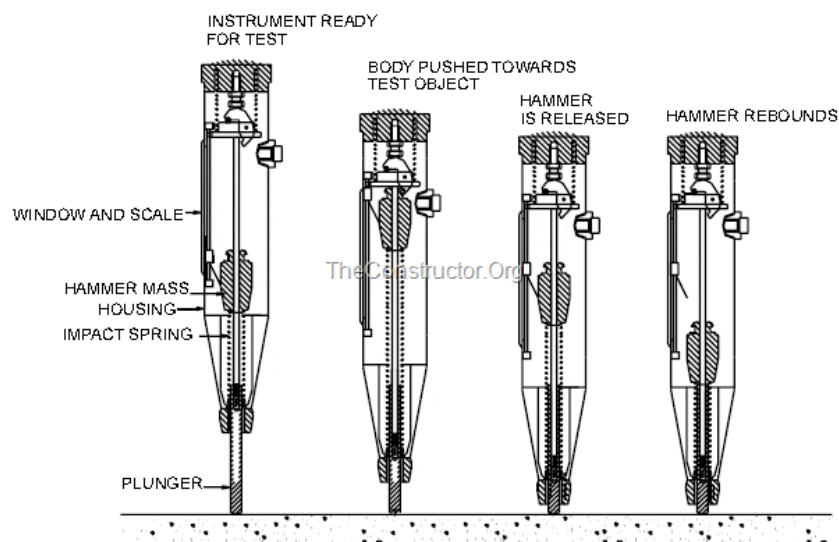
7.2 Datering av skredmasser - Schmidhammer

Schmidhammeren ble utviklet på 1940-tallet av E. Schmidt, og ble opprinnelig brukt i byggeindustrien til å teste hardheten til betong (Day og Goudie, 1977; referert til i Aydin og Basu, 2005). Den har senere blitt brukt i geomorfologi til å måle hardheten til bergartsoverflater (Adyn og Basu, 2005). Hardheten kan brukes til å estimere hvor mye forvitring en bergart har

gjennomgått. Datering med schmidthammer tar utgangspunkt i at «myke» bergartsoverflater har blitt utsatt for mer forvitring enn hardere overflater (Williams og Robinson, 1983; referert til i Aydin og Basu, 2005).

Funksjon

Inne i schmidthammeren er det et stempel, Figur 7.4. Når hammeren blir slått mot en flate vil stempelet automatisk bli sluppet ned. Deler av energien frigjort under nedslaget vil absorberes ved at det skjer plastisk deformasjon av bergarten og ved at energi omgjøres til varme og lyd. Den resterende energien vil føre stempelet tilbake. Avstanden stempelet blir slått tilbake kalles R-verdi (Rebound-value), og er med dette en indeks på hardheten til overflaten. R-verdien varierer fra 10 til 100, der harde overflater har høyere R-verdier enn myke overflater (Aydin og Basu, 2005). Det finnes tre forskjellige versjoner av hammeren. I geomorfologi benyttes N-typen (Goudie, 2006).

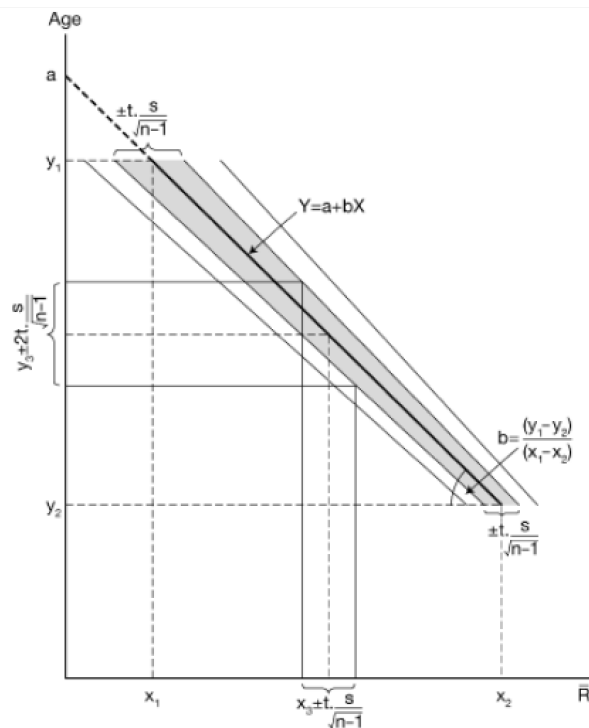


Figur 7.4: Inne i schmidthammeren er det et stempel. Stempelet bli automatisk sluppet ned når hammeren treffer en flate (The constructor – Civil engeneering Home, 2015).

Estimert alder ved hjelp av schmidthammer

Schmidthammeren ble først brukt til relativ datering (Matthew og Shakesby, 1984). Siden har metoden blitt videreutviklet til å kunne bli brukt til numerisk datering (Shakesby m. fl., 2006). Numerisk datering med schmidthammer utføres ved hjelp av en kalibreringskurve. En kalibreringskurve beskriver forholdet mellom R-verdi (x) og alder på bergartsoverflaten (y). Her tar man utgangspunkt i to referansepunkter som er datert med en annen dateringsmetode (Matthews og Owen, 2010). Dersom man antar at forvittringsraten er konstant, vil det være et

lineært forhold mellom de to referansepunktene (Colman, 1981). Med dette er det mulig å måle en hvilken som helst overflate i et område. R-verdien (x) registreres i kalibreringskurven, og alder kan leses av på y-aksen. Dette er illustrert i Figur 7.5



Figur 7.5: Kalibreringskurve som brukes til numerisk datering. X-aksen representerer R-verdier og Y-aksen alder. R-verdien (x) fra en måling plottes inn i kurven, og alderen kan leses av på y-aksen. Kurven viser dateringen til en overflate X_3 . Gjennomsnitt og 2 standardfeil er tegnet inn med linjer for både R-verdi og alder (Matthews and Owen, 2010).

Feilkilder

Schmidthammeren er et sensitivt måleinstrument og det er knyttet flere feilkilder til denne. For det første er det en del faktorer som må tas hensyn til for at resultatene skal bli mest mulig presise. Schmidthammeren er ekstremt sensitiv mot ujevnheter i bergarten. Dette gjør at metoden er lite egnet til å brukes på folierte eller inhomogene bergarter (Goudie, 2006). Målinger påvirkes av teksturen på overflaten av bergarten. Bergarter med rette og jevne overflater vil få høyere R-verdi enn bergarter med mer irregulære overflater (Williams og Robinson, 1983; McCarrol, 1989; referert til i Ayding og Basu, 2005). Dette er på grunn av at ujevnheter på overflaten ofte vil bli knust før stempelet når helt ned til flaten. Dette vil føre til ekstra tap av energi, noe som påvirker R-verdien (Hucka, 1965; referert til i Adyn og Basu, 2005).

Dersom man skal datere bergartsoverflater flere steder innen et område, bør målinger kun gjøres på samme type bergart. Det er forskjell på forvittringsrate mellom ulike litologier og

mineralogier. Mer forvitring vil gi større spredning i R-verdier. Dersom forskjellen i kornstørrelse er stor mellom blokkene, er de lite egnet til å bli brukt til datering. Dette kommer av at fine kornstørrelser vil gi mindre spredte R-verdier enn grovere kornstørrelser (Winkler, 2005; referert til i Goudie, 2006).

Blokkene det tas schmidthammermålinger på må ha en viss størrelse. Sumner og Nel (2002) sine undersøkelser viser at blokkene bør veie minst 25 kg. Det bør unngås å ta målinger for nær kanter. Dette er for å unngå at R-verdien blir for lav som følge av at energi spres (Day og Goudie, 1977; referert til i Adyn og Basu, 2005). Overflaten bør være fri for sprekker og hulrom der målinger tas (Adyn og Basu, 2005). Overflaten bør også være fri for mose og lav (Goudie, 2006). Det har vist seg at vanninnhold i bergarten påvirker R-verdien. Økt vanninnhold gir lavere R-verdier. Derfor bør kun tørre overflater benyttes når målinger skal tas (Sumner og Nel, 2002).

Utførelse

I dette arbeidet er typen N-hammer benyttet. Det er tatt schmidthammermålinger på alle lokalitetene. Instrumentet er benyttet i henhold til anbefalingene om å holdes vinkelrett på bergoverflaten, uten tilstedeværelse av mose eller annen vegetasjon og ved å unngå synlige sprekker og hulrom. Alle målingene er lagt inn i KaleidaGraph, der statistiske variabler er regnet ut.

På Lokalitet 1 er det tatt målinger på dellokalitet 1a, 1b og 1c, der det på hver er tatt til sammen 60 målinger fordelt på 3 blokker (20 x 3). På resten av lokalitetene er det tatt 50 målinger på hver av de ytterste skredblokkene som er kartlagt i felt. På lokalitet 2, 3 og 5 er det i tillegg til dette tatt målinger på profiler. I hvert profil er det er tatt målinger på fem blokker nedover dalsiden. På lokalitet 2 er det tatt to profiler. På lokalitet 3 og 5 er det tatt målinger på ett profil på hver.

Kalibreringskurve for Uskedalen

Kalibreringskurven utarbeidet Uskedalen tar utgangspunkt i at området ble isfritt for rundt 11300 år (y) siden (Bakke, upublisert data; referert til i Helle, 2006). Denne alderen vil tilsvare hardheten på de eldste bergartsoverflatene i området, Figur 7.6. Målingene på det som er antatt å være en slik flate gir R-verdien 25,34 (x). Disse to verdiene er brukt som ett av referansepunktene – $(x,y)_1$. Det andre referansepunktet tar utgangspunkt i målingene

på en fersk flate, Figur 7.7, som tilsvarer en alder på 0 år (y). Målingene på den ferske flaten gir gjennomsnittlig R-verdi på 44,14 (x). Dette gir det andre referansepunktet $(x,y)_2$.

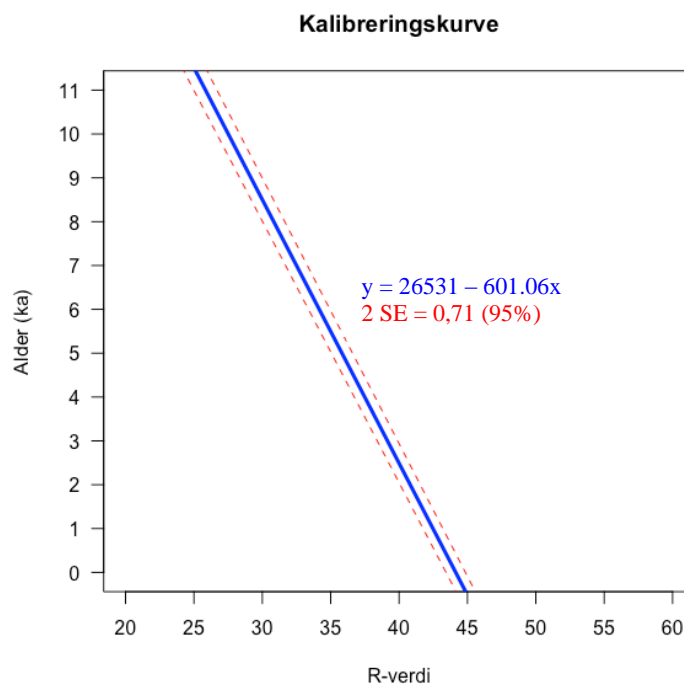


Figur 7.6: Gammel flate det ble tatt målinger på til kalibreringskurven. Foto: Ane Senneseth



Figur 7.7: Fersk flate det ble tatt målinger på til kalibreringskurven. Foto: Ane Senneseth

I etableringen av kalibreringskurven er det tatt utgangspunkt i at forvittringsraten er lineær. Dette gir kurven vist i Figur 7.8. Helningen på denne kurven gir Formel 7.3, for alder (y) som en funksjon av R-verdi (x). Denne er brukt til å regne ut eksakte aldre på alle blokkene kartlagt i felt. Disse presenteres i resultatkapittelet, Kapittel 8.



Figur 7.8: Kalibreringskurve for Uskedalen basert på to referansepunkter; ett punkt med kjent hardhet og alder på gammel flate, og ett for fersk flate.

Formel 7.3: Formel brukt til datering av bergartsoverflater i Uskedalen.

Helning på
kalibreringskurve

$$y = 26531 - 601,06x$$

7.2.1 Behandling av data

Schmidthammermålingene er behandlet statistisk. Statistikk er et viktig verktøy i analysen av målingene, og kan brukes til å sortere og fremheve interessante data. I dette delkapittelet er de viktigste statistiske variablene beskrevet; gjennomsnitt, median, varians, standardavvik, standardfeil, skjevhet og kurtose.

Gjennomsnittet er tallet som angir den mest «typiske» verdien i målesettet. For å finne gjennomsnittet summeres alle verdiene. Summen deles deretter på antall målinger i målesettet (Vatne, 2017). **Medianen** er den verdien som ligger midt i målesettet, slik at det er like mange verdier over som under medianen når verdiene er rangert i stigende rekkefølge. Medianen brukes når man ønsker å beskrive den sentrale tendensen i målesettet og ikke vektlegge de ekstreme verdiene (Frøslie, 2017).

Varians forteller hvor spredt verdiene ligger rundt de sentrale verdiene. Variansen er definert som summen av kvadratet av hver verdis avstand fra gjennomsnittet, dividert med det totale antallet verdier i målesettet, Formel 7.4. **Standardavviket** er det «forventede» avviket fra gjennomsnittet, og er definert som kvadratroten av variansen (UiO, 2016).

Formel 7.4: Formel for varians (McGrew og Monroe, 1993, s. 46).

$$\text{var}(X) = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Σ = sum

X_i = verdien av observasjon i

\bar{X} = gjennomsnittet av X

n = antall observasjoner

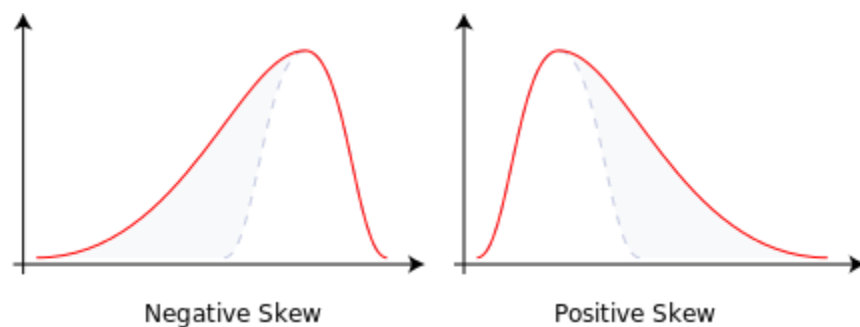
Standardfeil (standard error) er et mål på usikkerheten til målesettet. Det er en funksjon av varians og antall målinger, Formel 7.5 (McGrew og Monroe, 1993, s. 115).

Formel 7.5: Formel for standardfeil (McGrew og Monroe, 1993, s. 115)

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$s_{\bar{x}}$ = Standardfeil
 s = Standardavvik ($\sqrt{\text{var}}$)
 n = Antall målinger

Skjevhet og **kurtose** brukes til å beskrive frekvensfordelingen til et datasett. Begge er mål for avvik fra normalitet. **Skjevhet** illustrerer symmetrien til frekvensfordelingen, og viser om verdiene er jevnt fordelt på begge sider av gjennomsnittet eller forskjøvet mot én av sidene. Jo nærmere 0 verdien er, jo mer symmetrisk er fordelingen. Negative verdier for skjevhet indikerer at kurven er venstreskjev og at flertallet av verdiene ligger nærmere maksimumsverdien enn minimumsverdien. Positive verdier gir en høyreskjev kurve der flertallet av verdiene er forskjøvet mot minimumsverdien (McGrew og Monroe, 1993, s 49). Kurve med positiv og negativ skjevhet er vist i Figur 7,9.



Figur 7.9: Kurvene illustrerer henholdsvis negativ og positiv skjevhet (Wikipedia, 2017).

Kurtose brukes til å beskrive spredningen av verdiene i målesettet. Høye verdier indikerer at verdiene er sentrert rundt gjennomsnittet og kurven vil ha en spissere form enn en normalfordelingskurve. Lave verdier indikerer at verdiene er mer spredt enn i en normalfordeling og kurven vil ha en flatere form (McGrew og Monroe, 1993, s 49).

Alle schmidthammermålingene tatt i felt ble ført inn og bearbeidet i statistikkprogrammet KaleidaGraph. For hver blokk er det regnet ut minimums- og maksimumsverdi, sum av alle målingene, gjennomsnittsverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose. Målingene er også presentert i histogrammer som illustrerer frekvensen av de ulike R-verdiene til hver blokk. Frekvensen beskriver hvor ofte de ulike R-verdiene er registrert, og gir dermed inntrykk av hvilke verdier som dominerer i datasettet.

7.3 Programvare

ArcGIS

ArcGIS er et datamaskinbasert geografisk informasjonssystem (GIS). Programmet gjør det mulig å koble data mot kart for å presentere og analysere geografisk referert data. Det er Environmental Systems Research Institute (Esri) som har utviklet programvaren (Geodata, 2018). I denne oppgaven er ArcGIS brukt til å lage oversiktskart og til å utarbeide faresonekart. Terrenget i feltområdet er analysert med verktøyet *3D-analyst tool*. Dette er benyttet i alfa-beta metoden. De tre faresonene på kartene er fremstilt som polygoner i ArcGIS.

Kaleidagraph

KaleidaGraph er et program som raskt bearbeider og analyserer data, i tillegg til å kunne visualisere data på en enkel og presentabel måte (Synergy software, 2013). Alle schmidthammermålingene ble lagt inn i programmet. Her ble alle de statistiske variablene i oppgaven regnet ut. Frekvensdiagrammene ble også laget i KaleidaGraph.

RStudio

RStudio er et verktøy for statistisk analyse som er basert på programmeringsspråk. Data analyseres og fremstilles gjennom kommandoer (RStudio, 2018). I denne oppgaven ble RStudio brukt til å fremstille kalibreringskurven samt værddata.

8. Resultater

Feltområdet er delt inn i 5 lokaliteter, Figur 8.1. Resultatene er presentert slik at all data er samlet for hver lokalitet. For hver lokalitet er det først en presentasjon av feltobservasjoner. Johannes Hardeng har utført mer detaljert kartlegging og laget et kvartærgeologisk kart over området (Hardeng, 2018). I denne oppgaven er det derfor en kortere beskrivelse av hver lokalitet, med fokus på observerte utløpslengder. Deretter presenteres resultatene fra schmidthammermålingene. Til slutt blir beregnede rekkevidder ved bruk av alfa-beta metoden og H/L-forholdet samt faresonekart presentert.



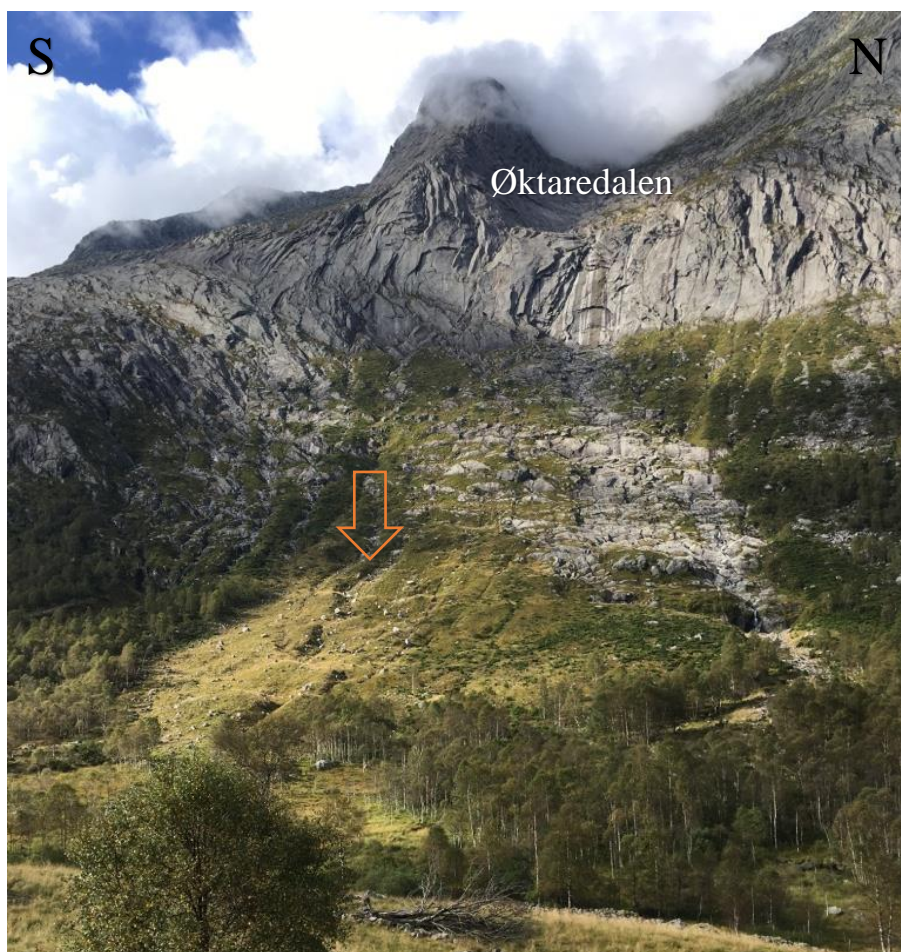
Figur 8.1: Feltområdet er delt inn i 5 lokaliteter. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Feltarbeidet ble utført i to omganger; en uke i slutten av juli og fire dager i midten av september. I feltområdet er det mye skredavsetninger langs hele fjellsiden. For steinsprang er det mulige løsnepunkter langs hele dalen da bergarten i området er oppsprukket. For snøskred er det tenkt at skredene løsner og følger skålene/botnene i fjellsiden.

8.1 Lokaltet 1 – Snøskred

UTM: 32V 329815 6640948

Lokaltet 1 ligger lengst sør i Uskedalen. Øverst i dalsiden er det en stor skål i fjellsiden, Øktaredalen, Figur 8.1.1. Den nederste delen av dalsiden er dekket av bjørkeskog. Lenger opp i dalsiden er det ingen trær, og i de mest sentrale delene er det ikke vegetasjon i det hele tatt. Lengst sør på lokaliteten er det spor etter rennende vann som kan sees som forsenkninger i terrenget. Disse er markert på Figur 8.1.1.



Figur 8.1.1: Oversiktsbilde av Lokaltet 1. I fjellsiden er det en stor skål, Øktaredalen. Spor etter rennende vann er markert med pil. (UTM: 32V 330303 6641037) Foto: Ane Senneseth

På Lokaltet 1 er det flere spor etter snøskred. Blant annet ligger det spredte blokker i de mest sentrale delene av lokaliteten, Figur 8.1.2. Disse har blitt transportert ned dalsiden med snøskred og senere smeltet ut av snøen. Flere steder ligger det også trær som har blitt veltet av snøskred, Figur 8.1.3.



Figur 8.1.2: Det ligger spredte blokker i de sentrale delene av Lokalitet 1. (UTM: 32V 330071 6640988) Foto: Ane Senneseth



Figur 8.1.3: Det ligger velte trær flere steder på lokaliteten. (UTM: 330117 6640986) Foto: Ane Senneseth

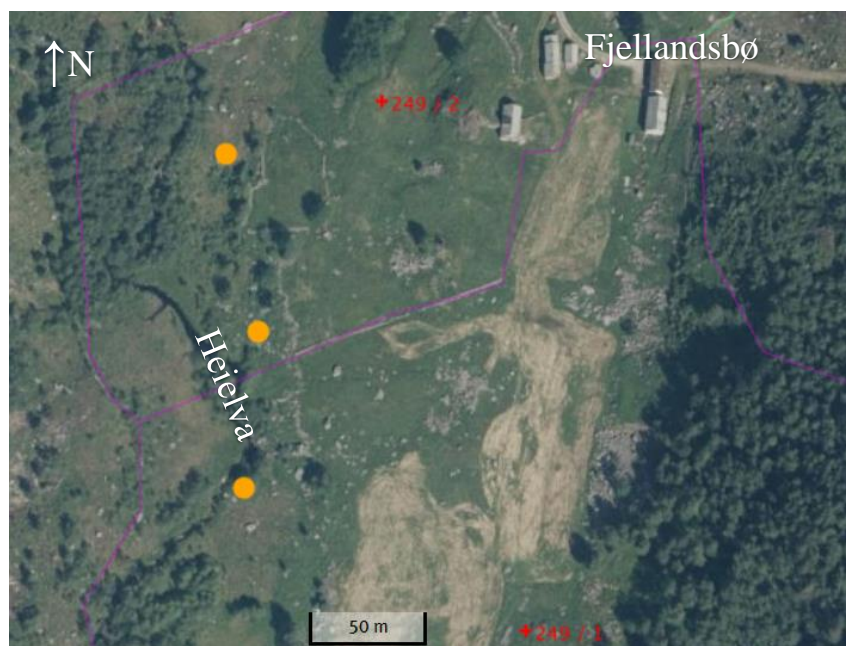
På Lokalitet 1 er det tenkt at det om vinteren bygges opp store skavler på toppen av dalsiden som kan rase ned som flakskred. I tillegg akkumuleres det snø i skåla som kan rase ned, mest sannsynlig som sørpeskred.

8.1.1 Ytterste skredblokker

Lokalitet 1 ligger lengst sør i Uskedalen. De ytterste avsetningene på lokaliteten er markert rett øst for Heielva, Figur 8.1.5. Disse er vist som grønne prikker i Figur 8.1.4, og er delt inn i dellokalitetene 1a, 1b og 1c. Øst for Heielva ligger det masse blokker, Figur 8.1.5. Dette gjør det vanskelig å bestemme de ytterste skredblokkene. Bestemmelsen av ytterste grense på Lokalitet 1 diskuteres nærmere i avsnitt 9.1.1 i diskusjonsdelen.



Figur 8.1.4: Flyfoto av Lokalitet 1. De grønne prikkene representerer de ytterste skredblokkene kartlagt i felt. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)



Figur 8.1.5: De ytterste skredblokkene på Lokalitet 1 ligger rett øst for Heielva. Disse er vist med oransje prikker. I området rundt stølen på Fjellandsbø ligger det mange blokker. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

8.1.2 Schmidhammermålinger

På Lokalitet 1 er det tatt schmidhammermålinger på tre forskjellige steder; dellokalitet 1a, 1b og 1c på Figur 8.1.4. På hver av disse dellokalitetene er det tatt til sammen 60 målinger fordelt på tre forskjellige blokker (20x3). Blokkene det er tatt målinger på er vist i Figur 8.1.6.

1a



UTM: 32V 330265 6641044

1b



UTM: 32V 330264 6641110

1c



UTM: 32 V 330244 6641184

Figur 8.1.6: De ytterste skredblokkene kartlagt i felt på Lokalitet 1, med tilhørende UTM-koordinater. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge. Sørligste dellokalitet er kalt 1a, midterste 1b og nordligste 1c. Sekken brukt som målestokk er 50 cm lang. Foto: Ane Senneseth

Statistikk

I Tabell 8.1.1 er det listet opp statistiske variabler som er regnet ut for målingene tatt på Lokalitet 1. Felles for målingene er at det er stor forskjell mellom maksimums- og minimumsverdi. Målingene ligger på et intervall mellom 21 og 59. Maksimumsverdiene ligger

mellom 50 og 59. Minimumsverdiene ligger mellom 21 og 31. Gjennomsnittverdien er den viktigste statistiske variabelen, og er uthevet i tabellen. Dellokalitet 1a og 1c har relativt lik gjennomsnittsverdi, mens 1b skiller seg ut ved å ha en lavere gjennomsnittsverdi.

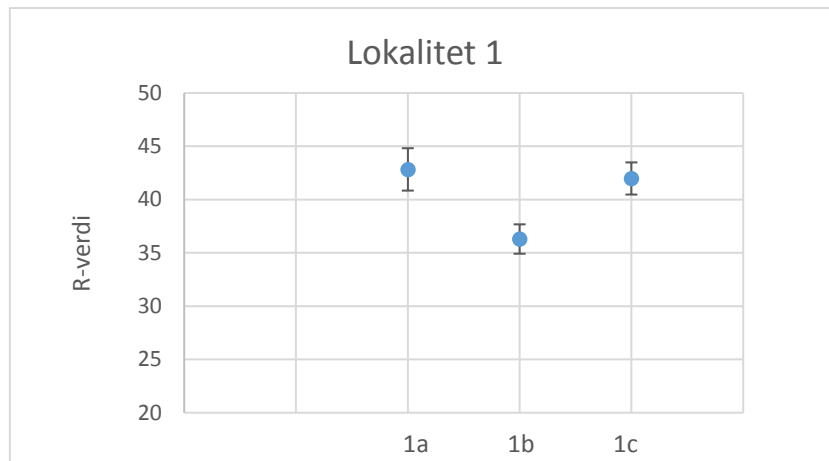
Når det kommer til standardavvik er det 1a som har det største på 7,7. 1b og 1c har standardavvik på rundt 5,5. Dette skyldes at 1a har et bredere intervall. Dette fører også til at 1a har høyere standardfeil (større usikkerhet) enn dellokalitet 1b og c.

Tabell 8.1.1: Utregnede statistiske variabler til målingene tatt på skredblokkene på Lokalitet 1. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| Blokk | 1a | 1b | 1c |
|---------------------|---------------|-------------|---------------|
| Minimum | 22 | 21 | 31 |
| Maksimum | 59 | 50 | 51 |
| Sum | 2570 | 2178 | 2519 |
| Målepunkt | 60 | 60 | 60 |
| Gjennomsnitt | 42,833 | 36,3 | 41,983 |
| Median | 43 | 37,5 | 43 |
| Std. avvik | 7,7046 | 5,3371 | 5,844 |
| Varians | 59,362 | 28,485 | 34,152 |
| Std error | 0,99467 | 0,68902 | 0,75446 |
| Skjevhet | -0,31118 | -0,22353 | -0,24837 |
| Kurtose | -0,20644 | 0,12268 | -1,1647 |

R-verdier

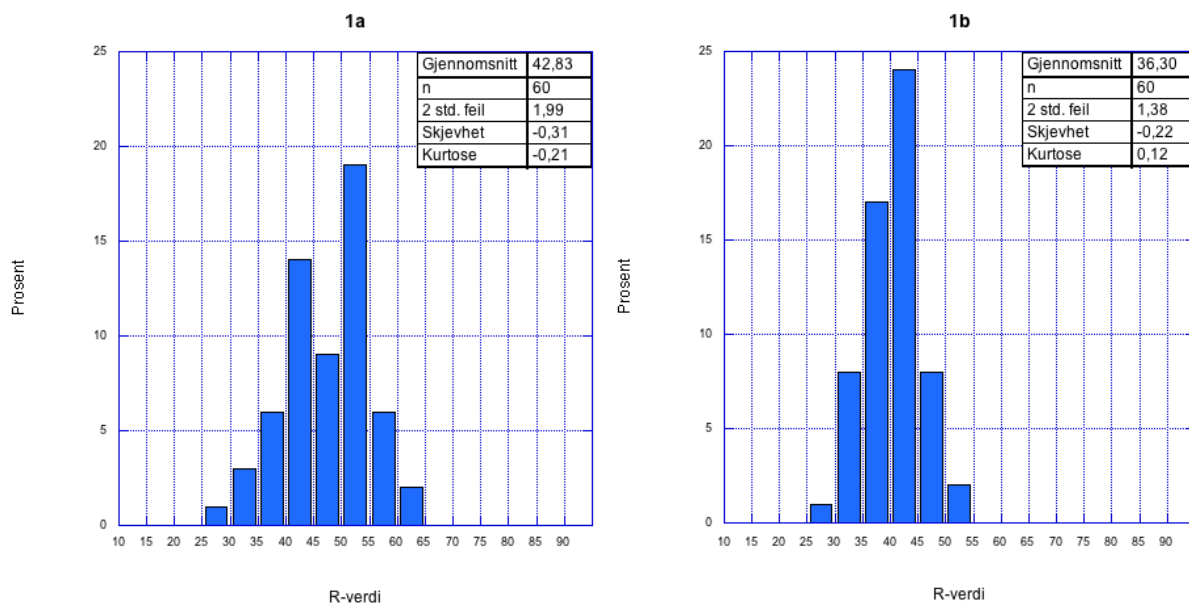
Figur 8.1.7 viser gjennomsnittlig R-verdi til de tre dellokalitetene. Diagrammet illustrerer at gjennomsnittlig R-verdi til dellokalitet 1a og 1b overlapper hvis man regner med to standardfeil. 1c har en signifikant lavere R-verdi enn de to andre dellokalitetene.

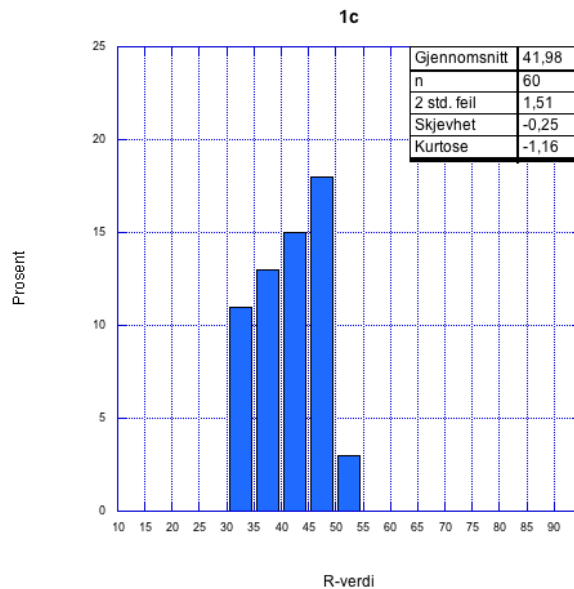


Figur 8.1.7: Diagrammet viser R-verdiene til blokkene på Lokalitet 1, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Frekvensdiagrammene i Figur 8.1.8 viser fordelingen av målingene på hver dellokalitet. Felles for alle dellokalitetene er at målingene har negativ verdi for skjevhet, som vil si at flertallet av målingene ligger nærmere maksimumsverdien enn minimumsverdien. Dellokalitet 1a og 1c har negativ kurtose. Dette kan sees på frekvensdiagrammet ved at målingene ligger mer spredt enn en normalfordeling, og at diagrammet ikke har en tydelig topp. Målingene på dellokalitet 1b har positiv kurtose. Histogrammet har en spissere form, og viser at de fleste målingene er sentrert rundt gjennomsnittet.





Figur 8.1.8: Histogrammer over målte R-verdier til blokkene på Lokalitet 1. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen til høyre. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

8.1.3 Alder

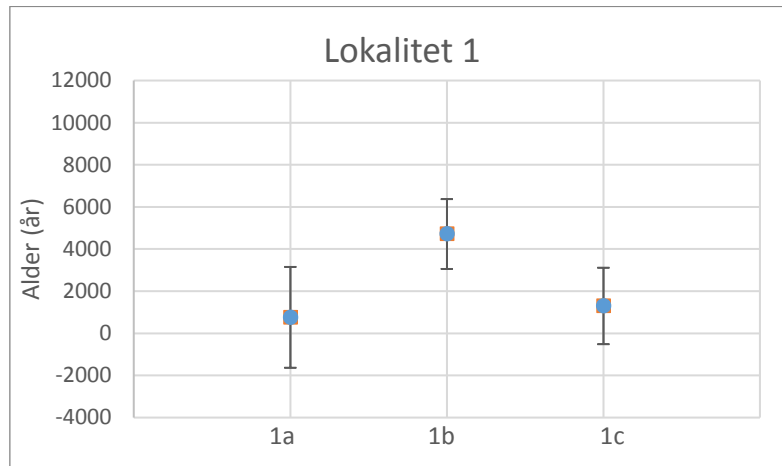
I Tabell 8.1.2 er det listet opp utregnede aldre på overflatene til blokkene ved bruk av formelen fra kalibreringskurven, Formel 7.3. Gjennomsnittsalderen på dellokalitet 1b er betydelig høyere de to andre dellokalitetene. Dellokalitet 1a og 1c har negativ minimumsalder. Dette kan skyldes justering av kalibreringskurven grunnet bruk av to ulike schmidthammere. Dette forklares og diskuteres nærmere i avsnitt 9.9.1 i diskusjonskapittelet.

Tabell 8.1.2: Utregnede aldre til blokkene på de tre dellokalitetene på Lokalitet 1. Gjennomsnittet står i *uthevet skrift*. Det er også blitt regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil.

| | 1a | 1b | 1c |
|-------------------------------|------------|-------------|-------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 42,88 | 36,3 | 41,98 |
| 2 std. feil | 1,99 | 1,38 | 1,51 |
| Gjennomsnittsalder | 758 | 4713 | 1299 |
| 2 std. feil | 2392 | 1659 | 1815 |
| Maks. alder | 3150 | 6371 | 3114 |
| Min. alder | -1635 | 3054 | -517 |

Aldersdiagram

Figur 8.1.9 viser aldrene til dellokalitetene. Diagrammet illustrerer at maksimumsaldrene til 1a og 1c så vidt overlapper med minimumsaldren til 1b på rundt 3000 år. Diagrammet viser også at hvis man regner med to standardfeil er de laveste aldrene til dellokalitet 1a og 1c negative verdier.



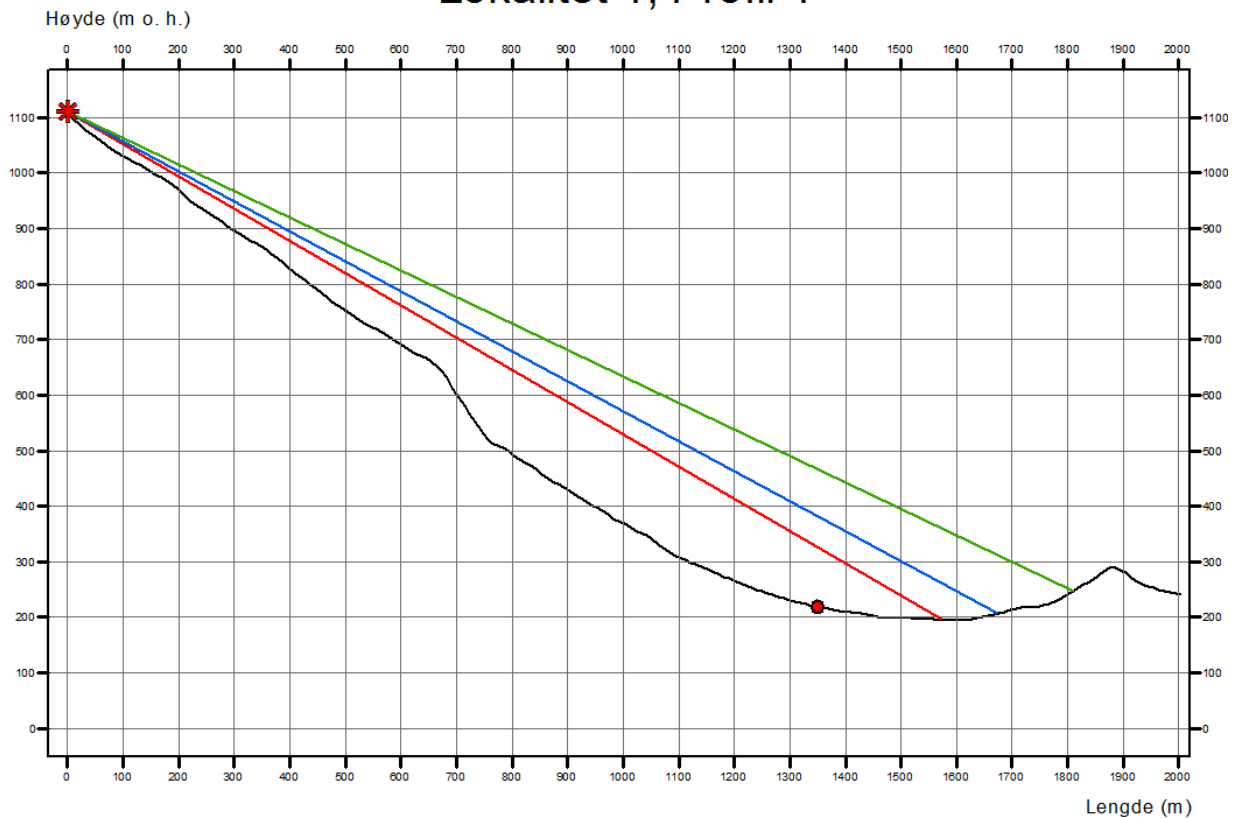
Figur 8.1.9: Diagrammet viser utregnede aldre til blokkene på Lokalitet 1, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalderen er markert med blått. Maksimums- og minimumsalder er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

8.1.4 Utløpslengder

Lengste utløpslengder

Et høyde-lengde profil av skredbanen brukt i beregningen av maksimal rekkevidde til snøskred er vist i figur 8.1.10. På figuren er det tegnet inn grenser til hundreårsskred (S1), tusenårsskred (S2) og femtusenårsskred (S3). I beregningen av maksimal utløpslengde er løsnepunktet satt øverst i Øktaredalen på 1100 m o. h. Starten av profilet har en helning på litt over 30°, før det når et dropp etter rundt 650 m. Her får profilet en helning på rundt 55°, før det går over i en konkav skråning ned mot dalbunnen.

Lokalitet 1, Profil 1



Figur 8.1.10: Høydeprofil av skredbanen på Lokalitet 1. Profilet viser beregnet maksimum utløpslengde for snøskred. Løsnepunktet er markert med rød stjerne. 10° -punktet er vist med rød prikk. Rød, blå og grønn strek illustrerer rekkevidde for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

Maksimum rekkevidde for snøskred

I følge beregningene av maksimale utløpslengder vil et hundreårsskred kunne nå 1577 m, og stoppe opp rett vest for Heielva og de kartlagte blokkene i felt, Figur 8.1.11. Et tusenårsskred vil kunne nå 1677 m. Her begynner dalbunnen å helle den andre veien. Et femtusenårsskred kan nå 1813 m, som vil si at blokker i et slikt skred vil kunne nå et godt stykke opp i motsatt dalside.

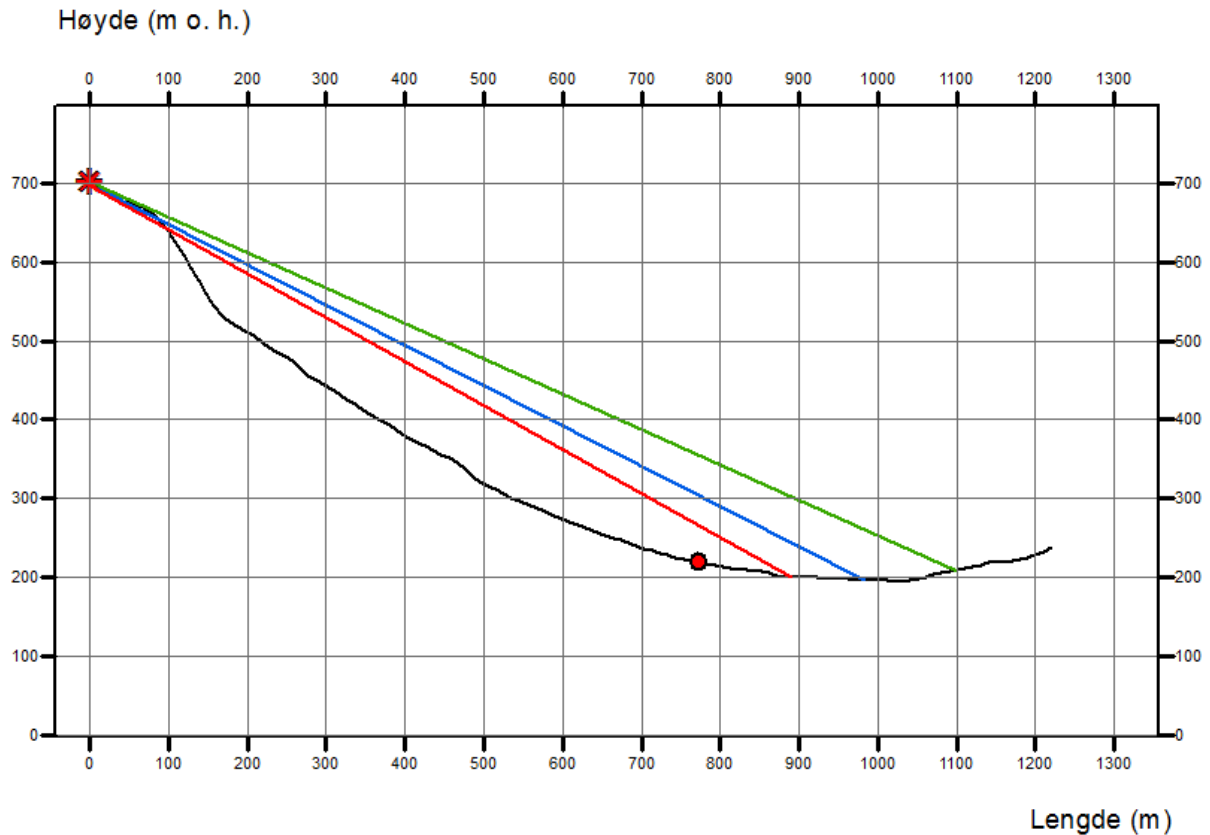


Figur 8.1.11: Maksimum utløpslengder for snøskred beregnet med alfa-beta metoden på Lokalitet 1. Den svarte linjen viser skredbanen. Løsnepunktet er markert med rød stjerne. 10° -punktet er markert med rød prikk. Grensene til sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 er markert med henholdsvis rød, blå og grønn strek. Blokkene kartlagt i felt er markert med grønne prikker. De gule feltene er der terrenget har en helning på 10° . Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Korteste utløpslengder

I beregningen av minimum utløpslengder er samme skredbane brukt, men her er det tenkt at snøen samler seg og raser ut fra skåla lengst vest i Øktaredalen. Skåla ligger på 700 m o. h. Et høyde-lengde profil av skredbanen er vist i Figur 8.1.12.

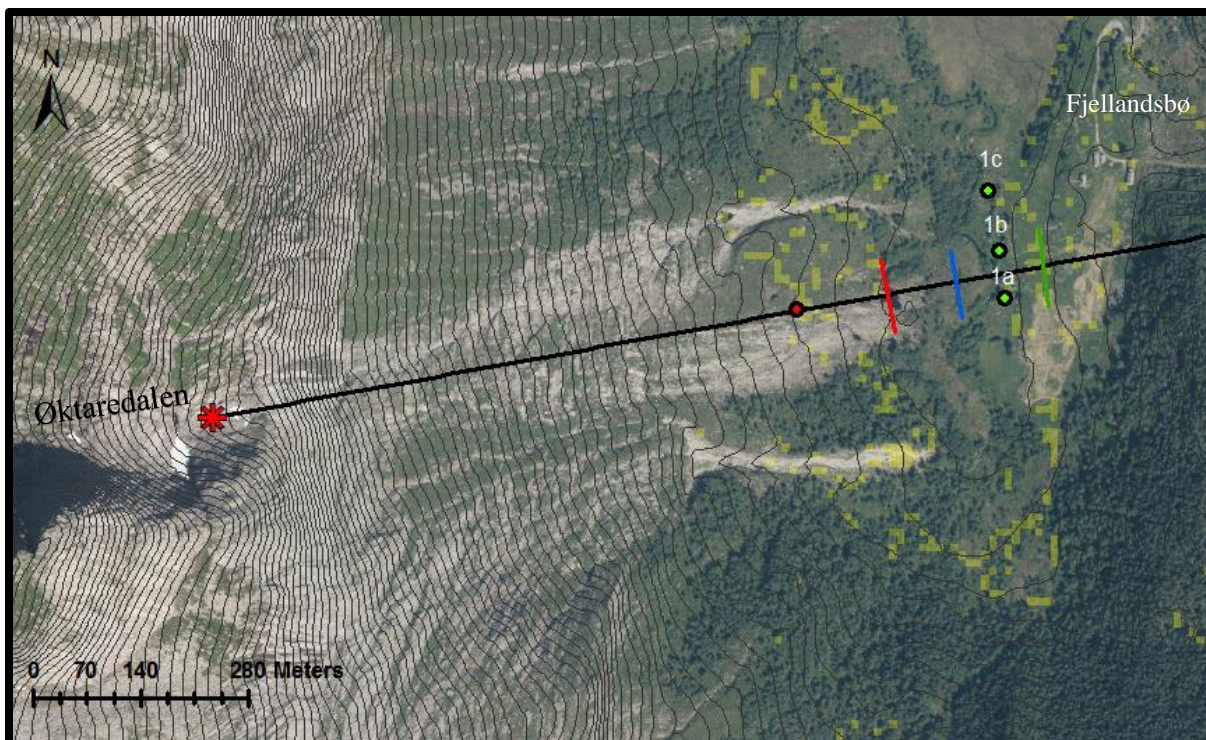
Lokalitet 1, Profil 2



Figur 8.1.12: Høydeprofil av skredbanen brukt i beregningen av korteste utløpslengder til snøskred på Lokalitet 1. Løsnepunktet er markert med rød stjerne. 10° -punktet er vist med rød prikk. Rød, blå og grønn strek illustrerer rekkevidden for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

Minimum rekkevidde for snøskred

Hvis man tar utgangspunkt i at snøskred løsner fra skåla, vil et hundreårsskred kunne nå 894 m. Dette er innenfor området der vegetasjonen i dalbunnen er borte, vist i Figur 8.1.13. Et tusenårsskred kan nå 983 m og et femtusenårsskred 1100 m. Grensen kartlagt i felt ligger midt mellom disse to.



Figur 8.1.13: Minimum utløpslengde for snøskred beregnet med alfa-beta metoden på Lokalitet 1. Den svarte linjen viser skredbanen. Løsnepunktet er markert med rød stjerne. 10° -punktet er markert med rød prikk. Grensene til sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 er markert med henholdsvis rød, blå og grønn strek. Blokkene kartlagt i felt er markert med grønne prikker. De gule feltene er der terrenget har en helning på 10° . Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

8.2 Lokalitet 2 – Steinsprang og steinskred

UTM: 32V 329678 6641827

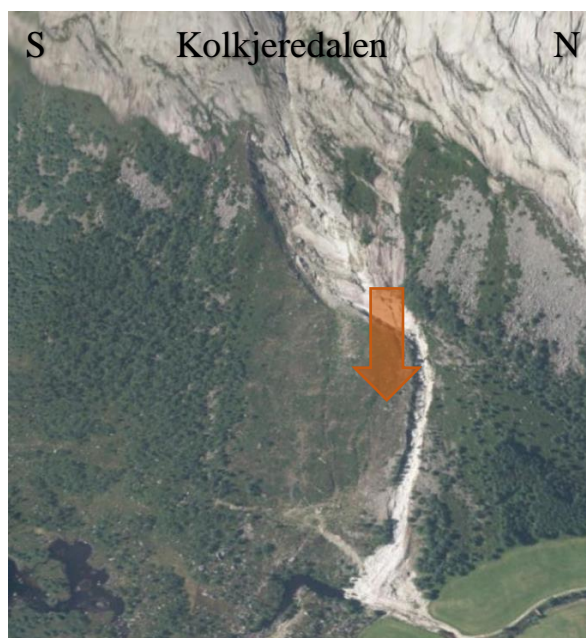
Lokalitet 2 ligger vest for Fjellandsbøvatnet. Fjellveggen har sprekker og spor etter flak som har løsnet langs sprekker parallelle med overflaten og rast ned fra fjellsiden, Figur 8.2.1. I dalbunnen er det myrområder. Lenger opp i dalsiden er området dekket av bjørketrær og kratt, mens det øverst opp mot fjellveggen er lite vegetasjon, Figur 8.2.1. Konsentrasjonen av blokker øker fra dalbunnen og opp mot fjellveggen. Høydekurvene på kartet, Figur 8.2.2, viser at den nordligste delen av lokaliteten er en del av en vifteformet avsetning. Her er det betydelig mindre vegetasjon og blokker i dalsiden, Figur 8.2.3.



Figur 8.2.1: Bilde av sørligste halvdel av Lokalitet 2. I fjellsiden er det spor etter flak som har løsnet og rast ned. (UTM: 32V 33096 6641266) Foto: Ane Senneseth



Figur 8.2.2: Høydekurvene tilsier at den nordligste delen av Lokalitet 2 er del av en stor vifteformet avsetning. Modifisert kart fra Kartverket (2017a)



Figur 8.2.3: På den nordligste delen av lokaliteten er det verken trær eller blokker i dalsiden. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

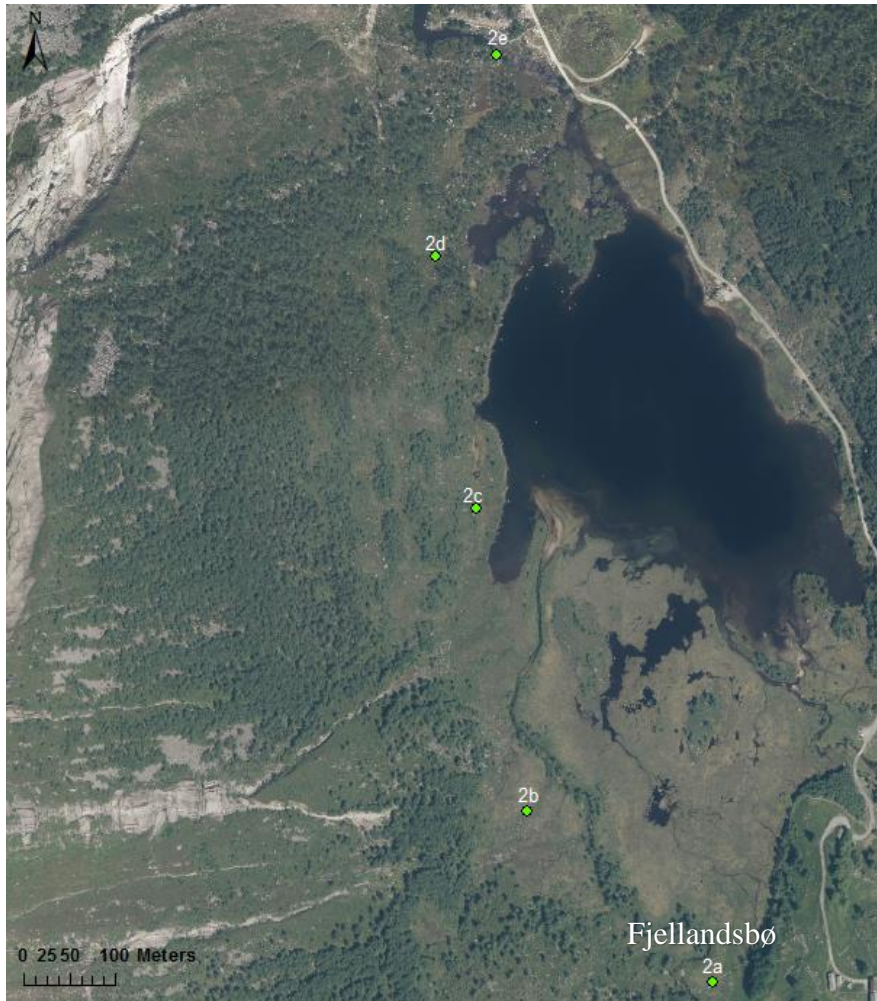
På Lokalitet 2 stammer mest sannsynlig avsetningene fra både steinskred og steinsprang. Mye av avsetningene, også helt øverst i dalsiden opp mot fjellsiden, ser relativt gamle ut. Kantene på blokkene er noe avrundet og dekket av lav og mose flere steder. Avsetningene har heller ingen tydelig fallsortering. Avsetningene på Lokalitet 2 er avbildet i Figur 8.2.4.



Figur 8.2.4: Avsetningene som ligger opp mot fjellveggen på Lokalitet 2. Blokkene er noe avrundet i kantene og flere steder vokser det mose og kratt. Nordlig ende av Fjellandsbøvatnet kan sees i bakgrunnen. (UTM: 32V 329582 6641946) Foto: Ane Senneseth

8.2.1 Ytterste skredblokker

På Lokalitet 2 er det kartlagt fem skredblokker. Disse er vist som grønne prikker i Figur 8.2.5. Den sørligste blokken er kartlagt rett vest for stølen på Fjellandsbø, mens den nordligste blokken er markert ved den nordlige enden av Fjellandsbøvatnet.



Figur 8.2.5: Oversikt over Lokalitet 2. De grønne prikkene representerer de ytterste skredblokkene kartlagt i felt. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

8.2.2 Schmidthammermålinger

På Lokalitet 2 er det tatt schmidthammermålinger på alle blokkene kartlagt i felt. På hver blokk er det tatt 50 målinger. Blokkene det er tatt målinger på er vist i Figur 8.2.6.

2a



UTM: 32V 330251 6641235

Området rundt blokk 2a



2b



UTM: 32V 330046 6641420

Området rundt blokk 2b



2c



UTM: 32V 329993 6641752

Området rundt blokk 2c



2d



UTM: 32V 329945 6642033

2e



UTM: 32V 330013 6642252

Figur 8.2.6: De ytterste skredblokkene kartlagt i felt på Lokalitet 2, med tilhørende UTM-koordinater. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge. Den sørligste blokken er kalt 2a, den neste 2b osv. nordover på lokaliteten. Sekken brukt som målestokk på de tre sørligste blokkene er 50 cm lang. Tommestokken på de to nordligste blokkene er 1 m lang. Foto: Ane Senneseth

Statistikk

I Tabell 8.2.1 er det listet opp statistiske variabler regnet ut for schmidthammermålingene tatt på blokkene på Lokalitet 2. Alle målingene har R-verdier mellom 20 og 54. Stort sett ligger målingene på hver blokk på et intervall på litt over 20 R-verdier. Maksimum R-verdi ligger mellom 40 og 54, mens minimumsverdien ligger mellom 20 og 30. Gjennomsnittverdien er den viktigste statistiske variabelen, og er uthevet i tabellen. Blokk 2c, 2d og 2e har relativt like R-verdier på rundt 30. 2a har noe høyere verdi på 36, mens blokk 2b skiller seg ut ved å ha en betydelig høyere gjennomsnittlig R-verdi på 41.

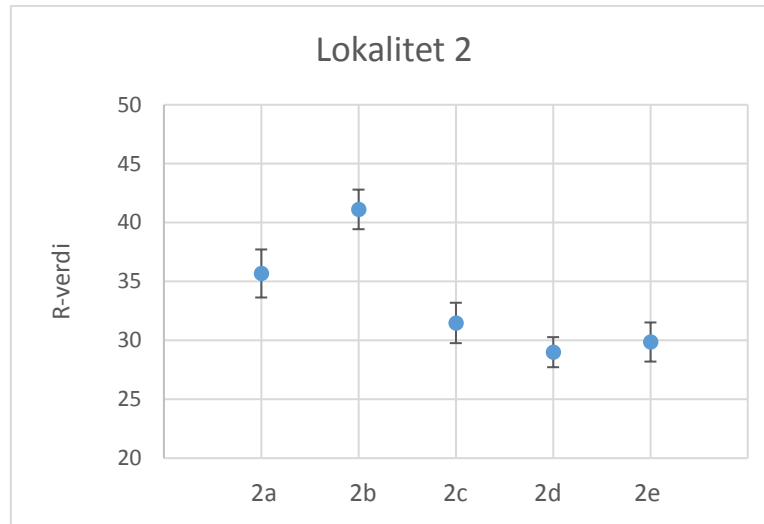
Når det kommer til standardavvik er det 2a som har det høyeste på 7,2. Blokk 2d har det laveste standardavviket på 4,5. Dette skyldes at målingene til disse blokkene har det henholdsvis bredeste og smaleste intervallet. Resten av blokken har et standardavvik på rundt 6. Dette gjenspeiles også i verdiene på standardfeilene til blokkene, som blir lavere ved lavere standardavvik.

Tabell 8.2.1: Utregnede statistiske variabler til de ytterste skredblokkene kartlagt på Lokalitet 2. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| | 2a | 2b | 2c | 2d | 2e |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| Minimum | 24 | 30 | 20 | 21 | 20 |
| Maksimum | 51 | 54 | 41 | 40 | 43 |
| Sum | 1784 | 2056 | 1574 | 1450 | 1493 |
| Målepunkt | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Gjennomsnitt | 35,68 | 41,12 | 31,48 | 29 | 29,86 |
| Median | 36 | 40,5 | 31 | 28,5 | 29 |
| Std. avvik | 7,2095 | 5,9407 | 6,0617 | 4,513 | 5,8694 |
| Varians | 51,977 | 35,291 | 36,744 | 20,367 | 34,449 |
| Std. feil | 1,0196 | 0,84014 | 0,85726 | 0,63824 | 0,83005 |
| Skjevhet | 0,24793 | 0,16297 | 0,1638 | 0,26914 | 0,31934 |
| Kurtose | -0,5685 | -0,91886 | -1,1732 | -0,70172 | -0,58237 |

R-verdier

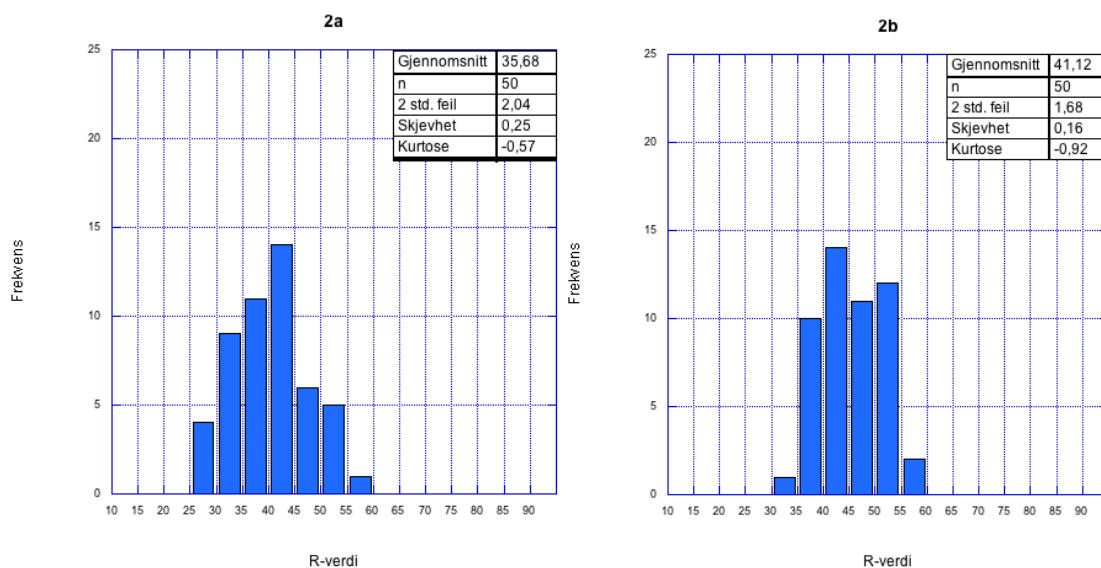
Figur 8.2.7 viser gjennomsnittlig R-verdi til blokkene på Lokalitet 2. Diagrammet illustrerer at gjennomsnittlig R-verdi til 2c, 2d og 2e overlapper hverandre hvis man regner med to standardfeil. Blokk 2a og 2b overlapper ingen andre blokker.

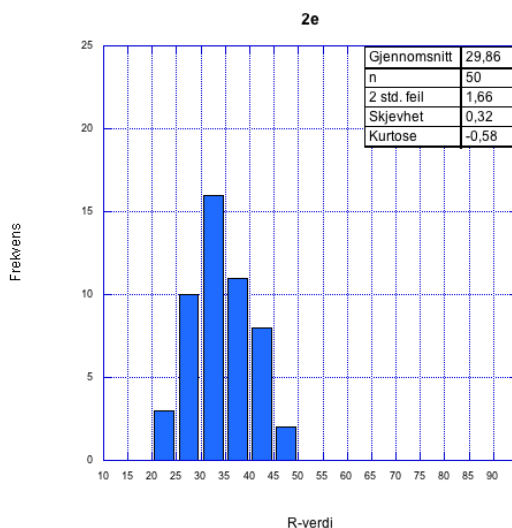
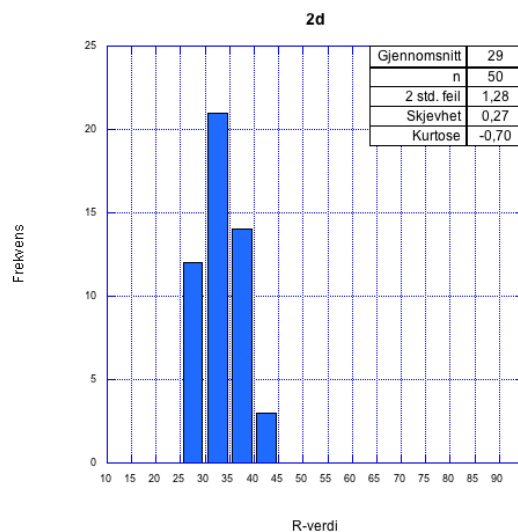
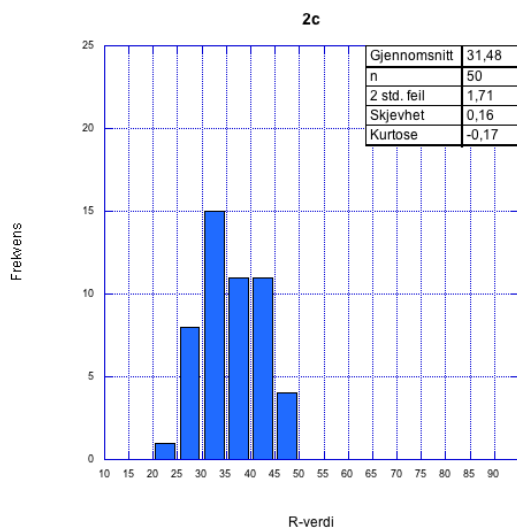


Figur 8.2.7: Diagrammet viser R-verdiene til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 2, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Frekvensdiagrammene i Figur 8.2.8 viser fordelingen av målingene til hver skredblokk på Lokalitet 2. Felles for alle blokkene er at målingene har positiv skjevhet, som vil si at flertallet av målingene ligger nærmere minimumsverdien enn maksimumsverdien. Alle blokkene har målinger med negativ kurtose. Det vil si at målingene ligger mer spredt enn i en normalfordeling, og at histogrammet har en flatere form enn en normalfordelingskurve.





Figur 8.2.8: Histogrammer over målte R-verdier til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 2. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen til høyre. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

8.2.3 Alder

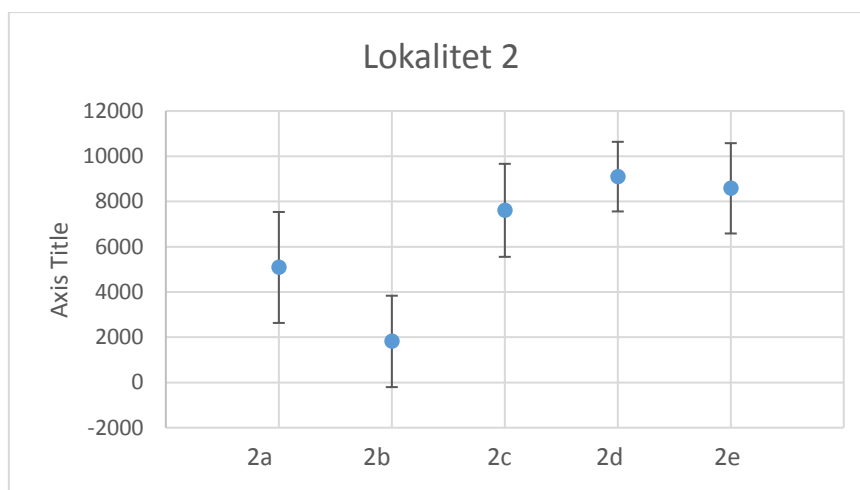
I Tabell 8.2.2 er det listet opp utregnede aldre på blokkene ved bruk av formelen fra kalibreringskurven, Formel 7.3. Blokk 2c, 2d og 2e har relativt like aldre, mens 2a og 2b skiller seg ut ved å ha lavere aldre.

Tabell 8.2.2: Utregnede aldre til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 2. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er også blitt regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil.

| | 2a | 2b | 2c | 2d | 2e |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 35,68 | 41,12 | 31,48 | 29 | 29,86 |
| 2 std. feil | 2,04 | 1,68 | 1,71 | 1,28 | 1,66 |
| Gjennomsnitts-alder | 5085 | 1815 | 7610 | 9100 | 8583 |
| 2 std. Feil | 2452 | 2020 | 2056 | 1539 | 1996 |
| Maks. alder | 7538 | 3835 | 9665 | 10639 | 10579 |
| Min. alder | 2633 | -204 | 5554 | 7562 | 6588 |

Aldersdiagram

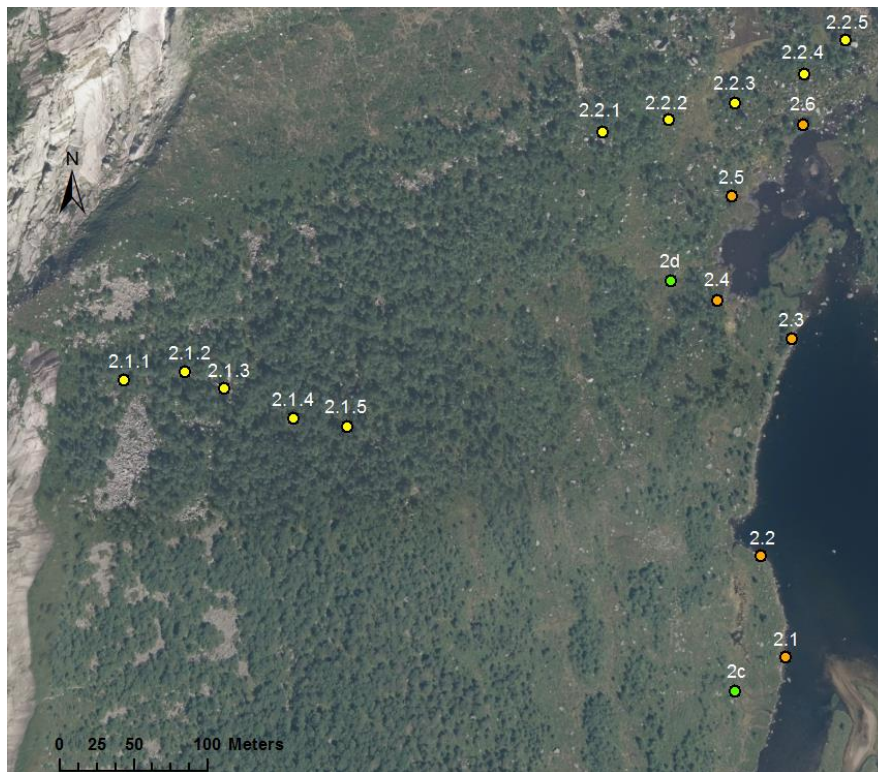
Figur 8.2.9 viser gjennomsnittsalder til blokkene på Lokalitet 2. Diagrammet illustrerer at alderen til 2c, 2d og 2e er relativt like og overlapper hverandre hvis man regner med to standardfeil. Blokk 2a overlapper også med disse tre, men har en lavere gjennomsnittsalder. Det vil si at disse fire blokkene ikke er signifikant forskjellig i alder. 2b overlapper kun 2a, som vil si at 2b har signifikant forskjellig alder enn de tre nordligste blokkene.



Figur 8.2.9: Diagrammet viser utregnede aldre til de ytterste blokkene på Lokalitet 2, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalderen er markert med blått. Maksimums- og minimumsalder er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

8.2.4 Profiler

På Lokalitet 2 er det i tillegg til å ha blitt tatt målinger på de ytterste skredblokkene, tatt målinger på to profiler. Profilene er tatt nord på lokaliteten. Oversikt over hvor blokkene i profilene ligger kan sees i Figur 8.2.10. Profil 1 starter øverst i dalsiden, og det er tatt målinger på 5 blokker nedover. Profil 2 er tatt lenger nede i dalsiden ved den nordlige enden av Fjellandsbøvatnet. Også i dette profilet er det fem blokker, Figur 8.2.10.



Figur 8.2.10: De gule prikkene representerer de to profilene det er tatt schmidthammermålinger på på Lokalitet 2. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Profil 1

I Figur 8.2.11 er det bilde av blokkene det er tatt schmidthammermålinger på i Profil 1.

2.1.1



UTM: 32V 329579 6641966

2.1.2



UTM: 32V 329616 6641972

2.1.3



UTM: 32V 329646 6641962

2.1.4



UTM: 32V 329690 6641937

2.1.5



UTM: 32V 329730 6641933

Figur 8.2.11: Blokkene det er tatt schmidthammermålinger på i Profil 1 på Lokalitet 2. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge. Det første bildet viser blokken øverst i dalsiden. Isøksen brukt som målestokk er 70 cm lang. Foto: Johannes Hardeng

Statistikk

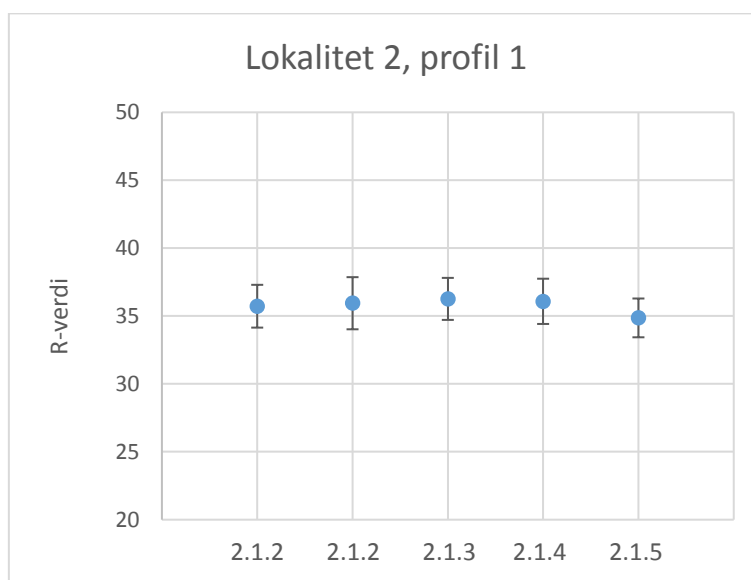
I Tabell 8.2.3 er det listet opp statistiske variabler regnet ut for målingene tatt på blokkene i Profil 1. Alle målingene ligger på et intervall mellom 26 og 50. Både maksimums- og minimumsverdi for målingene ligger relativt stabilt. Minimumsverdien ligger på 26 eller 27. Maksimumsverdien er noe mer spredt og har R-verdier mellom 44 og 50. Gjennomsnittsverdien er den viktigste statistiske variabelen, og er uthevet i tabellen. Gjennomsnittsverdien på målingene er relativt like og ligger stort sett mellom 35 og 36. Standardavvikene ligger mellom 5 og 6,8, mens standardfeilen varierer fra 0,7 og 1.

Tabell 8.2.3: Utregnede statistiske variabler til målingene tatt på blokkene i Profil 1 på Lokalitet 2. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| Blokk | 2.1.1 | 2.1.2 | 2.1.3 | 2.1.4 | 2.1.5 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Minimum | 27 | 26 | 27 | 27 | 27 |
| Maksimum | 47 | 50 | 49 | 49 | 44 |
| Sum | 1786 | 1797 | 1813 | 1804 | 1743 |
| Målepunkt | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Gjennomsnitt | 35,72 | 35,94 | 36,26 | 36,08 | 34,86 |
| Median | 36 | 34,5 | 37 | 35,5 | 35 |
| Std. avvik | 5,5697 | 6,7866 | 5,4691 | 5,8896 | 5,0468 |
| Varians | 31,022 | 46,058 | 29,911 | 34,687 | 25,47 |
| Std error | 0,78768 | 0,95977 | 0,77344 | 0,83291 | 0,71372 |
| Skjevhet | 0,19018 | 0,22723 | 0,00037021 | 0,034315 | 0,072381 |
| Kurtose | -1,0444 | -1,0786 | -0,85322 | -1,1663 | -1,0786 |

R-verdier

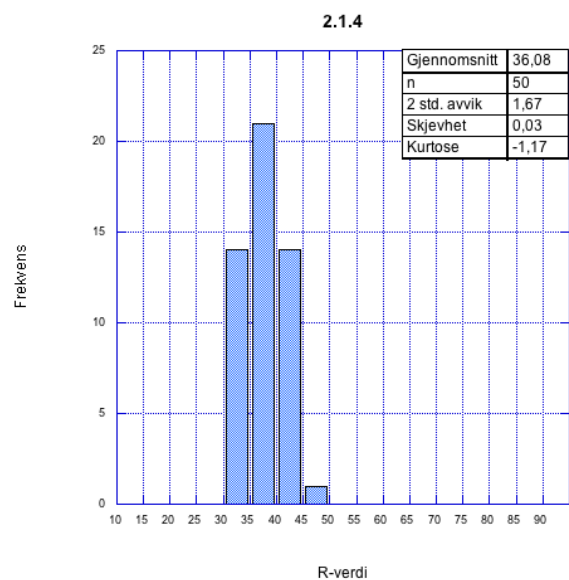
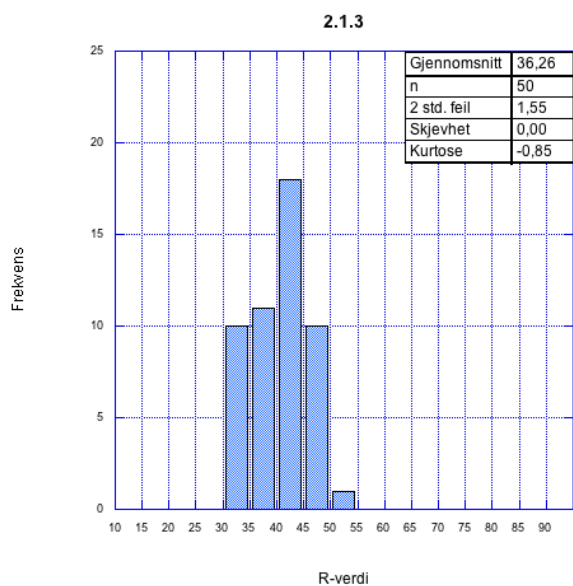
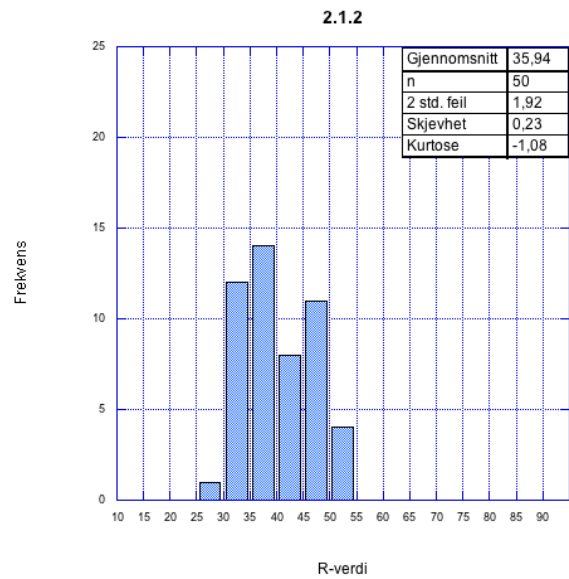
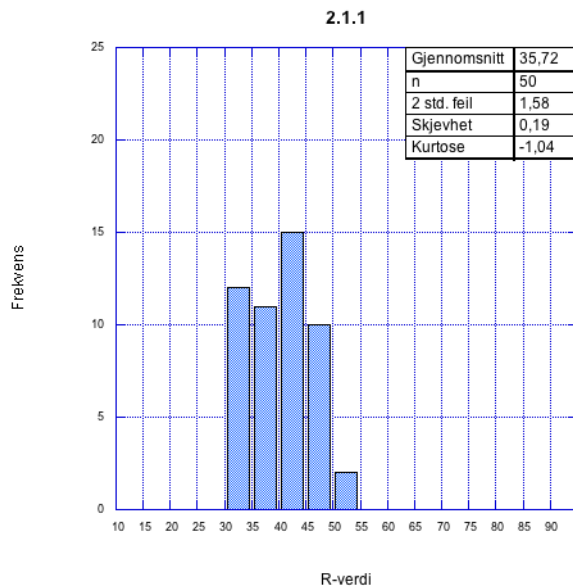
Figur 8.2.12 viser gjennomsnittlig R-verdi til blokkene i Profil 1 på Lokalitet 2. Diagrammet illustrerer at gjennomsnittlig R-verdi til alle blokkene er relativt like og overlapper hverandre hvis man regner med to standardfeil.

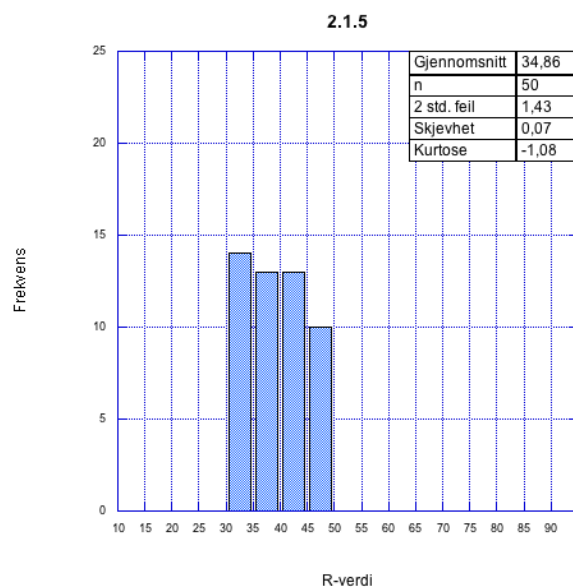


Figur 8.2.12: Diagrammet viser R-verdiene til blokkene i Profil 1 på Lokalitet 2, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Frekvensdiagrammene i Figur 8.2.13 viser fordelingen av målingene til hver blokk i Profil 1 på Lokalitet 2. Felles for alle blokkene er at målingene har positiv skjevhet. Verdiene for skjevhet ligger nærme 0 på den positive siden av skalaen, som vil si at flertallet av målingene ligger nærmere minimumsverdien en maksimumsverdien. Alle målingene har negativ kurtose på rundt -1, som vil si at målingene er mer spredt enn i en normalfordeling, og at formen på histogrammet er flatere enn en normalfordelingskurve.





Figur 8.2.13: Histogrammer over målte R-verdier til blokkene i Profil 1 på Lokalitet 2. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen til høyre. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

Alder

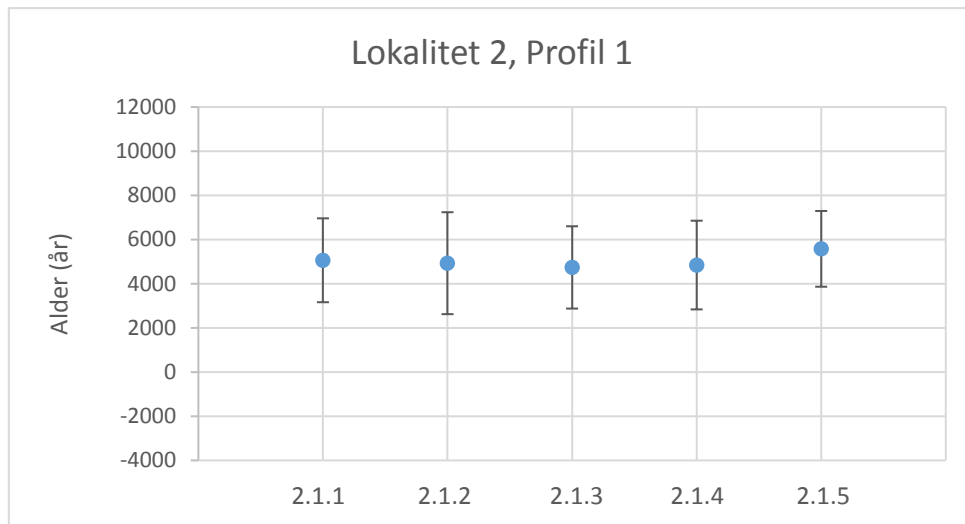
I Tabell 8.2.4 er det listet opp utregnede aldre på overflatene til blokkene ved å bruke formelen fra kalibreringskurven, Formel 7.3. Gjennomsnittsalderen til alle blokkene ligger på rundt 5000 år.

Tabell 8.2.4: Utregnede aldre til blokkene i Profil 1 på Lokalitet 2. Gjennomsnittet står i *uthevet skrift*. Det er også regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil.

| | 2.1.1 | 2.1.2 | 2.1.3 | 2.1.4 | 2.1.5 |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 35,72 | 35,94 | 36,26 | 36,08 | 34,86 |
| 2 std. feil | 1,58 | 1,92 | 1,55 | 1,67 | 1,427 |
| Gjennomsnittsalder | 5061 | 4929 | 4737 | 4845 | 5578 |
| 2 std. Feil | 1899 | 2308 | 1863 | 2008 | 1715 |
| Maks. alder | 6960 | 7237 | 6600 | 6852 | 7293 |
| Min. alder | 3162 | 2621 | 2873 | 2837 | 3863 |

Aldersdiagram

Figur 8.2.14 viser gjennomsnittsaldrer til blokkene i Profil 1 på Lokalitet 2. Diagrammet illustrerer at alle blokkene har relativt like gjennomsnittsaldrer, og at aldrer overlapper hvis man regner med to standardfeil. Dette betyr at blokkene ikke er signifikant forskjellige i alder.



Figur 8.2.14: Diagrammet viser utregnede aldrer til blokkene i Profil 1 på Lokalitet 2, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalderen er markert med blått. Maksimums- og minimumsalder er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

Profil 2

Profil 2 er tatt ved den nordlige enden av Fjellandsbøvatnet, Figur 8.2.10. Blokkene det er tatt målinger på i Profil 2 er vist i Figur 8.2.15.

2.2.1



UTM: 32V 329900 6642135

2.2.2



UTM: 32V 329945 6642142

2.2.3



UTM: 32V 329990 6642155

2.2.4



UTM: 32V 330022 6642171

2.2.5



UTM: 32V 330067 6642204

Figur 8.2.15: Blokkene det er tatt schmidthammarmålinger på i Profil 2 på Lokalitet 2, med tilhørende UTM-koordinater. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge, der første bilde viser vestligste blokk i profilet (blokk 2.2.1 i Figur 8.2.10). Sekken brukt som målestokk på bildene er 50 cm lang. Foto: Ane Senneseth

Statistikk

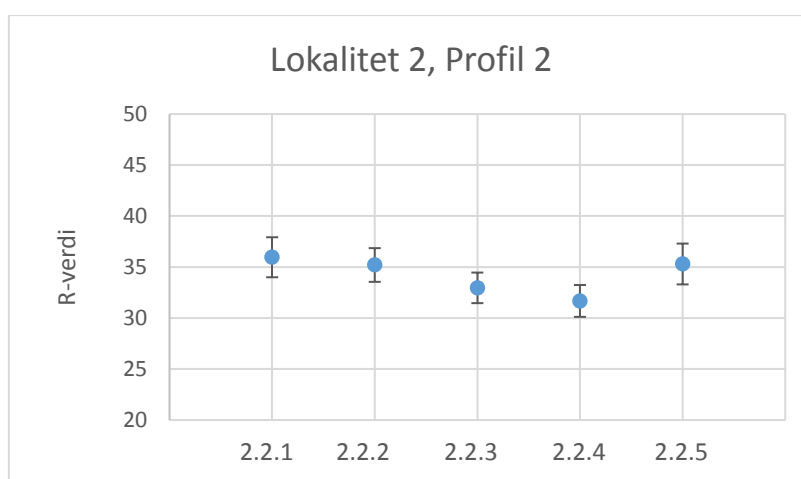
I Tabell 8.2.5 er det listet opp statistiske variabler regnet ut for målingene tatt på blokkene i Profil 2 på Lokalitet 2. Målingene ligger på et bredere intervall enn Profil 1; mellom 20 og 50. Minimumsverdiene ligger relativt stabilt og har R-verdier mellom 20 og 23. Maksimumsverdiene ligger mer spredt med verdier mellom 40 og 50. Gjennomsnittsverdiene er relativt like. De fire vestligste blokkene har jevnt synkende verdier, fra 36 til 31, mens den østligste blokken igjen viser et noe høyere gjennomsnitt. Standardavvikene ligger mellom 5,3 og 7,1, mens standardfeilene har verdier mellom 0,75 og 1.

Tabell 8.2.5: Utregnede statistiske variabler til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 2. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| Blokk | 2.2.1 | 2.2.2 | 2.2.3 | 2.2.4 | 2.2.5 |
|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| Minimum | 22 | 23 | 23 | 21 | 20 |
| Maksimum | 48 | 47 | 43 | 40 | 50 |
| Sum | 1798 | 1760 | 1648 | 1584 | 1756 |
| Målepunkt | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Gjennomsnitt | 35,96 | 35,2 | 32,96 | 31,68 | 35,3 |
| Median | 37 | 34,5 | 34 | 32 | 36 |
| Std. avvik | 6,934 | 5,8449 | 5,2991 | 5,5271 | 7,0776 |
| Varians | 48,08 | 34,163 | 28,08 | 30,549 | 50,092 |
| Std error | 0,98061 | 0,8266 | 0,7494 | 0,78165 | 1,0009 |
| Skjevhet | -0,11769 | -0,0085483 | 0,10323 | -0,20944 | -0,02369 |
| Kurtose | -0,92867 | -0,81869 | -0,93599 | -1,0328 | -0,64533 |

R-verdier

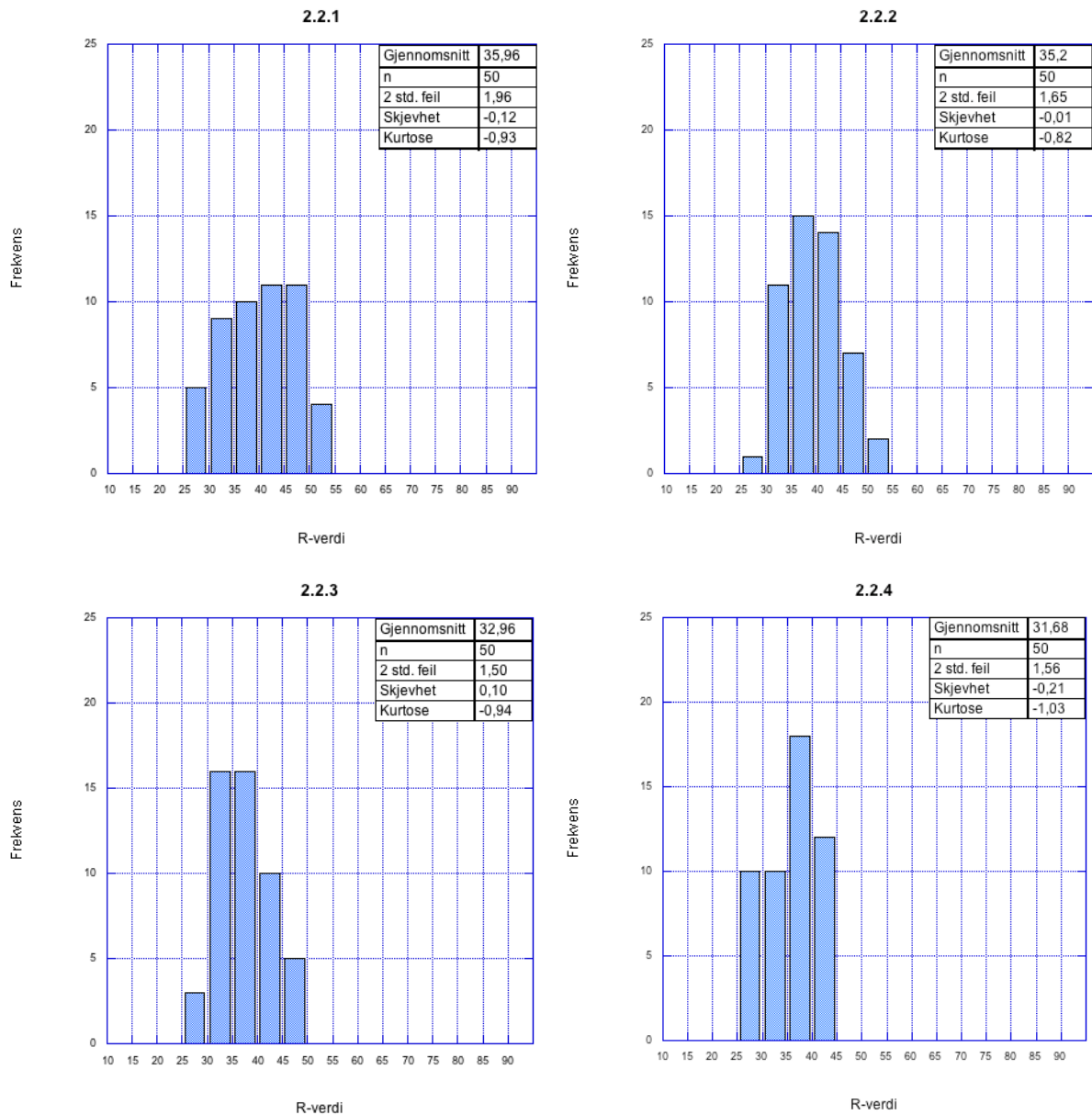
Figur 8.2.16 viser gjennomsnittlig R-verdi til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 2. Diagrammet illustrerer at de fire vestlige blokkene har jevnt synkende R-verdi, mens den østligste blokken har en høyere verdi. Hvis man regner med to standardfeil overlapper R-verdien til alle blokkene, bortsett fra blokk 2.2.1 og 2.2.4, som ikke overlapper hverandre.

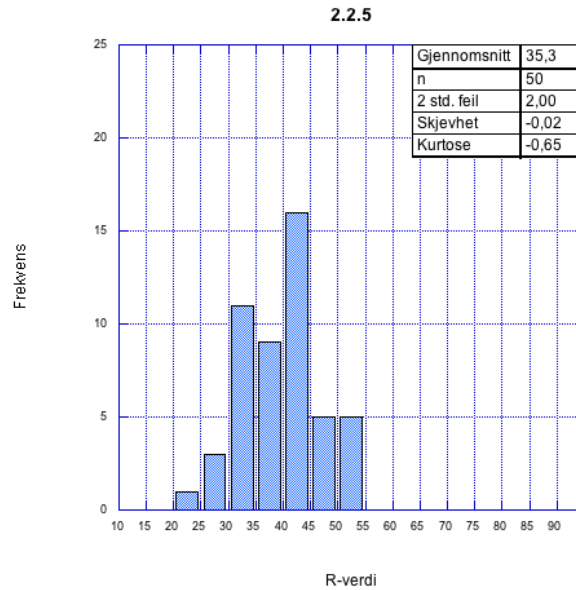


Figur 8.2.16: Diagrammet viser R-verdiene til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 2, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Frekvensdiagrammene i Figur 8.2.17 viser fordelingen av målingene til blokkene i Profil 2. Alle blokkene bortsett fra blokk 2.2.3 har negativ skjevhet, som vil si at målingene ligger nærmere maksimumsverdien enn minimumsverdien. Blokk 2.2.3 har positiv skjevhet, som vil si at flertallet av målingene er forskjøvet mot minimumsverdien. Målingene til alle blokkene har negativ kurtose, som vil si at målingene er mer spredt enn i en normalfordeling, og at histogrammet har en flatere form.





Figur 8.2.17: Histogrammer over målte R-verdier til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 2. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen til høyre. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

Alder

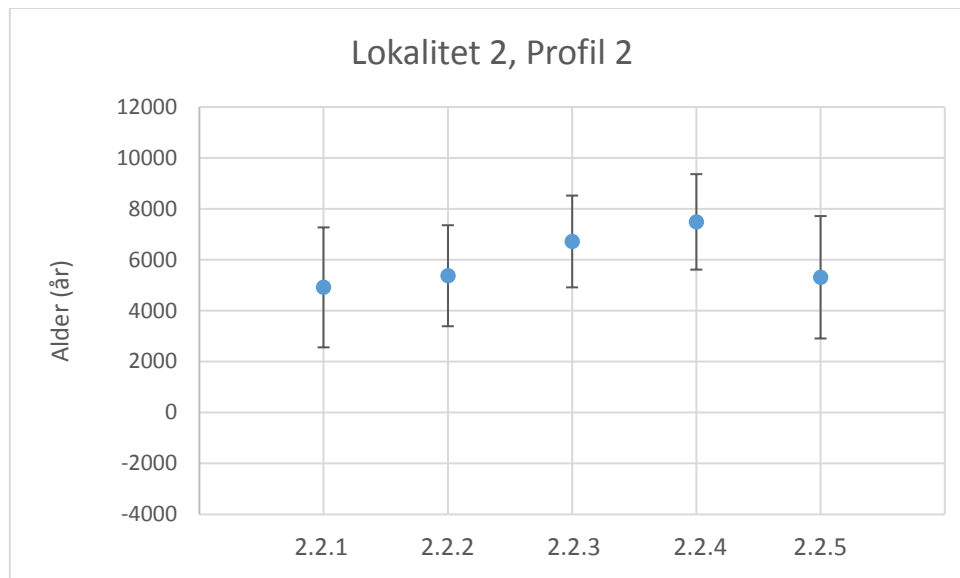
Tabell 8.2.6 viser de utregnede gjennomsnittsalderne til blokkene i Profil 2, med to standardfeil. Blokkene har jevnt stigende aldre med unntak av den østligste blokken i profilet, som igjen har en lavere gjennomsnittsalder. Dette illustreres bedre i neste figur, Figur 8.2.18.

Tabell 8.2.6: Utregnede aldre til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 2. Gjennomsnittet står i **uthevet skrift**. Det er også blitt regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil.

| | 2.2.1 | 2.2.2 | 2.2.3 | 2.2.4 | 2.2.5 |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 35,96 | 35,2 | 32,96 | 31,68 | 35,3 |
| 2 std. feil | 1,96 | 1,65 | 1,50 | 1,56 | 2,00 |
| Gjennomsnittsalder | 4917 | 5374 | 6720 | 7489 | 5314 |
| 2 std. Feil | 2356 | 1983 | 1803 | 1875 | 2404 |
| Maks. alder | 7273 | 7357 | 8523 | 9365 | 7718 |
| Min. alder | 2561 | 3390 | 4917 | 5614 | 2909 |

Aldersdiagram

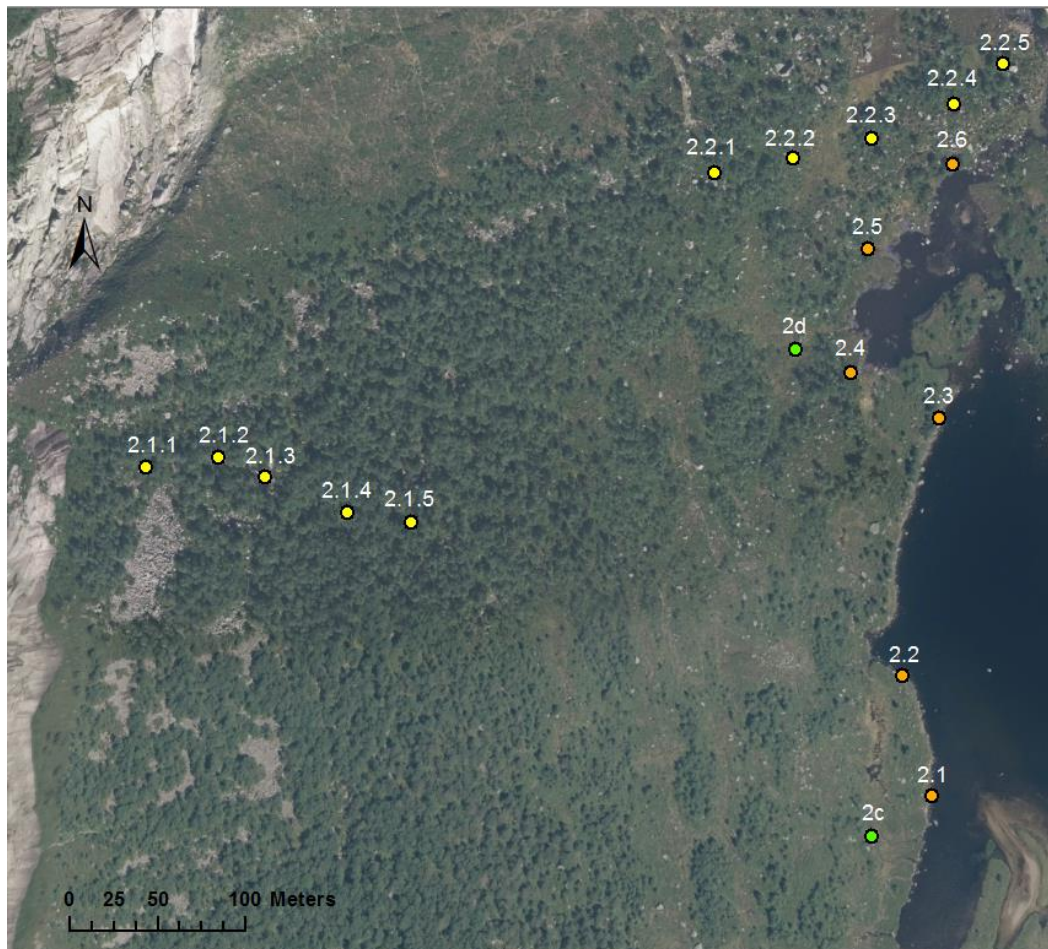
Figur 8.2.18 viser gjennomsnittsalder til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 2. Diagrammet illustrerer at alle blokkene i profilet har overlappende aldre hvis man regner med to standardfeil. Det vil si at blokkene ikke har signifikant forskjellige aldre. Diagrammet illustrerer også at de fire vestligste blokkene i profilet har jevnt stigende gjennomsnittsalder.



Figur 8.2.18: Diagrammet viser utregnede aldre til blokkene i Profil 2 på lokalitet 2, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalderen er markert med blått. Maksimums- og minimumsalder er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

8.2.5 Moreneblokker

På Lokalitet 2 er det også tatt målinger på fem blokker nede ved vannkanten av Fjellandsbøvatnet. Bakgrunnen for dette er å se om det er forskjell i R-verdi på moreneblokker og skredblokker. Før målingene ble tatt ble det dermed antatt at blokkene ved vannet er moreneblokker, og omtales derfor som dette. Om blokkene ved vannet er moreneblokker diskuteres i avsnitt 9.2.3 i diskusjonskapittelet. Moreneblokkene det er tatt målinger på er markert som oransje prikker i Figur 8.2.19. Det er tatt målinger på til sammen seks moreneblokker.



Figur 8.2.19: Moreneblokkene det er tatt målinger på er representert med oransje prikker. Blokkene ligger i nordenden av Fjellandsbøvatnet, ved vannkanten. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Moreneblokkene det er tatt schmidthammermålinger på er avbildet i Figur 8.2.20. Alle blokkene ligger nær vannkanten av Fjellandsbøvatnet.

2.1



UTM: 32V 330025 6641780

2.2



UTM: 32V 330006 6641848

2.3



UTM: 32V 330027 6641995

2.3 sett fra avstand



2.4



UTM: 32V 329977 6642019

2.5



UTM: 32V 329987 6642092

2.6



UTM: 32V 330035 6642137

Figur 8.2.20: Moreneblokkene det er tatt schmidthammermålinger på på Lokalitet 2, med tilhørende UTM-koordinater. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge, der første bilde viser den sørligste blokken (blokk 2.1 i Figur 8.2.19). Tommestokken brukt som målestokk på de tre første bildene er 1 m lang. Sekken brukt på de tre siste bildene er 50 cm lang. Foto: Ane Senneseth

Statistikk

I Tabell 8.2.7 er det listet opp statistiske variabler regnet ut for målingene tatt på moreneblokkene. Målingene ligger spredt over et intervall på 33 R-verdier, fra 16 til 49. Minimumsverdiene ligger mellom 16 og 23. Maksimumsverdiene ligger mellom 43 og 49. Gjennomsnittlige R-verdier til blokkene ligger mellom 30,6 og 35,5.

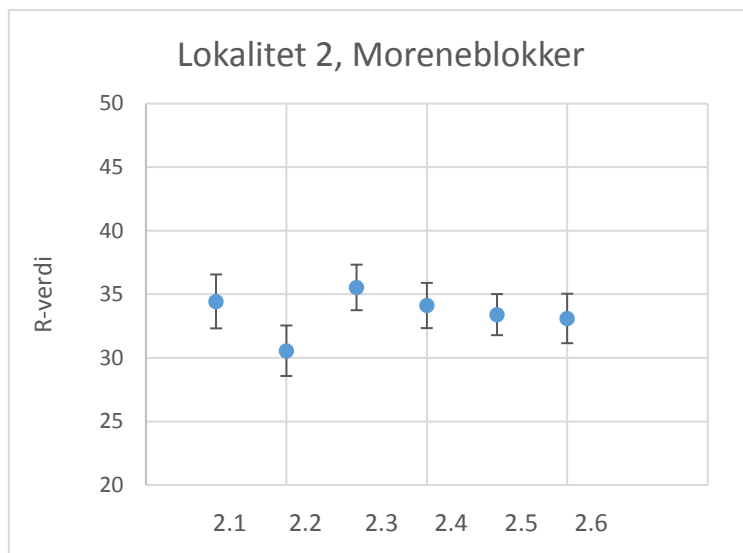
Standardavvikene varierer en del. Blokk 2.1 har det høyeste standardavviket på 7,5, mens blokk 2.5 har det laveste på 5,7. Standardfeilene ligger mellom 0,8 og 1,1.

Tabell 8.2.7: Utregnede statistiske variabler til moreneblokkene på Lokalitet 2. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| Blokk | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.6 |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Minimum | 20 | 16 | 23 | 21 | 23 | 20 |
| Maksimum | 49 | 43 | 48 | 46 | 46 | 46 |
| Sum | 1722 | 1528 | 1777 | 1706 | 1670 | 1655 |
| Målepunkt | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Gjennomsnitt | 34,44 | 30,56 | 35,54 | 34,12 | 33,4 | 33,1 |
| Median | 34,5 | 30,5 | 35 | 35 | 34 | 34 |
| Std. avvik | 7,4974 | 7,0194 | 6,3317 | 6,2878 | 5,7143 | 6,8787 |
| Varians | 56,211 | 49,272 | 40,09 | 39,536 | 32,653 | 47,316 |
| Std error | 1,0603 | 0,99269 | 0,89544 | 0,88923 | 0,80812 | 0,97279 |
| Skjevhet | 0,081303 | -0,11831 | -0,050291 | -0,16432 | -0,23083 | 0,018584 |
| Kurtose | -0,80416 | -0,80378 | -0,79562 | -0,59175 | -0,70607 | -0,95873 |

R-verdier

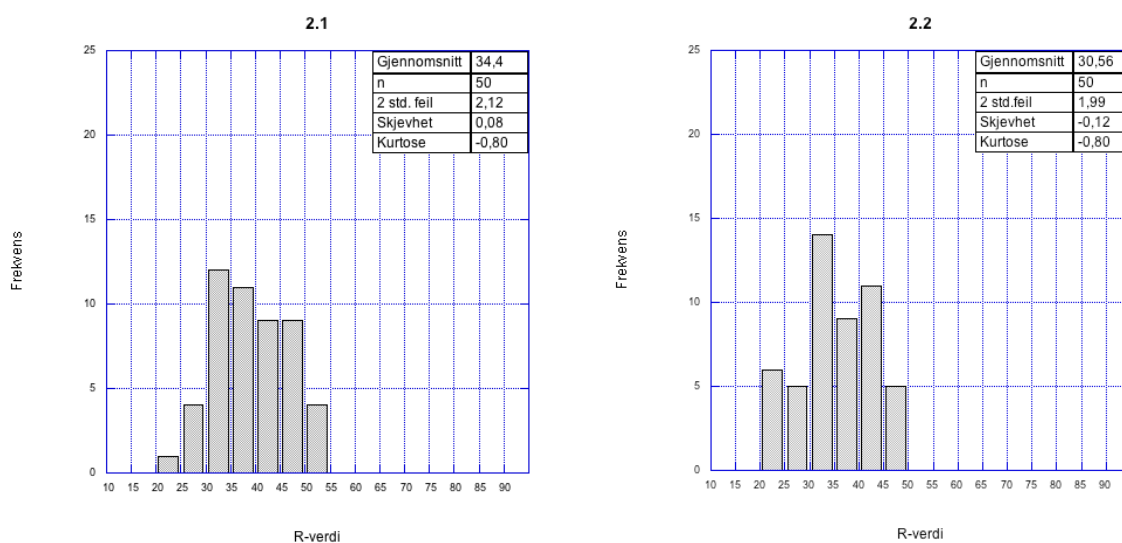
Figur 8.2.21 viser gjennomsnittlig R-verdi til moreneblokkene på Lokalitet 2. Diagrammet illustrerer at gjennomsnittsverdien til alle blokkene er relativt like med unntak av blokk 2.2. Det er kun blokk 2.2 og 2.3 som ikke overlapper hvis man regner med to standardfeil.

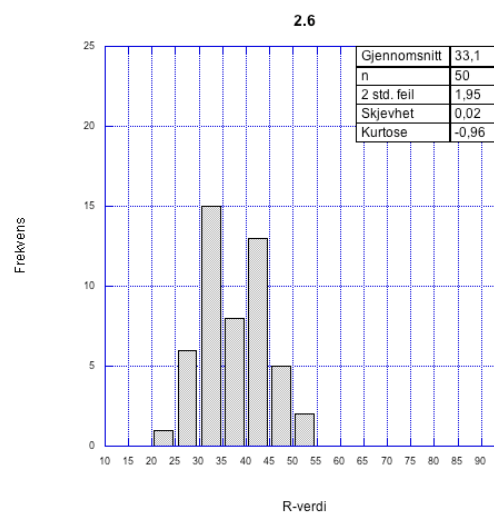
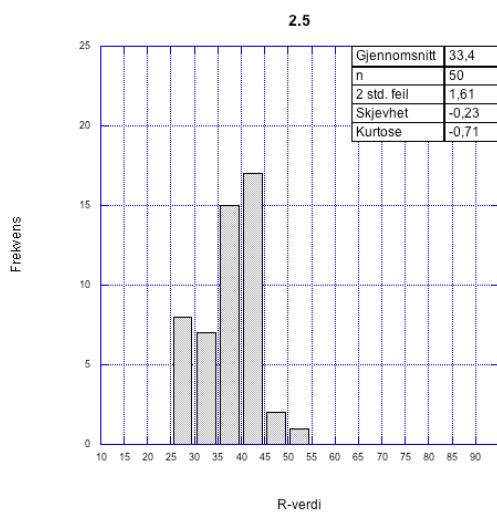
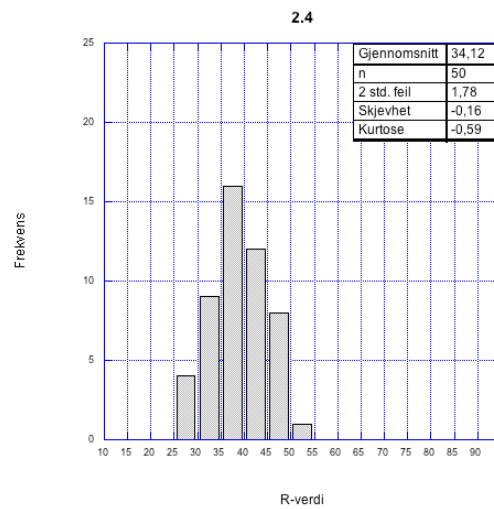
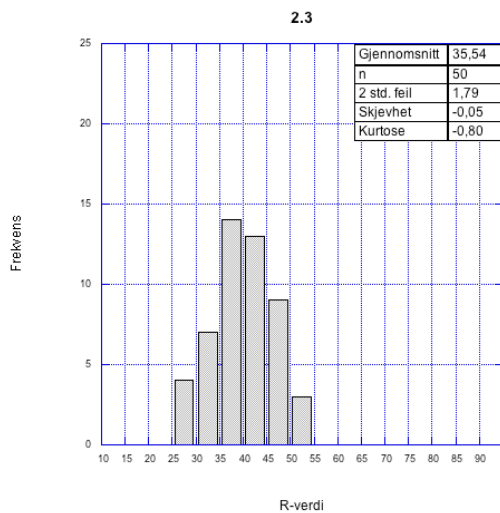


Figur 8.2.21: Diagrammet viser R-verdiene til moreneblokkene på Lokalitet 2, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Frekvensdiagrammene i Figur 8.2.22 viser fordelingen av målingene til moreneblokkene. De fire midterste bøkene har negativ skjevhet, som vil si at flertallet av målingene ligger nærmere maksimumsverdien. Blokk 2.1 og 2.6 har positiv skjevhet der flertallet av målingene ligger nærmest minimumsverdien. Alle blokkene har negativ kurtose, som vil si at målingene er mer spredt enn en normalfordeling, og at formen på histogrammet er flatere enn en normalfordelingskurve.





Figur 8.2.22: Histogrammer over målte R-verdier til moreneblokkene på Lokalitet 2. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen i høyre hjørne. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

Alder

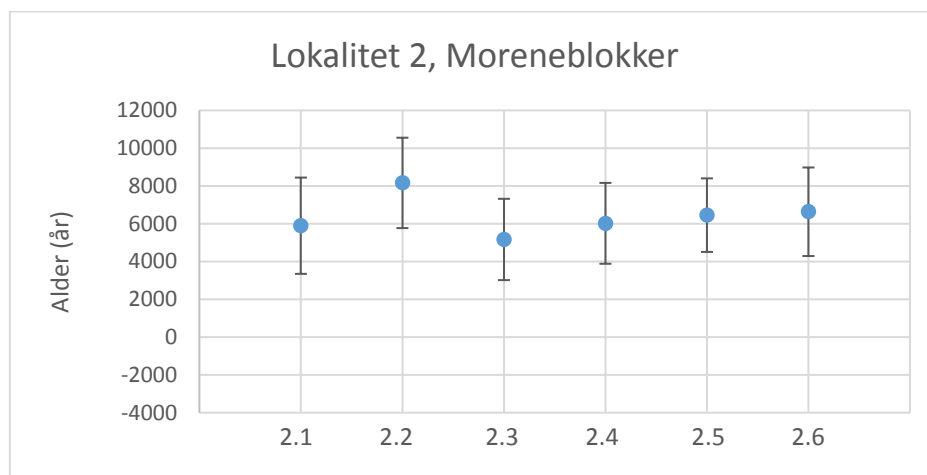
I Tabell 8.2.8 er det listet opp gjennomsnittlig aldre på moreneblokkene regnet ut ved hjelp av Formel 7.3. Aldrene på blokkene ligger på rundt 5/6 000 år, bortsett fra blokk 2.2 som skiller seg ut med en alder på 8000.

Tabell 8.2.8: Utregnede aldre til moreneblokkene på Lokalitet 2. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er også regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil

| | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.6 |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 34,33 | 30,56 | 35,54 | 34,12 | 33,4 | 33,1 |
| 2 std. feil | 2,12 | 1,99 | 1,79 | 1,78 | 1,62 | 1,95 |
| Gjennomsnitts- alder | 5897 | 8163 | 5169 | 6023 | 6456 | 6636 |
| 2 std. Feil | 2548 | 2392 | 2152 | 2140 | 1947 | 2344 |
| Maks. alder | 8445 | 10555 | 7321 | 8163 | 8403 | 8980 |
| Min. alder | 3348 | 5770 | 3017 | 3883 | 4508 | 4291 |

Aldersdiagram

Figur 8.2.23 viser gjennomsnittsaldrerne til moreneblokkene. Diagrammet illustrerer at gjennomsnittsaldrerne til moreneblokkene overlapper hvis man regner med to standardfeil. Dette vil si at blokkene ikke er signifikant forskjellig i alder.



Figur 8.2.23: Diagrammet viser utregnede aldre til moreneblokkene på Lokalitet 2, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalder er markert med blått. Maksimums- og minimumsalder er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

8.2.6 Utløpslengder

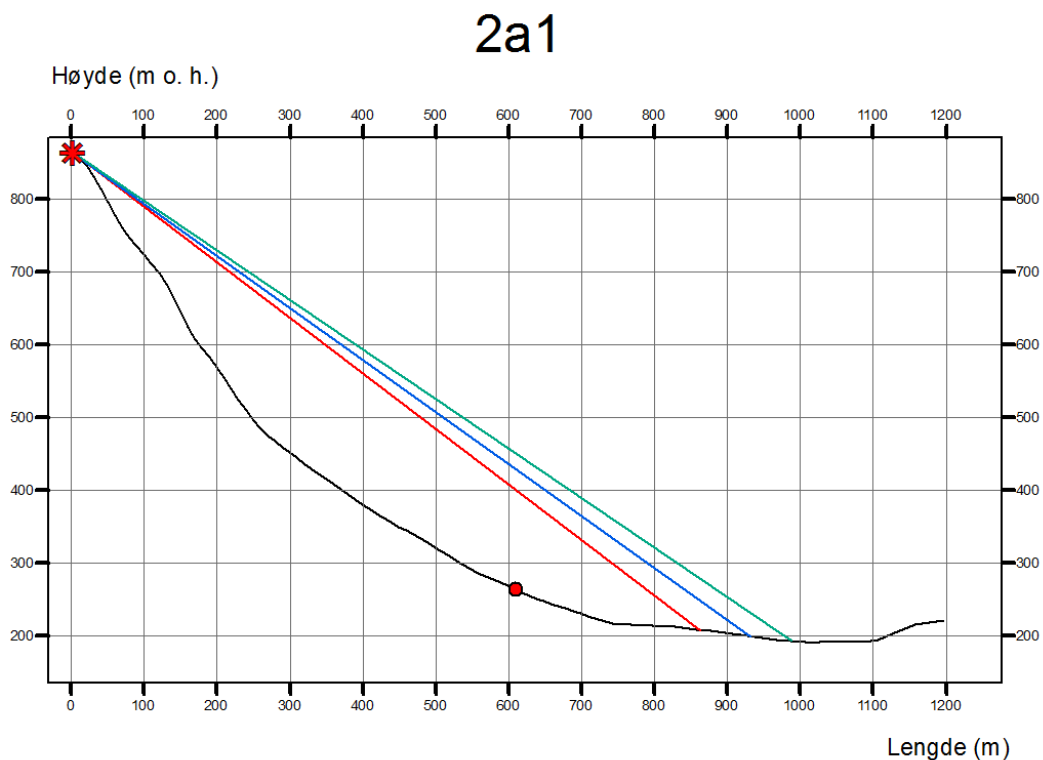
Lengste utløpslengder

Siden det er potensielle løsnepunkt langs hele fjellveggen, er løsnepunktet satt høyest opp i fjellsiden der helningen fremdeles er over 40°. Det er tegnet fem høydeprofiler av skredbaner – ett profil for hver blokk kartlagt i felt. Sørligste skredbane er kalt 2a1, neste 2b1 osv. nordover

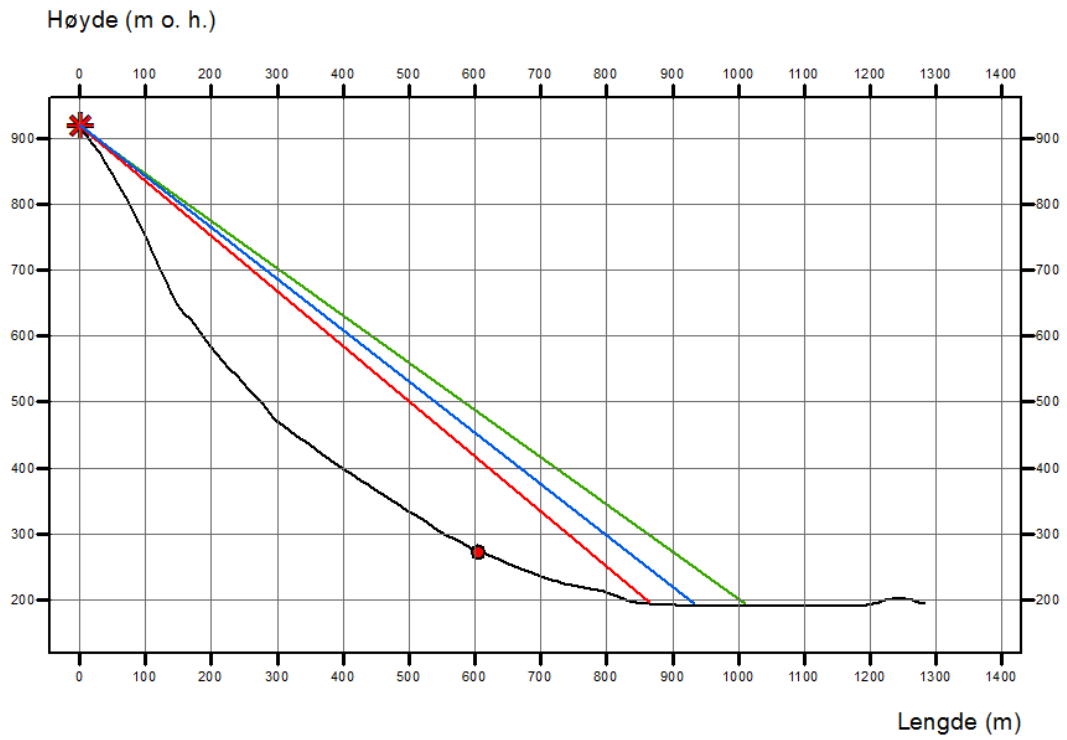
på lokaliteten. På hvert høydeprofil er det tegnet inn grenser for hundreårsskred (S1), tusenårsskred (S2) og femtusenårsskred (S3). Profilene er vist i Figur 8.2.24.

Skredbane 2a1 og 2b1 har relativt lik topografi. De har konkav form. Øverste del av skredbanen har en helning på rundt 65° , før den slakker ut etter rundt 300 m. Her får profilet en helning på rundt $25/30^\circ$, før det slakker jevnt ut ned til dalbunnen. Løsnepunktene er satt til henholdsvis 870 og 912 m o. h.

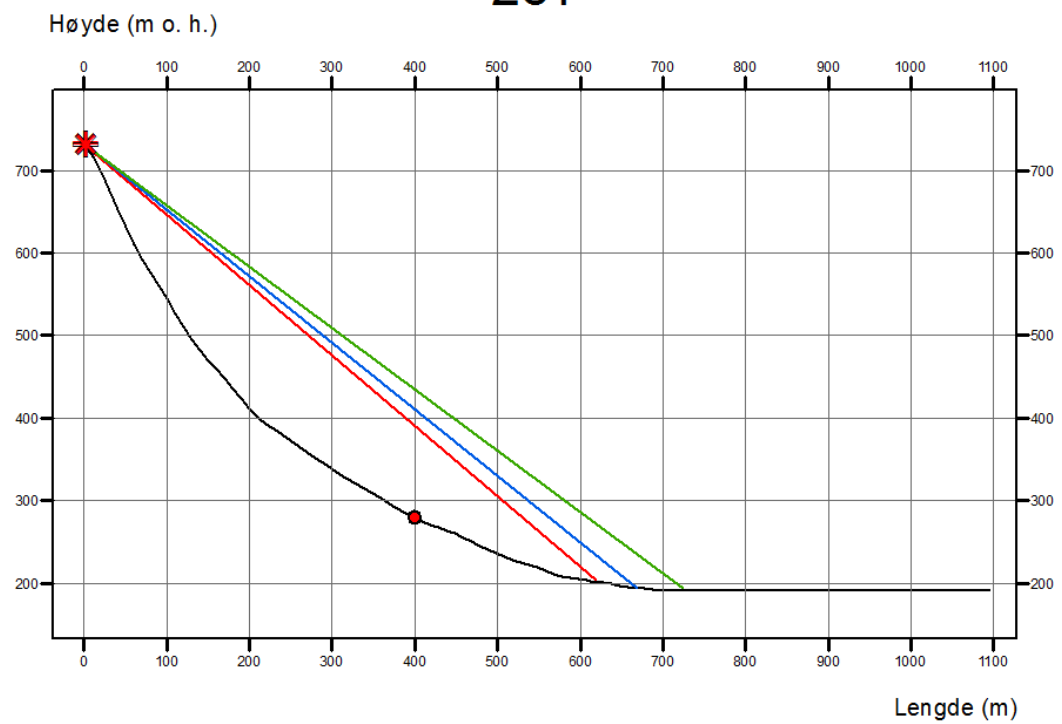
Skredbane 2c1 har en jevn konkav form. Helningen i starten av skredbanen er på 65° . Skredbanene slakker jevnt ut frem til 700 m der dalbunnen starter. Løsnepunktet er satt til 725 m o. h. Skredbane 2d1 har en slakkere helning enn de tre sørligste skredbanene. Banen starter med en helning på 35° , før det når et dropp etter ca. 50 m, og får en helning på 50° . Etter ca. 100 m jevnes det gradvis ut ned til dalbunnen. I skredbane 2d1 er løsnepunktet satt til 470 m o. h. Skredbane 2e1 er igjen brattere, med en helning på 60° frem til 270 m. Her blir den slakere og slakker jevnt ut frem til dalbunnen, med unntak av en liten forhøyning som starter etter 460 m. I den nordligste skredbanen er løsnepunktet satt til 870 m o. h.

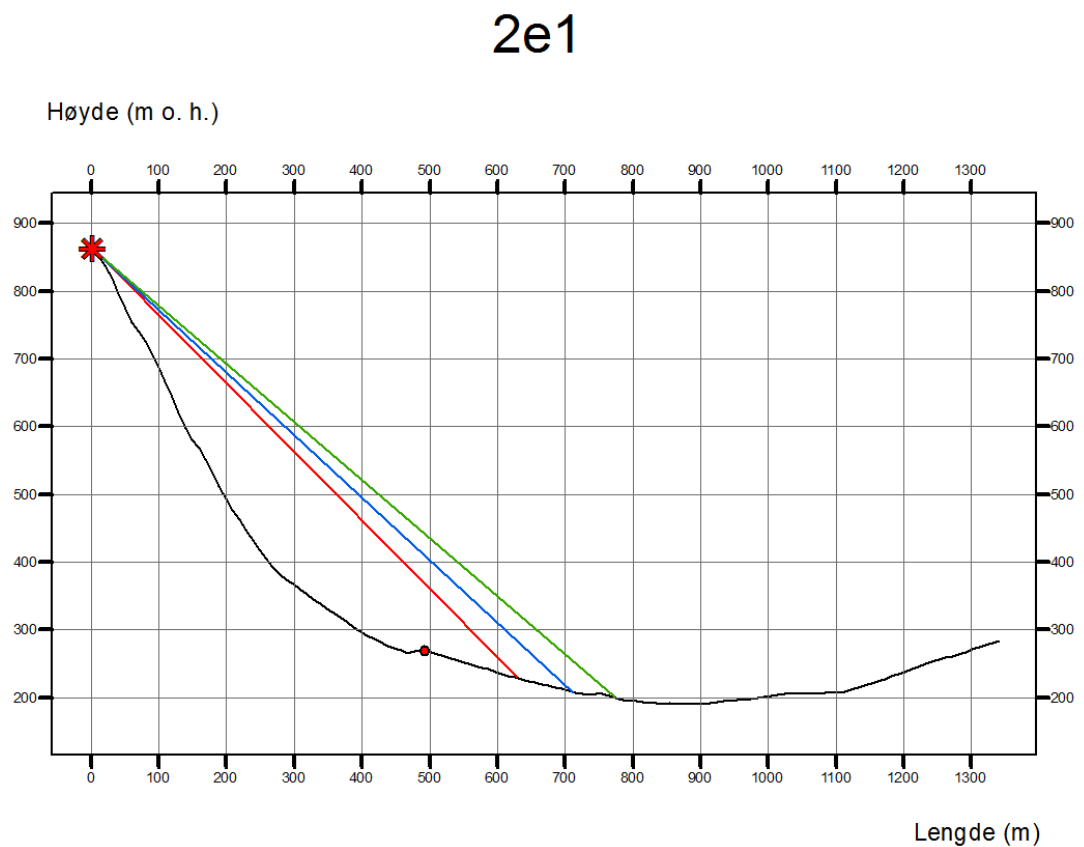
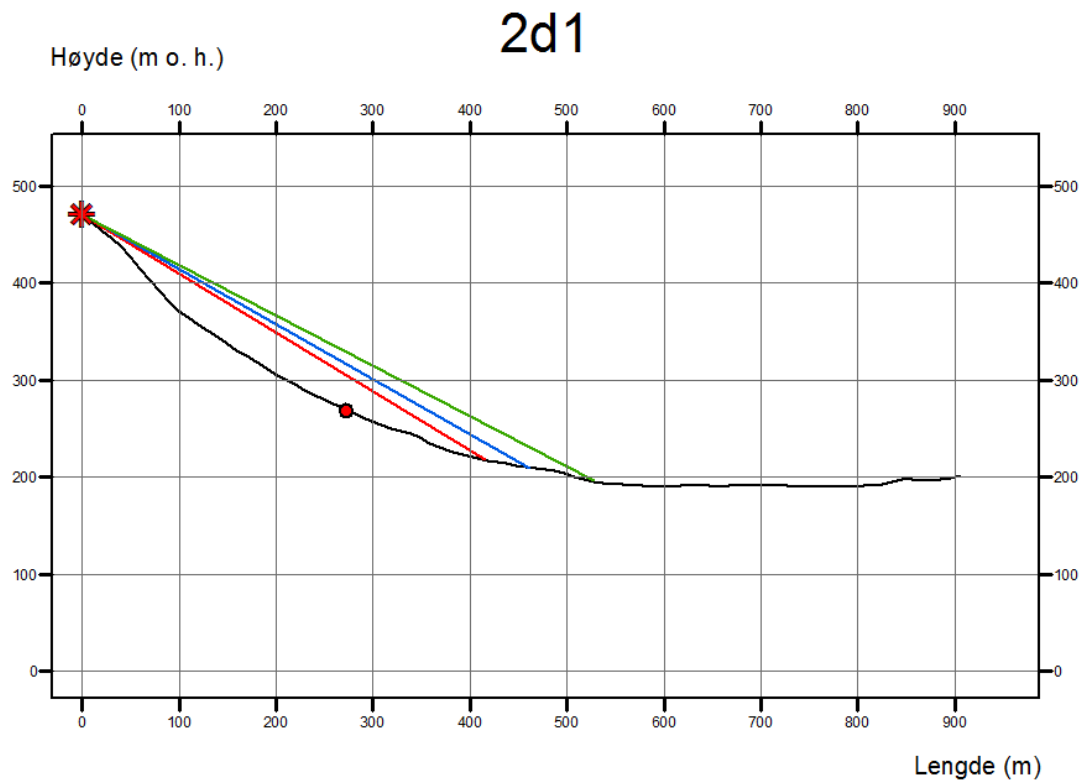


2b1



2c1





Figur 8.2.24: Høydeprofiler av skredbanene på Lokalitet 2. Profilene viser beregnet maksimum utløpslengder for steinsprang. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punkt er vist med rød prikk. Rød, blå og grønn strek illustrerer rekkevidde for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

Maksimum rekkevidde for steinsprang

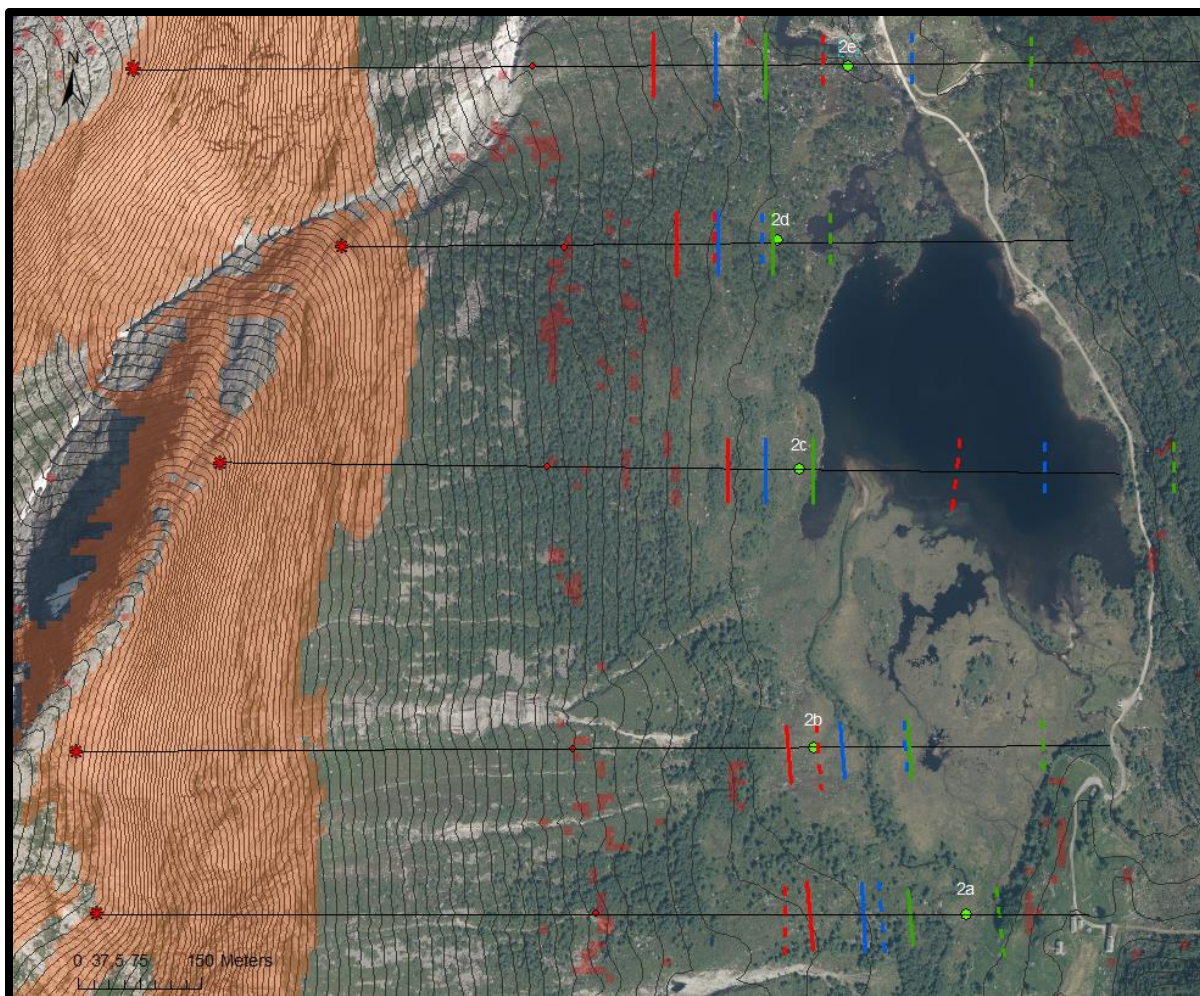
Figur 8.2.25 viser grensene til S1, S2 og S3 i alle skredbanene det er beregnet maksimal utløpslengde til med alfa-beta metoden. Grensen til S1 (hundreårsskred) ligger i den nederste delen av dalsiden i de tre sørligste skredbanene. I skredbane 2d1 og 2e1 ligger tilsvarende grense lenger opp i dalsiden.

Tusenårsskred (S2), grensene markert med blått i Figur 8.2.25, vil i skredbane 2b1 og 2c1 kunne nå et stykke ut i dalbunnen. I skredbane 2a1 sammenfaller grensen til tusenårsskred med nederste høydekurve, mens i skredbane 2a1, 2d1 og 2e1 vil tusenårsskred stoppe opp i dalsiden.

I skredbane 2a1 vil et femtusenårsskred (S3), grensene markert med grønne streker i Figur 8.2.25, ifølge beregningene kunne nå nesten ned til Heielva. I 2b1 vil skredblokker ifølge beregningene kunne transporteres fordi elven og halvveis ut på myra. Blokker vil kunne nå vannkanten av Fjellandsbøvatnet i skredbane 2c1. I skredbane 2d1 og 2e1 vil avsetningene stoppe i bunnen av dalsiden. Hvorvidt dette er realistiske utløpslengder diskuteres i diskusjonskapittelet, Kapittel 9.

Beregning av lengste utløpslengder ved bruk av høyde/lengde forholdet

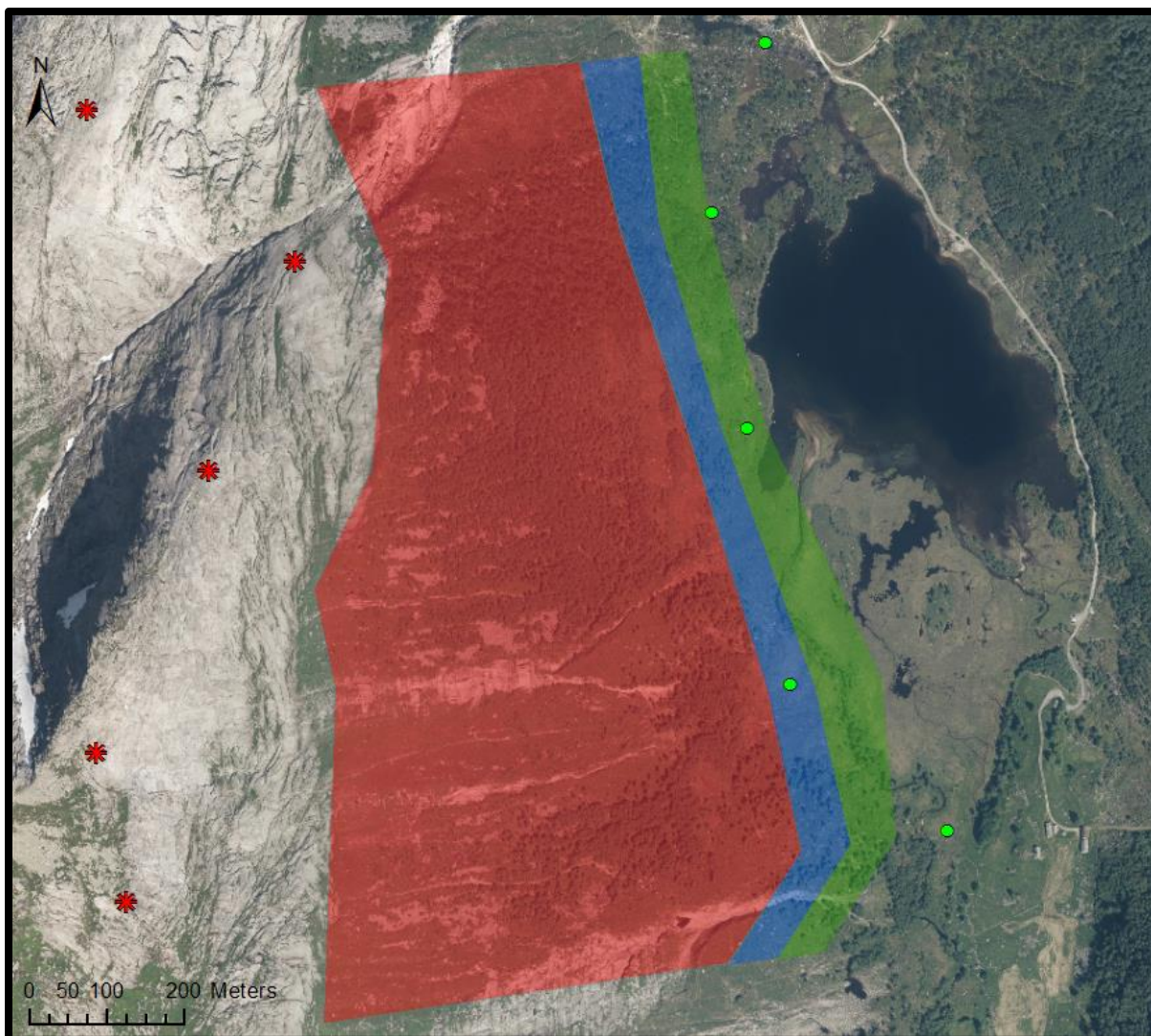
Maksimal utløpslengder er også blitt regnet ut ved å bruke høyde/lengde-forholdet. Disse grensene er tegnet inn med stiplede linjer på kartet i Figur 8.2.25. I Skredbane 2c1 og 2d1 er H/L-forholdet til steinskred brukt. Figuren viser at ved å bruke høyde/lengde-forholdet overestimeres utløpslengden i alle skredbanene sammenlignet med alfa-beta metoden. Særlig i skredbane 2c1 og 2e1 avviker grensene beregnet med de to metodene mye. Sammenligning av de to metodene diskuteres nærmere i diskusjonskapittelet, Kapittel 9.



Figur 8.2.25.: Maksimum utløpslengder for steinsprang beregnet med alfa-beta metoden på Lokalitet 2. De svarte linjene viser skredbanene. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punkt er markert med rød prikk. Grensene for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 er markert med henholdsvis rød, blå og grønn strek. Blokkene kartlagt i felt er markert med grønne prikker. De oransje områdene i fjellveggen er områder der helningen er høyere enn 40°. De røde feltene er der terrenget har en helning på 23°. De stiplede linjene viser beregnede utløpslengder ved bruk av H/L-forholdet. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Faresonekart basert på lengste utløpslengder

Figur 8.2.26 viser et faresonekart over Lokalitet 2. Kartet er basert på utregningene av maksimale utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Kartet viser at områdene lengst sør i dalen har de lengste utløpslengdene. Deretter blir utløpslengdene gradvis kortere lenger nordover på lokaliteten.



Figur 8.2.26: Faresonekart over Lokalitet 2 basert på maksimale utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. Rødt, blått og grønt område viser sonene for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3. De grønne prikkene representerer de ytterste skredblokkene kartlagt i felt. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Korteste utløpslengder

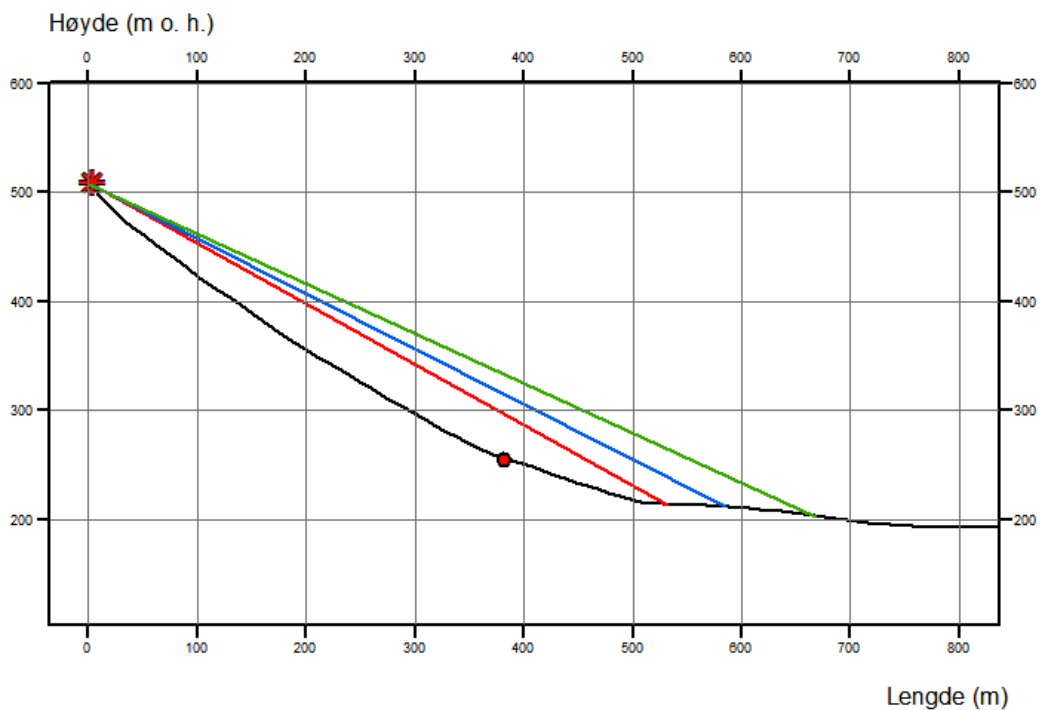
Løsnepunktene til skred som gir minimum utløpslengder er satt til nederst i fjellsiden der helningen fremdeles er over 40° , og der det er synlige sprekker. Dette er illustrert i Figur 8.2.28. Det er brukt de samme skredbanene som i utregningen av maksimale utløpslengder; en skredbane for hver blokk kartlagt i felt. Siden skredbanene starter der det bare fjellet slutter, er helningen lavere enn i beregningen av maksimale utløpslengder. Høyde-profiler av skredbanene er vist i Figur 8.2.27.

Skredbane 2a2 starter med en helning på 50° , før den etter 50 m slakker jevnt ut ned mot dalbunnen. Høydeprofilen har en svak konkav form. Skredbanen til 2b2 ser relativt lik ut som 2a2, men profilen starter med en lavere helning. I begge disse skredbanene er løsnepunktet satt

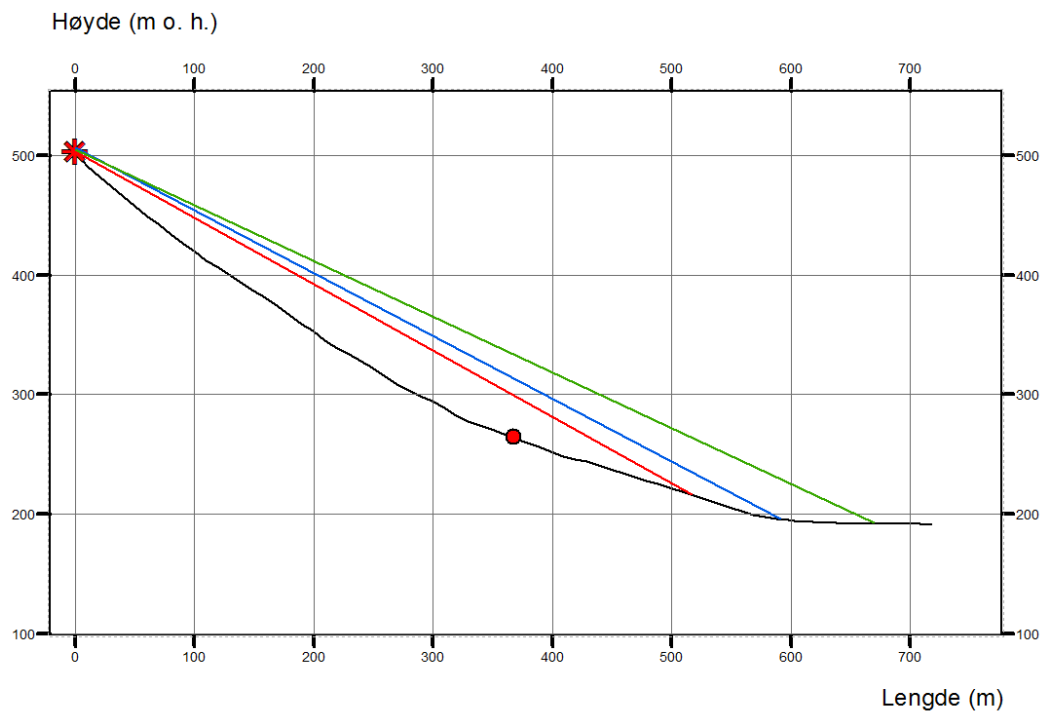
til 500 m o. h. Skredbane 2c2 har slakere helning enn de to sørligste. Profilet slakker jevnt ut, bortsett fra en liten forhøyning etter ca. 250 m. Løsnepunktet i denne skredbanen er satt til 400 m o. h.

Skredbane 2d2 har vekslende konveks og konkav form før dalbunnen. Gjennomsnittlig gradient på skredbanen er litt i underkant av 30°. Formen på skredbane 2e2 skiller seg ut fra de andre ved at den har en tydelig forsenkning etter 200 m. Kartet, Figur 8.2.28, viser at dette skyldes flomskredløpet som kommer ned fra Kolkjeredalen. Løsnepunktet i de to nordligste skredbanene er satt til 380 m o. h.

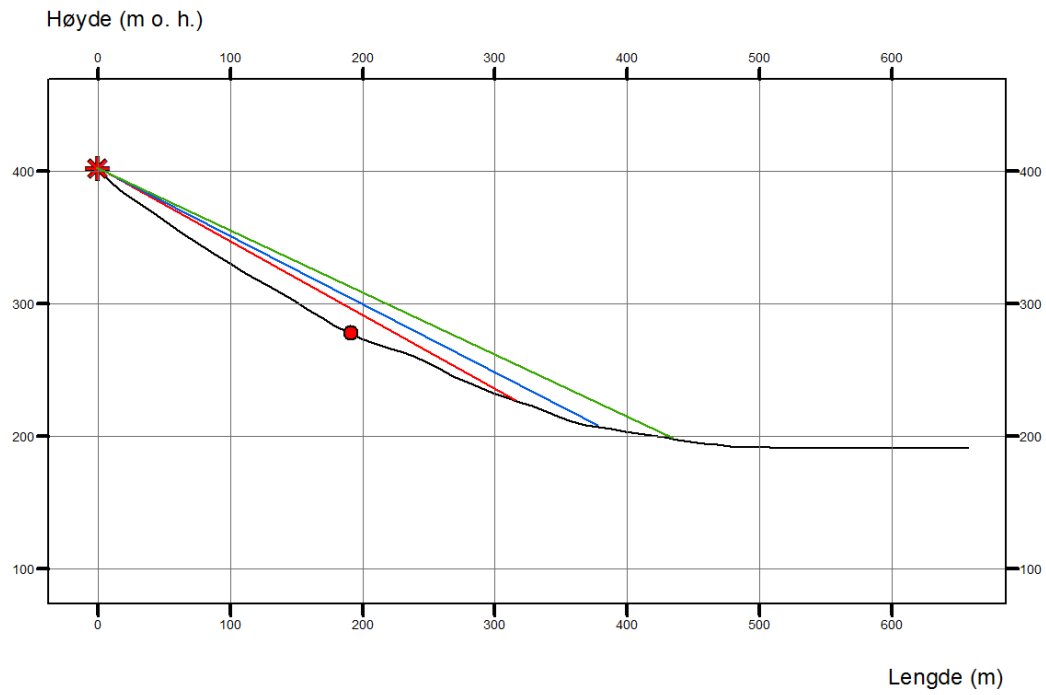
2a2



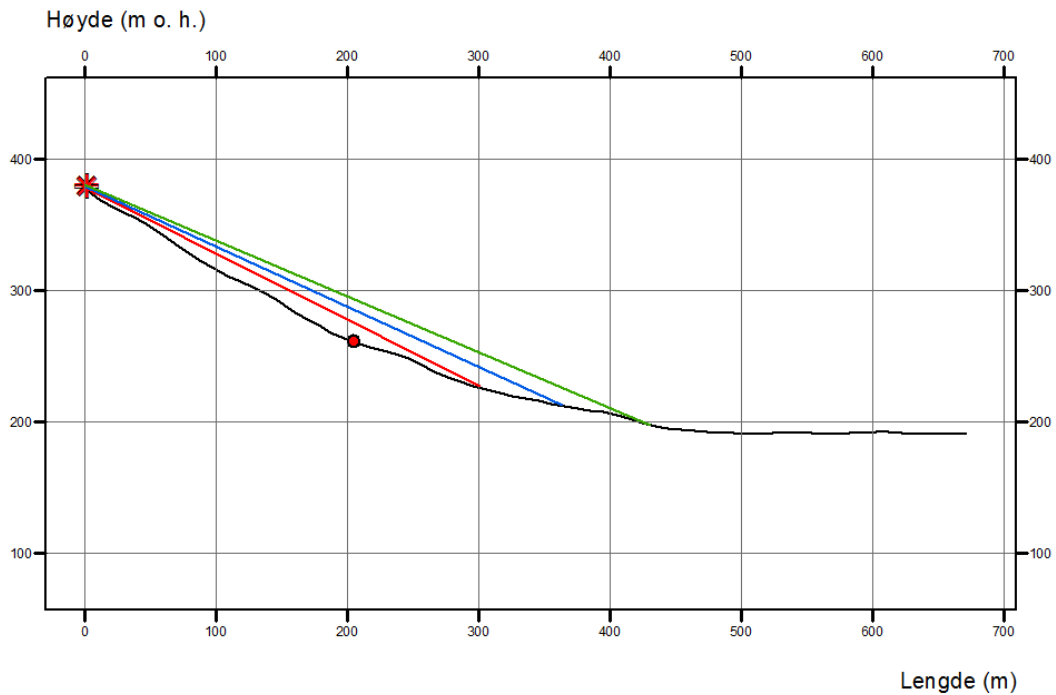
2b2



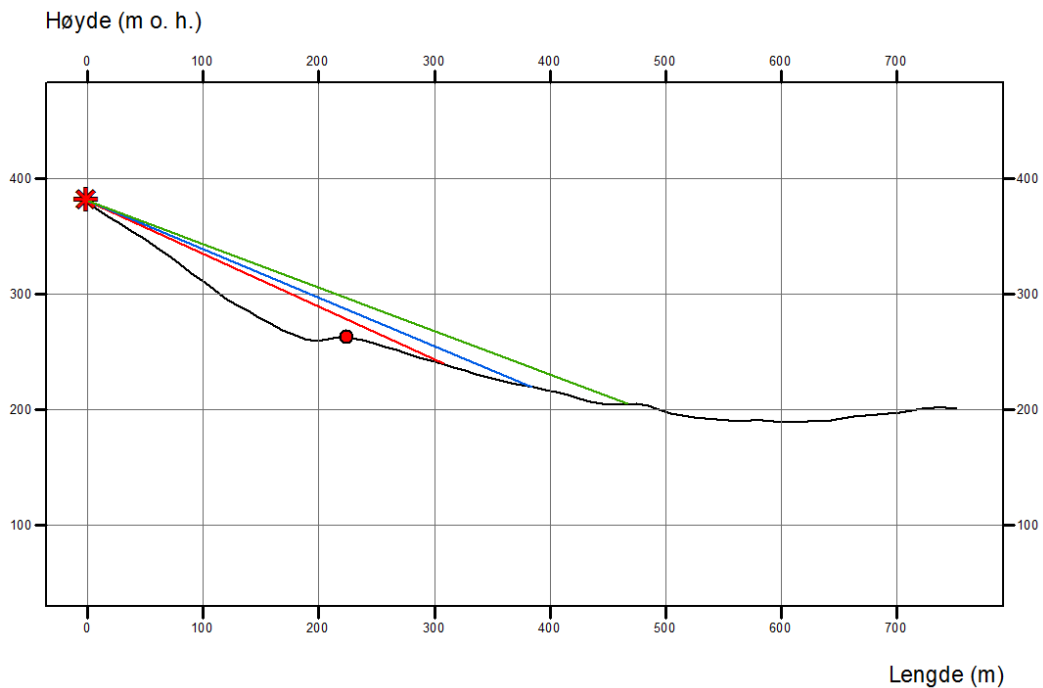
2c2



2d2



2e2



Figur 8.2.27: Høydeprofiler av skredbanene på Lokalitet 2. Profilene viser beregnet minimum utløpslengder for steinsprang. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punkt er vist med rød prikk. Rød, blå og grønn strek illustrerer beregnet rekkevidde til henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

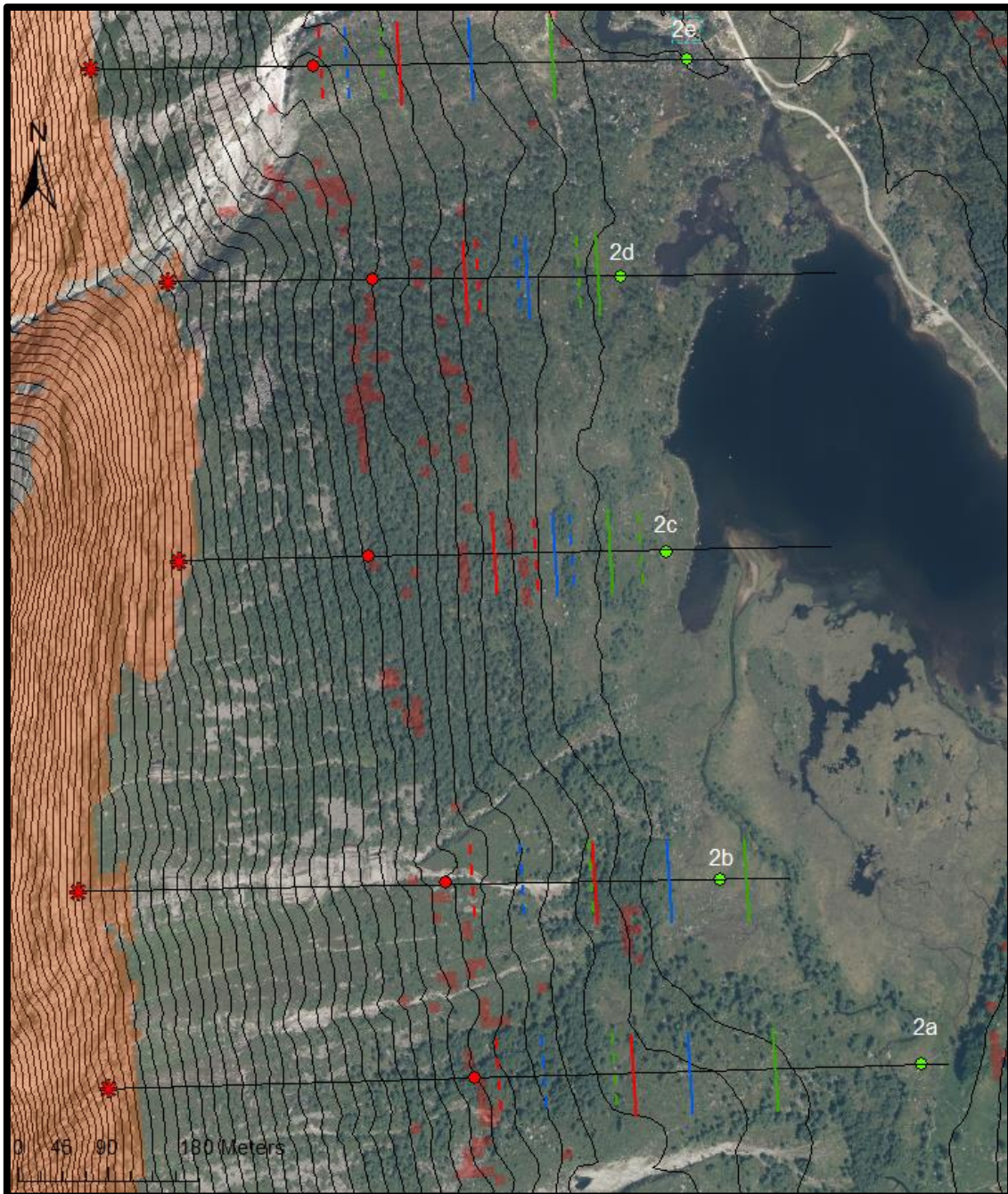
Minimum rekkevidde for steinsprang

De beregnede grensene er markert på kartet i Figur 8.2.28. For hundreårsskred ligger grensene til minimum utløpslengde i skredbane 2c2 og 2d2 på lik linje, i nederste del av skogen i dalsiden. Grensene i skredbane 2a2 og 2b2 ligger også på relativt like linje med hverandre, men ligger lenger ned i dalsiden. I 2e2 ligger grensen lenger opp i dalsiden enn i de fire sørligste skredbanene. I denne skredbanen er det som tidligere nevnt ingen trær i dalsiden.

Tusenårsskred og femtusenårsskred vil i alle skredbaner bortsett fra 2b2 stoppe opp i dalsiden. Blokker i et femtusenårsskred vil i 2b2 kunne nå et godt stykke ut på myrområdet.

Beregning av korteste utløpslengder ved bruk av høyde/lengde forholdet

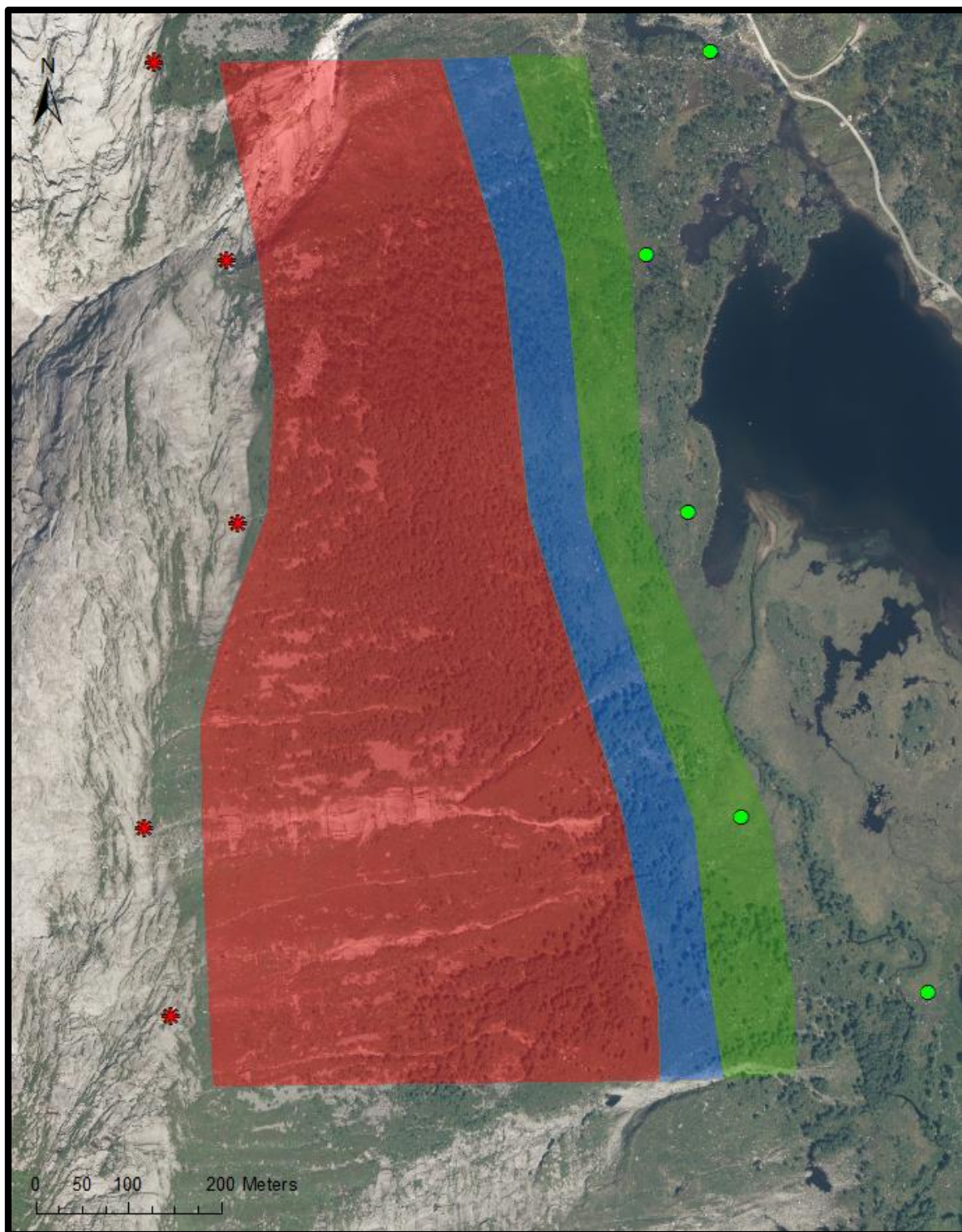
Det er også regnet ut minimum utløpslengder ved å bruke høyde/lengde-forholdet. Disse grensene er tegnet inn med stiplede linjer på kartet, Figur 8.2.28. Ved bruk av høyde/lengde-forholdet underestimeres utløpslengdene i forhold til ved bruk av alfa-beta modellen. Dette diskuteres i avsnitt 9.7 diskusjonskapittelet.



Figur 8.2.28: Minimum utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden på Lokalitet 2. De svarte linjene viser skredbanene. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punkt er markert med rød prikk. Grensene til sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 er markert med henholdsvis rød, blå og grønn strek. Blokkene kartlagt i felt er markert med grønne prikker. De oransje områdene i fjellveggen er områder der helningen er høyere enn 40°. De røde feltene er der terrenget har en helning på 23°. De stiplede linjene viser beregnede utløpslengder ved bruk av H/L-forholdet. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Faresonekart basert på korteste utløpslengder

Figur 8.2.29 viser et faresonekart over Lokalitet 2. Kartet er basert på utregningene av minimum utløpslengder med alfa-beta metoden. Kartet viser at det generelt er kortere utløpslengder lenger sør enn nord.

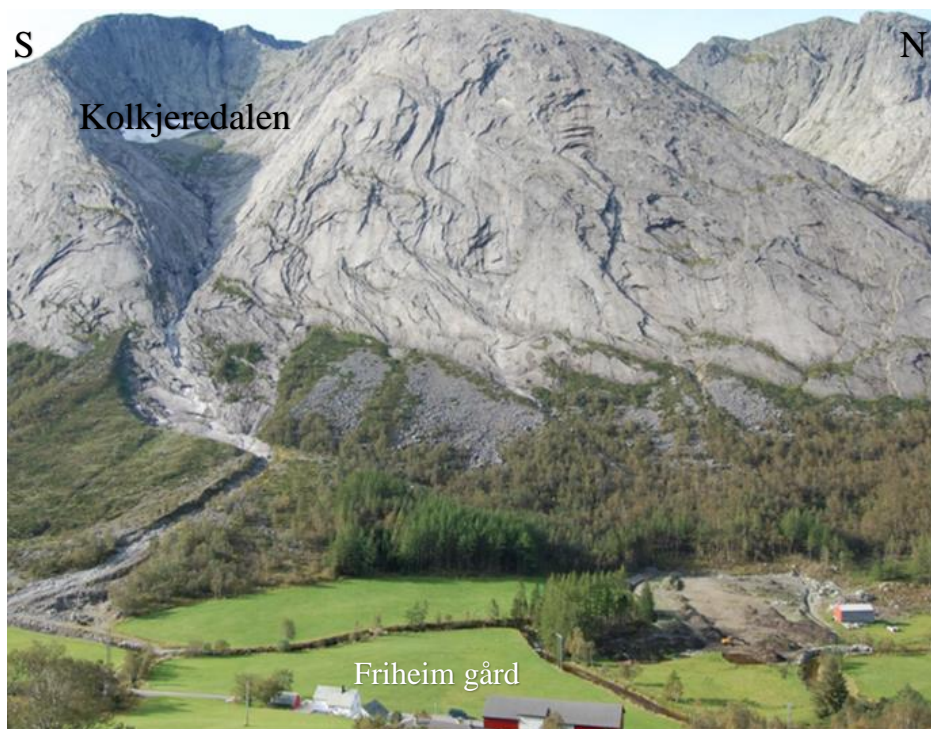


Figur 8.2.29: Faresonekart over Lokaltet 2 basert på minimum utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. Rødt, blått og grønt område viser sonene for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3. De grønne prikkene representerer de ytterste skredblokkene kartlagt i felt. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

8.3 Lokalitet 3 – Steinsprang

UTM: 32V 329546 6642667

Lokalitet 3 ligger vest for jordene til Friheim gård, Figur 8.3.1. I den sørligste delen av dalsiden er ura godt utviklet, Figur 8.3.2. Dalbunnen på Lokalitet 3 er dekket av dyrket mark eller områder der bonden har gravd i løsmasser. Den nederste delen av dalsiden er dekket av granskog. Lenger opp i dalsiden går det over i bjørkeskog og kratt. Øverste del av dalsiden domineres av blokker. Fjellpartiet over har mange synlige sprekker og bærer preg av at det har skjedd utrasinger av flak fra fjellsiden, Figur 8.3.1.

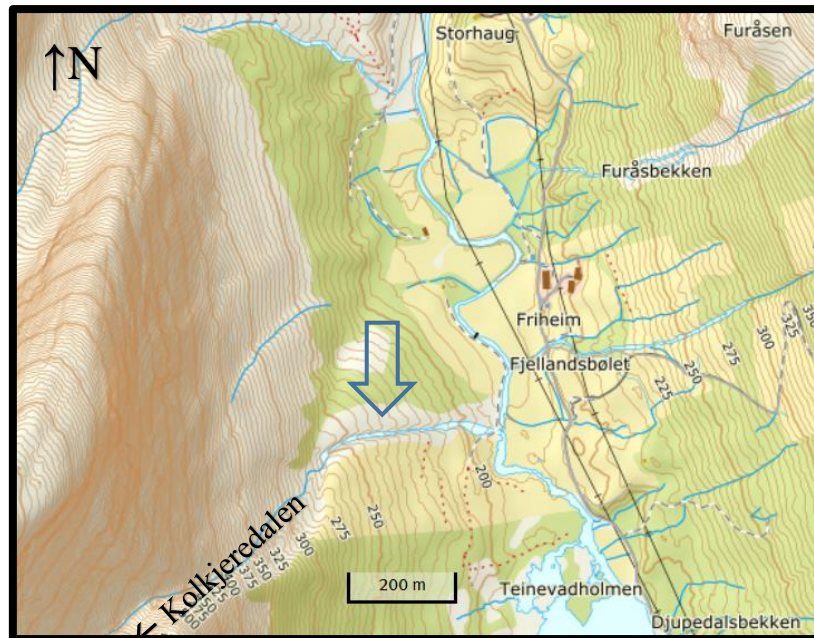


Figur 8.3.1: Lokalitet 3 ligger vest for jordene til Friheim gård. I fjellsiden er det spor etter flak som har løsnet og rast ned fra fjellveggen. (UTM: 32V 330258 6642694) Foto: Johannes Hardeng



Figur 8.3.2: I den sørlige delen av Lokalitet 3 er ura godt utviklet. Bildet er tatt fra toppen av ura lengst sør på lokaliteten. Friheim gård kan sees nede i dalbunnen. (UTM: 32V 329441 6642337) Foto: Ane Senneseth

Nederste del av dalsiden på den sørlige delen av lokaliteten er en del av en stor vifteformet avsetning som har sitt opphav i Kolkjeredalen. Viften er ikke synlig i felt da området er dekket av mye trær og annen vegetasjon, men kan sees ut ifra høydekurvene på kartet, Figur 8.3.3.



Figur 8.3.3: Den sørligste delen av Lokalitet 3 er en del av en stor vifteformet avsetning som har sitt opphav i Kolkjeredalen. Denne er markert med blå pil. Modifisert kart fra Kartverket (2017a)

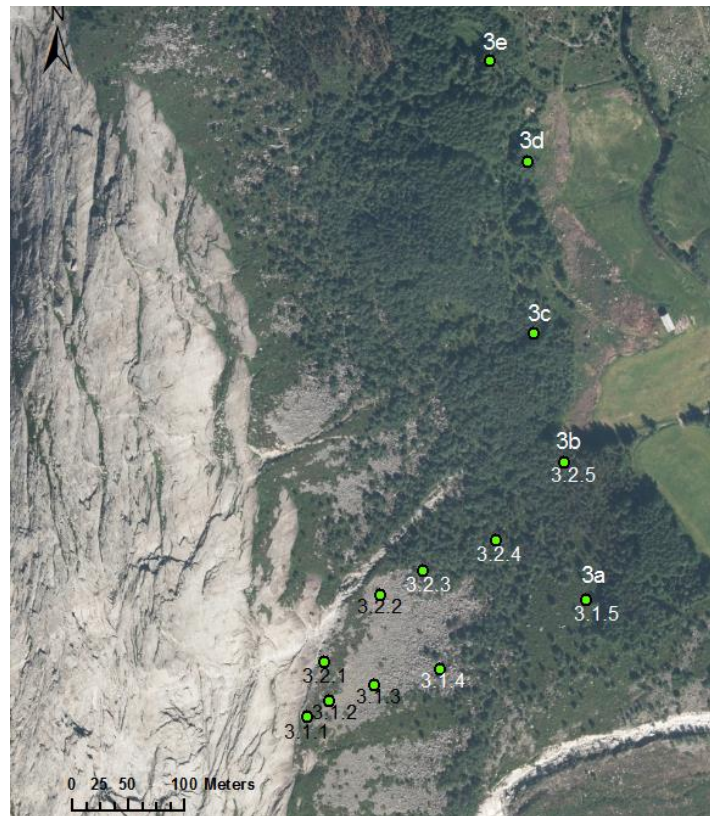
Det er flere tegn på at det er steinsprang som dominerer på Lokalitet 3. På de to sørligste tredjedelene av lokaliteten har avsetningene tydelig fallsortering. Helt øverst, opp mot fjellveggen, er det sand og grus, mens det lenger ned i ura går over i grovere materiale, Figur 8.3.4. Materialet i ura er kantet og overflatene har lysere farge enn på lokalitet 2.



Figur 8.3.4: Helt øverst i ura består avsetningene av sand og grus, mens materialet gradvis blir grovere nedover i ura. Skredmaterialet er kantet. Tommestokken på bildet er 1 m lang. Foto: Ane Senneseth

8.3.1 Ytterste skredblokker

Lokalitet 3 ligger rett nord for bekkeløpet som kommer ned fra Kolkjeredalen, og strekker seg nordover litt forbi jordene i dalbunnen. På Lokalitet 3 er det kartlagt fem skredblokker. Disse er vist som grønne prikker nederst i dalsiden på Figur 8.3.5.



Figur 8.3.5: Flybilde av Lokalitet 3. De grønne prikkene representerer de ytterste skredblokkene kartlagt i felt. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

8.3.2 Schmidthammermålinger

På Lokalitet 3 er det tatt schmidthammermålinger på alle blokkene kartlagt i felt. På hver blokk er det tatt 50 målinger. Blokkene det er tatt målinger på er vist i Figur 8.3.6.

3a



UTM: 32V 329684 6642447

3b



UTM: 32V 329665 6642568

3c



UTM: 32V 329636 6642683

3d



UTM: 32V 329629 6642835

3e



UTM: 32V 329597 6642928

Figur 8.3.6: De ytterste skredblokkene kartlagt i felt på Lokalitet 3, med tilhørende UTM-koordinater. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge. Den sørligste blokken er kalt 3a, neste blokk nordover 3b osv. Tommestokken brukt som målestokk er 1 m lang. Foto: Ane Senneseth

Statistikk

I Tabell 8.3.1 er det listet opp statistiske variabler regnet ut for målingene tatt på de ytterste skredblokkene på Lokalitet 3. Alle målingene har R-verdier som ligger på et intervall mellom 20 og 54. Minimumsverdien ligger relativt stabilt og varierer fra 20 til 23, mens maksimumsverdien ligger mer spredt med R-verdier mellom 41 og 54.

Gjennomsnittsverdien er den viktigste statistiske variabelen, og er uthevet i tabellen. Blokk 3b, 3c og 3e har relativt like gjennomsnittsverdier, på rundt 34. Blokk 3a har noe lavere gjennomsnittverdi på 30,6, mens blokk 3d har den høyeste gjennomsnittsverdien på 36,8.

Standardavviket varierer noe. De tre midterste blokkene har relativt like standardavvik på rundt 6,5. Blokk 3a har lavere standardavvik på 5,7, mens blokk 3e har et høyere på 7,4. Dette

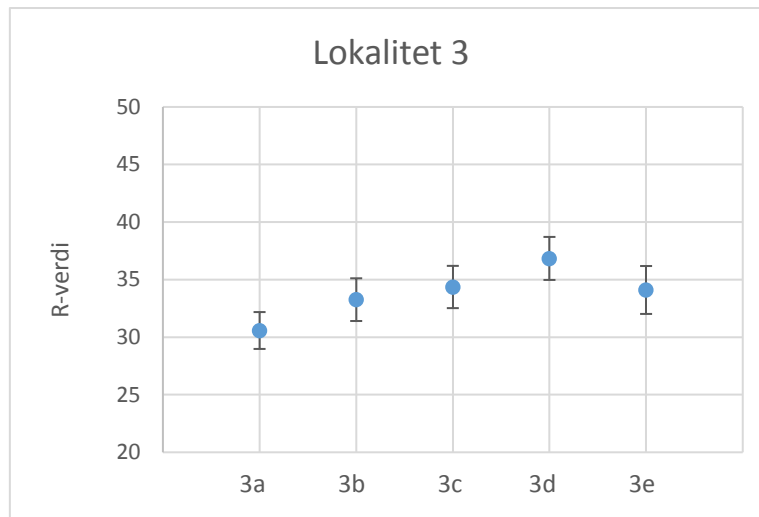
gjenspeiles også i standardfeil, der de tre midterste har like verdier på rundt 0,9. 3a har lavere standardfeil på 0,8, mens 3e har det høyeste på 1.

Tabell 8.3.1: Utregnede statistiske variabler til de ytterste skredblokkene kartlagt på Lokalitet 3. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| Blokk | 3a | 3b | 3c | 3d | 3e |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Minimum | 20 | 22 | 20 | 23 | 21 |
| Maksimum | 41 | 47 | 49 | 54 | 50 |
| Sum | 1529 | 1663 | 1718 | 1824 | 1705 |
| Målepunkt | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Gjennomsnitt | 30,58 | 33,26 | 34,36 | 36,84 | 34,1 |
| Median | 31 | 32 | 35 | 37 | 34 |
| Std. avvik | 5,6644 | 6,5615 | 6,4894 | 6,6093 | 7,3603 |
| Varians | 32,085 | 43,053 | 42,113 | 43,683 | 54,173 |
| Std error | 0,80107 | 0,92794 | 0,91774 | 0,9347 | 1,0409 |
| Skjevhet | 0,085941 | 0,4001 | 0,0046065 | 0,31462 | 0,23672 |
| Kurtose | -0,76093 | -0,70629 | -0,23479 | 0,15064 | -0,4751 |

R-verdier

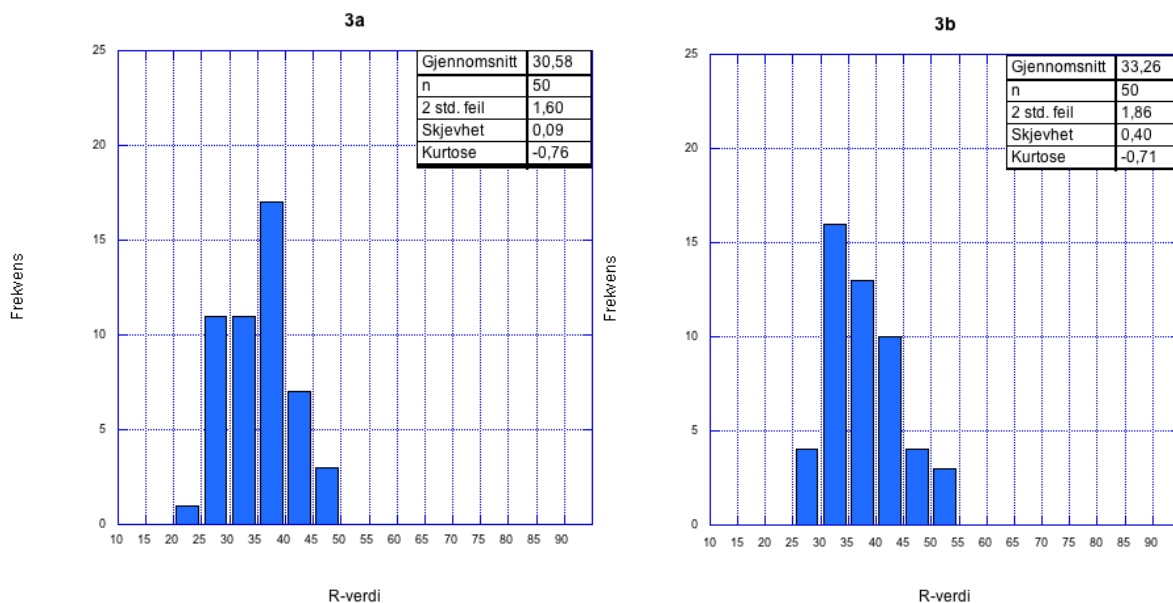
Figur 8.3.7 illustrerer gjennomsnittlig R-verdi til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 3. Blokk 3b, 3c og 3e har relativt lik gjennomsnittlig R-verdi. 3a skiller seg ut ved å ha en lavere verdi, mens 3d har en høyere verdi. Alle blokkene bortsett fra 3a og 3d har R-verdier som overlapper hverandre hvis man regner med to standardfeil. Blokk 3a og 3d overlapper ikke hverandre.

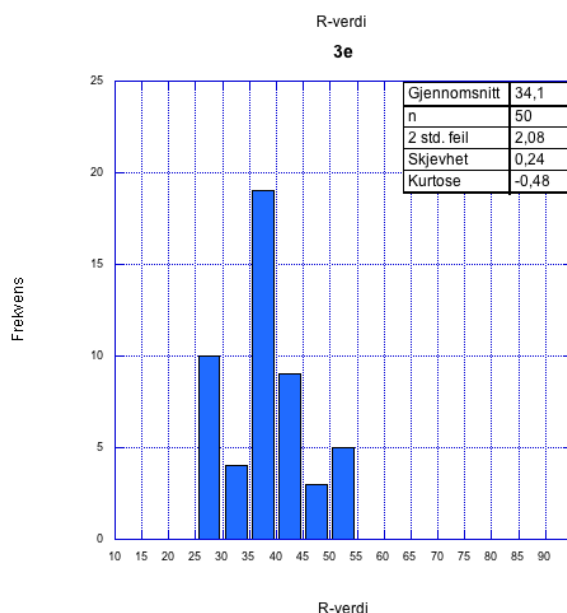
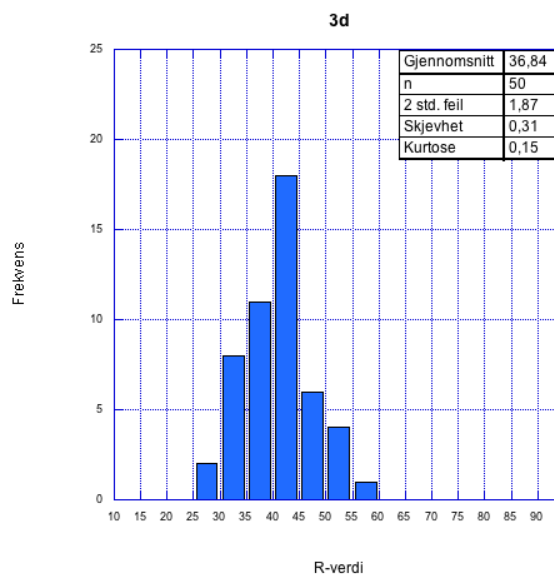
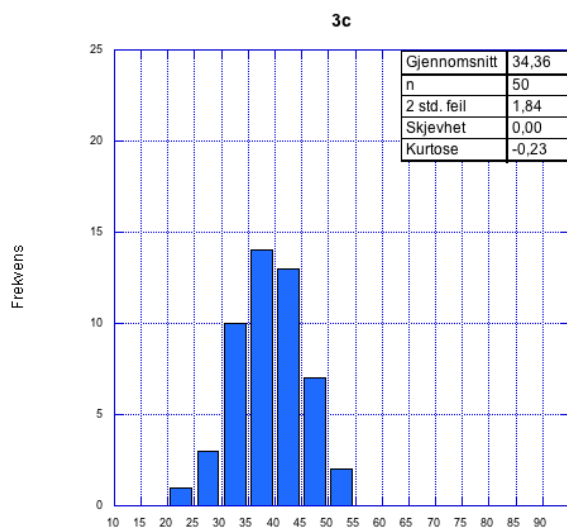


Figur 8.3.7: Diagrammet viser R-verdiene til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 3, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Frekvensdiagrammene i Figur 8.3.8 viser fordelingen av målingene til hver blokk. Felles for alle blokkene er at alle har positiv skjevhet, som vil si at målingene har en høyreskjev fordeling og at flertallet av målingene ligger nærmere minimumsverdien enn maksimumsverdien. Blokk 3b, 3d og 3e har størst skjevhet, mens blokk 3a og 3c har en skjevhet tilnærmet 0. Alle blokkene bortsett fra 3d har negativ kurtose, som vil si at målingene er mer spredt enn en normalfordeling, og at histogrammet har en flatere form enn en normalfordelingskurve. Målingene på Blokk 3d har positiv kurtose. Her er de fleste målingene sentrert rundt gjennomsnittet, og histogrammet har en spissere form.





Figur 8.3.8: Histogrammer over målte R-verdier til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 3. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen til høyre. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

8.3.3 Alder

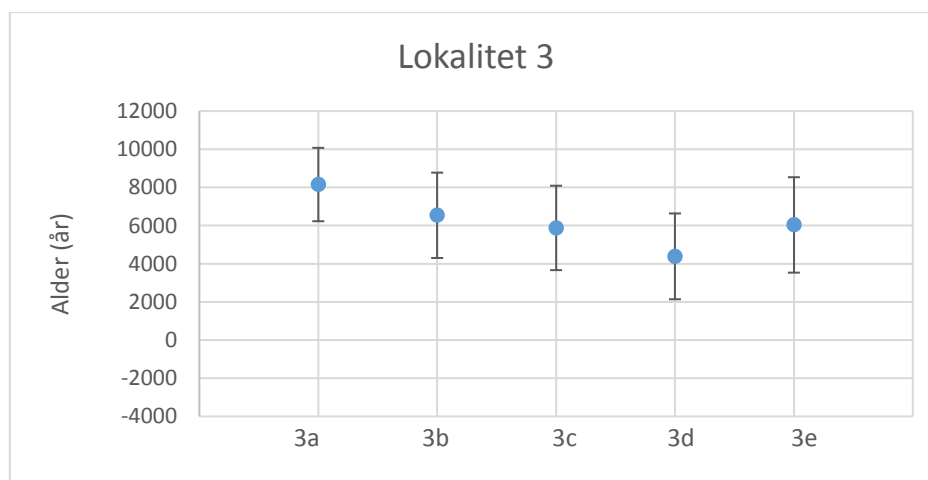
I Tabell 8.3.2 er det listet opp utregnede aldre på blokkene ved bruk av formelen fra kalibreringskurven, Formel 7.3. Blokk 3b, 3c og 3e har relativt like gjennomsnittsaldrer, mens 3a og 3d skiller seg ut ved å ha henholdsvis høyere og lavere alder. Dette illustreres bedre i neste figur, Figur 8.3.9.

Tabell 8.3.2: Utregnede aldre til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 3. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er også regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil.

| | 3a | 3b | 3c | 3d | 3e |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 30,58 | 33,26 | 34,36 | 36,84 | 34,1 |
| 2 std. feil | 1,60 | 1,86 | 1,84 | 1,87 | 2,08 |
| Gjennomsnitts- alder | 8151 | 6540 | 5879 | 4388 | 6035 |
| 2 std. Feil | 1923 | 2236 | 2212 | 2248 | 2500 |
| Maks. alder | 10074 | 8776 | 8090 | 6636 | 8535 |
| Min. alder | 6227 | 4304 | 3667 | 2140 | 3534 |

Aldersdiagram

Figur 8.3.9 viser aldre til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 3. Diagrammet viser at aldre til alle blokkene overlapper hvis man regner med 2 standardfeil. Gjennomsnittsalderen til blokk 3b, 3c og 3e ligger på lik linje, mens 3a ligger litt over og 3d litt under.



Figur 8.3.9: Diagrammet viser utregnede aldre til de ytterste blokkene på Lokalitet 3, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalderen er markert med blått. Maksimums- og minimumsalder er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

8.3.4 Profiler

På Lokalitet 3 er det i tillegg til å ha blitt tatt målinger på de ytterste skredblokkene, tatt målinger på blokker i to profiler i ura lengst sør på lokaliteten. Det er tatt målinger på fem blokker nedover ura i hvert profil. De nederste blokkene i ura tilsvarer de to sørligste, ytterste skredblokkene på lokaliteten (blokk 3a og 3b). Dette er illustrert i Figur 8.3.10.



Figur 8.3.10: Bildet viser hvor blokkene i de to profilene ligger. Blokkene i Profil 1 er kalt 3.1.1, 3.1.2 osv. Blokken nederst i dalsiden i profilet er den samme som den sørligste, ytterste skredblokken (3a) på lokaliteten. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Blokkene det er tatt målinger på i Profil 1 er vist i Figur 8.3.11.

Profil 1

3.1.1



UTM: 32V 329433 6642341

3.1.2



UTM: 32V 329452 6642355

3.1.3



UTM: 32V 329496 6642369

3.1.4



UTM: 32V 329551 6652383

3.1.5



UTM: 32V 329684 6642449

Figur 8.3.11: Blokkene det er tatt schmidthammermålinger på i Profil 1 på Lokalitet 3. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge. Det første bilde viser blokken øverst i ura. Tommestokken brukt som målestokk er 1 m lang. Foto: Ane Senneseth

Statistikk

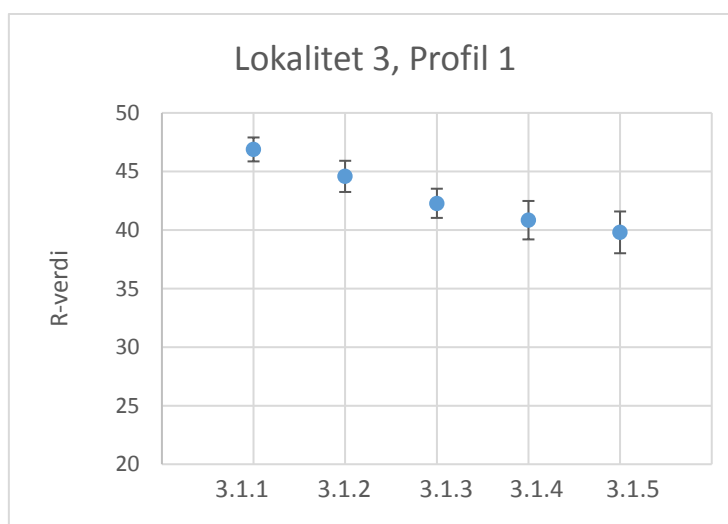
I Tabell 8.3.3 er det listet opp statistiske variabler regnet ut for målingene tatt på blokkene i Profil 1. Alle målingene ligger på et bredt intervall på 30 R-verdier, fra 28-58. Minimumsverdiene ligger spredt mellom 28 og 40. Maksimumsverdiene ligger mer stabilt og er spredt mellom 52 og 58. Gjennomsnittet er den viktigste statistiske variabelen, og er uthevet i tabellen. Øverste blokk i profilet har den høyeste gjennomsnittsverdien. Deretter synker verdien gradvis nedover i dalsiden. Generelt øker standardavviket med lavere R-verdi nedover i profilet. Det samme gjelder standardfeil.

Tabell 8.3.3: Utregnede statistiske variabler til blokkene til Profil 1 på Lokalitet 3. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| Blokk | 3.1.1 | 3.1.2 | 3.1.3 | 3.1.4 | 3.1.5 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Minimum | 40 | 36 | 33 | 28 | 29 |
| Maksimum | 55 | 58 | 52 | 54 | 54 |
| Sum | 2344 | 2229 | 2114 | 2042 | 1990 |
| Målepunkt | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Gjennomsnitt | 46,88 | 44,58 | 42,28 | 40,84 | 39,8 |
| Median | 47 | 43 | 42 | 42,5 | 38,5 |
| Std. avvik | 3,612 | 4,7082 | 4,408 | 5,8042 | 6,3052 |
| Varians | 13,047 | 22,167 | 19,43 | 33,688 | 39,755 |
| Std error | 0,51081 | 0,66584 | 0,62338 | 0,82083 | 0,89168 |
| Skjevhet | 0,15584 | 0,50988 | 0,18032 | -0,45372 | 0,3021 |
| Kurtose | -0,87269 | -0,04641 | -0,46856 | -0,29008 | -0,9291 |

R-verdier

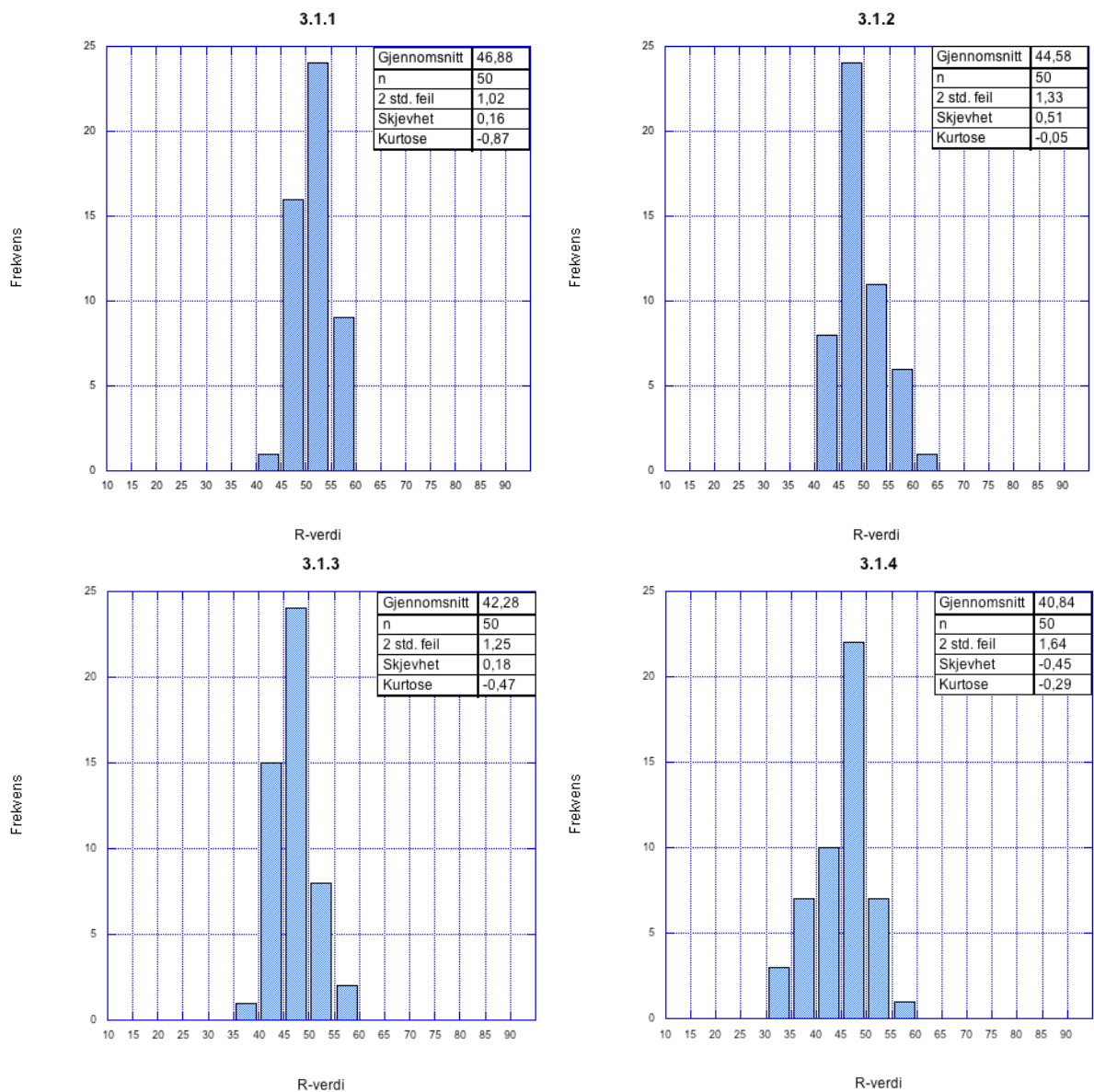
Figur 8.3.12 viser R-verdi til blokkene i Profil 1 på Lokalitet 3, med to standardfeil. Diagrammet viser at den øverste blokken i profilet har den høyeste R-verdien. Deretter synker verdiene gradvis på blokkene nedover i dalsiden. Diagrammet illustrerer også at lavere R-verdier har høyere standardfeil.

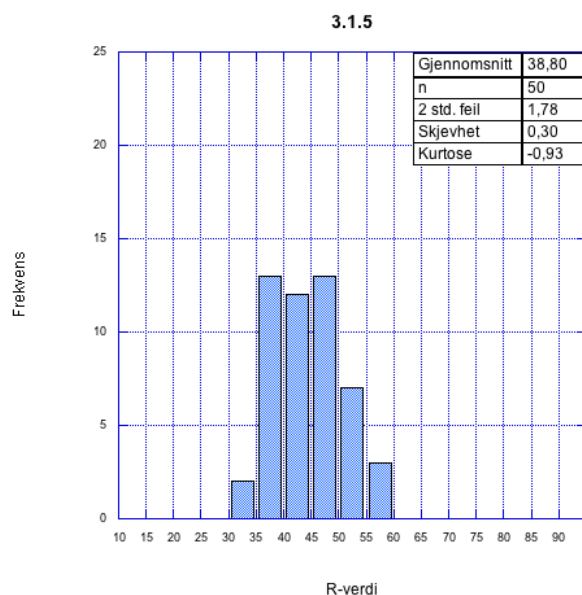


Figur 8.3.12: Diagrammet viser R-verdiene til blokkene i Profil 1 på Lokalitet 3, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Frekvensdiagrammene i Figur 8.3.13 viser fordelingen av målingene til hver blokk i Profil 1 på Lokalitet 3. Alle blokkene bortsett fra 3.1.4 har positiv verdi for skjevhet, som vil si at målingene til disse blokkene har en høyreskjev fordeling, og at flertallet av målingene ligger nærmere minimumsverdien enn maksimumsverdien. Blokk 3.1.4 har negativ verdi for skjevhet, som vil si at målingene har en venstreskjev kurve og at flertallet av målingene ligger nærmere maksimumsverdien enn minimumsverdien. Alle blokkene har målinger med negativ kurtoseverdi, som vil si at målingene ligger mer spredt enn i en normalfordeling.





Figur 8.3.13: Histogrammer over målte R-verdier til blokkene i Profil 1 på Lokalitet 3. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen til høyre. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

Alder

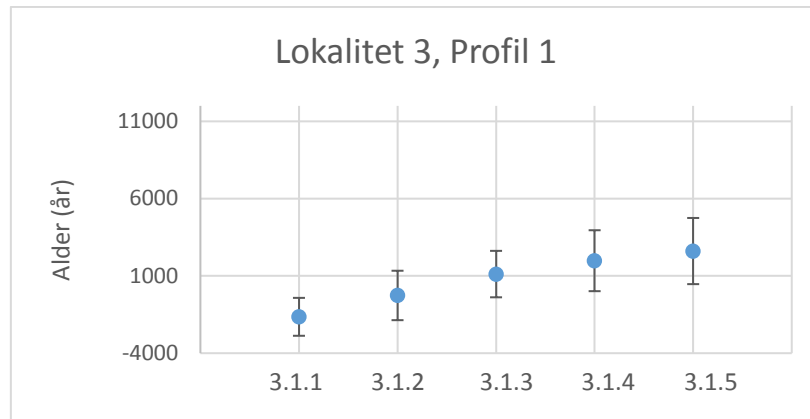
I Tabell 8.3.4 er det listet opp utregnede aldre ved bruk av formelen fra kalibreringskurven, Formel 7.3. Overflatene til blokkene har relativt lave aldre. Blokkene har jevnt økende alder nedover i dalsiden. Dette illustreres bedre i neste figur, Figur 8.3.14. Blokk 2a og 2b har negativ alder. Dette skyldes som tidligere nevnt justering av kalibreringskurven.

Tabell 8.3.4: Utregnede aldre til blokkene til Profil 1 på Lokalitet 3. Gjennomsnittet står i *uthevet skrift*. Det er også blitt regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil.

| | 3.1.2 | 3.1.2 | 3.1.3 | 3.1.4 | 3.1.5 |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 46,88 | 44,58 | 42,28 | 40,84 | 39,8 |
| 2 std. feil | 1,02 | 1,33 | 1,25 | 1,64 | 1,78 |
| Gjennomsnitts-alder | -1647 | -264 | 1118 | 1984 | 2609 |
| 2 std. Feil | 1226 | 1599 | 1503 | 1971 | 2140 |
| Maks. alder | -421 | 1334 | 1118 | 3955 | 4749 |
| Min. alder | -2873 | -1863 | -384 | 12 | 469 |

Aldersdiagram

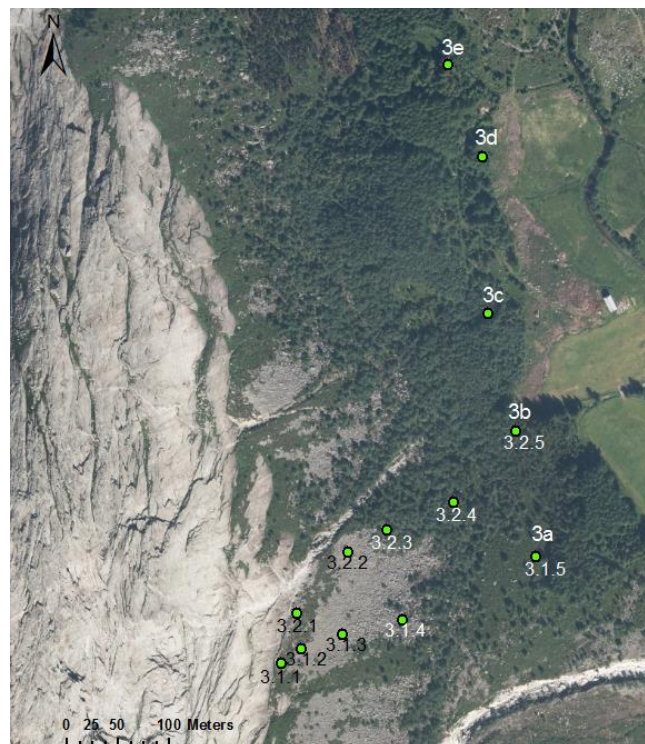
Figur 8.3.14 viser gjennomsnittsaldrer til blokkene i Profil 2. Diagrammet viser at blokkene har jevnt stigende alder nedover i profilet. De to øverste blokkene har negativ gjennomsnittsaldrer. Dette skyldes som tidligere nevnt justering av kalibreringskurven grunnet bruk av to ulike schmidthammere. Øverste og nederste blokk har signifikant forskjellig aldrer.



Figur 8.3.14: Diagrammet viser utregnede aldrer til blokkene i Profil 1 på Lokalitet 3, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalderen er markert med blått. Maksimums- og minimumsaldrer er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

Profil 2

Profil 2 er tatt på samme talus som Profil 1. Dette er vist i Figur 8.3.15.



Figur 8.3.15: Bildet viser hvor Profil 2 er tatt på Lokalitet 3. Blokkene i Profil 2 er kalt 3.2.1, 3.2.2 osv. nedover i dalsiden. Nederste blokk i profilet er den samme som skredblokk 3b på lokaliteten. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Blokkene det er tatt målinger på i Profil 2 er vist i Figur 8.3.16.

3.2.1



UTM: 32V 329450 6642391

3.2.2



UTM: 32V 329500 6642449

3.2.3



UTM: 32V 329536 664270

3.2.4



UTM: 32V 329606 6642495

3.2.5



UTM: 32V 329670 6642566

Figur 8.3.16: Blokkene det er tatt schmidthammermålinger på i Profil 2 på Lokalitet 3. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge. Det første bilde viser øverste blokk i profilet. Tommestokken brukt som målestokk er 1 m lang. Foto: Ane Senneseth

Statistikk

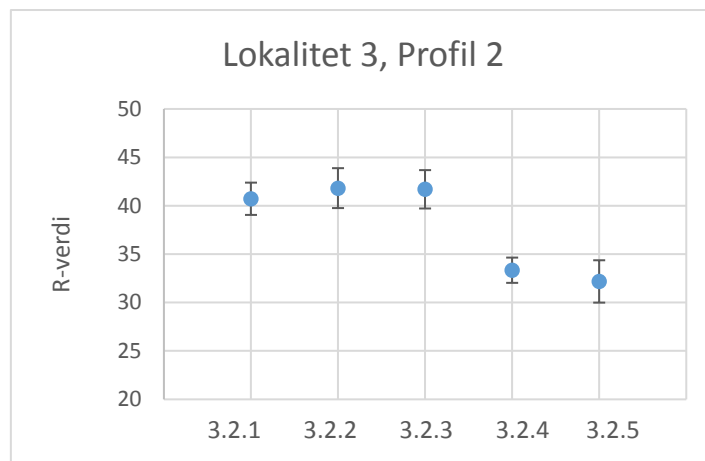
I Tabell 8.3.5 er det listet opp statistiske variabler regnet ut for målingene tatt på blokkene i Profil 2. Alle målingene ligger spredt på et bredt intervall på 37 R-verdier, fra 20 til 57. Laveste verdi ligger mellom 20 og 30, mens maksverdi ligger mellom 43 og 57. Gjennomsnittsverdien til de tre øverste blokkene er relativt like og ligger rundt 41. De to nederste blokkene har betydelig lavere gjennomsnitt på rundt 33. Blokk 3.2.2, 3.2.3 og 3.2.5 har de høyeste standardavvikene på litt over 7. Blokk 3.2.1 og 3.2.4 har lavere på henholdsvis 5,9 og 4,6. Dette gjenspeiles også i standardfeilene som ligger på rundt 1 for blokk 3.2.2, 3.2.3 og 3.2.5. Blokk 3.2.1 og 3.2.4 har lavere standardfeil på henholdsvis 0,8 og 0,7.

Tabell 8.3.5: Utregnede statistiske variabler til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 3. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| Blokk | 3.2.1 | 3.2.2 | 3.2.3 | 3.2.4 | 3.2.5 |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| Minimum | 30 | 30 | 30 | 25 | 20 |
| Maksimum | 52 | 54 | 57 | 43 | 54 |
| Sum | 2036 | 2091 | 2085 | 1667 | 1609 |
| Målepunkt | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Gjennomsnitt | 40,72 | 41,82 | 41,7 | 33,34 | 32,18 |
| Median | 40,5 | 43 | 43 | 33 | 32 |
| Std. avvik | 5,8972 | 7,289 | 7,0051 | 4,6141 | 7,7372 |
| Varians | 34,777 | 53,13 | 49,071 | 21,29 | 59,865 |
| Std error | 0,83399 | 1,0308 | 0,99067 | 0,65254 | 1,0942 |
| Skjevhet | -0,013015 | -0,0077123 | 0,032169 | 0,33135 | 0,41885 |
| Kurtose | -0,71573 | -1,1677 | -0,79026 | -0,41207 | -0,16848 |

R-verdier

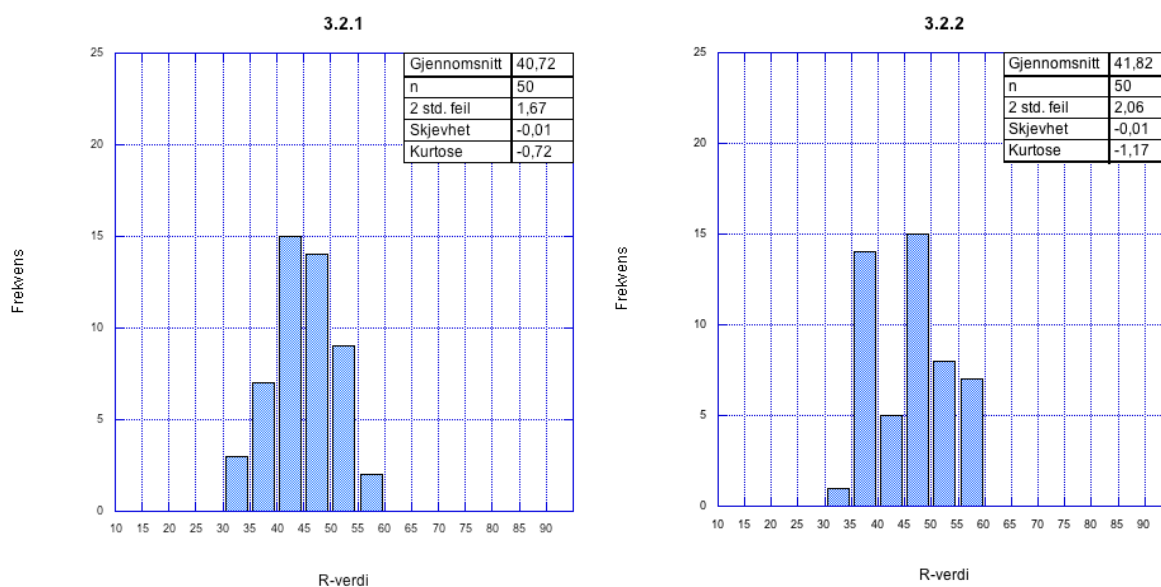
Figur 8.3.17 illustrerer at de tre blokkene har relativt lik gjennomsnittlig R-verdi. De to nederste blokkene skiller seg ut ved å ha lavere R-verdi.

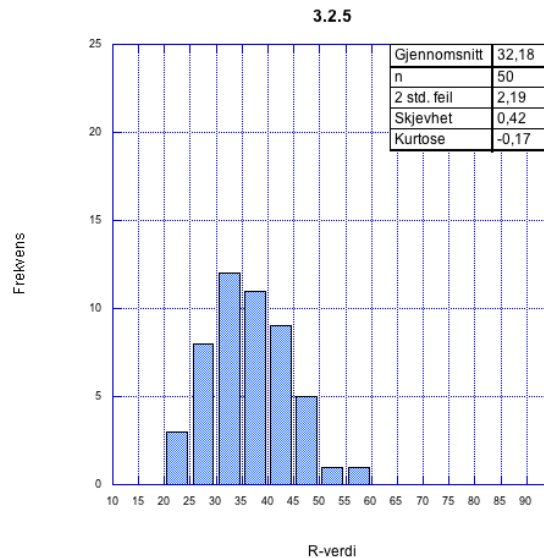
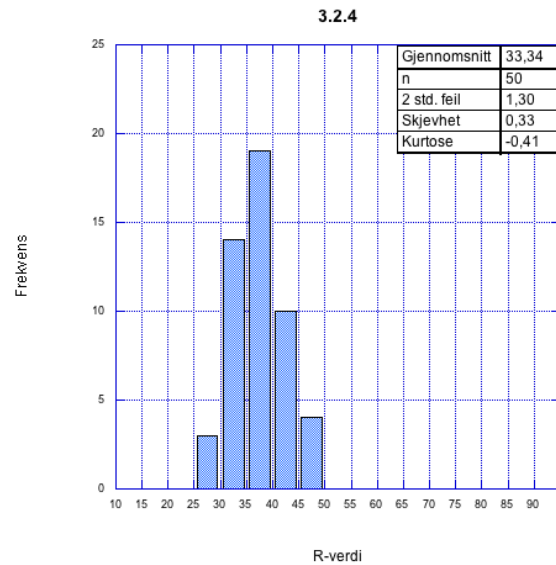
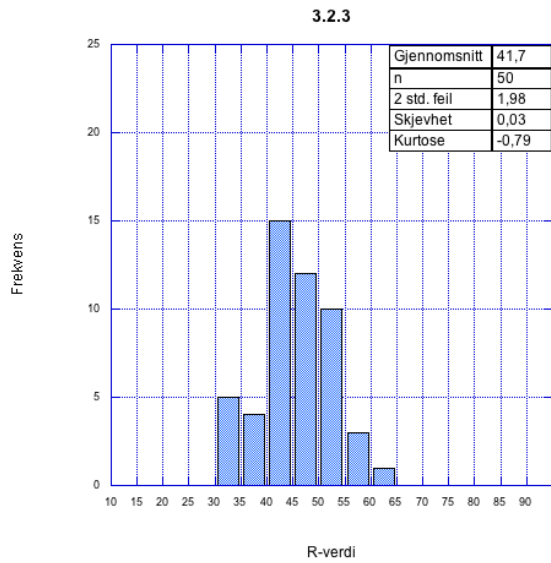


Figur 8.3.17: Diagrammet viser R-verdiene til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 3, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Figur 8.3.18 viser fordelingen av målingene til blokkene i Profil 2. De to øverste blokkene har en liten negativ skjevhet, som vil si at målingene ligger nærmere den høyeste verdien. De tre nederste blokkene har positiv skjevhet der flertallet av målingene ligger nærmere den laveste verdien. Alle blokkene har målinger med negativ kurtose som vil si at målingene er mer spredt enn en normalfordeling. Blokk 3.2.2. har den laveste kurtoseverdien på -1. Dette kan sees på histogrammet ved at det er mange målinger som ligger nærme den laveste verdien.





Figur 8.3.18: Histogrammer over målte R-verdier til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 3. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen til høyre. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

Alder

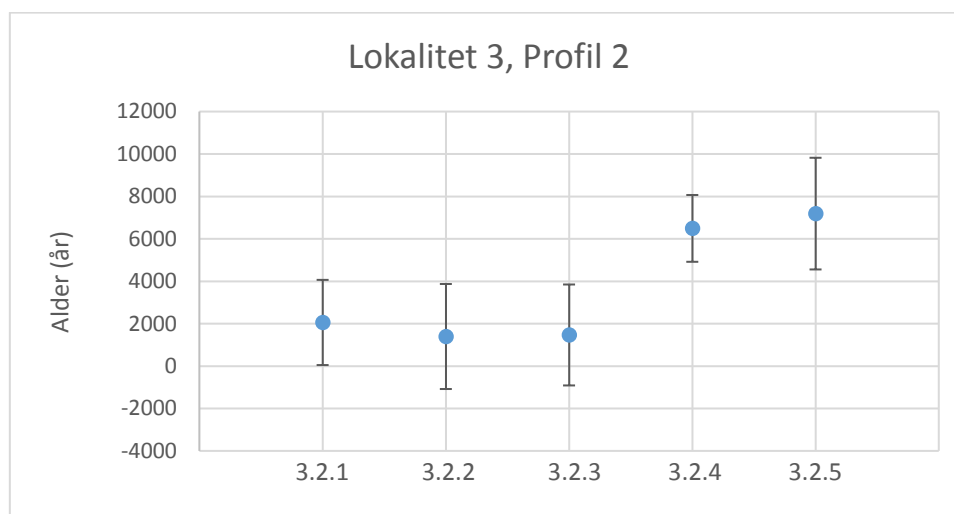
Tabell 8.3.6 viser utregnede aldre til blokkene i Profil 2, med maks- og minimumsalder. Formel 7.3 er brukt til dette. De tre øverste blokkene i profilet har relativt like aldre, mens de to nederste blokkene har betydelig høyere alder. Dette illustreres bedre i neste figur, Figur 8.3.19.

Tabell 8.3.6: Utregnede aldre til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 2. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er også blitt regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil.

| | 3.2.1 | 3.2.2 | 3.2.3 | 3.2.4 | 3.2.5 |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 40,72 | 41,82 | 41,7 | 33,34 | 32,18 |
| 2 std. feil | 1,67 | 2,06 | 1,98 | 1,31 | 2,19 |
| Gjennomsnitts- alder | 2056 | 1395 | 1467 | 6492 | 7189 |
| 2 std. Feil | 2008 | 2476 | 2380 | 1575 | 2633 |
| Maks. alder | 4063 | 3871 | 3847 | 8066 | 9822 |
| Min. alder | 48 | -1082 | -913 | 4917 | 4556 |

Aldersdiagram

Aldersdiagrammet, Figur 8.3.19, viser at de tre øverste blokkene har relativt lik alder og overlapper hvis man regner med to standardfeil. De to nederste blokkene har høyere aldre og har kun overlappende aldre med hverandre.



Figur 8.3.19: Diagrammet viser utregnede aldre til blokkene i Profil 2 på Lokalitet 3, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalderen er markert med blått. Maksimums- og minimumsalder er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

8.3.5 Utløpslengder

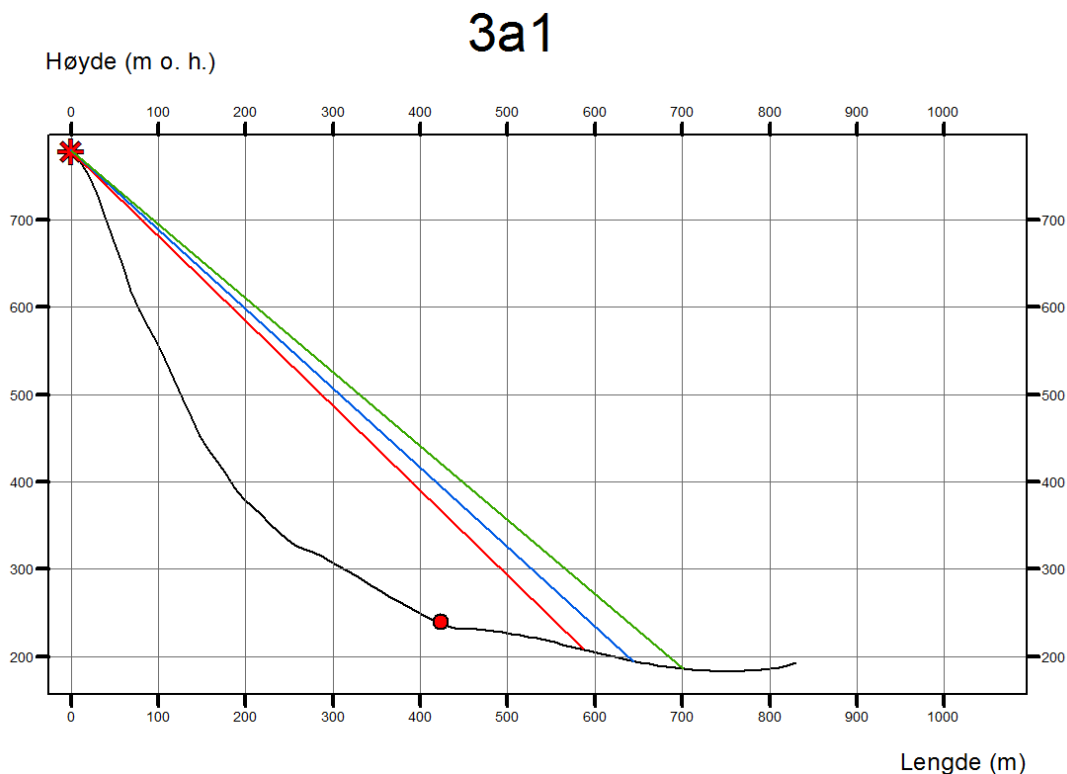
Lengste utløpslengder

Siden det er løsnepunkt langs hele fjellsiden, er løsnepunktet satt høyest opp i fjellsiden der helningen fremdeles er over 40°. Dette er illustrert i Figur 8.3.21. Det er tegnet fem

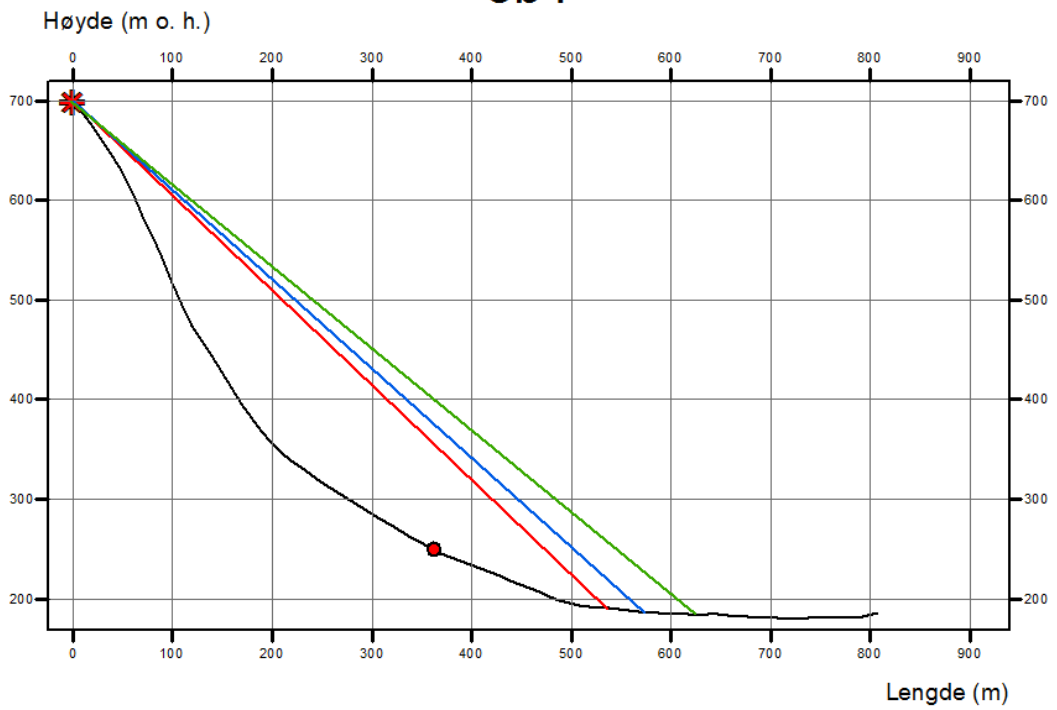
høydeprofiler av skredbaner – ett profil for hver blokk kartlagt i felt. Sørligste skredbane er kalt 3a1, neste 3b1 osv. nordover på lokaliteten. På hvert høydeprofil er det tegnet inn grenser for sikkerhetsklasse S1 (hundreårsskred), S2 (tusenårsskred) og S3 (femtusenårsskred). Høydeprofilene er vist i Figur 8.3.20.

Skredbane 3a1 starter med en helning på rundt 70° . Generelt har skredbanen en konkav form, men med et par forhøyninger og forsenkninger. Løsnepunktet er satt til 780 m. o. h. Skredbane 3b1 og 3c1 har relativt lik form. Skråningene er konkave. Skredbane 3b1 har noe mer ujevn form enn 3c1. Løsnepunkt i skredbane 3b1 ligger på 700 m o. h., mens i skredbane 3c1 ligger løsnepunktet på 595 m o. h.

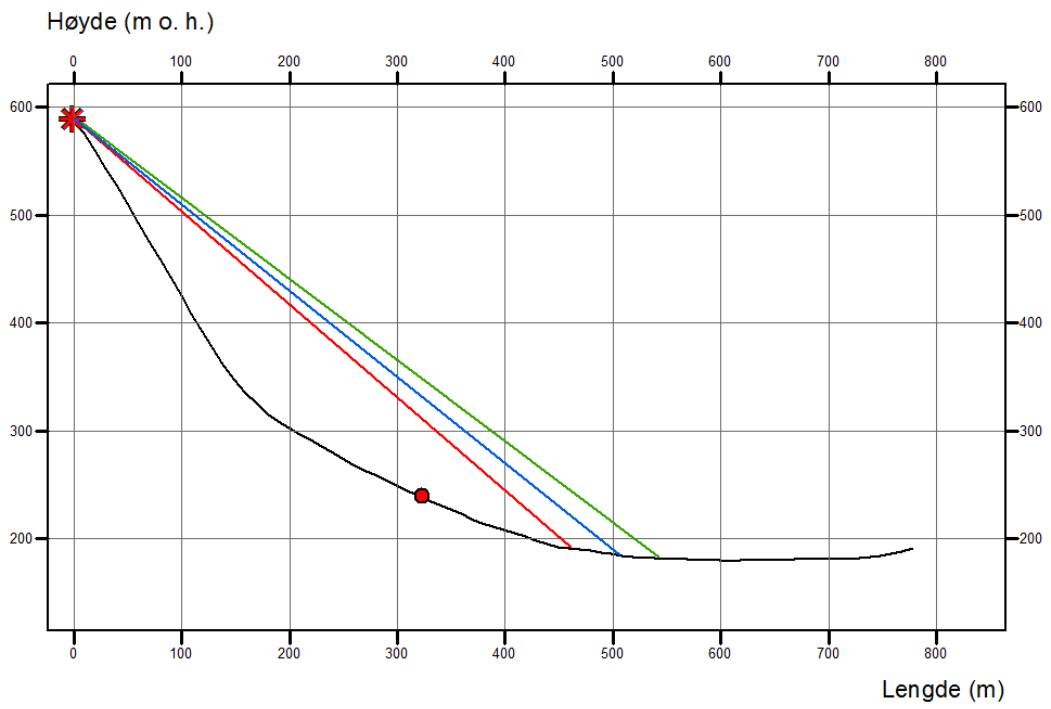
Skredbane 3d1 skiller seg ut fra de andre skredbanene ved å ha en vekslende konveks og konkav form. Den har også lavere helning enn de tre sørligste skredbanene (45°). Løsnepunktet her er satt til 460 m o. h. Den nordligste skredbanen, 3e1 har en enda lavere helning (35°) og har ikke like tydelig konkav form som de andre. Etter ca. 200 m går skredbanen over i en konveks form, mens nederste del av skråningen har uregelmessig form. Løsnepunktet er satt til 360 m o. h.



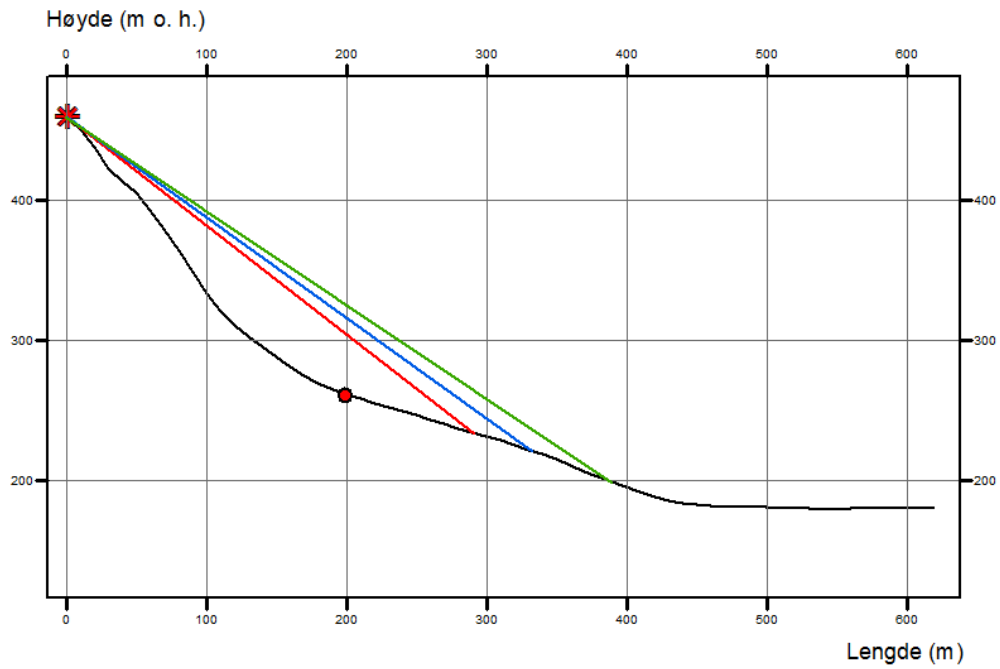
3b1



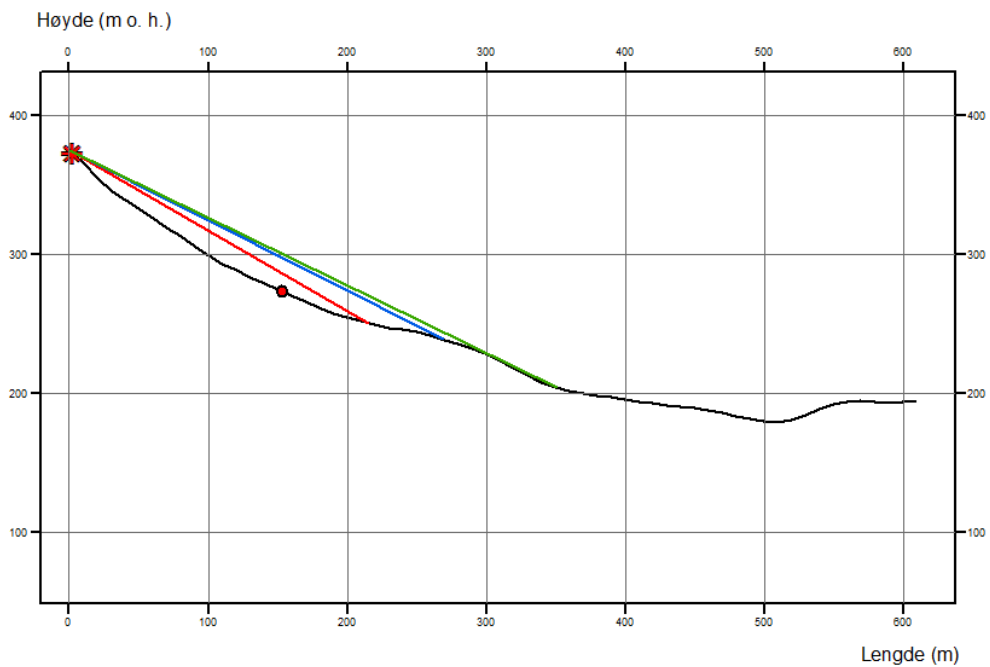
3c1



3d1



3e1



Figur 8.3.20: Høydeprofiler av skredbanene på Lokalitet 2. Profilene viser beregnet maksimum utløpslengder for steinsprang. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punkt er vist med rød prikk. Rød, blå og grønn strek illustrerer rekkevidde for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

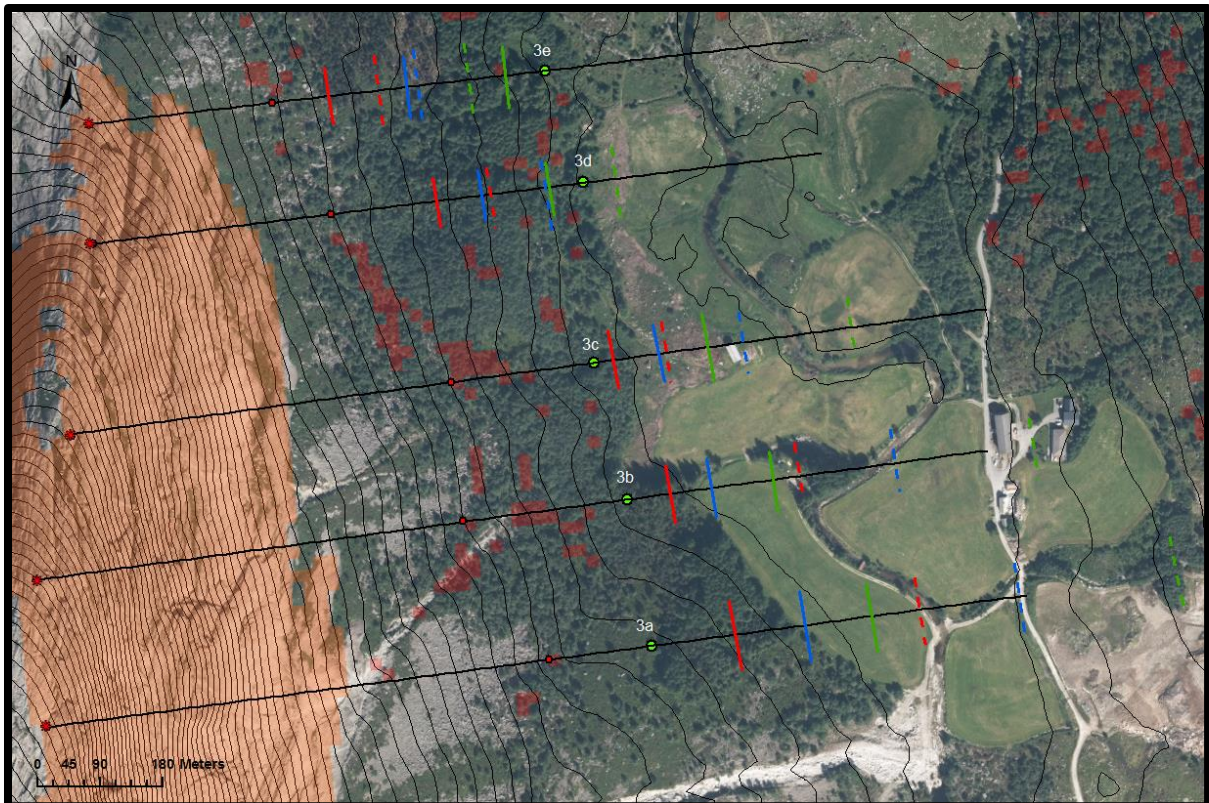
Maksimum rekkevidde for steinsprang

Figur 8.3.21 viser grensene til S1, S2 og S3 i alle skredbanene det er beregnet maksimal utløpslengde til med alfa-beta metoden. Grensen til S1, markert med røde streker på Figur 8.3.21, viser at hundreårsskred har de lengste utløpslengdene i de tre sørligste skredbanene. Grensene i skredbane 3b1 og 3c1 ligger nærme grensen der jordet begynner. I 3a1 og de to nordligste skredbanene ligger grensene et godt stykke opp i dalsiden.

Grensen til tusenårsskred, markert med blå streker i Figur 8.3.21, viser at blokker fra et slikt skred kan nå et lite stykke ut på jordet i de tre sørligste skredbanene, mens blokker i de to nordligste skredbanene fremdeles stopper opp et godt stykke opp i dalsiden. Grensene til S3, markert med grønne streker på Figur 8.3.21, viser at blokker i et femtusenårsskred vil kunne nå et godt stykke ut på jordet i de tre sørligste skredbanene, mens de i de to nordligste skredbanene fremdeles vil stoppe opp inne i skogen i dalsiden.

Beregning av lengste utløpslengder ved bruk av høyde/lengde forholdet

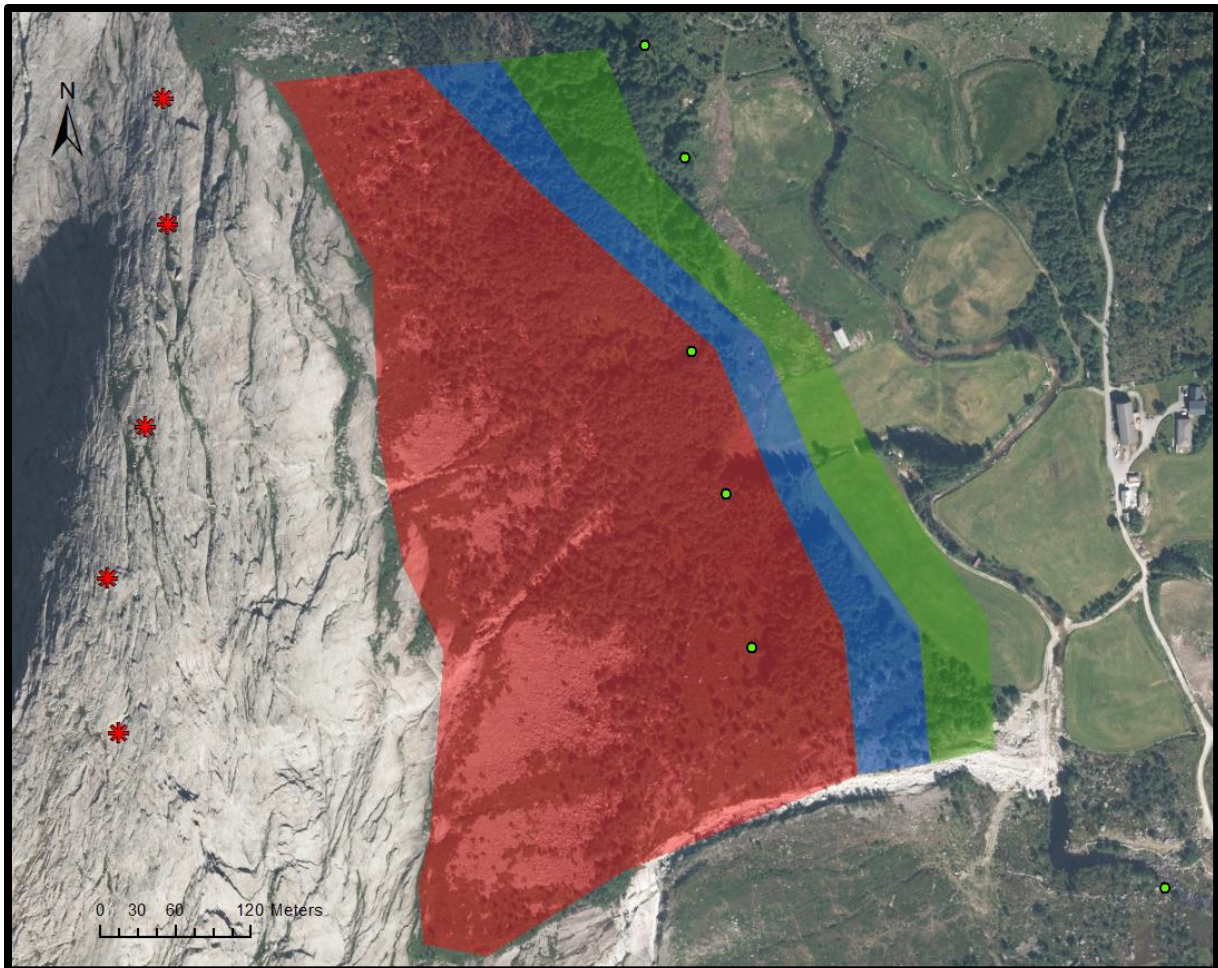
Det er også regnet ut maksimale utløpslengder ved å bruke høyde/lengde-forholdet til steinsprang. Disse grensene er tegnet inn med stiplede linjer på kartet i Figur 8.3.21. Kartet viser at ved bruk av høyde/lengde-forholdet overestimeres utløpslengden i alle skredbanene. Dette gjelder spesielt de to sørligste skredbanene, som avviker mye fra grensene beregnet med alfa-beta metoden. I følge disse beregningene vil blokker i et femtusenårsskred kunne nå helt over dalbunnen og opp i motsatt dalside.



Figur 8.3.21: Maksimum utløpslengder for steinsprang beregnet med alfa-beta metoden på Lokalitet 3. De svarte linjene viser skredbanene. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punktet er markert med rød prikk. Grensene til sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 er markert med henholdsvis rød, blå og grønn strek. Blokkene kartlagt i felt er markert med grønne prikker. De oransje områdene i fjellveggen er områder der helningen er høyere enn 40°. De røde feltene er der terrenget har en helning på 23°. De stiplede linjene viser beregnede utløpslengder ved bruk av H/L-forholdet. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Faresonekart basert på lengste utløpslengder

Figur 8.3.22 viser et faresonekart over Lokalitet 3. Kartet er basert på utregningene av maksimale utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Kartet viser at grensene til sikkerhetsklassene ligger lengst ute i den sørlige delen av lokaliteten, og gradvis lenger nordover på lokaliteten.



Figur 8.3.22: Faresonekart over Lokalitet 3 basert på maksimum utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. Rødt, blått og grønt område viser sonene for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3. De grønne prikkene representerer de ytterste skredblokkene kartlagt i felt. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Korteste utløpslengder

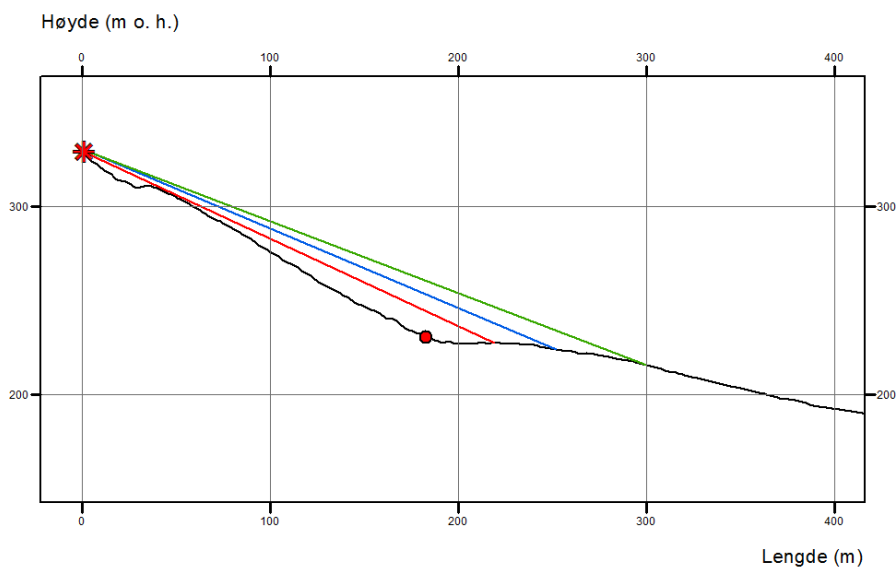
Løsnepunkt for minimum utløpslengder er satt til å være nederst i fjellsiden der helningen fremdeles er over 40° , og der det er synlige sprekker. Dette er illustrert i Figur 8.3.23. Det er brukt de samme skredbanene som for utregningen av maksimale utløpslengder; en skredbane for hver blokk kartlagt i felt. Skredbanene starter der det bare fjellet slutter, og har dermed lavere helning. Skredbanene har heller ikke like tydelig konkav form som skredbanene brukt til beregning av maksimal utløpslengde.

Skredbane 3a2 starter først med en forsenkning. Deretter går den over til å bli tilnærmet lineær. Her er helningen på 30° . Etter ca. 190 m går skredbanen over i en konveks form. Løsnepunktet er satt til 330 m o. h. Skredbane 3b2 har ujevnt terreng i øverste del, før den etter ca. 45 m går over til å bli tilnærmet lineær. Her er helningen på litt over 30° . Etter ca. 170 m har skredbanen

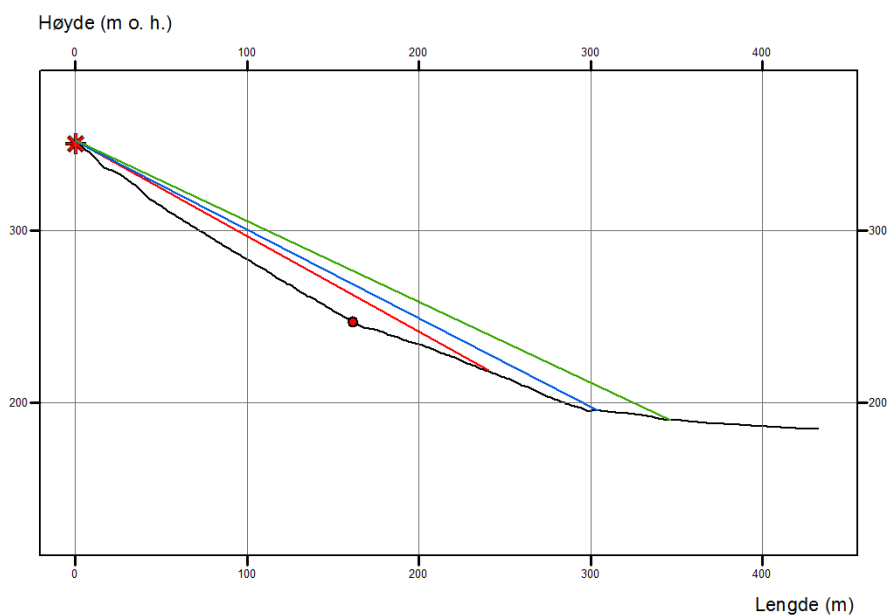
en konveks form før den slakker jevnt ut ned til dalbunnen. Løsnepunktet i skredbane 3b2 er satt til 350 m o. h. Skredbane 3c2 har jevnt over en svak konkav form, med noen ujevnheter i terrenget. Helningen her er slakkere enn de andre skredbanene, rundt 25°. Løsnepunktet er satt til 320 m o. h.

Skredbane 3d2 har de første 230 meterne en konkav form med en del små ujevnheter i terrenget. Helningen her er på litt over 20°. I nederste del har skredbanen konveks form. Løsnepunktet i denne skredbanen er satt til 320 m o. h. Skredbane 3e2 har i øverste del en konkav form, før den etter 100 m går over i en konveks form. Løsnepunktet her er satt til 330 m o. h.

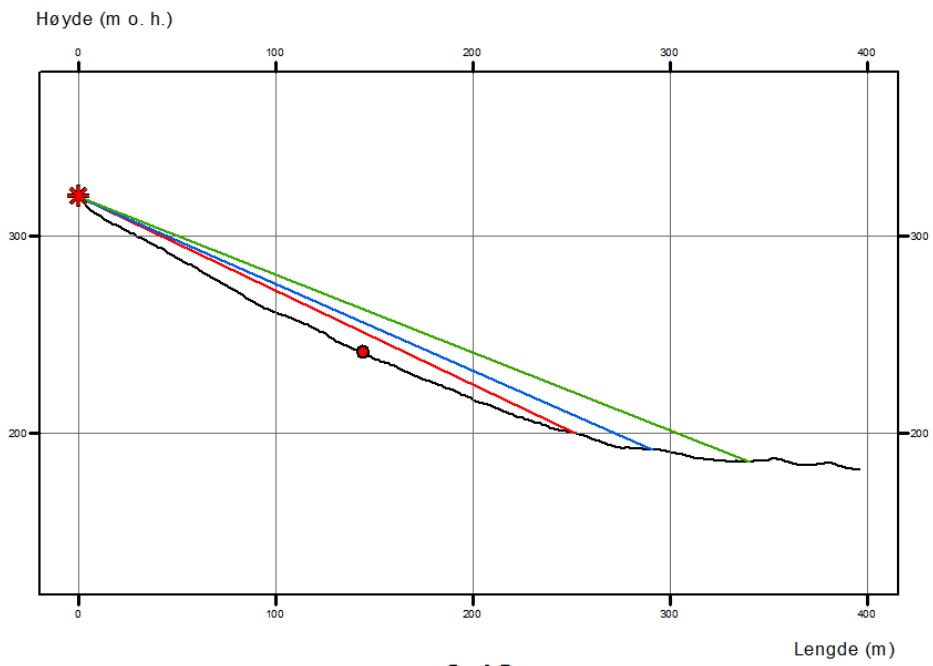
3a2



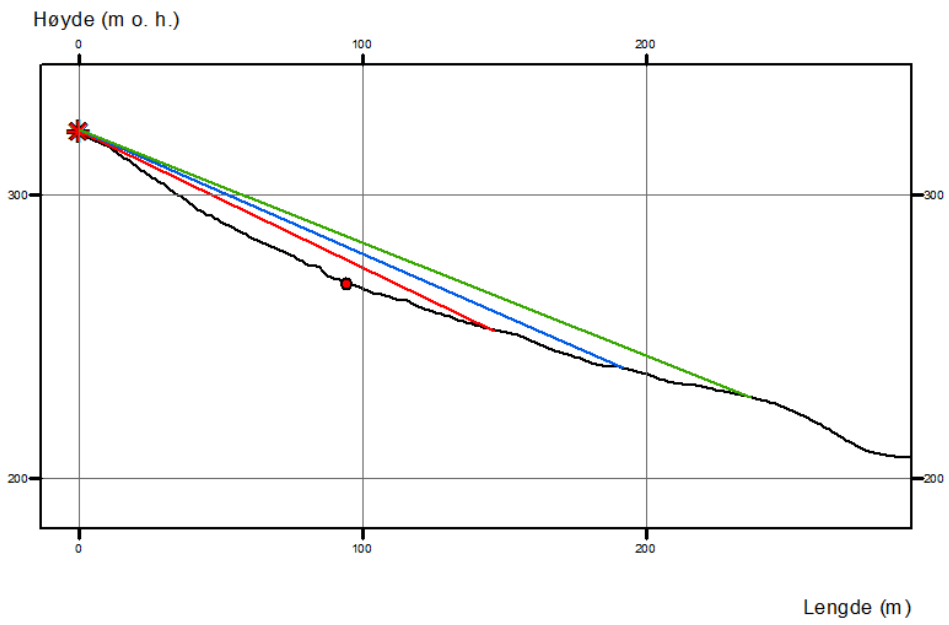
3b2



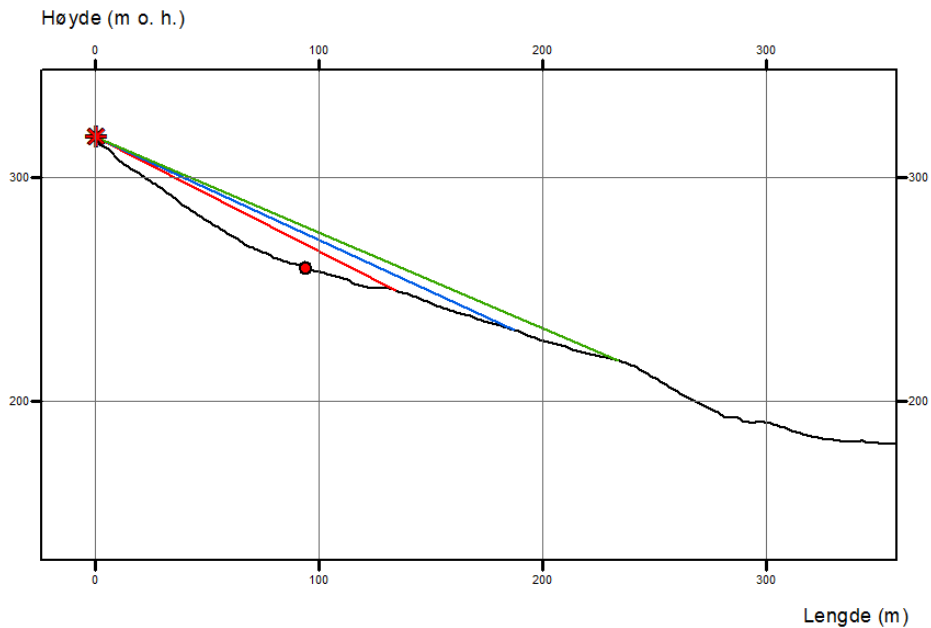
3c2



3d2



3e2



Figur 8.3.23: Høydeprofiler av skredbanene på Lokalitet 3. Profilene viser beregnede minimum utløpslengder for steinsprang. Løsnepunktet er markert med rød stjerne. 23° -punktet er vist med rød prikk. Rød, blå og grønn strek illustrerer beregnet rekkevidde for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

Minimum rekkevidde for steinsprang

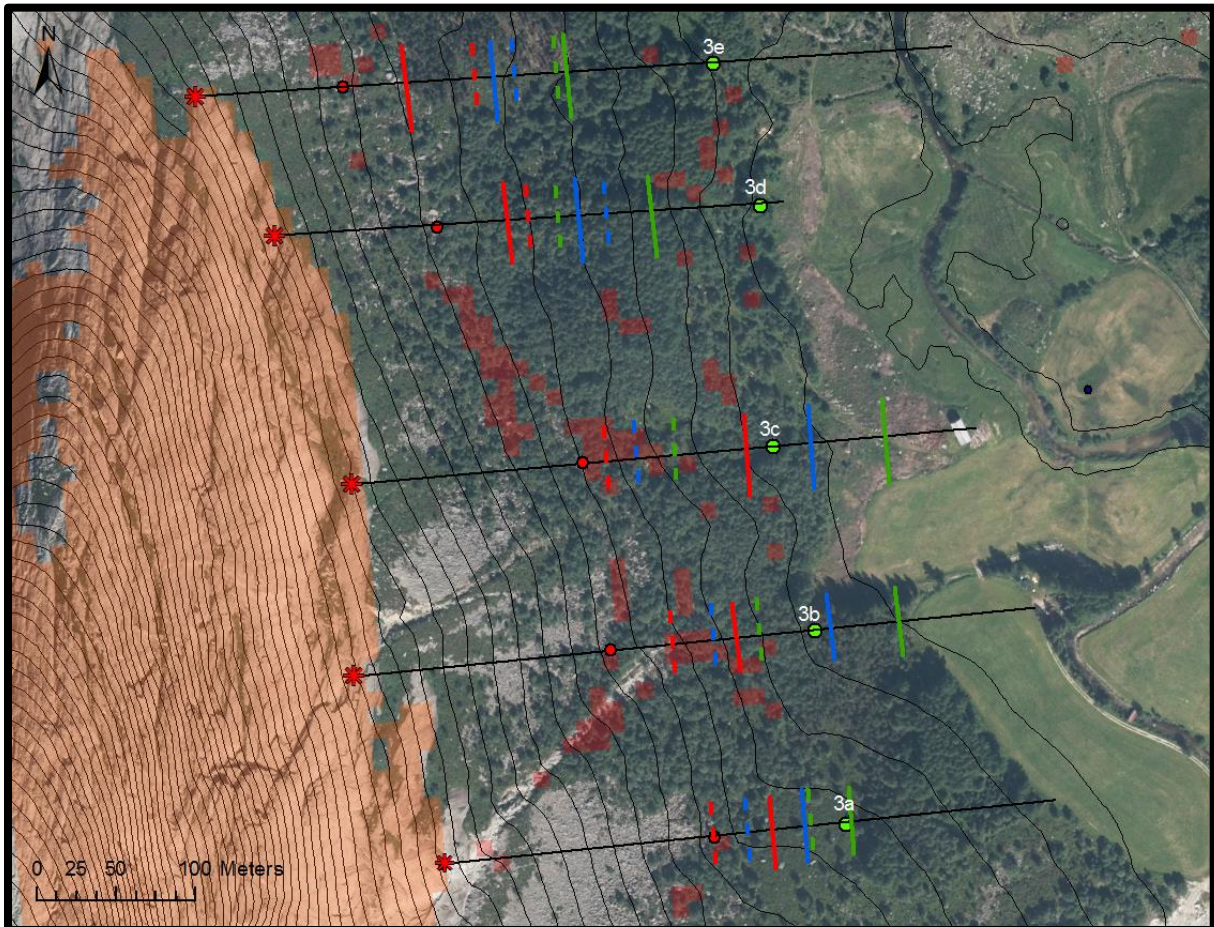
For hundreårsskred ligger grensene til de korteste utløpslengdene relativt likt i de to sørligste skredbanene, mens den i 3c2 ligger litt lenger ut. I de to nordligste skredbanene minker avstanden fra fjellveggen. Dette er illustrert i Figur 8.3.24, der grensene er markert med røde streker. Grensene i alle skredbanene ligger et godt stykke opp i dalsiden.

For tusenårsskred, grensene markert med blå streker i Figur 8.3.24, vil skred fremdeles stoppe opp et godt stykke opp i dalsiden i skredbane 3a2, 3d2 og 3e2, mens skredblokker i skredbane 3b2 og 3c2 vil nærme seg grensen mellom skogen og jordet. Grensene til femtusenårsskred, markert med grønne streker i Figur 8.3.24, viser at blokker vil stoppe opp i dalsiden i skredbane 3a2, 3d2 og 3e2. I skredbane 3b2 vil blokker akkurat kunne nå grensen der jordet begynner, mens i skredbane 3c2 vil blokker kunne nå et lite stykke ut på jordet.

Beregning av korteste utløpslengder ved bruk av høyde/lengde forholdet

Det er også regnet ut minimum utløpslengder ved å bruke H/L-forholdet til steinsprang. Disse grensene er tegnet inn med stiplede linjer på kartet i Figur 8.3.24. Kartet viser at ved bruk av høyde/lengde-forholdet underestimeres utløpslengden i forhold til grensene beregnet med alfa-

beta metoden i de tre sørligste skredbanene. I de to nordligste ligger grensene beregnet med H/L-forholdet lenger inn enn grensene beregnet med alfa-beta metoden.



Figur 8.3.24: Minimum utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden på Lokaltet 3. De svarte linjene viser skredbanene. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punkt er markert med rød prikk. Grensene til sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 er markert med henholdsvis rød, blå og grønn strek. Blokkene kartlagt i felt er markert med grønne prikker. De oransje områdene i fjellveggen er områder der helningen er høyere enn 40°. De røde feltene er der terrenget har en helning på 23°. De stiplede linjene viser beregnede utløpslengder ved bruk av H/L-forhold. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Faresonekart basert på korteste utløpslengder

Figur 8.3.25 viser et faresonekart over Lokaltet 3. Kartet er basert på utregningene av korteste utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Kartet viser at sonene til sikkerhetsklassene ligger i en V-form, der sonene dekker et større areal i midterste del av lokaliteten, og mindre areal sørover og nordover på lokaliteten.

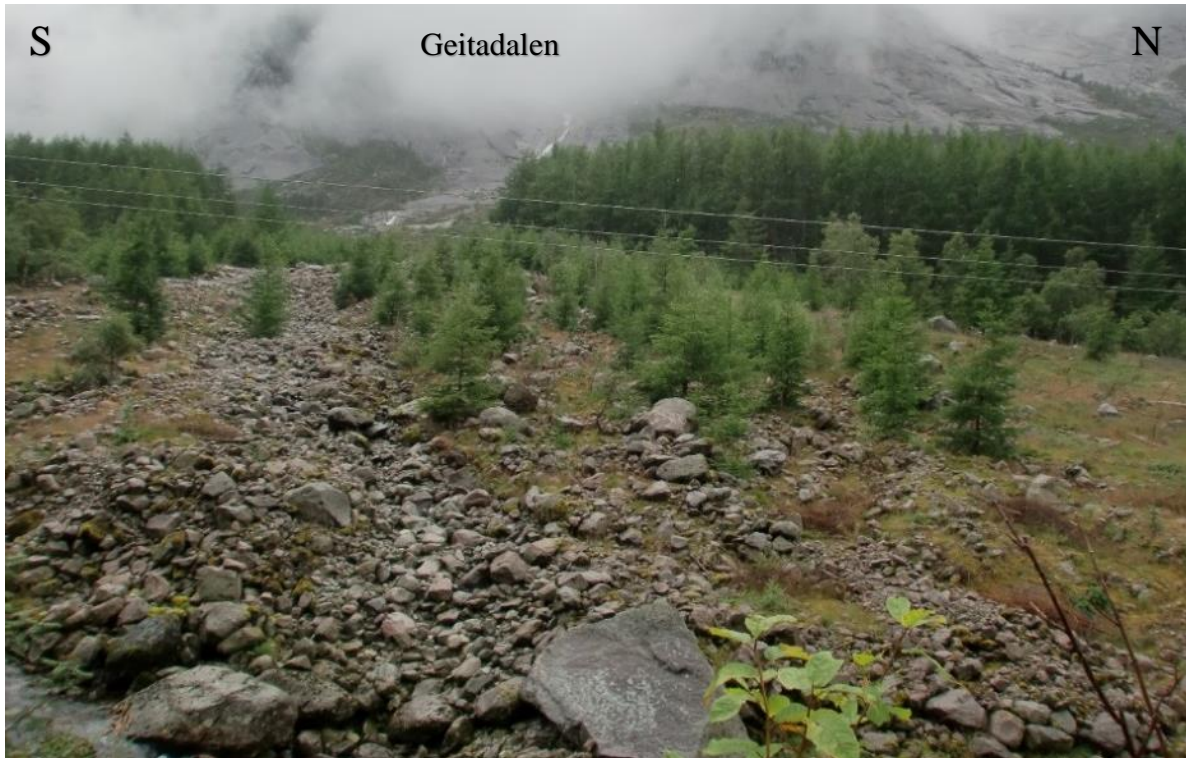


Figur 8.3.25: Faresonekart over Lokalitet 3 basert på minimum utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. Rødt, blått og grønt område viser sonene for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3. De grønne prikkene representerer de ytterste skredblokkene kartlagt i felt. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

8.4 Lokalitet 4 – Sørpeskred

UTM: 32V 329534 6643421

Lokalitet 4 ligger rett sør for Øvre Musland gård, Figur 8.4.4. Her ligger det en vifteformet avsetning, Figur 8.4.1. I fjellsiden over er det en stor skål, Geitadalen, Figur 8.4.2. Avsetningene på lokaliteten er mest sannsynlig blitt transportert ned fra Geitadalen med flomskred og sørpeskred. Mye tyder på at vann har spilt en viktig rolle på denne lokaliteten. Overflaten på avsetningene sentralt i skredløpet ser relativt ferske ut, og har en rødlig farge, Figur 8.4.2. Rødfargen skyldes algen fiolstein (Egeland, 2009). Denne arten er en pionérart, noe som også er med på underbygge teorien om at det er en aktiv skredvifte. Andre tegn på skredaktivitet er nedlagte trær flere steder i skredløpet, Figur 8.4.3.



Figur 8.4.1: På Lokalitet 4 er det en vifteformet avsetning som ligger rett sør for Øvre Musland gård. (UTM: 32V 329579 6643528) Foto: Ane Senneseth



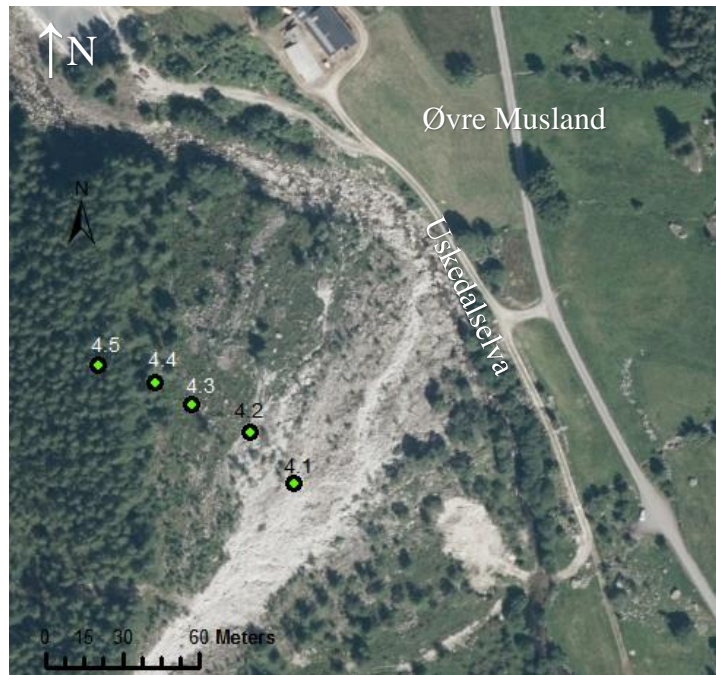
Figur 8.4.2: Avsetningene på Lokalitet 4 har en rødlig farge som skyldes algen fiolstein. Foto: Ane Senneseth



Figur 8.4.3: Det er nedlagte trær flere steder i skredløpet på Lokalitet 4. Foto: Ane Senneseth

8.4.1 Schmidthammermålinger

På Lokalitet 4 er det tatt målinger på ett profil på tvers av skredviften, Figur 8.4.4. Det er tatt målinger på fem blokker fra midten av skredviften vestover inn i skogen. Hensikten er å se om ulik grad av påvirkning av snøskred og rennende vann gir utslag på alderen på overflaten av blokkene i skredviften. Nederste del av viften kuttet av Uskedalselva. Figur 8.4.4.



Figur 8.4.4: Bilde av skredviften på Lokalitet 4. De grønne prikkene representerer blokkene det er tatt schmidthammermålinger på. Øverst i bildet kan en del av Øvre Musland gård sees. Uskedalselva går parallelt med grusveien. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

I Figur 8.4.5 er det bilde av de fem blokkene det er tatt schmidthammermålinger på i profilet på Lokalitet 4.

4.1



UTM: 32V 329526 6643424

4.2



UTM: 32V 329506 6643439

4.3



UTM: 32V 329484 6643450

4.4



UTM: 32V 329470 6643459

4.5



UTM: 32V 329447 6643466

Figur 8.4.5: Blokkene det er tatt schmidthammermålinger på på Lokalitet 4, med tilhørende UTM-koordinater. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge. Den østligste blokken, fra midten av vifta, er kalt 4.1, blokken vest for denne 4.2 osv. Sekken brukt som målestokk er 50 cm lang. Foto: Ane Senneseth

Statistikk

I Tabell 8.4.1 er det listet opp statistiske variabler regnet ut for målingene tatt på Lokalitet 4. Alle målingene ligger på et intervall mellom 21 og 59. Både minimumsverdiene og maksimumsverdiene ligger spredt. Laveste R-verdi ligger mellom 21 og 34, mens maksverdiene ligger mellom 48 og 59.

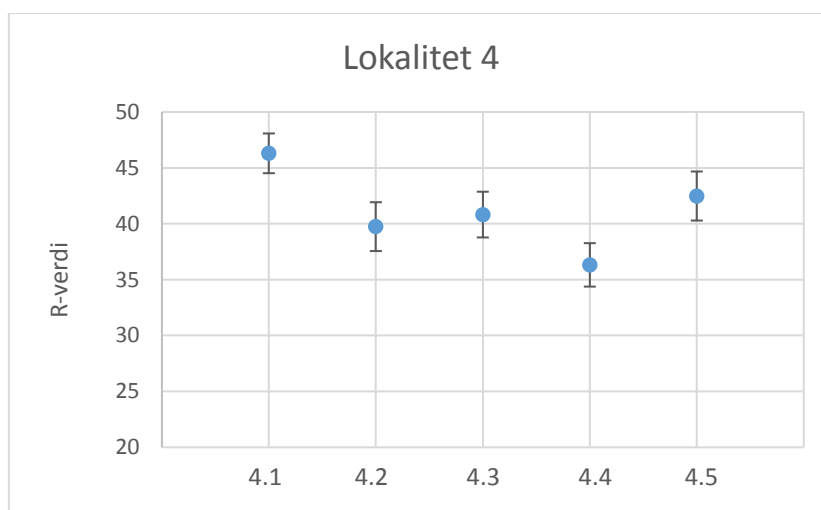
Gjennomsnittverdien er den viktigste statistiske variabelen, og er uthevet i tabellen. I teorien skulle målingene hatt jevnt synkende R-verdi, men gjennomsnittet viser at dette ikke er tilfellet. Dette diskuteres i avsnitt 9.4.2 i diskusjonskapittelet. Blokk 4.2, 4.3 og 4.5 har målinger som er fordelt over de største intervallene. Dette gjenspeiles i standardavvik, som ligger på godt over 7, og standardfeil, som ligger på over 1. Blokk 4.1 og 4.4 har standardavvik på rundt 6,5 og standardfeil på rundt 0,9.

Tabell 8.4.1: Utregnede statistiske variabler til blokkene på Lokalitet 4. Gjennomsnittet står i *uthevet skrift*. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| Blokk | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 4.4 | 4.5 |
|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Minimum | 34 | 22 | 21 | 24 | 21 |
| Maksimum | 59 | 52 | 53 | 48 | 56 |
| Sum | 2315 | 1987 | 2041 | 1816 | 2124 |
| Målepunkt | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Gjennomsnitt | 46,3 | 39,74 | 40,82 | 36,32 | 42,48 |
| Median | 47 | 40 | 43 | 36,5 | 44,5 |
| Std. avvik | 6,2865 | 7,7244 | 7,23 | 6,8703 | 7,7598 |
| Varians | 69,52 | 59,666 | 52,273 | 47,202 | 60,214 |
| Std error | 0,88905 | 1,0924 | 1,0225 | 0,97161 | 1,0974 |
| Skjevhet | -0,090213 | -0,39263 | -0,68858 | 0,0027969 | -0,7836 |
| Kurtose | -0,77053 | -0,75449 | -0,11356 | -1,0077 | 0,16436 |

R-verdier

Figur 8.4.6 viser gjennomsnittsverdiene til de fem blokkene i profilet. Blokk 4.1 og 4.4 skiller seg ut fra de andre ved å ha henholdsvis høyere og lavere gjennomsnittverdi enn resten av blokkene. 4.1 overlapper kun så vidt med 4.5, mens 4.4 kun overlapper så vidt med 4.2. Aldrene til blokk 4.2, 4.3 og 4.5 overlapper hverandre.

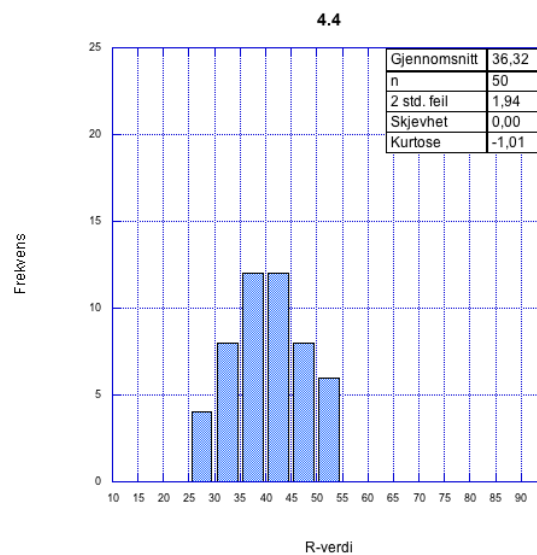
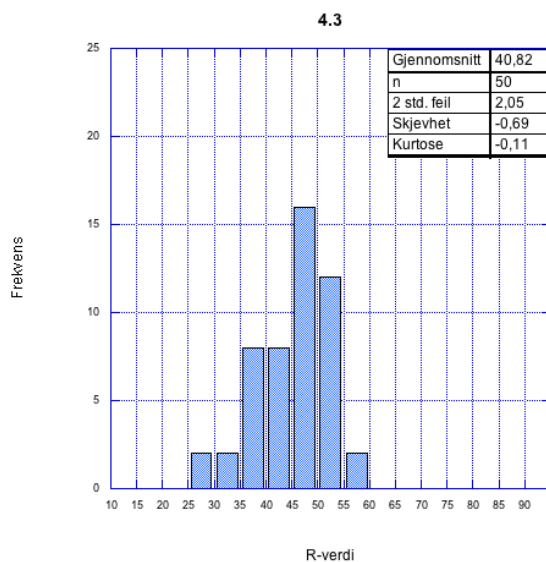
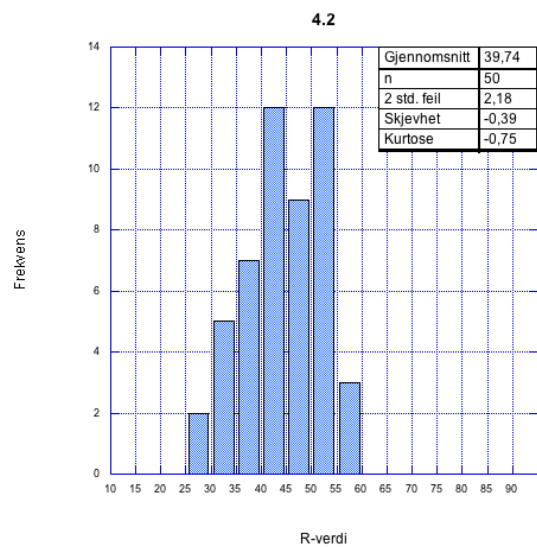
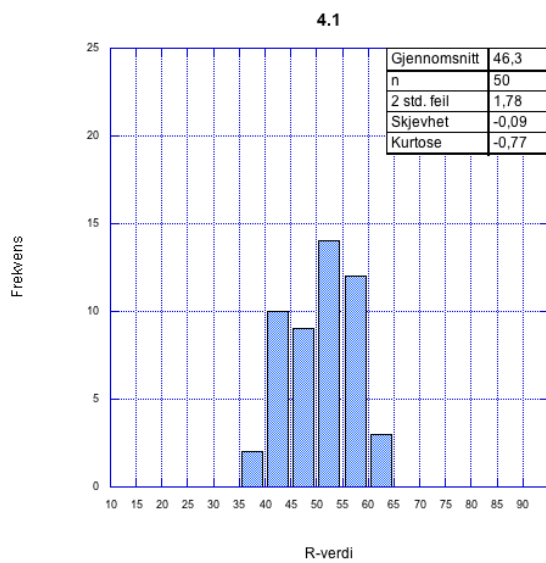


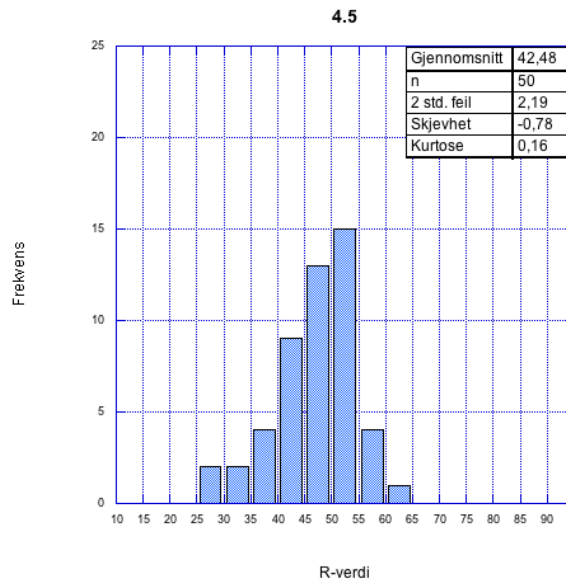
Figur 8.4.6: Diagrammet viser R-verdiene til blokkene på Lokalitet 4, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Frekvensdiagrammene i Figur 8.4.7 viser fordelingen av målingene til hver blokk. Alle blokkene bortsett fra 4.4 har negativ skjevhet, som vil si at flertallet av målingene ligger nærmere maksimumsverdien enn minimumsverdien. For blokk 4.4 er skjevheten tilnærmet lik 0, som vil si at R-verdiene ligger jevnt fordelt rundt gjennomsnittet.

Alle blokkene bortsett fra 4.5 har negativ kurtose, som vil si at målingene er mer spredt enn en normalfordeling. Blokk 4.4 har den laveste kurtoseverdien, noe som kan sees ved at formen på histogrammet er flatere. Blokk 4.5 har positiv kurtoseverdi, som vil si at de fleste verdiene er sentrert rundt gjennomsnittet. Histogrammet til disse målingene har en spissere form.





Figur 8.4.7: Histogrammer over målte R-verdier til blokkene på Lokalitet 4. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen til høyre. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

8.4.2 Alder

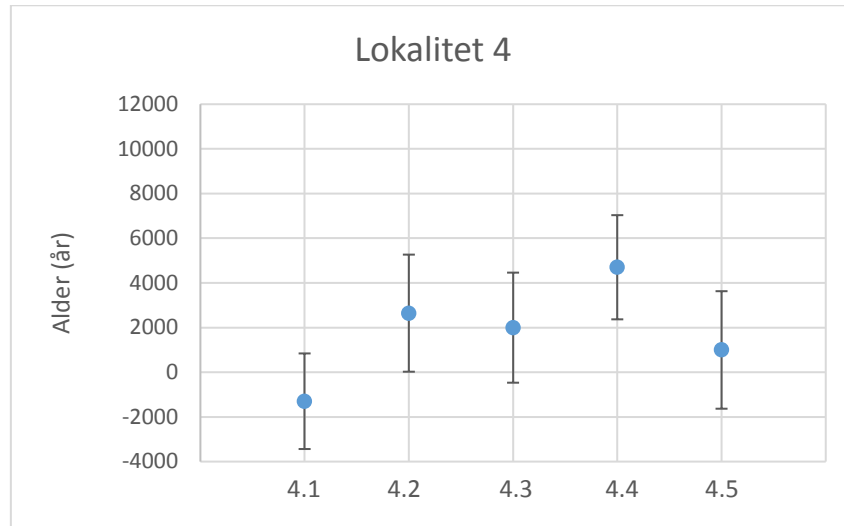
I Tabell 8.4.2 er det listet opp utregnede aldre på overflatene til blokkene ved bruk av formelen fra kalibreringskurven, Formel 7.3. Alderen på blokk 4.1 og 4.4 skiller seg ut fra resten ved å ha en henholdsvis lavere og høyere alder. Dette illustreres bedre i neste figur, Figur 8.4.8. Blokk 4.1 har negativ gjennomsnittsalder. Dette skyldes som tidligere nevnt justering av kalibreringskurven.

Tabell 8.4.2: Utregnede aldre til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 2. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er også blitt regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil.

| | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 4.4 | 4.5 |
|-------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 46,3 | 39,74 | 40,82 | 36,32 | 42,48 |
| 2 std. feil | 1,78 | 2,18 | 2,05 | 1,94 | 2,19 |
| Gjennomsnittsalder | -1298 | 2645 | 1996 | 4701 | 998 |
| 2 std. Feil | 2140 | 2621 | 2464 | 2332 | 2633 |
| Maks. alder | 842 | 5266 | 4460 | 7033 | 3631 |
| Min. alder | -3438 | 24 | -469 | 2368 | -1635 |

Aldersdiagram

Figur 8.4.8 viser aldrene til blokkene i profilet på Lokalitet 4. Blokk 4.1 og 4.4 skiller seg ut ved å ha henholdsvis lavere og høyere alder enn de andre blokkene. Hvis man regner med to standardfeil overlapper alle blokkene hverandre bortsett fra blokk 4.1 og 4.4, som ikke overlapper hverandre.



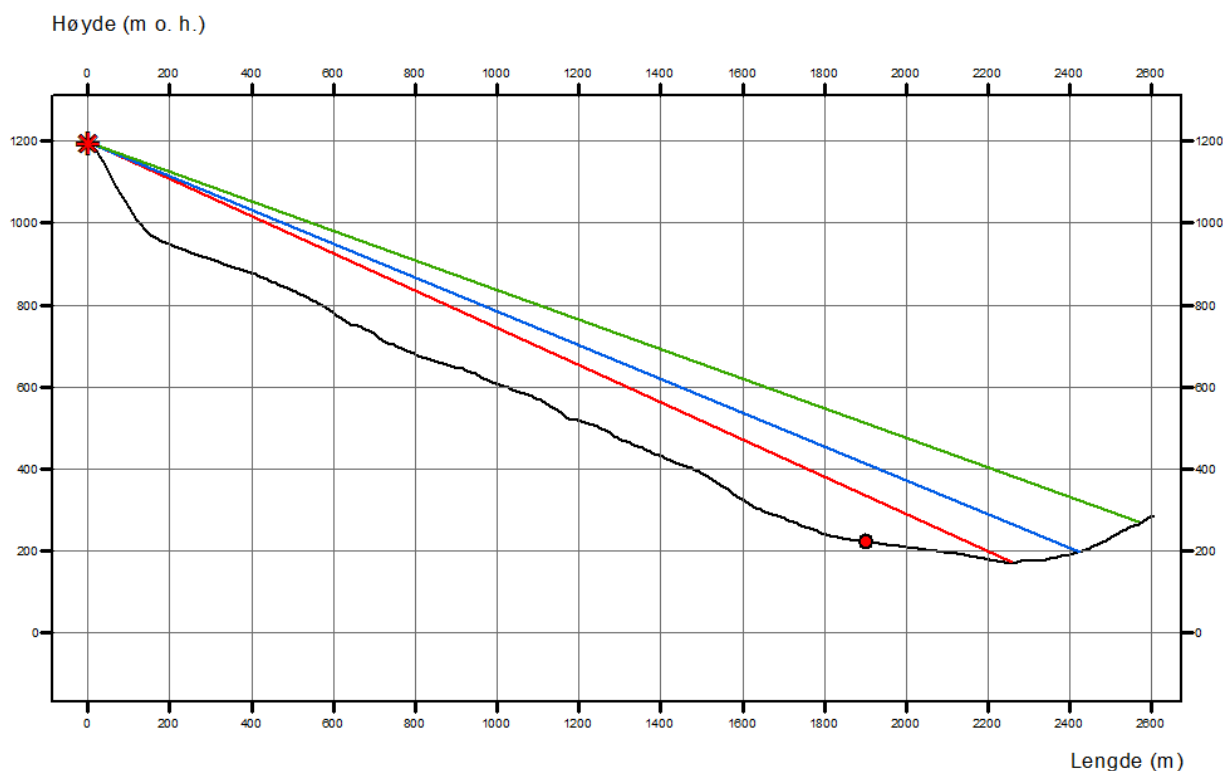
Figur 8.4.8: Diagrammet viser utregnede aldre til blokkene på Lokalitet 4, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalderen er markert med blått. Maksimums- og minimumsalder er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

8.4.3 Utløpslengder

Lengste utløpslengder

For beregning av maksimale utløpslengder til snøskred på Lokalitet 4 er løsnepunktet satt til toppen av Geitadalen på 1200 m o. h. Et høydeprofil av skredbanen er vist i Figur 8.4.9. Skredbanen har først en helning på rundt 60°, før den flater ut etter 150 m. Deretter får skredbanen en helning på rundt 25°. Her går skredbanen over i en svak konveks form. På figuren er det tegnet inn grenser for hundreårsskred (S1), tusenårsskred (S2) og femtusenårsskred (S3), Figur 8.4.9.

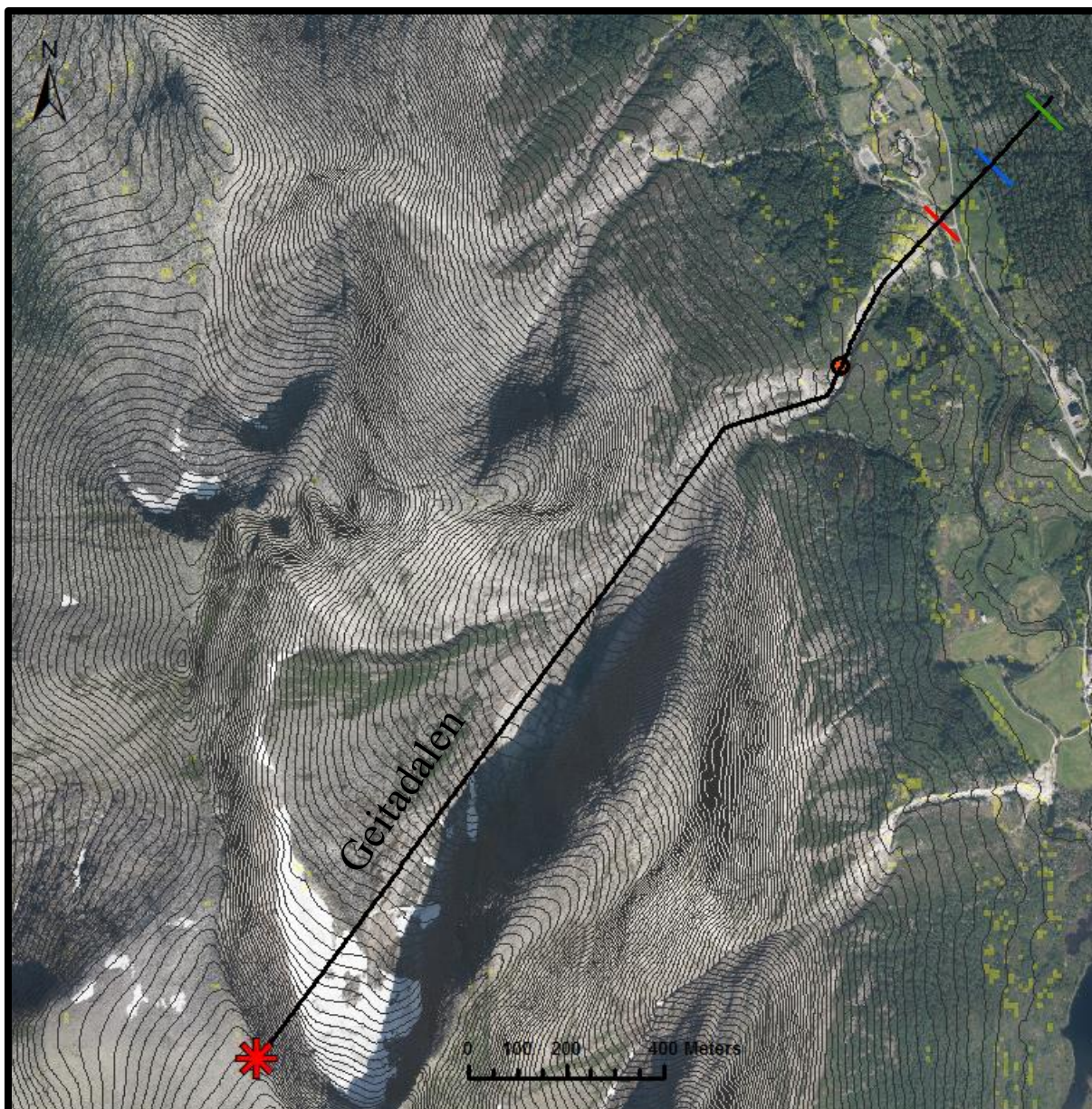
Lokalitet 4, Profil



Figur 8.4.9: Høydeprofil av skredbanen på Lokalitet 4. Profilet viser beregnet maksimum utløpslengder for snøskred. Løsnepunktet er markert med rød stjerne. 10° -punkt er vist med rød prikk. Rød, blå og grønn strek illustrerer rekkevidde for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

Maksimum rekkevidde for snøskred

I følge beregningene vil et hundreårsskred kunne nå 2260 m. Grensen til hundreårsskred er markert med rød strek i Figur 8.4.10. Snøskred av denne dimensjonen vil kunne nå helt ned til Uskedalselva rett før veien. Tusenårsskred har en grense på 2420 m, mens femtusenårsskred kan nå 2570 m. I disse to tilfellene vil ikke snøskred stoppe opp før skredet når motsatt dalside, Figur 8.4.10.

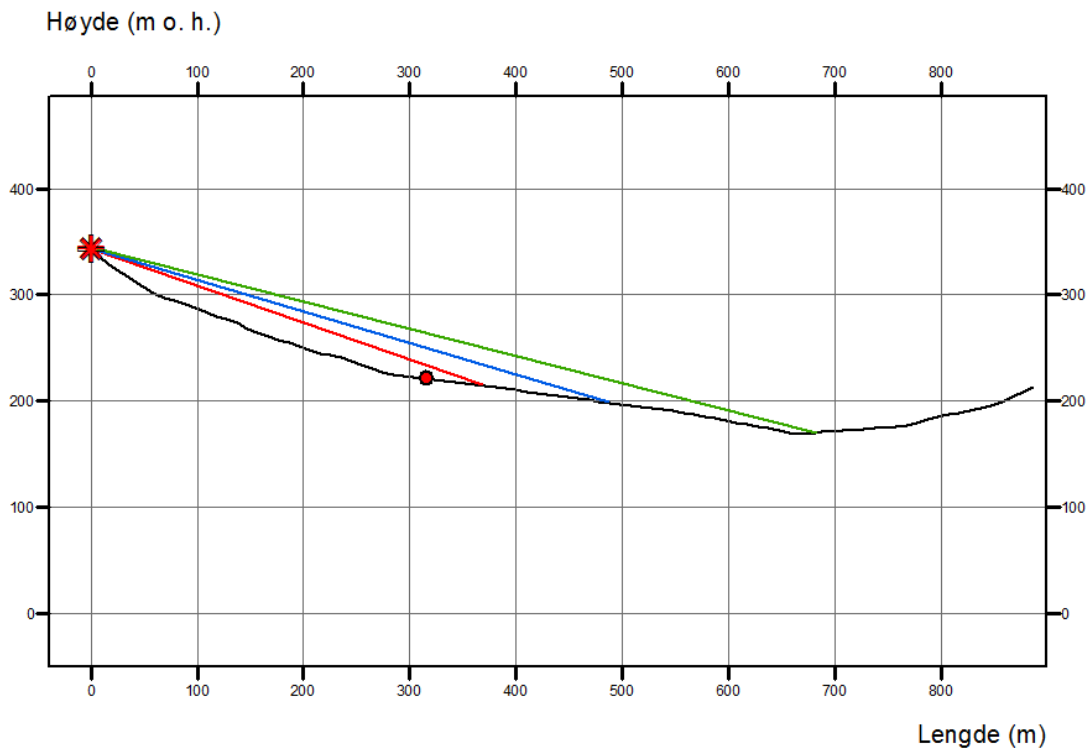


Figur 8.4.10: Maksimum utløpslengde til snøskred beregnet med alfa-beta metoden på Lokalitet 4. Den svarte linjen viser skredbanen. Løsnepunktet er markert med rød stjerne. 23°-punktet er markert med rød prikk. Grensene til sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 er markert med henholdsvis rød, blå og grønn strek. De gule feltene er der terrenget har en helning på 10°. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Korteste utløpslengder

I beregningen av korteste utløpslengde er samme profil brukt, men her er det tenkt at snøen samler seg og raser ned fra nederste del av Geitadalen, Figur 8.4.12. Figur 8.4.11 viser et høydeprofil av skredbanen. Løsnepunktet ligger på 340 m o. h. Skredbanen har brattest helning i starten, på rundt 35°. Etter 70 m går helningen over til 20°, mens nederste del av dalsiden har en helning på 10°, før profilet etter 670 m går over til å helle motsatt vei.

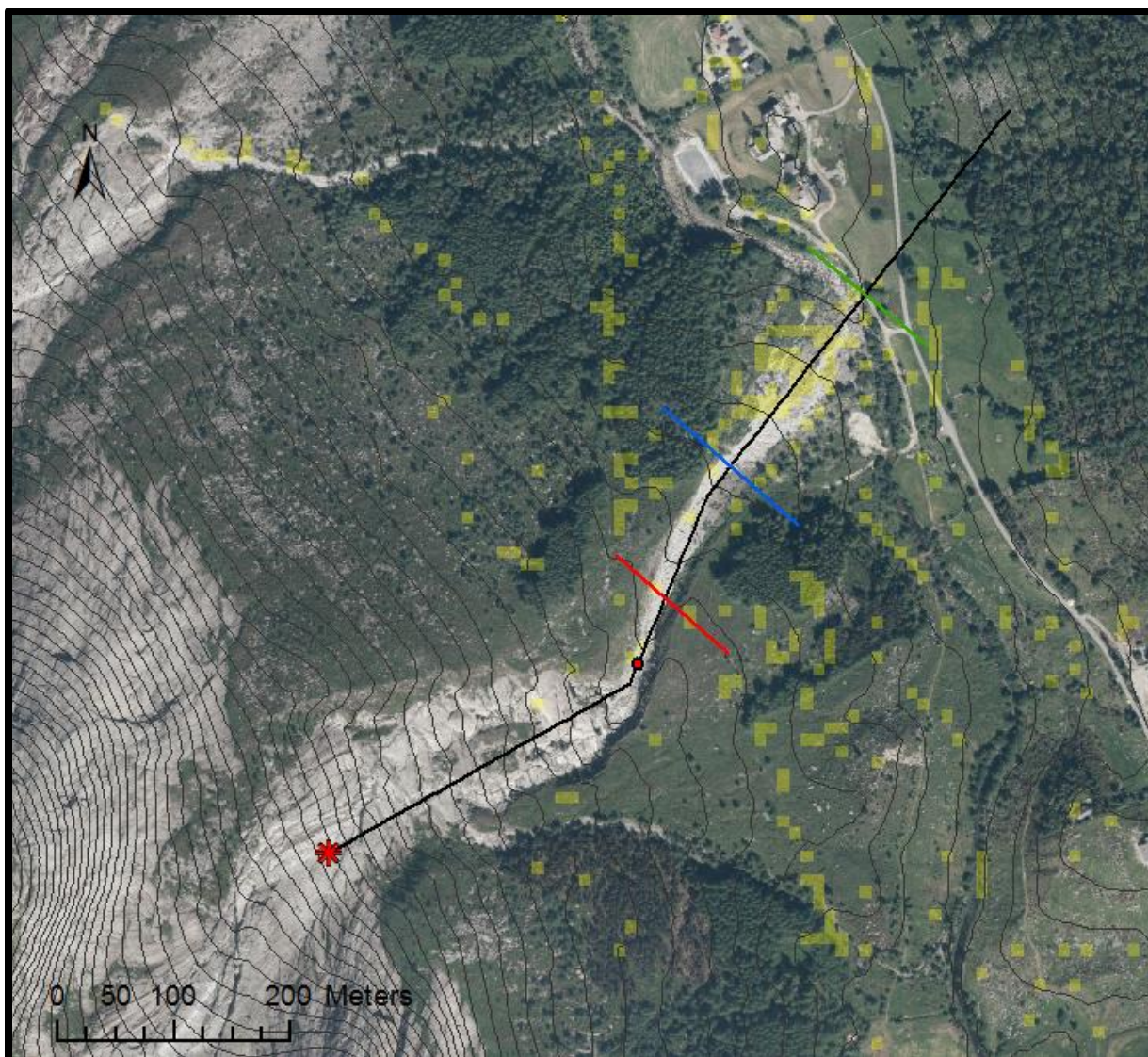
Lokalitet 4, Profil 2



Figur 8.4.11: Høydeprofil av skredbanen brukt i beregningen av korteste utløpslengder. Løsnepunktet er markert med rød stjerne. 10°-punktet er vist med rød prikk. Rød, blå og grønn strek illustrerer rekkevidde til henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

Minimum rekkevidde for snøskred

For minimum utløpslengder vil alle skred stoppe opp før veien. Hundreårsskred vil stoppe etter 370 m, tusenårsskred etter 500 m og femtusenårsskred etter 690 m. Dette er vist i Figur 8.4.12.



Figur 8.4.12: Minimum utløpslengde for snøskred beregnet med alfa-beta metoden på Lokalitet 4. Den svarte linjen viser skredbanen. Løsnepunktet er markert med rød stjerne. 23°-punktet er markert med rød prikk. Grensene til sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 er markert med henholdsvis rød, blå og grønn strek. De gule feltene er der terrenget har en helning på 10°. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

8.5 Lokalitet 5 – Steinsprang

UTM: 32V 329178 6643359

Lokalitet 5 ligger rett vest for Øvre Musland gård, Figur 8.5.1. Den nederste delen av dalsiden er dekket av granskog, mens det lenger opp i dalsiden går over i spredte bjørketrær og kratt, Figur 8.5.2. På Lokalitet 5 ligger blokkene mer spredt enn på de tidligere lokalitetene med steinsprang, Figur 8.5.3.



Figur 8.5.1: Lokalitet 5 ligger rett vest for Øvre Musland gård, som kan sees nede i venstre hjørne. (UTM: 32V 329479 6643798) Foto: Ane Senneseth



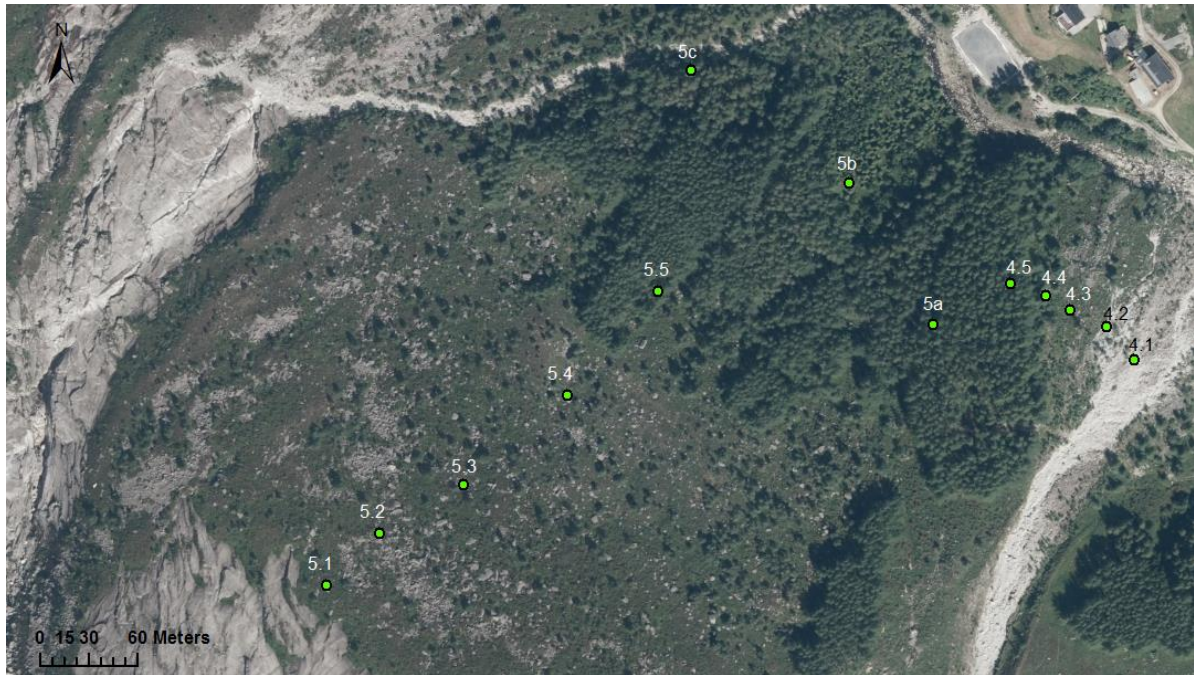
Figur 8.5.2: Den nederste delen av dalsiden er dekket av granskog. Lenger opp i dalsiden går det over i spredte bjørketrær og kratt. Øvre Musland gård kan sees i bakgrunnen. (UTM: 32V 328979 6643341) Foto: Ane Senneseth



Figur 8.5.3: På Lokalitet 5 ligger det spredte blokker. Bildet er tatt midt på lokaliteten. (UTM: 32V 329210 6643401) Foto: Ane Senneseth

8.5.1 Ytterste skredblokker

På Lokalitet 5 er det kartlagt tre skredblokker i felt som danner en ytterste grense til steinsprang. Den sørligste blokken er kartlagt i nærheten av den vestligste blokken i profilet på Lokalitet 4. Alle blokkene på Lokalitet 5 ligger halvveis opp i skogen i dalsiden. Blokkene er vist som grønne prikker i Figur 8.5.4.



Figur 8.5.4: Oversikt over Lokalitet 5. De grønne prikkene i skogen representerer de ytterste skredblokkene kartlagt i felt. (Prikkene til høyre i bildet representerer blokkene på Lokalitet 4.) Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

8.5.2 Schmidthammermålinger

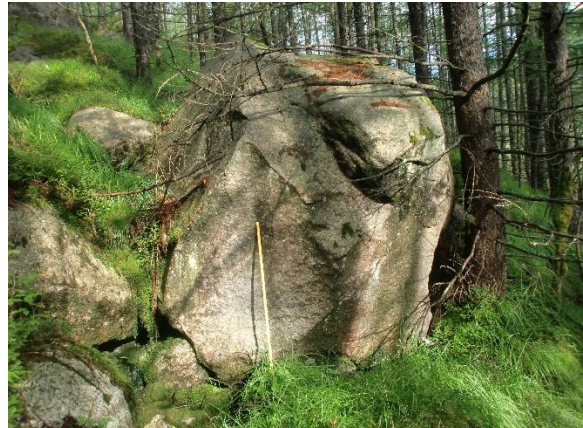
På Lokalitet 5 er det tatt schmidthammermålinger på alle de tre skredblokkene kartlagt i felt. På hver blokk er det tatt 50 målinger. Blokkene det er tatt målinger på er vist i Figur 8.5.5.

5a



UTM: 32V 329403 6643442

5b



UTM: 32V 0329350 6643529

5c



UTM: 32V 0329249 6643593

Figur 8.5.5: De ytterste skredblokkene kartlagt i felt på Lokalitet 5, med tilhørende UTM-koordinater. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge. Sørligste blokk er kalt 5a, neste nordover på lokaliteten 5b, og nordligste blokk 5c. Tommestokken brukt som målestokk på bildene er 1 m lang. Foto: Ane Senneseth

Statistikk

I Tabell 8.5.1 er det listet opp statistiske variabler regnet ut for målingene tatt på de ytterste skredblokkene på Lokalitet 5. Alle målingene ligger på et intervall på 29 R-verdier (23-52). Minimumsverdiene ligger relativt stabilt og varierer fra 20 til 23, mens maksverdiene ligger mer spredt med R-verdier mellom 39 og 52. Blokk 5a har målingene med den største spredningen av R-verdier, med et intervall på 29 R-verdier. 5c har det laveste med et intervall på 19 R-verdier. Blokk 5a og 5b har relativt like verdier for standardavvik og standardfeil med verdier på rundt henholdsvis 6,4 og 0,9. Blokk 5c har lavere verdier med henholdsvis 5 og 0,7.

Gjennomsnittsverdien er den viktigste statistiske variabelen, og er uthevet i tabellen. Blokkene har jevnt synkende R-verdier fra sør til nord på lokaliteten.

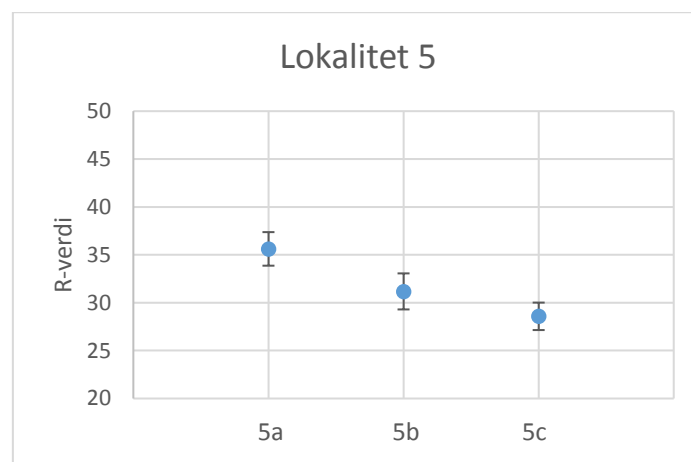
Tabell 8.5.1: Utregnede statistiske variabler til de ytterste skredblokkene kartlagt på Lokalitet 5. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| Blokk | 5a | 5b | 5c |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Minimum | 23 | 20 | 20 |
| Maksimum | 52 | 45 | 39 |
| Sum | 1781 | 1559 | 1429 |
| Målepunkt | 50 | 50 | 50 |
| Gjennomsnitt | 35,62 | 31,18 | 28,58 |

| | | | |
|-------------------|---------|---------|----------|
| Median | 35 | 29,5 | 28 |
| Std. avvik | 6,1971 | 6,6507 | 5,0673 |
| Varians | 38,404 | 44,232 | 25,677 |
| Std error | 0,8764 | 0,94056 | 0,71662 |
| Skjevhet | 0,25978 | 0,15532 | 0,048802 |
| Kurtose | 0,14349 | -1,0111 | -0,96934 |

R-verdier

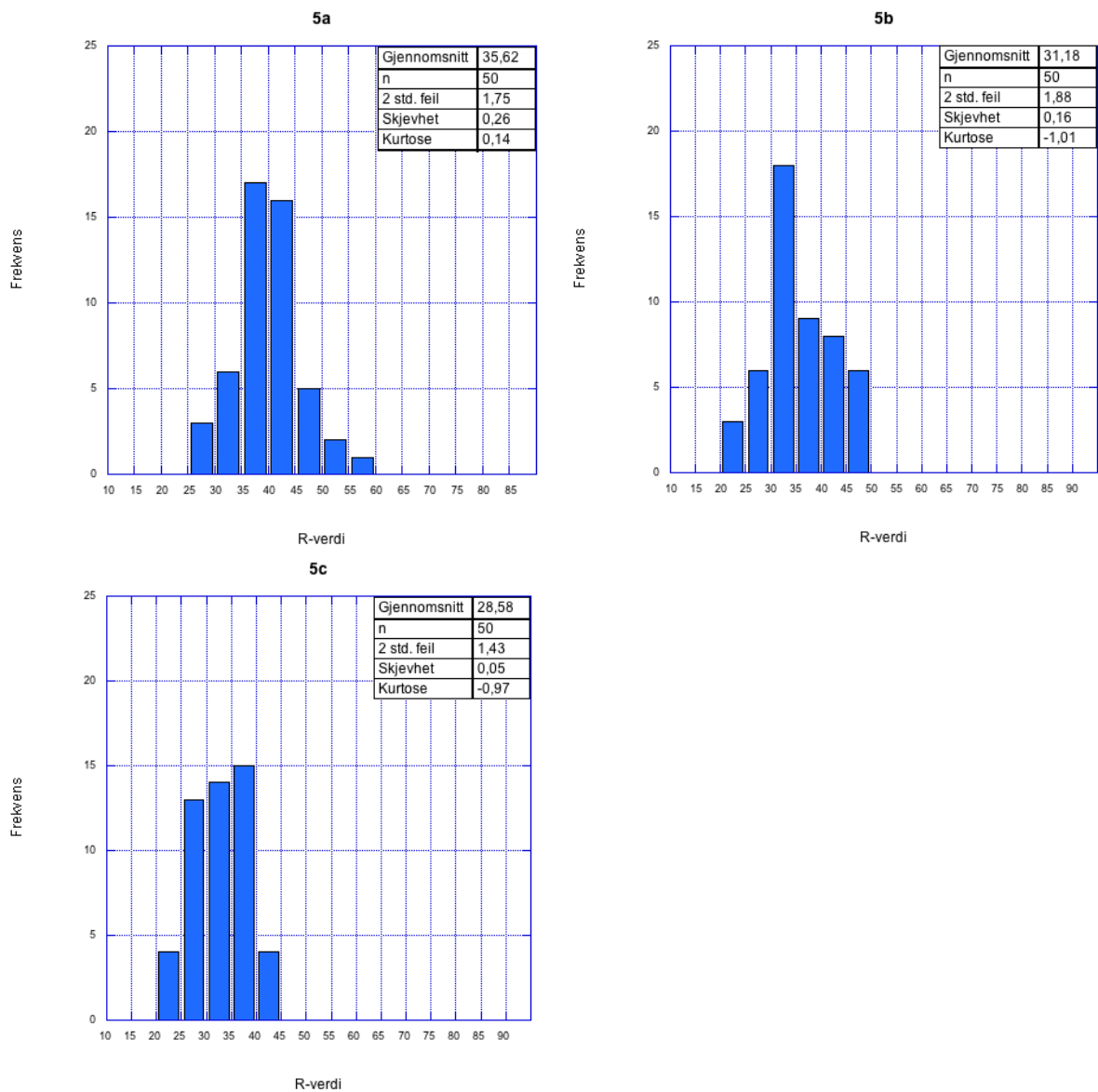
Figur 8.5.6 viser R-verdi til blokkene på Lokalitet 5. Blokkene har jevnt synkende R-verdier fra sør til nord. Blokk 5b og 5c overlapper hverandre.



Figur 8.5.6: Diagrammet viser R-verdiene til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 5, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Frekvensdiagrammene i Figur 8.5.7 viser fordelingen av målingene til de tre blokkene. Alle blokkene har positiv skjevhet, som vil si at målingene har en høyreskjev fordeling, og at flesteparten av målingene ligger nærmere minimumsverdien enn maksimumsverdien. Blokk 5a har positiv kurtoseverdi. Dette kan sees på histogrammet ved at de fleste av målingene er samlet rundt gjennomsnittet. Blokk 5b og 5c har negativ kurtose som vil si at målingene ligger mer spredt.



Figur 8.5.7: Histogrammer over målte R-verdier til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 5. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen til høyre. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

8.5.3 Alder

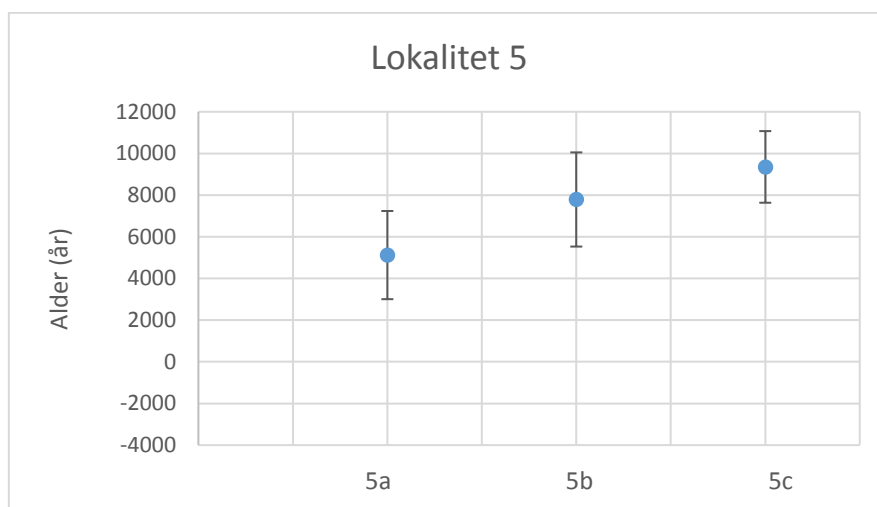
I Tabell 8.5.2 er det listet opp utregnede aldre på blokkene ved bruk av formelen fra kalibreringskurven, Formel 7.3. Gjennomsnittsalderen varierer fra 5111 til 9400 år. Aldrene øker gradvis fra sør til nord. Dette illustreres i neste figur, Figur 8.5.8.

Tabell 8.5.2: Utregnede aldre til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 5. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er også blitt regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil.

| | 5a | 5b | 5c |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 35,62 | 31,18 | 28,58 |
| 2 std. feil | 1,76 | 1,88 | 1,43 |
| Gjennomsnitts- alder | 5121 | 7790 | 9353 |
| 2 std. Feil | 2116 | 2260 | 1719 |
| Maks. alder | 7237 | 10050 | 11072 |
| Min. alder | 3006 | 5530 | 7634 |

Aldersdiagram

Figur 8.5.8 viser aldre til de tre blokkene på Lokalitet 3. Hvis man regner med to standardfeil overlapper 5b de to andre blokkene. Blokk 5a og 5c overlapper ikke hverandre. Diagrammet viser også at blokkene har gradvis økende aldre fra sør til nord på lokaliteten.



Figur 8.5.8: Diagrammet viser utregnede aldre til de ytterste skredblokkene på Lokalitet 5, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalderen er markert med blått. Maksimums- og minimumsalder er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

8.5.4 Profil

På Lokalitet 5 er det, i tillegg til å bli tatt schmidthammermålinger på de ytterste skredblokkene, tatt målinger på ett profil. Profilet starter øverst opp mot fjellveggen, og det er tatt målinger på fem blokker nedover dalsiden. Blokkene i profilet er vist som grønne prikker i Figur 8.5.9.



Figur 8.5.9: De grønne prikkene i dalsiden representerer profilet det er tatt schmidthammermålinger på på Lokalitet 5. Profilet starter øverst i dalsiden, der det er tatt målinger på fem blokker nedover. Øverste blokk er kalt 5.1, neste 5.2 osv. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

I Figur 8.5.10 er det bilde av blokkene det er tatt målinger på i Profil 1 på Lokalitet 5.

5.1



UTM: 32V 329021 6643280

5.2



UTM: 32V 329061 6643315

5.3



UTM: 32V 329112 6643344

5.4



UTM: 32V 329179 6643401

5.5



UTM: 32V 329231 6643465

Figur 8.5.10: Blokkene det er tatt schmidthammermålinger på i profilet på Lokalitet 5. Bildene er satt i kronologisk rekkefølge. Det første bilde viser øverste blokk (blokk 5.1) i profilet. Tommestokken brukt som målestokk er en m lang. Foto: Ane Senneseth

Statistikk

I Tabell 8.5.3 er det listet opp statistiske variabler regnet ut for målingene tatt på blokkene i profilet. Alle målingene har verdier som ligger på et intervall på 30 R-verdier, fra 20 til 50. Minimumsverdiene ligger mellom 20 og 25, mens maksverdiene ligger mellom 46 og 50. De tre midterste blokkene i profilet har relativt like standardavvik på rundt 6,4. Blokk 5.1 har det laveste på 5,6, mens blokk 5.5 har det høyeste på 7,2. Blokk 3.1 har den laveste standardfeilen på 0,8, mens blokk 5.5 har det høyeste på 1. For resten av blokkene ligger standardfeilen på rundt 0,9.

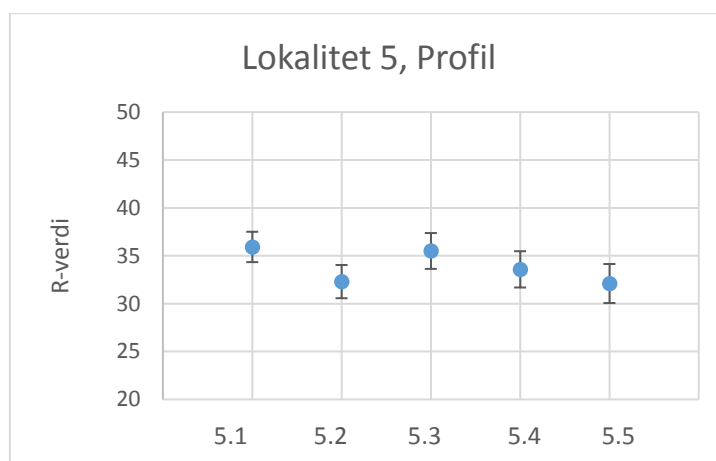
Gjennomsnittet er den viktigste statistiske variabelen, og er uthevet i tabellen. Gjennomsnittlig R-verdi ligger mellom 32 og 36.

Tabell 8.5.3: Utregnede statistiske variabler til blokkene i profilet på Lokalitet 5. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er listet minimumsverdi, maksimumsverdi, sum av alle målingene, antall målinger som er tatt, gjennomsnittverdi, median, standardavvik, varians, standardfeil, skjevhet og kurtose.

| Blokk | 5.1 | 5.2 | 5.3 | 5.4 | 5.5 |
|---------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Minimum | 25 | 20 | 22 | 20 | 20 |
| Maksimum | 48 | 46 | 50 | 48 | 47 |
| Sum | 1796 | 1615 | 1775 | 1679 | 1605 |
| Målepunkt | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Gjennomsnitt | 35,92 | 32,3 | 35,5 | 33,58 | 32,1 |
| Median | 35 | 32 | 34 | 34 | 31,5 |
| Std. avvik | 5,6055 | 6,1321 | 6,6124 | 6,6948 | 7,2005 |
| Varians | 31,422 | 37,602 | 43,724 | 44,82 | 51,847 |
| Std error | 0,79274 | 0,8672 | 0,93514 | 0,94678 | 1,0183 |
| Skjevhet | 0,32228 | 0,51118 | 0,28086 | 0,017856 | 0,23716 |
| Kurtose | -0,50575 | -0,057936 | -0,54003 | -0,72608 | -0,89327 |

R-verdier

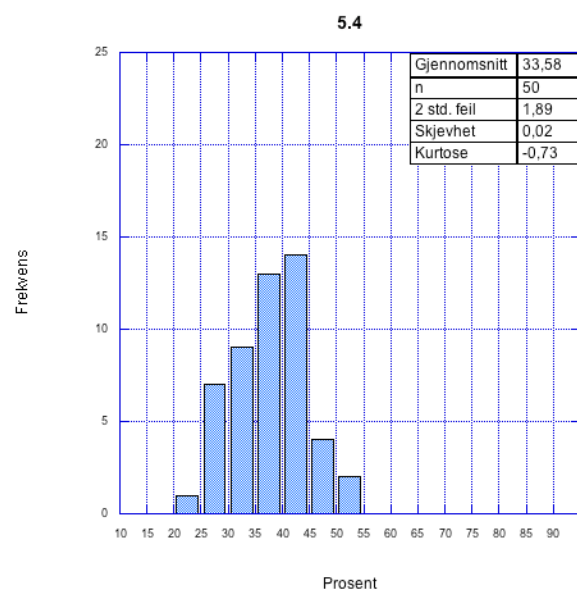
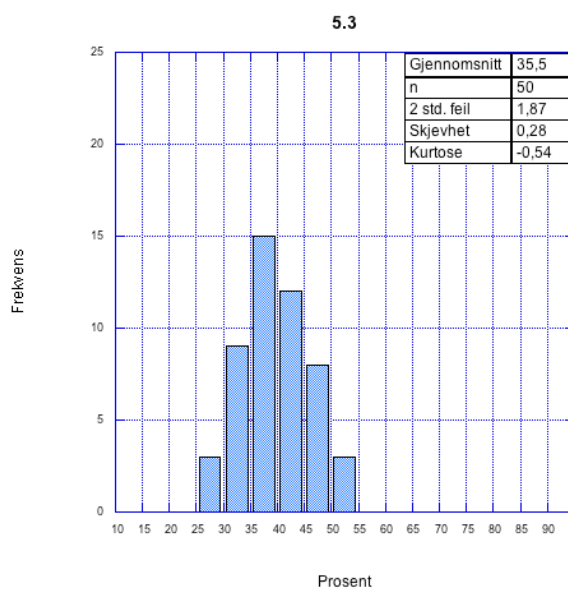
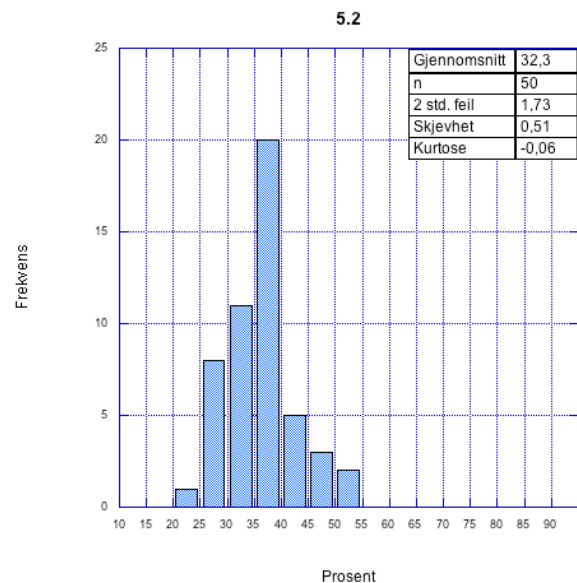
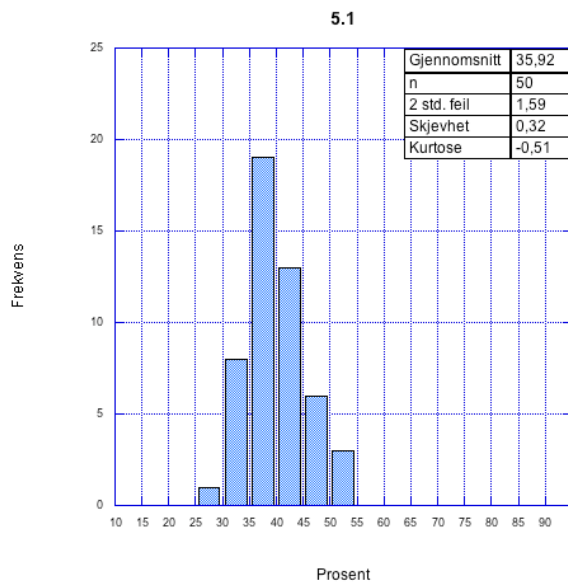
Figur 8.5.11 viser gjennomsnittlig R-verdi til alle blokkene. Hvis man regner med to standardfeil overlapper alle blokkene hverandre bortsett fra blokk 5.1 og 5.5 som ikke overlapper hverandre.

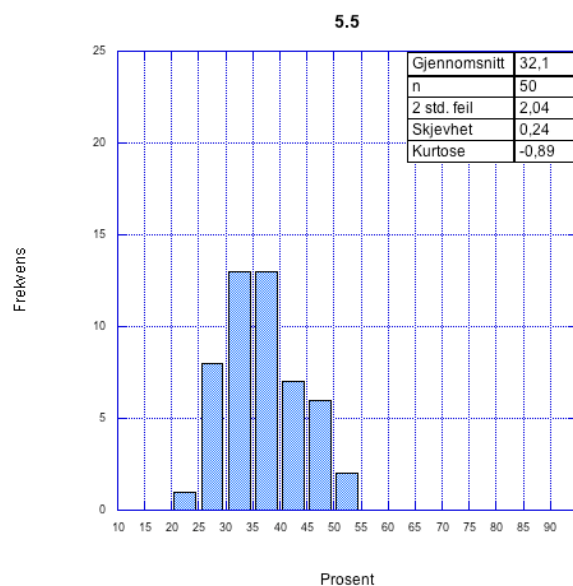


Figur 8.5.11: Diagrammet viser R-verdiene til blokkene i profilet på Lokalitet 5, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittlig R-verdi er markert med blått. Maksimums- og minimumsverdi er vist som error bars. Y-aksen viser R-verdi og x-aksen viser for hvilken blokk.

Frekvensdiagrammer

Frekvensdiagrammene i Figur 8.5.12 viser fordelingen av målingene til hver blokk i profilet. Alle blokkene har positiv verdi for skjevhet, som vil si at målingene har en høyreskjev fordeling, og at flertallet av målingene ligger nærmere minimumsverdien enn maksimumsverdien. Alle blokkene har negativ verdi for kurtose, som vil si at målingene ligger mer spredt enn i en normalfordeling. Frekvensdiagrammene viser at målingene ikke ligger sentrert rundt gjennomsnittet.





Figur 8.5.12: Histogrammer over målte R-verdier til blokkene i profilet på Lokalitet 5. Gjennomsnittlig R-verdi, antall målinger, 2 standardfeil, skjevhet og kurtose er presentert i tabellen til høyre. X-aksen viser R-verdi. Hver søyle representerer et intervall på fem R-verdier (21-25, 26-30 osv.). Y-aksen viser frekvens (antall ganger de ulike R-verdiene er blitt målt).

Alder

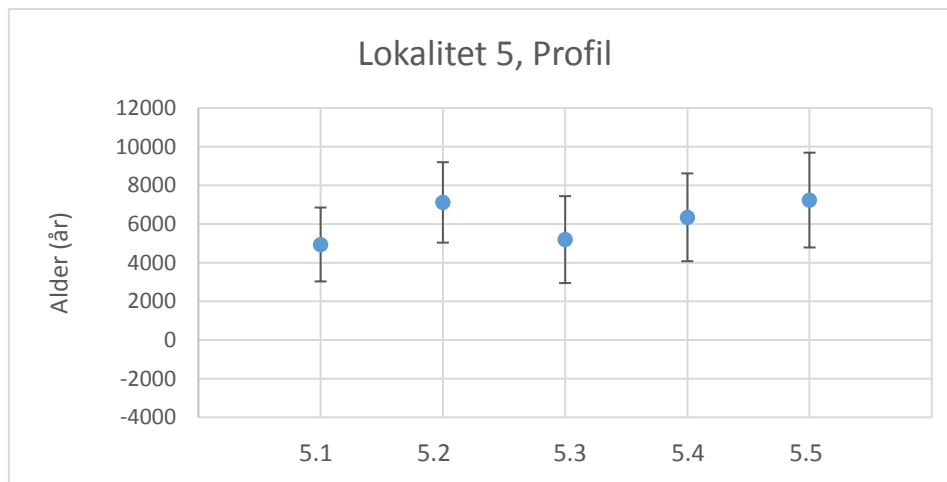
Tabell 8.5.4 viser utregnede aldre til blokkene i profilet, med maks- og minimumsalder, beregnet med Formel 7.3. Gjennomsnittsaldrerne varierer fra 4900 til 7200.

Tabell 8.5.4: Utregnede aldre til blokkene i profilet på Lokalitet 5. Gjennomsnittet står i uthevet skrift. Det er også blitt regnet ut minimum og maksimum alder ved å henholdsvis trekke fra og legge til to standardfeil.

| | 5.1 | 5.2 | 5.3 | 5.4 | 5.5 |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| R-verdi (Gjennomsnitt) | 35,92 | 32,3 | 35,5 | 33,58 | 32,1 |
| 2 std. feil | 1,59 | 1,73 | 1,87 | 1,89 | 2,04 |
| Gjennomsnittsalder | 4941 | 7117 | 5193 | 6347 | 7237 |
| 2 std. Feil | 1911 | 2080 | 2248 | 2272 | 2452 |
| Maks. alder | 6852 | 9196 | 7441 | 8619 | 9689 |
| Min. alder | 3030 | 5037 | 2945 | 4075 | 4785 |

Aldersdiagram

Aldersdiagrammet i Figur 8.5.13 viser at aldrene til alle blokkene overlapper hvis man regner med to standardfeil. Blokk 5.1 og 5.3 har relativt like aldre, og blokk 5.2 og 5.5 har relativt like aldre.



Figur 8.5.13: Diagrammet viser utregnede aldre til blokkene i profilet på Lokaltet 5, med konfidensintervall på 95%. Gjennomsnittsalderen er markert med blått. Maksimums- og minimumsalder er vist som error bars. Y-aksen viser alder og x-aksen viser for hvilken blokk.

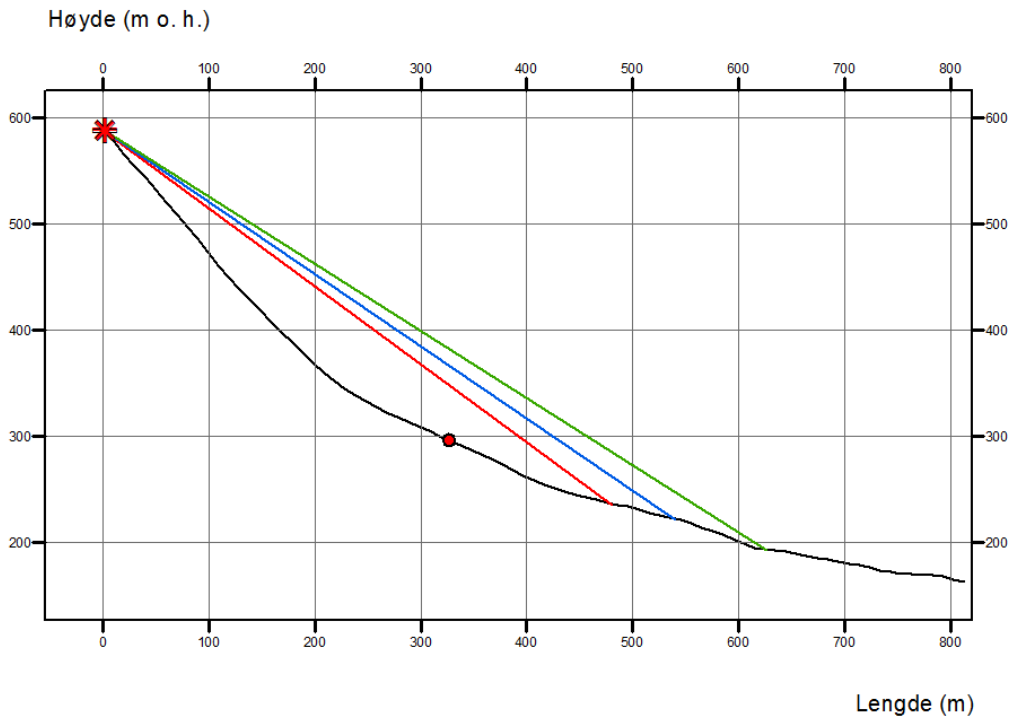
8.5.5 Utløpslengder

Lengste utløpslengder

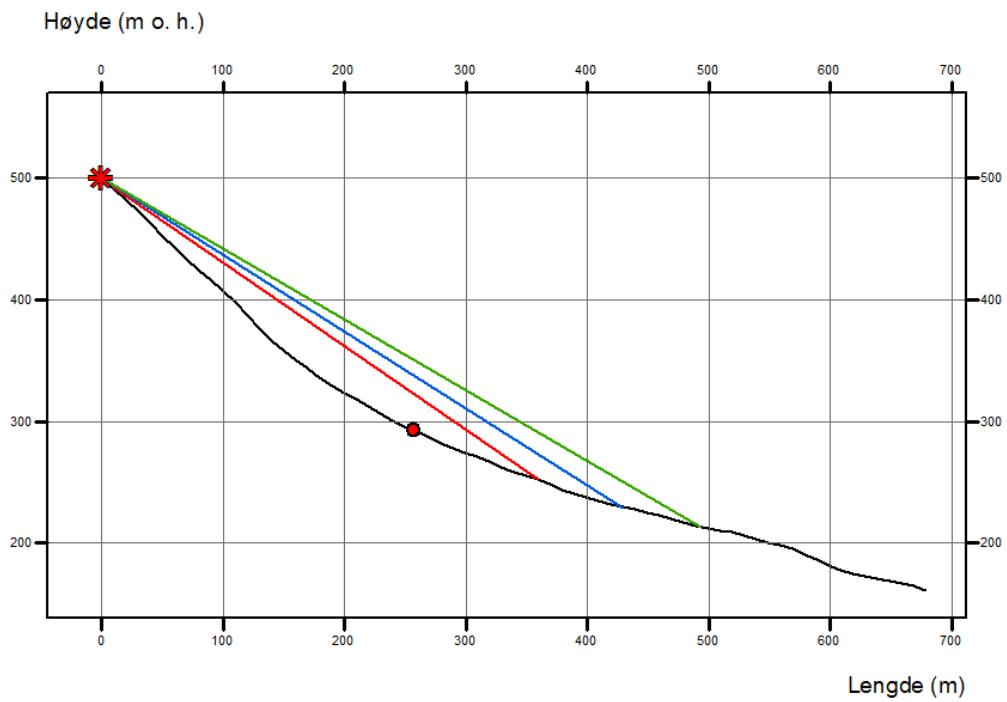
Siden det er løsnepunkt langs hele fjellsiden, er løsnepunktet satt høyest opp i fjellsiden der helningen fremdeles er over 40° . Dette er illustrert i Figur 8.5.15. Det er tegnet tre høydeprofiler av skredbaner – ett for hver blokk kartlagt i felt. Skredbanene er kalt, fra lengst sør i dalen, 5a1, 5b1 og 5c1. I skredbanene er det tegnet inn grenser for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3. De tre høydeprofilene av skredbanene er vist i Figur 8.5.14.

Skredbane 5a1 starter med en helning på 50° . Skredbanen har en konkav form. Løsnepunktet er satt til 590 m o. h. Skredbane 5b1 likner skredbane 5a1, men helninger er noe lavere (45°). Skredbanen er også noe mer ujevn. Løsnepunktet her er satt til 500 m o. h. Skredbane 5c1 har en helning på 45° øverst, før den når et dropp etter ca. 40 m. Deretter blir helningen ca. 60° . Deretter har skredbanen en jevn konkav form med unntak av en liten forhøyning etter ca. 550 m fra løsnepunktet. Løsnepunktet til denne skredbanen er satt til 1000 m o. h.

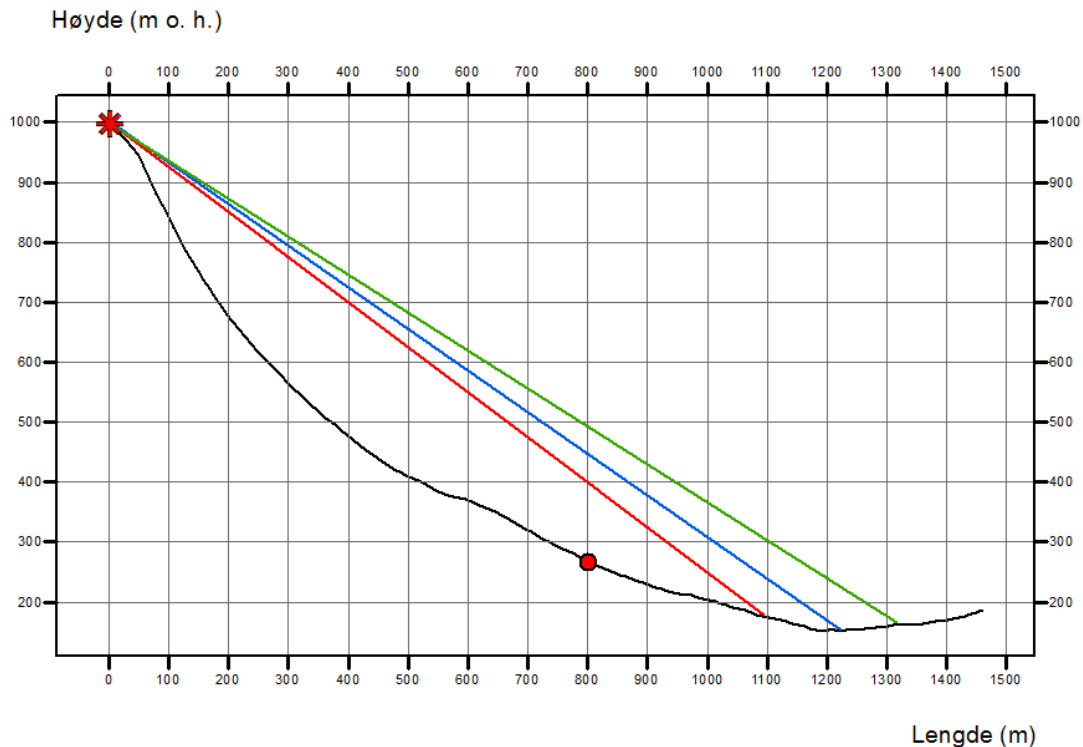
5a1



5b1



5c1



Figur 8.5.14: Høydeprofiler av skredbanene brukt i utregningen av lengste utløpslengder på Lokalitet 5. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punkt er vist med rød prikk. Rød, blå og grønn strek illustrerer rekkevidde for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

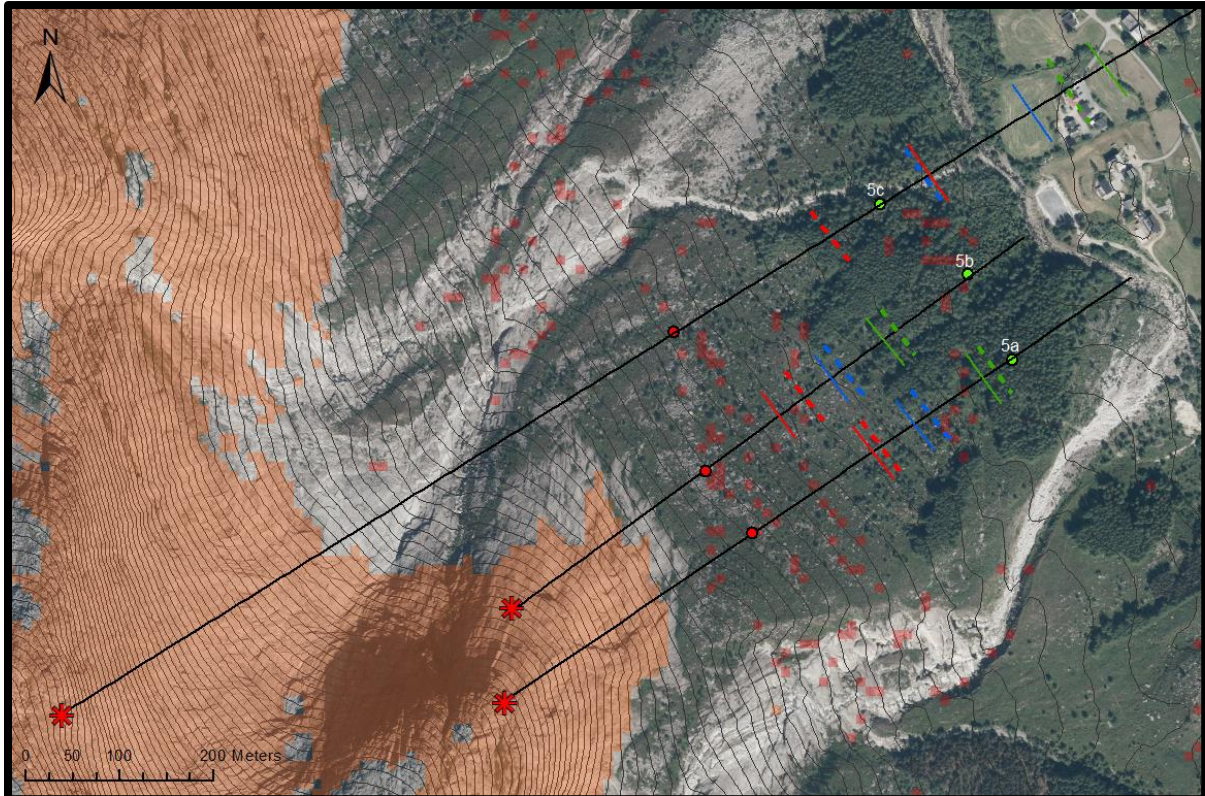
Maksimum rekkevidde for steinsprang

Figur 8.5.15 viser grensene til S1, S2 og S3 i alle skredbanene det er beregnet maksimal utløpslengder til med alfa-beta metoden. Grensen til S1 (hundreårsskred), markert med røde streker på Figur 8.5.15, viser at i skredbane 5a1 og 5b1 vil blokker stoppe opp et godt stykke opp i dalsiden. I skredbane 5c1 vil derimot blokker kunne transporteres ned til nederste del av dalsiden.

Figur 8.5.15 viser at tusenårsskred i skredbane 5a2 og 5b2 vil stoppe opp før skogen. I skredbane 5c1 vil blokker i et tusenårsskred kunne nå over Uskedalselva og ut på jordet. Grensen ligger rett før et par av bygningene som hører til gården på Øvre Musland. Grensene til femtusenårsskred, viser at blokker i skredbane 5a1 og 5b1 vil nå så vidt inn i skogen. I skredbane 5c1 vil blokker i et femtusenårsskred kunne transporteres forbi gården og nesten nå hovedveien som går gjennom dalen.

Beregning av lengste utløpslengde ved bruk av høyde/lengde-forholdet

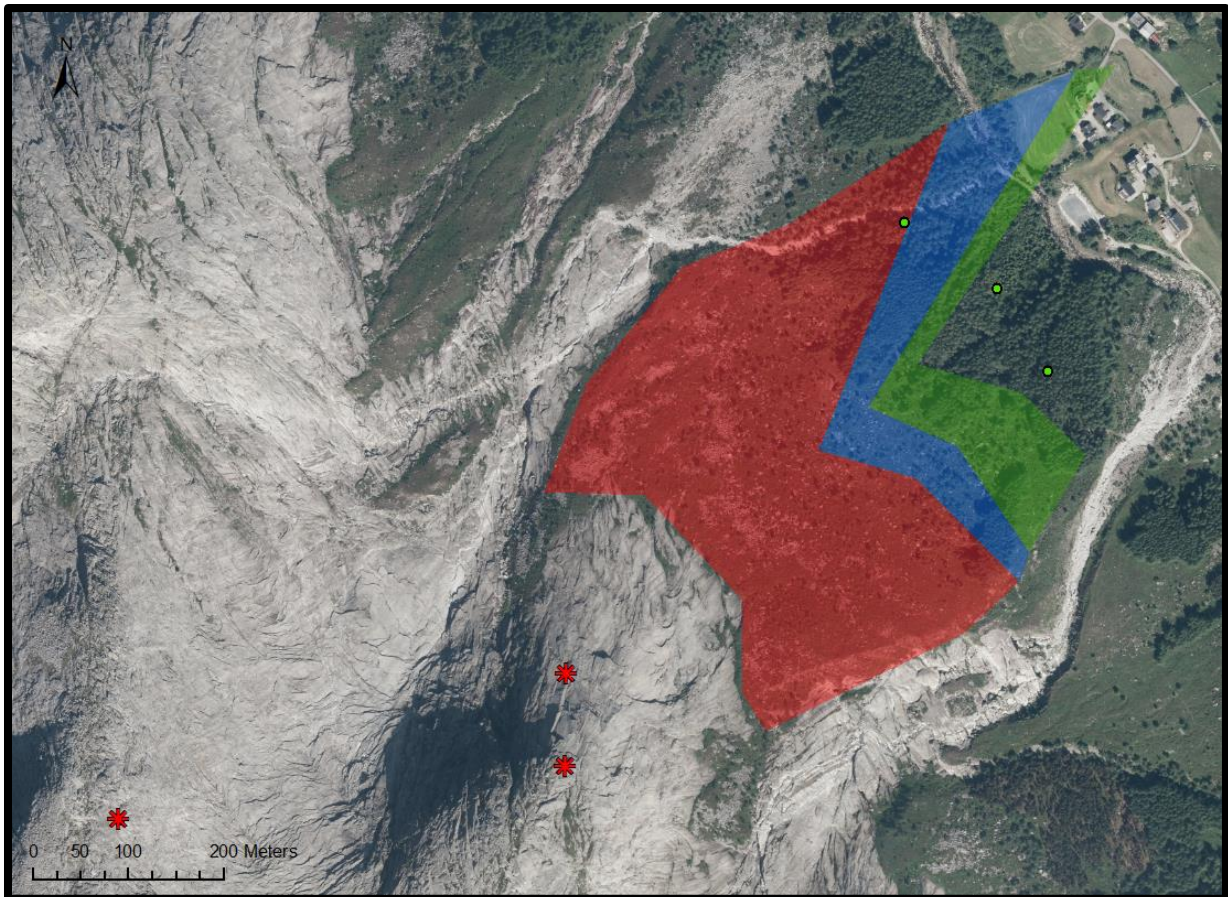
Maksimalt utløpslengder er også blitt beregnet ved å bruke høyde/lengde-forholdet. Disse grensene er også tegnet inn med stiplede linjer på kartet i Figur 8.5.15. Kartet viser at grensene beregnet med alfa-beta metoden og H/L-forholdet samsvarer relativt bra i skredbane 5a1 og 5b1. I skredbane 5c1 underestimeres grensene beregnet ved å bruke H/L-forholdet.



Figur 8.5.15: Maksimum utløpslengder til steinsprang beregnet med alfa-beta metoden på Lokalitet 5. De svarte linjene viser skredbanene. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punkt er markert med rød prikk. Grensene til sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 er markert med henholdsvis rød, blå og grønn strek. Blokkene kartlagt i felt er markert med grønne prikker. De oransje områdene i fjellveggen er områder der helningen er høyere enn 40°. De røde feltene er der terrenget har en helning på 23°. De stiplede linjene viser beregnede utløpslengder ved bruk av H/L-forhold. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Faresonekart basert på lengste utløpslengder

Figur 8.5.16 viser et faresonekart over Lokalitet 5. Kartet er basert på utregningene av maksimale utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Kartet viser at beregningene i den nordligste skredbanen skiller seg ut ved at grensene ligger betydelig lenger ned i dalsiden enn i de to sørligste.



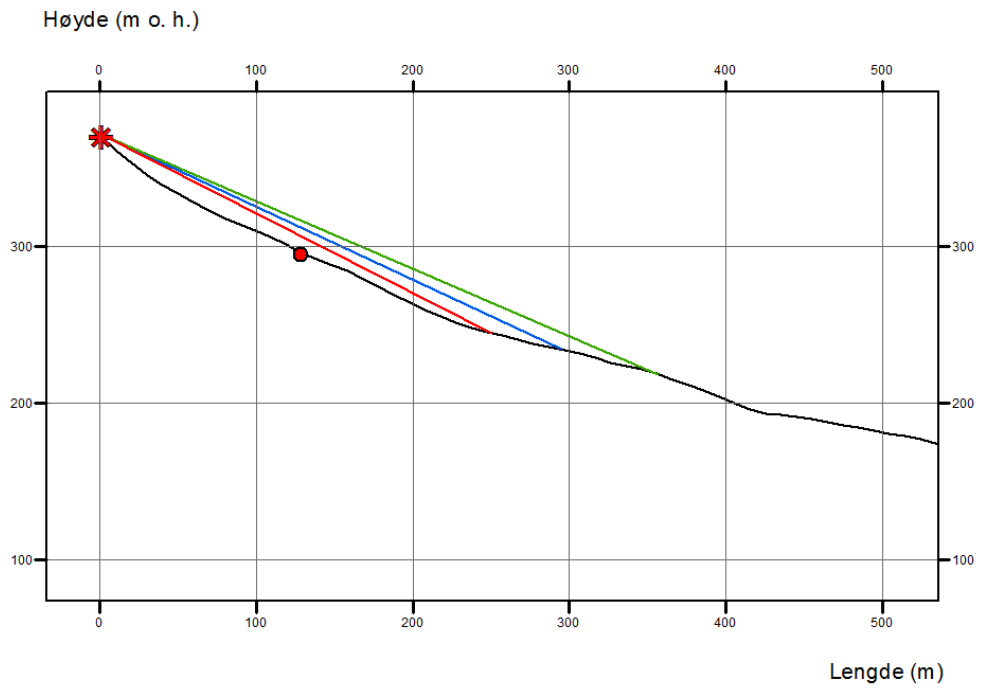
Figur 8.5.16: Faresonekart over Lokalitet 5 basert på maksimum utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. Rødt, blått og grønt område viser sonene til henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Korteste utløpslengder

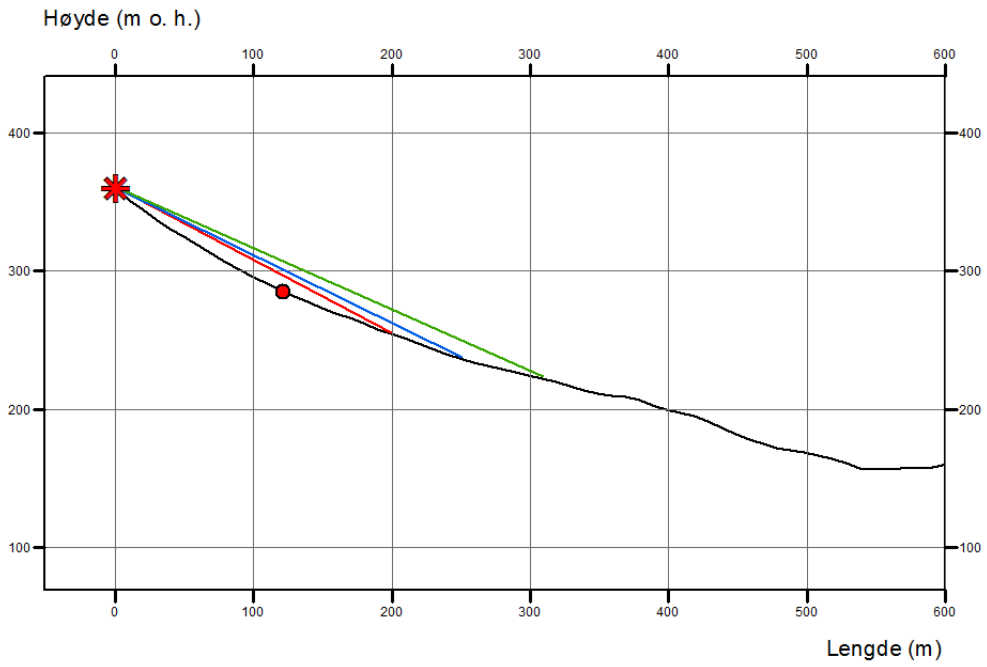
Løsnepunktene som gir minimum utløpslengder er satt til å være nederst i fjellsiden der helningen fremdeles er over 40° , og der det er synlige sprekker. Dette er illustrert i Figur 8.5.18. Det er brukt de samme skredbanene som i utregningene av maksimale utløpslengder; en skredbane for hver blokk kartlagt i felt. Siden skredbanene starter der det bare fjellet slutter, er helningen lavere enn i beregningene av maksimal utløpslengde. Høydeprofil av skredbanene er vist i Figur 8.5.17.

Skredbane 5a2 har svakt vekslende konkav og konveks form. Den starter med en helning på 45° . Deretter blir helningen slakere. Løsnepunktet er satt til 370 m o. h. Skredbane 5b2 starter med en helning på 35° . Den har først en konkav form, før den etter 250 går over i en konveks form. I den nederste delen av skredbanen er terrenget ujevnt. Løsnepunktet er satt til 360 m o. h. Skredbane 5c2 har også vekslende konkav og konveks form. Helningen øverst i skredbanen er på 40° . Løsnepunktet er satt til 515 m o. h.

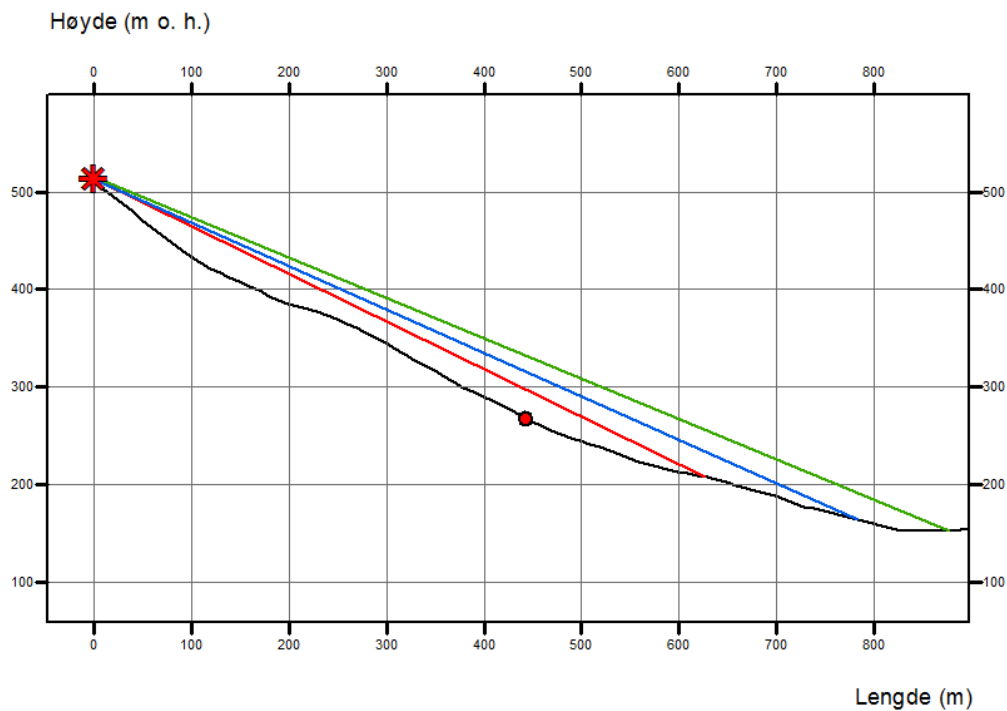
5a2



5b2



5c2



Figur 8.5.17: Høydeprofiler av skredbanene på Lokalitet 5. Profilene viser beregnet minimum utløpslengder for steinsprang. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punkt er vist med rød prikk. Rød, blå og grønn strek illustrerer beregnet rekkevidde for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

Minimum rekkevidde for steinsprang

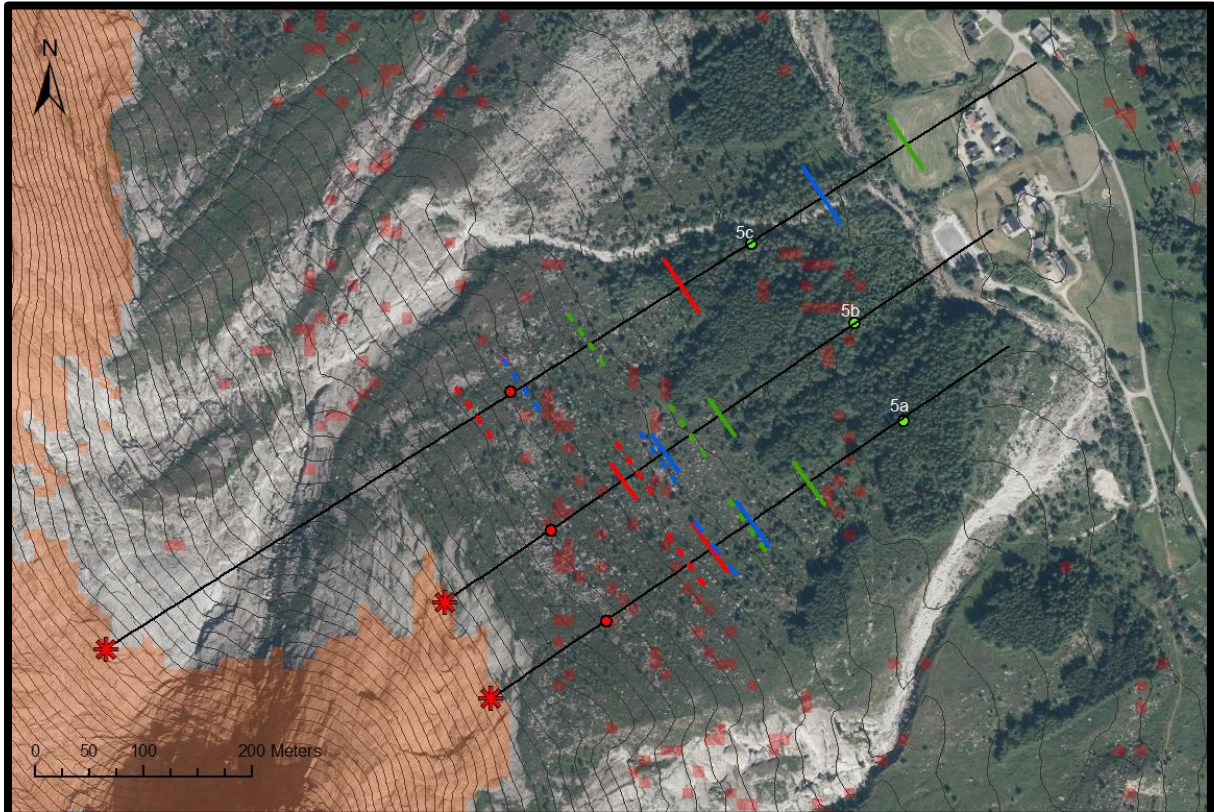
Grensene til S1, markert som grønne streker på kartet i Figur 8.5.18, viser at hundreårsskred stopper opp et godt stykke oppe i dalsiden i skredbane 5a2 og 5b2. Grensene i disse to skredbanene ligger relativt likt. I skredbane 5c2 kan hundreårsskred nå ned til der skogen starter i dalsiden.

Tusenårsskred vil ifølge beregningene stoppe opp et godt stykke før skogen begynner i skredbane 5a2 og 5b2, mens i skredbane 5c2 vil et slikt skred kunne gå langt inn i skogen, og helt forbi bekken. Grensene er vist med blå streker på Figur 8.5.18.

Avsetninger i et femtusenårsskred vil i skredbane 5a2 og 5b2 nå ned til skogkanten. I skredbane 5c2 vil blokker ifølge beregningene kunne nå forbi Uskedalselva og ut på jordet. Grensene til femtusenårsskred er markert med grønne streker i 8.5.18.

Beregning av korteste utløpslengder ved bruk av høyde/lengde forholdet

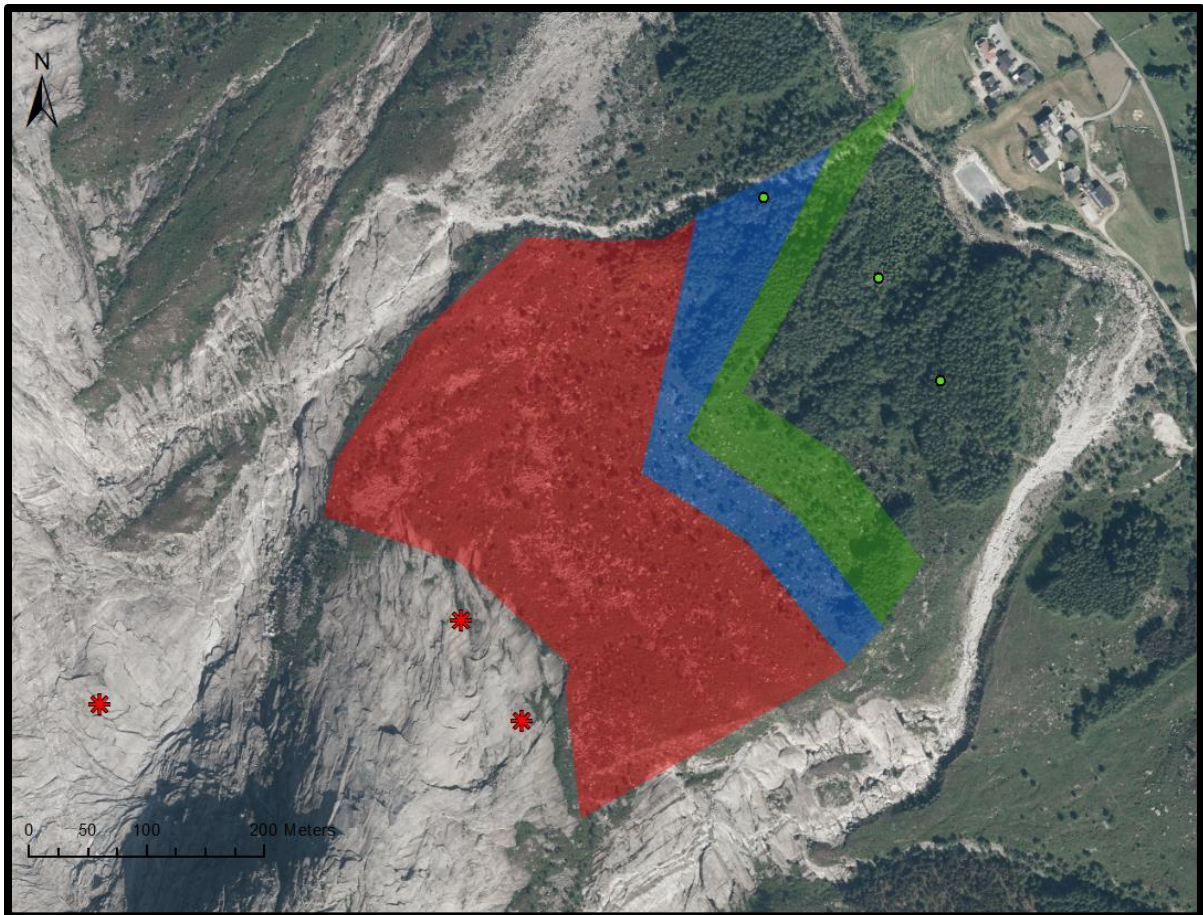
Det er også blitt regnet ut minimum utløpslengder ved å bruke høyde/lengde-forholdet. Disse grensene er også tegnet inn med stiplede linjer på kartet i Figur 8.5.18. Figuren viser at grensene til alle sikkerhetsklassene beregnet med de to ulike metodene samsvarer relativt godt i skredbane 5a2 og 5b2. Grensene beregnet ved bruk av H/L-forholdet underestimeres noe i forhold til grensene beregnet med alfa-beta metoden. I skredbane 5c2 er derimot avviket stort.



Figur 8.5.18: Korteste utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden på Lokalitet 5. De svarte linjene viser skredbanene. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. 23°-punkt er markert med rød prikk. Grensene til sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 er markert med henholdsvis rød, blå og grønn strek. Blokkene kartlagt i felt er markert med grønne prikker. De oransje områdene i fjellveggen er områder der helningen er høyere enn 40°. De røde feltene er der terrenget har en helning på 23°. De stiplede linjene viser beregnede utløpslengder ved bruk av H/L-forhold. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

Faresonekart basert på korteste utløpslengder

Figur 8.5.19 viser et faresonekart over Lokalitet 5. Kartet er basert på utregningene av korteste utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Grensene til sikkerhetsklassene i skredbane 5c2 avviker ikke like ekstremt fra de to andre som i beregning av maksimale utløpslengder, men grensene ligger likevel betydelig lenger ut i skredbane 5c2 enn for de to andre skredbanene.



Figur 8.5.19: Faresonekart over Lokalitet 5 basert på korteste utløpslengder beregnet med alfa-beta metoden. Løsnepunkt er markert med rød stjerne. Rødt, blått og grønt område viser sonene for henholdsvis sikkerhetsklasse S1, S2 og S3. Modifisert flyfoto fra Kartverket (2017b)

8.6 Høyde/lengde(H/L)-forhold

På alle lokalitetene er det også regnet ut høyde/lengde-forholdet til skred i hver skredbane, Tabell 8.5.9, for å se om skred i Uskedalen avviker i forhold til de standardiserte verdiene for H/L-forhold. Dette diskuteres i diskusjonskapittelet. Det er tatt utgangspunkt i den vertikale (H) og horisontale (L) avstanden fra skredblokkene kartlagt i felt til det henholdsvis høyeste og laveste løsnepunktet i fjellsiden brukt i alfa-beta metoden. Resultatene fra beregningene diskuteres i avsnitt 9.7 i diskusjonskapittelet.

Tabell 8.6.1: Utregnede H/L-forhold på hver lokalitet.

| Blokk | Maks | Min |
|--------------------|-------|-------|
| Lokalitet 1 | | |
| | 0,567 | 0,486 |
| Lokalitet 2 | | |
| 2a | 0,637 | 0,379 |

| | | |
|--------------------|-------|-------|
| 2b | 0,802 | 0,488 |
| 2c | 0,757 | 0,436 |
| 2d | 0,511 | 0,406 |
| 2e | 0,776 | 0,317 |
| | | |
| Lokalitet 3 | | |
| 3a | 1,087 | 0,410 |
| 3b | 1,024 | 0,529 |
| 3c | 0,905 | 0,738 |
| 3d | 0,654 | 0,418 |
| 3e | 0,497 | 0,408 |
| | | |
| Lokalitet 4 | | |
| | 0,458 | 0,264 |
| | | |
| Lokaitet 5 | | |
| 5a | 0,600 | 0,384 |
| 5b | 0,531 | 0,406 |
| 5c | 0,756 | 0,465 |

8.7 Oppsummering av resultater

På **Lokalitet 1** vil mest sannsynlig snøskred stoppe opp ved Heielva. Her er det kun beregningene for korteste utløpslengder som passer med feltobservasjonene. På **Lokalitet 2** forekommer det både steinskred og steinsprang og blokker kan nå nesten helt ned til Fjellandsbøvatnet. Her passet beregningene både for lengste og korteste utløpslengder med feltobservasjonene. De lengste utløpslengdene passet noe bedre. På **Lokalitet 3** går det hyppige steinsprang. Her går grensen der jordene starter i dalbunnen. I beregningen av lengste utløpslengder overestimeres grensene på sørlig halvdel. De korteste utløpslengdene samsvarer bedre med feltobservasjonene. På **Lokalitet 4** går det hyppige sørpeskred. Disse vil mest sannsynlig stoppes opp av Uskedalselva. Her er det beregning av korteste utløpslengder som gir de mest realistiske grensene. På **Lokalitet 5** forekommer det steinsprang, og grensen ligger halvveis ned i granskogen i dalsiden. Her stemmer beregningene med alfa-beta metoden generelt dårlig, da det er vanskelig bestemme løsnepunkt.

Grensene beregnet ved å bruke H/L-forholdet stemmer enda dårligere med grensene kartlagt i felt enn grensene beregnet med alfa-beta metoden. Det viser seg også at H/L-forholdet til skred i feltområdet har verdier som ligger både over og under de standardiserte H/L-forholdet til sørpeskred, steinsprang og steinskred.

9. Diskusjon

9.1 Lokaltet 1

9.1.1 Utløpslengder

Det er flere ting som tyder på at de beregnede grensene til maksimale utløpslengder er overestimerte. De ytterste skredblokkene kartlagt i felt blir liggende mellom grensene til hundreårsskred og tusenårsskred (Figur 8.1.11). Høydeprofilen av skredbanen (Figur 8.1.10) viser at blokkene ligger akkurat der terrenget begynner å helle den andre veien. Dette viser at de beregnede utløpslengden ikke er realistiske. Det er lite sannsynlig at blokker fra et snøskred vil kunne transporteres særlig langt opp i motsatt dalside.

Utløpslengdene beregnet ned fra skåla (korteste utløpslengder) gir mer realistiske utløpslengder. Her stopper hundreårsskred der dalsiden er blottet for vegetasjon (Figur 8.1.13). Mangel på vegetasjon tyder på at det går hyppige skred her. Grensen til S2 går like vest for Heielva, mens grensen til S3 går der terrenget begynner å helle den andre veien (Figur 8.1.13).

Det er vanskelig å definere en ytterste grense for snøskred på Lokaltet 1, men mest sannsynlig vil skred stoppe opp rundt Heielva. Veltede trær og ødelagt vegetasjon kan sees helt frem hit. I felt er de ytterste blokkene kartlagt rett øst for Heielva (Figur 8.1.5). Det er usikkert om dette er realistisk, eller om blokker ikke vil kunne passere elven. Noe som gjør det vanskelig bestemme de ytterste skredblokkene på lokaliteten er at det ligger masse blokker øst for Heielva (Figur 8.1.5). Mest sannsynlig er dette moreneblokker som har kommet frem når bonden har gravd i løsmassene. Området rundt stølen er preget av dette, og i nederste del av skråningen er det bygget et gjerde av blokker. Bonden ville mest sannsynlig ikke valgt å legge stølen og jordet her hvis det er et skredutsatt område. Et annet argument for at dette ikke er skredblokker fra snøskred er at terrenget her begynner å helle den andre veien.

9.1.2 Alder

I teorien skulle aldrene på de tre dellokalitetene vært relativt like, men gjennomsnittsalderen til dellokalitet 1b skiller seg ut ved å ha en betydelig høyere alder på 4700 år. Dellokalitet 1a og 1c har aldre på henholdsvis 760 og 1300. Aldersdiagrammet (Figur 8.1.19) viser at aldrene så vidt overlapper hverandre på rundt 3000 år hvis man regner med to standardfeil.

På kartet som viser beregninger av lengste utløpslengder ligger de kartlagte blokkene innenfor grensen til tusenårsskred, Figur (8.1.11). På kartet som viser grensene til skred ned fra skåla ligger grensene til de tre sikkerhetsklassene lenger inn. Dette stemmer bedre med aldrene på blokkene. Her blir de liggende innenfor grensen til femtusenårsskred (8.1.13).

Det er mulig at det på Lokalitet 1 går forskjellige typer snøskred. Mest sannsynlig vil det kunne gå flakskred ved at skavler løsner ned fra toppen av Øktaredalen. Rennene i dalsiden tyder på at det også forekommer vannrelaterte skred på lokaliteten. Store og tørre skred har mindre friksjon og kan oppnå store hastighet, mens våte skred har større evne til å erodere (Lied og Kristensen, 2003). De ytterste avsetningene transporteres sannsynligvis med sørpeskred som løsner fra skåla. I så tilfelle stemmer beregningene gjort med alfa-beta metoden godt på Lokalitet 1.

9.2 Lokalitet 2

9.2.1 Lengste utløpslengder

På Lokalitet 2 ligger 23°-punktene på relativt lik høyde i dalsiden i alle skredbanene (Figur 8.2.25). Høyden på løsnepunktet varierer fra 470 til 910 m o. h. I de to sørligste skredbanene ligger grensene til sikkerhetsklassene likt. Dette stemmer godt da både løsnepunktet og 23°-punktet ligger likt. I skredbane 2b1, 2c1 og 2d1 øker utløpslengdene med økende høyde på løsnepunktet. Dette viser at høyde på løsnepunktet er en viktig parameter i alfa-beta metoden.

I den nordligste skredbanen 2e1 ligger grensene lenger opp i dalsiden sammenlignet med de to sørligste som har løsnepunkt på lik høyde. Dette skyldes at det er kortere horisontal avstand fra løsnepunktet til 23°-punktet i skredbane 2e1. Dermed vil alfavinkelen og betavinkelen bli høyere, slik at grensene blir liggende lenger inn.

Grensene til de maksimale utløpslengdene er realistiske om man ser på avsetningene i dalsiden på flyfoto (Figur 8.2.25). Generelt ligger det avsetninger lenger ned i dalsiden sør på lokaliteten enn lenger nord. Som tidligere nevnt er den nordligste delen av lokaliteten en del av en stor vifteavsetning (Figur 8.2.2). Midt i denne går det et elveløp som har gravd seg ned i viften (Figur 8.2.3). Beliggenheten til den nordligste skredblokken tyder på at utløpslengdene har blitt påvirket av denne. Denne blokken ligger et godt stykke lenger ut enn grensen til S3. Dette diskuteres nærmere i delkapittel 9.8.

9.2.2 Korteste utløpslengder

De korteste utløpslengdene følger samme trend som de maksimale utløpslengdene; grensene ligger lengst ned i dalsiden i sør, og gradvis lenger opp i dalsiden nordover på lokaliteten (Figur 8.2.28). Forskjellen er at grensene her blir liggende lenger opp i dalsiden enn de maksimale utløpslengdene. Det er brukt de samme 23°-punktene her som i beregning av maksimale utløpslengder. At grensene viser samme trend skyldes derfor at løsnepunktene ligger likt i forhold til hverandre i begge beregningene; de to sørligste og den nordligste skredbanen har de høyeste løsnepunktene, mens de to midterste har de laveste.

I skredbane 2e2 gjelder det samme som for maksimale utløpslengder. Som nevnt tidligere er dette området en del av en skredvifte, slik at blokken kartlagt i felt ligger betydelig lenger ut enn det som er beregnet med alfa-beta metoden. Skredviften kan sees i høydeprofilen av skredbane 2e2 (Figur 8.2.27). Det er en betydelig forsenkning etter 200 m fra løsneområdet. Dette skyldes at elven som kommer ned fra Kolkjeredalen har erodert seg ned i underlaget.

9.2.3 Alder

De tre blokkene lengst nord på lokaliteten har relativt like aldre (Figur 8.2.9). Aldrene til disse blokkene overlapper hverandre hvis man regner med to standardfeil, og ligger på mellom 7600 og 8600 år. De to sørligste blokkene skiller seg ut ved å ha betydelig lavere gjennomsnittsalder på 5100 og 1800 år.

Alle blokkene i Profil 1 har overlappende aldre (Figur 8.2.14) på rundt 5000 år. Blokkene i profilet ligger innenfor sonen til hundreårsskred. Dette kan tyde på at disse avsetningene er en del av et steinskred. Observasjoner i felt tyder også på dette. Som nevnt tidligere har blokkene noe avrundede kanter og det er ingen tydelig fallsortering (Figur 8.2.4). Også blokkene i Profil 2 har overlappende aldre, men gjennomsnittsalderen ligger ikke like tett som i Profil 1. De fire vestligste blokkene har jevnt økende gjennomsnittsalder, men blokkene har ikke signifikant forskjellige aldre. Generelt ligger aldre på blokkene i dette profilet på rundt 6000 år. Det kan tyde på at det på Lokalitet 2 ligger avsetninger fra både steinskred og steinsprang.

Når det gjelder moreneblokkene ved vannet, viser det seg at disse blokkene ikke har signifikant høyere aldre enn de andre blokkene kartlagt i felt. Aldrene til moreneblokkene og skredblokkene overlapper hvis man regner med to standardfeil. Hvis blokkene ved vannet er moreneblokker skulle man tro at aldre ville være høyere enn skredblokkene, men

gjennomsnittsalderen ligger på litt over 6000 år. Dette kan tyde på at det ikke er signifikant forskjell i alder på moreneblokker og skrebblokker. En annen mulighet er at blokkene ved vannet også er skrebblokker. De kartlagte ytterste skrebblokkene ligger ikke langt fra vannkanten (Figur 8.2.5).

9.2.4 Faresonekart

På faresonekartet basert på de lengste utløpslengdene (Figur 8.2.25) stemmer aldrene på blokkene og plassering innenfor faresonene godt. Grensene stemmer best for de tre midterste skrebblokkene. Blokk 2b ligger innenfor faresonen til tusenårsskred, med en alder på 1800 år. Blokk 2c ligger innenfor sonen til femtusenårsskred med en gjennomsnittsalder på 7600 år. Blokk 2d ligger på grensen til femtusenårsskred og har en gjennomsnittsalder på 9100 år. Den sørligste og den nordligste blokkene ligger lenger ut enn femtusenårsskredsonen. Plasseringen til den nordligste blokken skyldes som tidligere nevnt bekkeløpet som kommer ned fra Kolkjeredalen. Den sørligste blokken kan være en moreneblokk. Kartet (Figur 8.2.25) viser at blokken ligger på andre siden av Heielva.

Faresonene basert på korteste utløpslengder (Figur 8.2.29) stemmer noe mindre godt med tanke på plassering og aldre på skrebblokkene. På dette faresonekartet ligger alle blokkene bortsett fra 2b utenfor faresonen til femtusenårsskred, men alle blokkene har gjennomsnittsaldrer på over 5000 år. 2b blir liggende i faresonen til femtusenårsskred med alder på 1800 år.

9.3 Lokaltet 3

9.3.1 Lengste utløpslengder

Generelt ligger de beregnede grensene i de tre sørligste skredbanene betydelig lenger ned i dalsiden enn i de to nordligste (Figur 8.3.21). Dette gjenspeiles i at løsnepunktene ligger høyere i skredbanene sør på lokaliteten enn i nord. Dette stemmer godt med avsetningene i dalsiden; det er mer avsetninger i sørlig halvdel enn den nordlige, i tillegg til at avsetningene ligger lenger ned i dalsiden her. Dette kan skyldes at det er et større areal der potensielle steinsprang kan løsne, samtidig som utfall fra høyere punkt i fjellsiden vil føre til at blokker får mer energi, og dermed transporteres lenger enn blokker som løsner lavere ned i fjellveggen.

Det kan se ut som rekkevidden til skred er overestimert i skredbane 3a1 hvis man ser på avsetningene her. Dette kan skyldes at denne skredbanen går over en vifteavsetning sør på lokaliteten. Denne kan sees ut ifra høydekurvene på kartet (Figur 8.3.21), og i høydeprofilen av

skredbanen (Figur 8.3.20). Høydeprofilen viser at det er en forhøyning i terrenget rett etter 23°-punktet. Her vil blokker kunne miste energien og avsettes. Dette tas ikke hensyn til i beregningene gjort med alfa-beta metoden. Utløpslengdene overestimeres også i skredbane 3b1 og 3c1. At utløpslengdene overestimeres i de tre sørligste skredbanene kan skyldes at ura fungerer som en hindring for fallende blokker. Dette forklares og diskuteres nærmere i avsnitt 9.6.1.

9.3.2 Korteste utløpslengder

For de korteste utløpslengdene ligger løsnepunktene på relativt like høyder i alle skredbanene sammenlignet med løsnepunktene til maksimale utløpslengder. Skredbane 3b1 har det høyeste på 350 m o. h. I resten av skredbanene ligger de på mellom 320-330 m o. h.

I de tre nordligste skredbanene ligger grensene til sikkerhetsklassene relativt likt for lengste og korteste utløpslengder. I de to sørligste skredbanene er derimot forskjellen større. Grensene her ligger betydelig lenger inn. Høydeprofilen til 3a2 (Figur 8.3.23) viser at grensen treffer en forhøyning i terrenget som skyldes vifteavsetningene. Dette fører til betraktelig kortere utløpslengder. De maksimale utløpslengdene påvirkes ikke av vifteavsetningene i like stor grad. Det samme gjelder skredbane 3b2. Her går skredbanen over i en konveks form rett etter 23°-punktet (Figur 8.3.23). Dette viser at alfa-beta modellen er veldig generell og kun tar hensyn til topografien i nederste del av utløpsområdet.

9.3.3 Alder

Aldrene til de ytterste skredblokkene overlapper hvis man regner med to standardfeil (Figur 8.3.9). Det vil si at blokkene ikke er signifikant forskjellig i alder. Gjennomsnittlig alder på de fem blokkene er på litt over 6000 år.

Blokkene i Profil 1 viser jevnt økende aldre (Figur 8.3.14). Alle blokkene har en gjennomsnittsalder på under 2600 år. Målingene viser at avsetningene er yngre enn på Lokalitet 2, og at det er hyppigere skredaktivitet her. Den økende trenden i aldre tyder på at det er steinsprang som dominerer på Lokalitet 3. De to vestligste blokkene i profilen har negativ gjennomsnittsalder. Dette viser at konverteringen fra gammel til ny kurve ikke er optimal. Konverteringen skyldes som tidligere nevnt bruk av to ulike Schmidthammere. Dette diskuteres nærmere i delkapittel 9.9.1.

I Profil 2 har ikke blokkene samme økende trend i alder (Figur 8.3.19). De tre vestligste blokkene i profilet har relativt like aldre på rundt 1600 år. De to østligste blokkene har signifikant høyere aldre på rundt 6800 år. Flyfotoet (Figur 8.3.15) viser at disse to blokkene ligger i områder der det er tett skog. Alle de andre blokkene, også i Profil 1, ligger i områder der det ikke er like tett vegetasjon. Dette kan påvirke utløpslengdene. Dette diskuteres nærmere i delkapittel 9.6.1.

Blokk 3a tilsvarer nederste blokk i Profil 1, blokk 3.1.5, og blokk 3b tilsvarer nederste blokk i Profil 2, blokk 3.2.5 (Figur 8.3.10). Dermed er det tatt målinger to ganger på hver av disse blokkene, til sammen 100 målinger. Det er forventet at de to forskjellige omgangene med målinger ville gi relativt lik gjennomsnittsalder. Dette er ikke tilfellet for blokk 3a/3.1.5 som har alder på 8100 og 2600 år. Disse aldrene er signifikant forskjellige. Dette viser at man må regne med flere feilkilder ved bruk av Schmidhammer. Disse diskuteres i delkapittel 9.9. Blokk 3b/3.2.5 har alder på 6500 og 7200. Disse aldrene overlapper hvis man regner med to standardfeil.

9.3.4 Faresonekart

I faresonekartet basert på de lengste utløpslengdene er grensene overestimerte på sørlig halvdel og underestimerte på nordlig halvdel av lokaliteten. De tre sørligste blokkene blir liggende innenfor sonen til hundreårsskred (Figur 8.3.22). Dette tyder på at S1 dekker et for stort område siden de tre sørligste blokkene har aldre på godt over 5000 år. Avsetningene i dalsiden tyder også på at grensene er overestimerte her. Faresonene stemmer bedre i nordlige halvdel av lokaliteten. De to nordligste blokkene har aldre på rundt 4400 og 6000 år, og ligger utenfor grensen til S3 (Figur 8.3.22).

På faresonekartet basert på korteste utløpslengder blir de to nordligste blokkene liggende et godt stykke nedenfor grensen til S3 (Figur 8.3.25). Her dekker sannsynligvis sonene et for lite område av dalsiden. De mest drastiske endringene skjer sør på lokaliteten. Her blir sonene liggende betraktelig lenger inn. Dette skyldes som nevnt tidligere vifteavsetningene sør på lokaliteten. Faresonene passer bedre på dette kartet med tanke på avsetningene i dalsiden. Avsetningene ligger lengst ned i dalsiden i midten av lokaliteten (Figur 8.3.25). Grensen kartlagt i felt stemmer også bedre på dette kartet. De tre sørligste blokkene blir liggende innenfor grensen til S2 og S3.

9.4 Lokaltet 4

9.4.1 Utløpslengder

Resultatene fra alfa-beta metoden gir urealistiske maksimale utløpslengder. I følge beregningene vil både tusenårsskred og femtusenårsskred kunne nå godt opp i motsatt dalside (Figur 8.4.9 og 8.4.10). I følge observasjoner i felt vil de fleste skred mest sannsynlig stoppe opp når de når Uskedalselva (Figur 8.4.4). Elven er en forsenkning i terrenget og vil dermed fungere som en hindring for skred. Rett øst for elven ligger jorder og hovedvegen som går gjennom Uskedalen. Man ville mest sannsynlig ikke valgt å legge en gård og jorder her hvis det er et skredutsatt område. Dette viser at metoden ikke tar hensyn til forsenkninger (hindringer) i utløpsområdet. Med tanke på observasjoner i felt, gir beregning av korteste utløpslengder mer realistiske grenser. Her vil alle skred stoppe opp før Uskedalselva (Figur 8.4.12).

9.4.2 Alder

I teorien skulle de fem blokkene i profilet hatt jevnt synkende alder fra øst til vest siden det er mest aktivitet i de sentrale delene av skredviften. Dette er ikke tilfellet. De 4 østligste blokkene viser en generell økende trend i alder, mens den vestligste blokken igjen får en betydelig lavere alder (Figur 8.4.8). Mest sannsynlig er ikke denne blokken representativ for blokkene som ligger inne i skogen. De fleste blokkene rundt er helt dekket av mose, noe som tyder på lite påvirkning av skredaktivitet. Dette vil bety at blokken det er tatt målinger på er et unntak. Ideelt sett skulle man tatt mange flere målinger i flere profiler for å se om det finnes en trend i alder på avsetningene. Den østligste blokken i profilet har negativ alder. Dette viser igjen at det er feilmarginer knyttet til justeringen av kalibreringskurven.

9.5 Lokaltet 5

9.5.1 Lengste utløpslengder

I den nordligste skredbanen er det vanskelig å bestemme høyde på løsnepunktet fordi dette området er en del av en stor skål/botn i fjellsiden (Figur 8.5.15). Løsnepunktet til potensielle skred som gir maksimale utløpslengder er satt et godt stykke opp i skåla. Skåla utgjør et stort areal i fjellsiden der potensielle steinsprang kan løsne. Dette samsvarer godt med avsetningene i dalsiden; det ligger mest avsetninger lengst nord på lokaliteten (Figur 8.5.15). Avsetningene ligger også lengst ned i dalsiden her, men disse avsetningene stammer mest

sannsynlig ikke fra steinsprang alene. Her vil også snøskred ned fra skåla kunne transportere med seg blokker. Dette diskuteres nærmere i delkapittel 9.8.

Valget av løsnepunktet gjør at grensene til sikkerhetsklassene blir liggende betydelig lenger ned i dalsiden i den nordligste skredbanen enn i de to andre (Figur 8.5.15). Det kan se ut som de beregnede utløpslengdene er urealistiske. Gensen til hundreårsskred blir liggende lenger ut enn den ytterste skredblokken kartlagt i felt. Gensen til tusenårsskred blir liggende et godt stykke utpå jordet, mens grensen til femtusenårsskred ligger forbi bygningene på Øvre Musland. Dette er lite sannsynlig da Uskedalselva vil fungere som en hindring før blokker når dalbunnen. Høydeprofilen (8.5.14) viser også at grensene til tusen- og femtusenårsskred ligger der terrenget begynner å helle den andre veien. Det er lite sannsynlig at blokker i et steinsprang vil kunne transporteres opp i motsatt dalside da tyngdekraften vil overgå drivkreftene. Dette viser igjen at alfa-beta metoden er veldig generell og kun tar hensyn til topografien i nederste del av utløpsområdet.

Det kan se ut som grensene er blitt underestimert i de to sørligste skredbanene. Gensen til hundreårsskred går der det fremdeles er betydelig mengder avsetninger i dalsiden (Figur 8.5.15). Gensen til femtusenårsskred går der granskogen starter i dalsiden. Feltobservasjoner tyder på at det ligger en del skredblokker inne i skogen, i tillegg til at de ytterste blokkene kartlagt i felt ligger betydelig lenger ned enn grensen til femtusenårsskred.

9.5.2 Korteste utløpslengder

Forskjellen mellom utløpslengdene i de tre skredbanene utjevnes noe i beregningen av korteste utløpslengder, men grensene i den nordligste skredbanen ligger fremdeles betydelig lenger ned i dalsiden enn i de to andre skredbanene (Figur 8.5.18). Avsetningene i dalsiden tyder på at utløpslengdene underestimeres i de to sørligste skredbanene (Figur 8.5.18). Gensene til femtusenårsskred går rett ovenfor der skogen starter i dalsiden. Flyfoto viser at det fremdeles ligger en god del blokker forbi disse grensene, samtidig som de ytterste skredblokkene kartlagt i felt ligger betydelig lenger ned i dalsiden. Gensene i den nordligste skredbanen er noe mer realistisk i denne beregningen enn for maksimale utløpslengder. Gensen til hundreårsskred ligger rett ovenfor der skogen starter, mens grensen til femtusenårsskred ligger fremdeles ut på jordet. Dette tyder på at grensene fremdeles er noe overestimerte.

9.5.3 Alder

De tre blokkene har økende aldre fra sør til nord på lokaliteten (Figur 8.5.8). Den sørligste og nordligste blokken har signifikant forskjellige aldre. De fem blokkene i profilet på Lokalitet 5, bortsett fra 5.2 har jevnt økende gjennomsnittsalder fra vest til øst, men alle aldrene overlapper hvis man regner med to standardfeil (Figur 8.5.13). Blokkene i profilet har en gjennomsnittsalder på rundt 6000 år. Dette tyder på at det er lite steinsprangaktivitet på denne lokaliteten sammenliknet med Lokalitet 3. Mengden avsetninger i dalsiden tyder også på dette.

9.5.4 Faresonekart

Sonene på faresonekartet basert på lengste utløpslengder (Figur 8.5.16) passer for de to sørligste blokkene. Disse ligger utenfor grensen til femtusenårsskred. Blokkene har gjennomsnittsalder på 5100 og 7800 år. Den nordligste blokken ligger innenfor grensen til hundreårsskred med en gjennomsnittsalder på 9400 år. Her dekker sannsynligvis faresonen til hundreårsskred et for stort område.

På faresonekartet basert på korteste utløpslengder (Figur 8.5.19) ligger de to sørligste blokkene betydelig lenger nede i dalsiden enn grensen til femtusenårsskred. Den nordligste blokken blir liggende innenfor grensen til tusenårsskred. Dette tyder som nevnt tidligere på at grensene har blitt underestimert i de to sørligste skredbanene og overestimert i den nordligste skredbanen.

På Lokalitet 5 er det kartlagt tre blokker som danner en tydelig grense halvveis ned i skogen. Ingen av faresonekartene stemmer med dette. Grunnen til at grensene på Lokalitet 5 stemmer dårlig med avsetningene observert i felt skyldes at det er vanskelig å bestemme løsnepunkt. Fjellet over de to sørligste skredbanene er kjegleformet (Figur 8.5.3). Fjellsiden i den nordligste skredbanen går som nevnt tidligere i en stor skål/botn.

9.6 Alfa-beta metoden

9.6.1 Steinsprang og steinskred

Undersøkelsene som er gjort i dette masterprosjektet viser at alfa-beta metoden ikke er en optimal metode å bruke til å beregne rekkevidde til skred i Uskedalen. Grensene kartlagt i felt og datering av skredblokker viser at metoden gir realistiske utløpslengder i omtrent halvparten av tilfellene. Det kan være flere grunner til dette. For det første er kildeområdet i alfa-beta metoden bestemt kun basert på helning i fjellsiden. Dette kan være en svakhet fordi det er flere

faktorer enn kun helning som gjør at blokker kan løsne fra fjellsidene (Domaas og Grimstad, 2014).

I alfa-beta metoden er fallhøyde en viktig parameter som påvirker utløpslengden. Tidligere forskning (Hungri og Evans, 1989) har vist at fallhøyden er av begrenset betydning for utløpslengden fordi nedslaget vil være med på å absorbere 85-90% av den kinetiske verdien (Hungri og Evans, 1989). Det er ikke kjent hvor blokkene i feltområdet har løsnet fra i fjellveggen. Det er derfor vanskelig å avgjøre hvor mye fallhøyden har å si for utløpslengdene til skred i Uskedalen.

I alfa-beta metoden tas det ikke hensyn til underlaget i skredbanen. Hungri og Evans sitt arbeid (1989) viser at underlaget i skredbanen har mye å si for utløpslengden. På lokalitetene med steinsprang er det lave bjørkestrær og mye kratt i skredbanene (f. eks. Figur 8.2.4). Dette kan føre til kortere utløpslengder enn hvis det hadde vært mindre vegetasjon. På den sørligste halvdel av Lokalitet 3 er ura godt utviklet (Figur 8.3.2). Her kan ura fungere som en hindring for blokker. Blokker som allerede er avsatt kan fungere som hindringer for andre blokker ved at de stanser bevegelsen ved kollisjon. Ura er også med på å skape ruhet til underlaget slik at det dannes hulrom eller «feller» der blokker kan stoppes (Statham, 1976). Her vil det derfor bli vanskeligere for blokker å passere urfoten. De fleste blokkene i steinsprang vil stoppe opp i ura og bygge opp denne. Det er kun ekstremutløpene som vil nå utenfor ura (Luckman, 2013). Det kan se ut som denne teorien stemmer i dette tilfellet. I følge faresonekartet over Lokalitet 3 (Figur 8.3.22) er grensene beregnet med alfa-beta metoden overestimert der ura er godt utviklet.

Løsmassene i feltområdet varierer fra myr, morene og fluviale avsetninger. På lokalitet 2 består nederste del av utløpsområdet av torv og myr (Figur 8.2.1). På et slikt underlag vil mye av den kinetiske energien til blokker absorberes (Domaas og Grimstad, 2014). På Lokalitet 3 og 5 er den nederste delen av utløpsområdet dekket av tett granskog (f. eks. Figur 8.5.2). Skog kan ha bremsende effekt på steinsprang. Det er vanlig å anta at blokker opp til 2 m³ kan stoppes av skog, men ifølge Dorren og hans kollegaer (2005) finnes det eksempler fra Alpene der blokker opp til 10 m³ er blitt stanset av skog (Dorren, 2005; referert til i NGI, 2013). Det er usikkert om skogen har påvirket utløpslengdene. Mest sannsynlig er barskogen i Uskedalen mye yngre enn de ytterste skredblokkene fordi skogen her er plantet.

Det er på Lokalitet 2 grensene beregnet med alfa-beta metoden og ytterste grense funnet i felt ligger nærmest hverandre. Det er også på Lokalitet 2 blokkene kartlagt i felt ligger lengst ut fra fjellveggen. Det kan være flere grunner til at blokkene ligger lenger ut på denne lokaliteten enn

på Lokalitet 3 og 5. For det første er det mye som tyder på at det forekommer både steinsprang og steinskred. Som nevnt tidligere tyder rundingsgrad, sortering og alder på at det ligger steinskredavsetninger i dalsiden på Lokalitet 2 (Figur 8.2.4). Dette betyr at blokker ikke nødvendigvis bare har falt ned som enkeltblokker, men som en samlet masse. Dette gjør at utløpslengden blir lenger (Jørstad, 1979). Høydeprofilene av skredbanene (Figur 8.2.24) viser også at det på Lokalitet 2 er en mer gradvis overgang mellom dalside og dalbunn. På Lokalitet 3 er det en mer brå overgang mellom fjellsiden og dalbunnen (Figur 8.3.20). Dette kan føre til at potensielle skred kan miste energi.

9.6.2 Snøskred

På Lokalitet 1 blir grensene beregnet med alfa-beta metoden overestimerte i forhold til grensen funnet i felt. Dette kan skyldes flere faktorer. For det første tar ikke metoden hensyn til lokal topografi. Høydeprofilen av skredbanen brukt til utregningen av lengste utløpslengder på Lokalitet 1 (Figur 8.1.11) viser at det skjer en brå overgang etter rundt 650 m. I skredbanen brukt til beregning av korteste utløpslengder ligger overgangen etter rundt 100 m (Figur 8.1.13). Den brå overgangen kan føre til at snøskred mister mye energi (Lied og Bakkehøi, 1980). Det samme gjelder skredbanen brukt til utregning av maksimale utløpslengder på Lokalitet 4. Her starter skredbanen med et dropp (Figur 8.4.9). Skredbanen brukt til utregning av korteste utløpslengder har derimot slakere og jevnere helning (8.4.11). Her passer også de beregnede grensene bedre med observasjonene i felt. Dette kan skyldes at snøskred vil få lenger rekkevidde i slake skredløp der det akkurat er bratt nok til at bevegelsen opprettholdes (Lied og Bakkehøi, 1980).

Alfa-beta metoden tar utgangspunkt i at overgangssonen mellom skredløpet og utløpsområdet ligger på 10° for snøskred (De Quervain, 1972; Buser og Frutiger, 1980, referert til i Bakkehøi m fl., 1983). Ifølge Lied og Kristensen (2003, s. 32) gjelder dette store og tørre skred med mindre friksjon og større hastighet. Små og våte skred vil bremses opp og stoppe når terrenget har en helning på 25° - 15° (Lied og Kristensen, 2003, s. 32). Om dette stemmer vil utløpslengdene beregnet med alfa-beta metoden bli kortere for sørpeskred.

Vegetasjon vil kunne ha bremsende effekt på snøskred (NVE, 2015a). Skog har bremsende effekt i skredbanen og kan redusere skredutløp (Anderson og McClung, 2012; referert til i NGI, 2013). På Lokalitet 1 og 4 ser det derimot ikke ut til at det er vegetasjon av betydning i skredbanen og utløpsområdet. Her går det skred så ofte at det ikke vokser trær og busker. Det som eventuelt kan hindre snøskred på disse to lokalitetene er elvene i bunnen av dalen; Heielva

på Lokalitet 1 og Uskedalselva på Lokalitet 4. Skred vil kunne stoppe opp i forsenkningen i terrenget, selv om beregningene tilsier at skredene kan nå lenger. Dette viser igjen at beregningene bærer preg av at terrengparameterne er generaliserte, slik at det ikke tas hensyn til lokale faktorer på hver enkelt lokalitet.

9.7 Høyde/lengde-forhold

På Lokalitet 2, 3 og 5 er det i tillegg til å ha blitt regnet ut utløpslengder med alfa-beta metoden funnet grenser til skred ved å bruke høyde/lengde-forholdet til steinsprang og steinskred. Disse er som nevnt tidligere markert med stiplede linjer på kartene med inntegnede utløpslengder (Figur 8.2.25, 8.2.28, 8.3.21, 8.3.24, 8.5.15 og 8.5.18). Generelt blir grensene overestimert i forhold til grensen funnet i felt når man tar utgangspunkt i det høyeste løsnepunktet, og underestimert når man bruker laveste løsnepunkt. Det viser seg også at det generelt sett er alfa-beta metoden som gir grenser som ligger nærmest grensene funnet i felt. Årsaken til dette kan være at metoden i utgangspunktet er beregnet til å brukes på fjellskred. Metoden er også enda mer generell enn alfa-beta metoden da det kun er to parametere i formelen; høyde på løsnepunktet og ett generelt H/L-forhold avhengig av skredtype.

Som nevnt tidligere er det regnet ut høyde/lengde-forhold til skred i alle skredbaner (Tabell 8.6.1). I dette avsnittet sammenlignes disse verdiene med de standardiserte H/L-forholdene for ulike typer skred. For sørpeskred ligger H/L-forholdet på 0,4 (Nesje, 2017). Når man tar utgangspunkt i høyeste løsnepunkt ligger forholdet på 0,57 og 0,46. De laveste løsnepunktene gir H/L-forhold som ligger på 0,49 til 0,26. For steinsprang er H/L-forholdet 0,8 (Nesje, 2017). Det gjennomsnittlige H/L-forholdet basert på de høyeste løsnepunktene for steinsprang gir en verdi på 0,75, mens forholdet basert på de laveste løsnepunktene ligger på 0,45. For steinskred er H/L-forholdet 0,6 (Nesje, 2017). På Lokalitet 2 ligger H/L-forholdet til steinskred med høyeste løsnepunkt på 0,76 og 0,51, og laveste på 0,43 og 0,40.

For steinsprang og steinskred ligger H/L-forholdet nærmest teorien når man tar utgangspunkt i de høyeste løsnepunktene. Det er også grensene beregnet med utgangspunkt i høyeste løsnepunkt i alfa-beta metoden som gir de mest realistiske grensene med tanke på grensene funnet i felt. For sørpeskred er det H/L-forholdet basert på høyeste løsnepunkt som ligger nærmest teorien. Det viser seg at H/L-forholdene til skred i Uskedalen ligger både over og under de standardiserte H/L-forholdene til skred.

Å bruke H/L-forholdet er en altfor enkel metode å bruke på skred i Uskedalen fordi det i denne kun inngår to parametere; høyde og H/L-forholdet. Som tidligere nevnt er det mange terrengforhold i skredløpet og utløpsområdet som påvirker utløpslengdene i skredbanene i Uskedalen, noe som vil bety at høyden kan være av begrenset betydning. En annen svakhet er at metoden kun tar hensyn til ett H/L-forhold for hver skredtype. Utrekningene har vist at det er store variasjoner på H/L-forholdet til skred i Uskedalen.

9.8 Usikkerhet og feilkilder ved feltarbeidet

Den største usikkerheten er knyttet til bestemmelse av de ytterste skredblokkene i felt. I Uskedalen er det store forekomster av morenemateriale, noe som gjør det vanskelig å skille gamle skredblokker fra moreneblokker. Dette gjelder spesielt Lokalitet 2. Her ligger det mange blokker på myra. Hovedregelen er at moreneblokker er mer avrundet og skredblokker mer kantet (Domaas og Grimstad, 2014). Det som gjør det vanskelig å skille mellom morene- og skredblokker i feltområdet er at moreneblokkene er av samme bergart som ellers i området, og at moreneblokkene mest sannsynlig ikke har blitt transportert særlig langt før de ble avsatt av isen. Dermed vil gamle skredblokker og moreneblokker likne hverandre. Dateringer viser også at det sannsynligvis ikke er signifikant forskjell i alder på skredblokker og moreneblokker.

I teorien vil blokkene med størst volum nå lengst. Dette ble brukt som et utgangspunkt i felt. På Lokalitet 3 og 5 er de ytterste skredblokkene som er kartlagt relativt store. Det viser seg imidlertid at det ikke nødvendigvis er blokkene med størst volum som når lengst. En faktor som kan være viktigere for utløpslengden enn størrelse er blokkens evne til å oppnå høy rotasjon og bevegelse som et hjul. En slik bevegelse kan føre til lange sprang og at energien opprettholdes lenger (Domaas og Grimstad, 2014). Dette er verdt å ta i betraktning spesielt på Lokalitet 2 da det ligger mange blokker på myra som ikke er blant de største på lokaliteten. Dette er enda en faktor som gjør det vanskelig å skille skredblokker og moreneblokker fra hverandre. Mange av blokkene på Lokalitet 2 ligger i tillegg delvis begravet i underlaget. Blokk 2b og 2c er eksempler på dette. Store blokker vil kunne synke dypere ned i underlaget (Petje m. fl., 2005). Dette vil også føre til at tilsynelatende eldre blokker har lavere alder. Dette gjelder blokk 2b (Figur 8.2.6 og Tabell 8.2.1).

En annen feilkilde som også er verdt å ta i betraktning er at tidligere avsatte blokker kan være ryddet eller fjernet fra et område. Dette kan ha skjedd på Lokalitet 3. Her ligger de ytterste blokkene kartlagt i felt nær grensen til jordet (Figur 8.3.11). Det ligger flere store blokker forbi

skoggrensen, der bonden har gravd i løsmassene. Dette kan være skredblokker, noe som vil bety at den ytterste grensen kan ligge lenger ut enn det som er kartlagt. I så tilfelle ville også de beregnede grensene passet bedre med feltobservasjonene.

Innen feltområdet er det flere steder skåler/botner i fjellsiden. Høydekurvene på kartet (Figur 3.5) viser at det er dannet store flomskredvifter ved bekkeløpene som kommer ned fra disse. Langs disse bekkeløpene kan det gå både flomskred og snøskred. Er skredet stort nok, vil det kunne bevege seg ut av elveløpet og bre seg utover på viften. Her vil skredet kunne dra med seg blokker og vegetasjon. Blokker i dalbunnen kan derfor være transportert med av snøskred, sørpeskred eller flomskred og ikke som resultat av steinsprang alene (Domaas og Grimstad, 2014). Dette kan være tilfellet nord på Lokalitet 2 og Lokalitet 5.

9.9 Schmidthammer

Selv om schmidthammer er et enkelt instrument å bruke er det knyttet flere feilkilder til schmidthammer som dateringsmetode. En feilkilde er at springfjæren i Schmidthammeren kan svekkes etter hvert som målinger tas. Ideelt sett burde hammeren ha blitt sjekket kontinuerlig med en testambolt for å se om den innehar samme styrke for alle innsamlingene.

Andre feilkilder kan skyldes feil som ble gjort under målingene, for eksempel at hammeren ikke ble holdt vinkelrett på flaten. Kartlav og mose var stort sett lett å unngå da avsetningene i feltområdet hadde rene flater. En annen faktor som derimot kan ha gitt for lave verdier er vanninnhold i bergarten. Feltarbeidet var preget av mye regn, noe som gjorde at det enkelte dager kan ha blitt samlet inn målinger selv om flatene ikke var hundre prosent tørre.

Flere feilkilder er også knyttet til utvelgelsen av flater det ble tatt målinger på. Bergartsflatene man skal måle på bør helst være tilnærmet horisontale ettersom forvittringsgraden kan være ulik på forskjellige deler av flaten dersom flaten er hellende (Aydin og Basu, 2005). Dette er vanskelig i praksis. For å kunne sammenligne R-verdiene til blokker bør man også finne flater med likest mulig litologi, ettersom ulike mineraler har ulik forvittringsrater. Kornstørrelse vil også påvirke R-verdiene. Finere kornstørrelser gir mindre spredning i verdiene enn grovere (Aydin og Basu, 2005).

Det viser seg at det er stor forskjell på teksturen på overflatene på hver enkelt blokk. Som tidligere nevnt er det tatt målinger to ganger uavhengig av hverandre på blokk 3a (også kalt 3.1.5 i profilet). Resultatene viser at målingene gir signifikant forskjellige aldre på samme

blokk. Dette viser det må vurderes nøye hvilken flate som er mest representativ for blokken. Når man tar målinger er det ikke sikkert man velger den ferskeste bruddflaten på blokken, ettersom blokkene er store og tunge og man ikke klarer å se alle sidene av blokken. Blokker kan også ha gjennomgått forvitring i sprekkene før utrasing, noe som vil gi for lave R-verdier og dermed for lav alder.

Til profilene tatt i talusskråningene måtte man enkelte steder lete etter egnede flater til å ta målinger på. Dette er en feilkilde da utvelgelsen helst skal være tilfeldig og ikke skje ved utplukking. Ved utplukking får man kanskje ikke et utvalg av blokker som representerer hele talusviften ettersom blokker ekskluderes. Skredblokkene i profilene bør også ligge på en relativt rett linje oppover talusskråningen, noe som virker greit i teorien, men ikke like lett å få til i praksis. I felt er det ikke alltid like lett å vurdere om man beveger seg i rett linje, ettersom det er et krevende terreng å bevege seg i.

Dioritt er en grovkornet bergart. Dette fører til spredte R-verdier (Aydin og Basu, 2005), noe som resulterer i relativt høye standardfeil. For hver blokk vil to standardfeil tilsvare rundt 2000 år. Dette vil si at en måling kan gi en alder som ligger på et intervall på 4000 år. Det viser seg at schmidthammer er et unøyaktig måleinstrument som gir resultater med høy usikkerhet. Dette gjør det vanskelig å skille blokker fra hverandre basert på alder.

9.9.1 Kalibreringskurve

En viktig feilkilde ved dateringen av skredblokkene er at det ble brukt to ulike schmidthammere i feltarbeidet. Schmidthammeren som ble brukt til å ta målinger til kalibreringskurven er en digital utgave, en Proceq type N-hammer. Schmidthammeren som ble brukt til å ta målinger på skredblokkene er en manuell utgave. I etterkant av feltarbeidet har det vist seg at de to hammerne gir ulike ulike R-verdier på samme type materiale. Hammerne ble testet på et homogent betonggulv. Dette førte til at den originale kalibreringskurven måtte justeres.

Målingene tatt med den digitale utgaven, som ble brukt som referansepunkter i den opprinnelige kalibreringskurven, ga gjennomsnittlige R-verdier på 33,38 og 52,18 på henholdsvis gammel og fersk flate. For å finne differansen mellom målinger tatt med den digitale versus den manuelle schmidthammeren ble det tatt utgangspunkt i ett målesett tatt med den manuelle på fersk flate og målingene tatt med den digitale på fersk flate. Forskjellen viste seg å ligge på 8,04 R-verdier. En feilkilde her er at den ferske flaten det ble tatt målinger på med den manuelle ikke

er nøyaktig den samme som den det ble tatt målinger på med den digitale da differansen ble oppdaget etter at feltarbeidet ble avsluttet.

10. Konklusjon

Feltobservasjoner tyder på at det er stor skredfare i feltområdet, spesielt for steinsprang, steinskred og sørpeskred. Dette er basert på at det ligger mye avsetninger i dalsiden, i tillegg til analyse av terrenget. Fjellsiden i feltområdet har for det meste helning på over 45°, og bærer preg av mange overflateparallele sprekker. Dette gir optimale forhold for steinsprang og steinskred. I tillegg er det flere skåler i fjellsiden der det kan samle seg store mengder snø. Fra disse løsner det hyppige sørpeskred. I tillegg dannes det sannsynligvis skavler langs toppen av dalsiden.

Utløsende årsak til snøskred i Uskedalen er hovedsakelig store mengder nedbør, temperaturøkning og stor vanntilførsel på grunn av smeltevann. Utløsende årsak til steinskred og steinsprang er mye nedbør og temperatursvingninger rundt frysepunktet. Klimaendringer vil øke skredfaren i fremtiden. Forskning viser at Vestlandet vil få høyere temperaturer og flere dager med ekstremnedbør. Forekomsten av sørpeskred, steinsprang og steinskred vil mest sannsynlig øke i fremtiden.

Arbeidet gjort i denne masteroppgaven viser at alfa-beta metoden ikke er en optimal modell å bruke på skred i Uskedalen. Grensene kartlagt i felt og datering av skredblokkene viser at alfa-beta modellen gir realistiske utløpslengder i omtrent halvparten av tilfellene. Dette kan skyldes at fallhøyde er en viktig parameter i alfa-beta metoden. Mye tyder på at dette kan være av begrenset betydning for skred i Uskedalen. Det er store variasjoner i både mengde avsetninger og vegetasjon i dalsiden. En annen svakhet med metoden er at det kun tas hensyn til topografien i nederste del av utløpsområdet. Beregningene rammes av dette da det er flere skredvifter og elveløp i Uskedalen som vil fungere som barrierer for skredblokker.

Grensene beregnet ved å bruke H/L-forholdet stemmer dårlig med grensene kartlagt i felt. Metoden er enda mer generell enn alfa-beta metoden da det kun er to parametere i formelen. Det viser seg også at H/L-forholdet til skred i feltområdet har verdier som ligger både over og under de standardiserte H/L-forholdet for sørpeskred, steinsprang og steinskred.

Vurderingen av de to metodene er basert på de ytterste skredavsetningene funnet i felt samt datering av disse. Til dette er det knyttet flere feilkilder. Den største feilkilden er knyttet til

kartlegging av de ytterste skredblokkene da det ikke er tydelig forskjell på gamle skredblokker og moreneblokker. I tillegg er schmidthammer et unøyaktig dateringsverktøy som har flere feilkilder og medfører stor usikkerhet.

11. Videre arbeid

Det ville vært en fordel å ta nye schmidthammermålinger på gammel og fersk flate slik at det kunne etableres en mer pålitelig kalibreringskurve. Det ville også vært interessant å behandle schmidthammerålingene statistisk på nytt der de mest avvikende verdiene ble ekskludert, slik at usikkerheten til aldrene ble mindre. Det ville vært en stor fordel om alder kunne brukes til å skille gamle skredblokker og moreneblokker.

På lokalitetene med steinsprang kunne det vært interessant å simulere utløpslengdene ved å bruke programmet RocFall. Dette programmet gjør det mulig å bestemme parametere som blant annet type underlag og barrierer i skredbanen (Rocscience, 2018). Det hadde også vært interessant å ta seg en tur i løpet av vinteren og undersøke snøforholdene i Uskedalen er.

12. Referanser

- Anderson, G. og McClung, D. (2012). Snow avalanche penetration into mature forest from timber-harvested terrain. *Canadian Geotechnical Journal*, 49, 477-484. Referert til i: NGI. (2013). Skog og skred: Forslag til kriterier for vernskog mot skred. *Rapport (Norges Geotekniske Institutt)*.
- Aydin, A. og Basu, A. (2005). The Schmidt Hammer in rock material characterization. *Engineering Geology*, 81, 1-14.
- Bakke, upublisert data. Referert til i: Helle, S. K. (2006). Early post-deglaciation shorelines and sea-level changes along Hardangerfjorden and adjacent fjord areas, W Norway. PhD avhandling. Institutt for geovitenskap, Universitetet i Bergen.
- Bakkehøi, S., Domaas, U. og Lied, K. (1983). Calculation of snow avalanche runout distance. *Annals of Glaciology*, 4, 24-29.
- Bjerrum, L. og Jørstad, F. (1966). Stabilitet av fjellskråninger i Norge. *Publikasjon (Norges Geotekniske Institutt) nr. 67. Oslo*.
- Blikra, L. H., Hole, P. A., og Rye, N. (1989). *Skred i Norge: Hurtige massebevegelser og avsetningstyper i alpine områder, Indre Nordfjord*. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse.
- Blikra, L. H. og Nemeč, W. (1998). Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record. *Sedimentology*, 45, 909-960.
- Blikra, L. H. (2008). The Åknes rockslide: monitoring, threshold values and early warning. *Landslides and engineered Slopes. From the past to the Future – Proceedings of the 10th International Symposium on Landslides and Engineered Slopes*, 2, 1089-1094. Referert til i: NVE. (2011b). Plan for skredfarekartlegging, Delrapport steinsprang, steinskred og fjellskred. *Rapport (Norges vassdrags- og energidirektorat: trykt utg.) nr. 15 2011*.
- Braathen, A., Blikra, L., Berg, S. S. og Karlsen, F. (2004). Rock-slope failures of Norway, type, geometry deformation mechanisms and stability. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 84, 67-88.
- Buser, O. og Frutiger, H. (1980). Observed maximum run-out distance of snow avalanches and the determination of the friction coefficients μ and ξ . *Journal of Glaciology*, 26, 121-130. Referert til i: Bakkehøi, S., Domaas, U. og Lied, K. (1983). Calculation of snow avalanche runout distance. *Annals of Glaciology*, 4, 24-29.

- Carson, M. A. og Kirkby, M. J. (1972). Hillslope form and process. Refert til i: Braathen, A., Blikra, L. H, Berg, S. S. og Karlsen, F. (2004). Rock-slope failures of Norway, type, geometry deformation mechanisms and stability. *Norsk Geologisk tidsskrift*, 84, 67-88.
- Colman, S. M. (1981). Rock-weathering rates as functions of time. *Quaternary Research*, 15, 250-264.
- Day, R. W. (1997). Case studies of rockfall in soft versus hard rock. *Environmental & Engineering Geoscience*, 3, 133-140.
- Day, M. J. og Goudie, A. S. (1977). Field assessment of rock hardness using the Schmidt test hammer. *British Geomorphology Research Group Technical Bulletin*, 18, 19-29.
Refert til i: Aydin, A. og Basu, A. (2005). The Schmidt Hammer in rock material characterization. *Engineering Geology*, 41, 1211-14.
- De Quervain, M. (1972). Lawinenschutz in der Schweiz. *Zeitschrift des Bündner Forstvereins SELVA*, 15-32. Referert til i: Bakkehøi, S., Domaas, U. og Lied, K. (1983). Calculation of snow avalanche runout distance. *Annals of Glaciology*, 4, 24-29.
- Derron, M. H. (2009). Method for the susceptibility mapping of rock falls in Norway. *Rapport (Norges Geologiske Undersøkelse)*.
- DiBK. (2017). *Byggeteknisk forskrift med veiledning (TEK 17). §7-3. Sikkerhet mot skred*.
- Domaas, U. og Grimstad, E. (2014). Fjell- og steinskred. I: Høeg, K., Lied, K., Karsrud, K., Gregory, T. og Norges geotekniske institutt. (2014). *Skred: Skredfare og sikringstiltak: praktiske erfaringer og teoretiske prinsipper*. Oslo: NGI Universitetsforlaget.
- Dorren, L. K. (2003). A review of rockfall mechanics and modelling approaches. *Progress in Physical Geography*, 27, 69-87.
- Dorren, L. K. A, Berger, F., Le Hir, C., Mermin, E. og Tardif, P. (2005). Mechanisms, effects and management implications of rockfall in forests. *Forest Ecology and Management* 215, 183-195. Referert til i: NGI. (2013). Skog og skred: Forslag til kriterier for vernskog mot skred. *Rapport (Norges Geotekniske Institutt)*.
- Goudie, A. S. (2006). The Schmidt Hammer in geomorphological research. *Progress in Physical Geography*, 30, 703-718.
- Haug, J. M. (1974). Snøskred. Registrering og kartlegging innen Sunndal kommune. Hovedfagsoppgave, Geografisk institutt, Universitetet i Oslo. [Upubliseret]. Referert til i: Lied, K. og Bakkehøi, S. (1980). Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters. *Journal of Glaciology*, 26, 165-177.

- Hardeng, J. (2018). Skredkartlegging i Uskedalen, Kvinnherad kommune, Sunnhordland. Masteroppgave. Institutt for geovitenskap, Universitetet i Bergen.
- Heim, A. (1932). Bergsturz und menschenleben, Fretz & Wasmuth. Referert til i: Hsü, K. J. (1975). Catastrophic Debris Streams (Sturzstroms) Generated by Rockfalls. *Geological Society of America Bulletin*, 86, 129-7606-86-1-129-16827. Og i: Scheidegger, A. E. (1973). On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 5, 231-236.
- Helle, S. K. (2006). Early post-deglaciation shorelines and sea-level changes along Hardangerfjorden and adjacent fjord areas, W Norway. PhD avhandling. Institutt for geovitenskap, Universitetet i Bergen.
- Hestnes, E. (1977). Prøveprosjekt vedrørende kartlegging av skred. *Norges geotekniske institutt, Oslo Oppdragsrapport 76421-1*. [Upublisert]. Referert til i: Lied, K. og Bakkehøi, S. (1980). Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters. *Journal of Glaciology*, 26, 165-177.
- Hestnes, E. (1980). Evaluation of slide risk. *Norges Geotekniske Institutt*, 132, 61-81.
- Hsü, K. J. (1975). Catastrophic Debris Streams (Sturzstroms) Generated by Rockfalls. *Geological Society of America Bulletin*, 86.
- Hucka, V. A. (1965). A rapid method for determining the strength of rocks in situ. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Abstr. 2, 127-134. Referert til i: Aydin, A. og Basu, A. (2005). The Schmidt Hammer in rock material characterization. *Engineering Geology*, 41, 1211-14.
- Hungr, O. og Evans, S. G. (1989). Engineering aspects of rockfall hazards in Canada. *Report to the geological survey of Canada and transport Canada*, 20-26
- Jørstad, F. (1979). Veiledning ved undersøkelser av og sikring mot steinskred. *Norges Geotekniske Institutt NGI*, 54705-1, 139.
- Lied, K. (1971). Snøskred i Ørsta kommune. [Upublisert]. Referert til i: Lied, K. og Bakkehøi, S. (1980). Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters. *Journal of Glaciology*, 26, 165-177.
- Lied, K. (1978). Identifikasjon av skredfare basert på studier av terrengformer, vegetasjonsforhold og løsmateriale. *NGI-Intern rapport 58302-13*. Refert til i: Lied, K. og Kristensen, K. (2003). *Snøskred. Håndboken om snøskred*. Nesbru: Forlaget Vett & Viten i samarbeid med NGI.
- Lied, K. og Bakkehøi, S. (1980). Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters. *Journal of Glaciology*, 26, 165-177.

- Lied, K. og Kristensen, K. (2003). *Snøskred. Håndboken om snøskred*. Nesbru: Forlaget Vett & Viten i samarbeid med NGI.
- Luckman, B. (2013). Talus Slopes. *The Encyclopedia of Quaternary Science*, 3, 566-537.
- Matthews, J. A. og Shakesby, R. A. (1984). The status of the 'Little Ice Age' in southern Norway: relative age dating of Neoglacial moraines with Schmidt Hammer and lichenometry. *Boreas*, 13, 333-46.
- Matthews, J. A., og Owen, G. (2010). Schmidt hammer exposure-age dating: developing linear age-calibration curves using Holocene bedrock surfaces from the Jotunheimen– Jostedalsbreen regions of southern Norway. *Boreas*, 39, 105-115.
- McCarroll, D. (1989). Potential and limitations of the Schmidt hammer for relative-age dating: field tests on Neoglacial moraines, Jotunheimen, southern Norway. *Arctic and Alpine Research*, 268-275. Referert til i: Aydin, A. og Basu, A. (2005). The Schmidt Hammer in rock material characterization. *Engineering Geology*, 81, 1-14.
- McClung, D. M. og Schaerer, P. (1993). *The Avalanche Handbook*. The Mountaineers, Seattle, WA, USA, 271.
- McGrew, J. og Monroe, C. (1993). *Statistical Problem Solving in Geography*. Dubuque, IA: Wm. C, Brown Publishers.
- Meld.St.15. (2011-2012). Hvordan leve med farene – flom og skred.
- Nesje, A. (2017). H/L- og L/H-forholdet og utløpslengder for ulike skredtyper. Pers. medd. NGI.
- NGI. (2013). Skog og skred: Forslag til kriterier for vernskog mot skred. *Rapport (Norges Geotekniske Institutt)*.
- NVE. (2011a). Veileder: Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner. Vedlegg 2 til NVEs retningslinjer nr. 2/2011.
- NVE. (2011b). Plan for skredfarekartlegging: Delrapport steinsprang, steinskred og fjellskred. *Rapport (Norges vassdrags- og energidirektorat : trykt utg.) nr. 15 2011*.
- NVE. (2015a). Skredfarekartlegging i Luster. *Rapport (Norges vassdrags- og energidirektorat : trykt utg.) nr. 32 2015*.
- NVE. (2015b). Skredfarekartlegging i Kvinnherad kommune. *Rapport (Norges vassdrags- og energidirektorat : trykt utg.) nr. 33 2015*.
- NVE. (2017b). Skredfarekartlegging i Stryn kommune. *Rapport (Norges vassdrags- og energidirektorat : trykt utg.) nr. 45 2017*.
- Parsons, A. J. og Abrahams, A. D. (1987). Gradient-particle size relations on quartz monzonite debris slopes in the Mojave Desert. *The Journal of Geology*, 95, 423-432.

- Perla, R og Martinelli, M. (1976). *Avalanche handbook*, Agricultural Handbook 489, U. S. Department of Agriculture, Forest Service. Referert til i: Lied, K. og Kristensen, K. (2003). *Snøskred. Håndboken om snøskred*. Nesbru: Forlaget Vett & Viten i samarbeid med NGL.
- Perla, R. I. (1980). Avalanche release, motion, and impact. *Dynamics of snow and ice masses*, 397-462. Referert til i: Schweizer, J., Bruce Jamieson, J. og Schneebeli, M. (2003). Snow avalanche formation. *Reviews of Geophysics*, 41.
- Petje, U., Ribičič, M. og Mikoš, M. (2005). Computer simulation of stone falls and rockfalls. *Acta geographica slovenica*, 45, 93-120.
- Piteau, D. R. og Peckover, F. L. (1978). Engineering of rock slopes. *Landslides: Analysis and Control*, 186, 192-228. Referert til i: Day, R. W. (1997). Case studies of rockfall in soft versus hard rock. *Environmental & Engineering Geoscience*, 3, 133-140.
- Romstad, B., Harbitz, C. B., og Domaas, U. (2009). A GIS method for assessment of rock slide tsunami hazard in Norwegian lakes and reservoirs. *Natural hazards and earth system sciences*, 9, 353-364.
- Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestnes, E. og Lied, K. (1996). The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rock-falls, rockslides and rockmass stability. *Publikasjon (Norges Geotekniske Institutt) 201*, 97-114.
- Scheidegger, A. E. (1973). On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 5, 231-236.
- Schweizer, J., Bruce Jamieson, J. og Schneebeli, M. (2003). Snow avalanche formation. *Reviews of Geophysics*, 41.
- SGC. (2014). Skredfareevaluering ved Bekkjarvikvegen 2 i Åsana bydel. Bergen kommune. *Rapport (Sunnfjord Geo Consulting AS)*.
- Shakesby, R. A., Matthews, J. A., og Owen, G. (2006). The Schmidt hammer as a relative-age dating tool and its potential for calibrated-age dating in Holocene glaciated environments. *Quaternary Science Reviews*, 25, 2846-2867.
- Statham, I. (1976). A scree slope rockfall model. *Earth Surface Processes and landforms*, 1, 43-62.
- Statham, I. og Francis, S. (1986). Influence of scree accumulation and weathering on the development of steep mountain slopes. *Hillslope processes*, 245-267. Referert til i: Blikra, L. H., og Nemeč, W. (1998). Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record. *Sedimentology*, 45, 909-960.

- Stokes, W. L. og Warnes, D. J. (1955). *Glossary of selected Geologic Terms*. Colorado Scientific Society Proceedings, 16: Colorado Scientific Society Denver, CO.
- Referert til i: Day, R. W. (1997). Case studies of rockfall in soft versus hard rock. *Environmental & Engineering Geoscience*, 3, 133-140.
- Sumner, P. og Nel, W. (2002). The effect of rock moisture on Schmidt hammer rebound: tests on rock samples from Marion Island and South Africa. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, 1137-1142.
- Trauth, M. H., Alonso, R. A., Haselton, K. R., Hermanns, R. L., og Strecker, M. R. (2000). Climate change and mass movements in the NW Argentine Andes. *Earth and Planetary Science Letters*, 179, 243-256. Referert til i: NVE. (2011b). Plan for skredfarekartlegging: Delrapport steinsprang, steinskred og fjellskred. *Rapport (Norges vassdrags- og energidirektorat: trykt utg.) nr. 15 2011*.
- Williams, R. B. G. og Robinson, D. A. (1983). The effect of surface texture on the determination of the surface hardness of rock using the Schmidt Hammer. *Earth Surface Processes and Landforms*, 8, 289-92. Referert til i: Aydin, A. og Basu, A. (2005). The Schmidt Hammer in rock material characterization. *Engineering Geology*, 81, 1-14.
- Winkler, S. (2005). The Schmidt Hammer as relative-age dating technique: potential and limitations of its application on Holocene moraines in Mt Cook National Park, Southern Alps, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 48, 105-116. Referert til i: Goudie, A. S. (2006). The Schmidt Hammer in geomorphological research. *Progress in Physical Geography*, 30, 703-718.

Nettsider

- Egeland, E. S. (2009). Fiolstein. [Internett]. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fiolstein> [Hentet 24.05.18].
- eKlima. (2017). eKlima; Free access to weather- and climate data from Norwegian Meteorological Institute from historical data to real time observations. [Internett]. Norwegian Meteorological Institute. Tilgjengelig fra: http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL [Hentet 12.08.17].
- Frøslie, K. F. (2017). Median. [Internett]. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/median> [Hentet 05.09.2017].

- Geodata. (2018). ArcGIS fra Esri. [Internett]. Geodata AS. Tilgjengelig fra:
<https://www.geodata.no/produkter-og-tjenester/arcgis-fra-esri> [Hentet 17.04.2018].
- Kartverket. (2017a). Norgeskart [Internett]. Tilgjengelig fra: <https://www.norgeskart.no>
- Kartverket. (2017b). Norge i bilder [Internett]. Tilgjengelig fra: <https://www.norgebilder.no/>
- Kartverket. (2017c). Høydedata [Internett]. Tilgjengelig fra:
<https://hoydedata.no/LaserInnsyn/> [Hentet 06.09.17].
- Norsk klimaservicesenter. (2016.) Klimaprofil Hordaland [Internett]. Tilgjengelig fra :
https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/klimaprofiler/klimaprofil-hordaland/_attachment/9750?_ts=156b183b751 [Hentet 04.05.18].
- NGU. (2014). Landformer og løsmasser [Internett]. Norges Geologiske Undersøkelse. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/landformer-og-l%C3%B8smasser> [Hentet 04.12.2017].
- NGU. (2015a). Berggrunn; Nasjonal berggrunnsdatabase [Internett]. Norges Geologiske Undersøkelse. Tilgjengelig fra: <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/> [Hentet 04.12.2017].
- NGU. (2015b). Løsmasser; Nasjonal løsmassedatabase [Internett]. Norges Geologiske Undersøkelse. Tilgjengelig fra: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/> [Hentet 04.12.2017].
- NVE. (2015c). Hvordan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen [Internett]. Norges vassdrags- og energidirektorat. Tilgjengelig fra:
publikasjoner.nve.no/faktaark/2015/faktaark2015_03.pdf [Hentet 08.03.18].
- NVE. (2016). Steinsprang og steinskred [Internett]. Norges vassdrags- og energidirektorat. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/om-skred/steinsprang-og-steinskred/> [Hentet 14. 02.2017].
- NVE. (2017a). Kartlegging [Internett]. Norges vassdrags- og energidirektorat. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/> [Hentet 24.04.18].
- Rocscience. (2018). Rocfall [Internett]. rocscience.com. Tilgjengelig fra:
<https://www.rocscience.com/rocscience/products/rocfall> [Hentet 11.05.18].
- RStudio. (2018). RStudio; Open source and enterprise-ready professional software for R [Internett]. Tilgjengelig fra: <https://www.rstudio.com/> [Hentet 14.05.18].
- Selbekk, R. S. (2017a). Granodioritt [Internett]. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/granodioritt> [Hentet 04.12.2017].
- Selbekk, R. S. (2017b). Dioritt [Internett]. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/dioritt> [Hentet 04.12.2017].
- Synergy. (2013). An Overview of KaleidaGraph [Internett]. Synergy software. Tilgjengelig fra: http://www.synergy.com/wordpress_650164087/kaleidagraph/ [Hentet 7.04.2018].

- The constructor. (2015). Rebound hammer test on concrete [Internett]. The constructor: Civil engineering Home. Tilgjengelig fra: <http://theconstructor.org/concrete/rebound-hammer-test/2837/> [Hentet 11.11.16].
- Thorsnæs, G. (2018). Hordaland [Internett]. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Hordaland> [Hentet 23.04.18].
- UiO. (2011a). Det norske grunnfjell [Internett]. Naturhistorisk museum. Tilgjengelig fra: https://www.nhm.uio.no/besok-oss/utstillinger/faste/bergarter/norges-eologi/m_det_norske_grunnfjell.html [Hentet 04.12.17].
- UiO. (2011b). Det baltiske skjold [Internett]. Naturhistorisk museum. Tilgjengelig fra: https://www.nhm.uio.no/besok-oss/utstillinger/faste/bergarter/norges-geologi/m_det_baltiske_skjold.html [Hentet 04.12.17].
- UiO. (2016). Varians og standardavvik [Internett]. matematikk.org. Tilgjengelig fra: https://www.matematikk.org/artikkel.html?tid=154338&within_tid=154329 [Hentet 07.12.17].
- Vatne, J. E. (2017). Gjennomsnitt [Internett]. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/gjennomsnitt> [Hentet 07.12.17].
- Wikipedia. (2017). Skewness [Internett]. Wikipedia.org. Tilgjengelig fra: <https://en.wikipedia.org/wiki/Skewness> [Hentet 07.12.17].