

**Kartlegging av skredavsetninger  
og snøskredfare i Eidsdalen,  
Norddal kommune på Sunnmøre**

Tor Ivar Birkeland

Masteroppgåve i  
kvartær og paleoklima



Institutt for geovitenskap

Universitetet i Bergen

2014



## UNDER BERGFALLET

Du bur under bergfall.  
Og du veit det.  
Men du sår din åker  
og trør trygt ditt tun  
og lèt dine born leika  
og legg deg  
som inkje var.

Det hender,  
når du stør deg til ljåen  
ein sumarkveld,  
at augo sviv som snarast  
yver bergsia  
der dei segjer  
sprekken  
skal vera,  
og det hender  
du vert liggjande vaken  
og lyde etter  
steinsprang  
ei natt.

Og kjem raset,  
kjem det ikkje uventa.  
Men du tek til å rydja  
den grøne boti  
under berget  
- um du då har livet.

Olav H. Hauge 1951





## Samandrag

I fjellandet Noreg har skred alltid vore eit alvorleg trugsmål. Dei siste 500 åra har om lag 4000 menneske mista livet i skredulykker, dei fleste forårsaka av snøskred. I land som vårt er kartlegging av skredfare ei viktig samfunnsoppgåve, men den kan vera både praktisk og etisk vanskeleg. I denne oppgåva har eg sett på ulike metodar for berekning av utløpslengde av snøskred, samt korleis ein vektlegg ulik informasjon ved fastsetjing av frekvens i ei skredfarevurdering. Denne oppgåva er meint som eit tilskot i diskusjonen rundt metodebruk i vurdering av skredfare. Dette er gjort ved å kartleggja faren for snøskred frå fjellet Skårane mot Indreeide i Norddal kommune på Sunnmøre. Resultatet syner at 9 bygningar ligg innanfor faregrensa 1/100, 16 bygningar innanfor faregrensa 1/1000, og 1 bygning innanfor faregrensa 1/5000. Det vert anbefalt at sikringstiltak vert iverksett der skredfaren er for høg for bygningar i tilhøyrande sikkerheitsklasse.

Metodar som kvartærgeologisk kartlegging, innsamling av informasjon om tidlegare skredhendingar, samt berekning av utløpslengde frå dynamisk modell RAMMS og topografisk- statistisk modell Alfa-beta er nytta. Det syner seg at kvar metode har sine avgrensingar som er viktig å ta høgde for ved vurdering av skredfare. Informasjon om tidlegare skredhendingar viser seg å vera særskild viktig, men det er både tidskrevjande med innsamling og tilgang og kvaliteten kan vera kjeldeavhengig. På mange stadar finst det meir informasjon enn det som er tilgjengeleg gjennom databasar, som til dømes [www.skrednett.no](http://www.skrednett.no). Det var ganske tilfeldig eg trefte på Harald Indreeide, han kunne fortelja om eit stort snøskred 5. mars 1956 som stogga nær busetnaden på Indreeide. Dette er ein informasjon som viser seg å vera særskild viktig, skredfarevurderinga ville elles blitt annleis. Ved gode historiske kjelder kan ein kopla utløpslengde frå kvar av metodane opp mot frekvens. Den kvartærgeologiske kartlegginga syner store skadar på vegetasjonen, men gjev lite informasjon om utløpslengder som kan truga gardane på Indreeide. Ein høgoppløyselig digital terrengmodell til bruk i eit GIS syner stor morfologisk detaljgrad og er eit kjærkome hjelpemiddel. Utløpslengda er berekna ved Alfa- beta modellen ved standard og utvida likning, men resultatet frå dei to likningane er om lag det same. Den utvida likninga gjev liten auke i presisjon for modellen. Modellen RAMMS er også nytta for å berekna utløpslengda, men den viser seg å vera svært sensitiv i forhold til val av startparameter. Rekonstruksjon av skredhistorikk sikrar at startparametrane er baserte på dei rette fysiske forholda på staden. Meteorologiske data som samsvarar med dei reelle fysiske forholda kan vera vanskeleg å finna, sidan romsleg korrelasjon av nedbør er svært vanskeleg.

I mange tilfelle er det vanskeleg å seia kva innverknad dei ulike feilkjeldene til metodane har. Ein bør difor vektlegga informasjon om tidlegare skredhendingar ved fastsetjing av største nominelle årlege sannsyn for utløpslengde. Ut frå gyldigheita til informasjonen som modellane baserer seg på og feilkjeldene til dei ulike metodane, er det vanskeleg å vurdere skredfaren etter retningslinjene i TEK 10. Retningslinjene for skredfare burde difor endrast til å gjelda gjentaksintervall som i større grad er råd å vurdere.



## Føreord

Med oppvekst på Voss og utsikt til *Låve- skredo frå Lønahorgi*, kombinert med mange dagar på ski frå barnsbein av, gjorde at eg tidleg fatta interesse for snø og snøskred.

Proessen med å skriva ei masteroppgåve har eg til tider opplevd som krevjande med lange arbeidsdagar. Likevel har det vore svært lærerikt og interessant.

Eg vil fyrst og fremst takka min rettleiar Atle Nesje som alltid har tid til ein fagleg diskusjon og gjev gode tilbakemeldingar. Takk også til medrettleiar Andrea Taurisano. Utan dykk hadde denne oppgåva neppe vorte noko av. Astor Furseth fortener ei takk for stor hjelp med historiske kjelder.

Gjennom faget Geofarar og Ingeniørgeologi ved Høgskulen i Sogn og Fjordane, lærde eg svært mykje om naturfarar og skredfarekartlegging. Kurset gav eit godt grunnlag til denne oppgåva. Takk skal rettast til Stein Bondevik og Lars Harald Blikra. Takk også til Jan Otto Larsen for eit særst lærerikt kurs på Svalbard. Dei siste to vintrane har eg ved sida av studia arbeidd som observatør på snøskredvarslinga. Fyrst og fremst takk til Njål Farestveit og Julie Bjørlien i Statens Vegvesen. Takk også til Markus Landrø og Andreas Haslestad i NVE. Alt eg kan om snøskred har eg lært av dykk.

Ikkje minst vil eg takka medstudentar som Jon Bjarte Rasmussen, Thomas Berg Kristensen, Trygve Mathiesen og Christian Rønnevik for mange og gode kaffipausar med løysing av faglege problem. Til slutt ei stor takk til familien min som elles støttar meg i alt eg føretek meg.

Tor Ivar Birkeland

Bergen, Mars 2014



# Innhald

1	Innleiing.....	1
1.1	Problemstilling.....	1
2	Teori.....	2
2.1	Definisjon av skred og skredfare .....	2
2.2	Lovar og reglar i samband med skredfare.....	2
2.2.1	Naturfarekart.....	5
2.3	Klassifisering av skred.....	6
2.4	Snøskred .....	6
2.4.1	Skredterreng.....	6
2.4.2	Klassifisering av snø og omdanning.....	7
2.4.3	Klassifisering av snøskred .....	9
2.4.4	Flakskred.....	10
2.4.5	Laussnøskred .....	12
2.4.6	Sørpeskred.....	13
2.4.7	Andre former for snøskred.....	14
2.5	Spor etter snøskred .....	14
2.6	Snøskred og klimaendringar .....	16
3	Bakgrunn .....	17
3.1	Studieområdet.....	18
3.2	Kvartærgeologisk historie.....	19
3.3	Klima.....	20
3.4	Vegetasjon.....	25
3.5	Grunnlagkart .....	26
4	Metodar.....	28
4.1	Bakgrunnsdata.....	28
4.2	Geografisk informasjonssystem (GIS).....	29
4.3	Kvartærgeologisk kartlegging .....	30
4.4	Utløpsmodellering.....	31
4.4.1	Topografisk- statistisk utløpsmodell, Alfa-beta.....	32
4.4.2	Dynamisk utløpsmodell, RAMMS .....	33
4.5	Vurdering av skredfare .....	35

5	Informasjon om tidlegare skredhendingar.....	37
5.1	SkiftePetter- Johan fonna.....	38
5.1.1	Skildring.....	38
5.1.2	Historisk informasjon .....	38
5.2	Krokutgjelet.....	40
5.2.1	Skildring.....	40
5.2.2	Historisk informasjon .....	40
5.3	Strakfonna .....	43
5.3.1	Skildring.....	43
5.3.2	Historisk informasjon .....	43
5.4	Hamrebakkfonna.....	45
5.4.1	Skildring.....	45
5.4.2	Historisk informasjon .....	45
5.5	Grindbyggfonna.....	48
5.5.1	Skildring.....	48
5.5.2	Historisk informasjon .....	48
5.6	Leitefonna nord.....	50
5.6.1	Skildring.....	50
5.6.2	Historisk informasjon .....	50
5.7	Leitefonna sør.....	52
5.7.1	Skildring.....	52
5.7.2	Historisk informasjon .....	52
5.8	Kjelder som ikkje er knytt opp mot enkeltfonner .....	54
5.8.1	Vêrdata vinteren 1955/56.....	56
6	Kvartærgeologisk kartlegging.....	60
6.1	Lokalitetar.....	61
6.2	Samanstilling av lokalitetar .....	78
6.3	Kvartærgeologisk kart .....	81
7	Utløpsmodellering.....	82
7.1	Utløpsmodellen Alfa-beta .....	82
7.1.1	Utløpsmodellen Alfa-beta, med utvida likning.....	90
7.2	Utløpsmodellen RAMMS.....	98
7.2.1	Rekonstruksjon av 5. mars 1956-skredet.....	98
7.2.2	Utløpssimulering for andre losneområde ved Indreeide .....	101

8	Vurdering av skredfare .....	105
8.1	Informasjon om tidlegare skredhendingar.....	105
8.2	Kvartærgeologisk kartlegging .....	105
8.3	Utløpsmodellering.....	106
8.3.1	Utløpsmodellen Alfa-beta .....	106
8.3.2	Utløpsmodellen RAMMS .....	107
8.4	Samla skredfarevurdering .....	108
9	Diskusjon .....	111
9.1	Informasjon om tidlegare skredhendingar.....	111
9.2	Geografisk informasjonssystem(GIS) .....	112
9.3	Kvartærgeologisk kartlegging .....	113
9.4	Meteorologiske data .....	113
9.5	Bruk av modellar for berekning av utløpslengde .....	114
9.5.1	Utløpsmodellen Alfa- beta .....	114
9.5.2	Utløpsmodellen RAMMS .....	115
9.6	Samanlikning av utløpslengder frå Alfa- beta modellen og RAMMS .....	117
9.7	Skredfarevurdering.....	119
10	Konklusjon .....	121
11	Kjelder .....	123





# 1 Innleiing

Blant naturfarar vert snøskred ikkje rekna som ein av dei *fem store*. Når ein tenkjer globalt, råkar flaum, jordskjelv, vulkanisme, tropiske stormar og tørke menneske mykje hardare og har større kostnad samanlikna med snøskred (McClung og Schaerer, 2006). På fastlands-Noreg er me heldige som ikkje vert utsette for desse naturfenomena i større grad. Flaumar derimot har me hatt ein del av. *Storofsen* i 1789 var ein av dei største flaumane som har ramma Noreg nokon sinne. Her til lands er skred den mest vanlege og alvorlege naturfaren. Dei siste 500 åra har om lag 4000 menneske mista livet i skredulukker (Furseth, 2006). Blant skred er snøskred den vanlegaste skredtypen og som har teke flest menneskeliv. Etter år 1900 har snøskred forårsaka dødsfall i alle fylke med unntak av Oslo, Østfold og Akershus. Møre og Romsdal fylke er hardast råka med 616 omkomne, særleg har det gått ut over kommunar som Ørsta, Stranda og Norddal (Furseth, 2006). I seinare tid har me sett ei endring av kven som vert skredoffer. Tidlegare råka dette dei som budde utsette til, no skjer ulukkene i større grad blant friluftsfolk på ski og snøskuterkøyrarar. Kartlegging av skredsutsett busetnad, samt skredsikring har bidrege til denne endringa. Årlege dødsfall på grunn av snøskred mot busetnad er no nede i 0,5. Samanlikna med fritidsulykker er dette eit lågt tal, her opererer ein med snittalet 4,3.

## 1.1 Problemstilling

Gjennom skredfarekartlegging av snøskred frå Skårane mot Indreeide har eg sett på ulike metodar for berekning av utløpslengde, samt vekting av metodane ved fastsetjing av største nominelle årlege sannsyn kombinert med utløpslengde. Dette er problemstillinga eg ynskjer å utforska. I litteraturen finst det inga semje om korleis dette skal gjerast (Guzzetti et al., 1999; NVE, 2011c). NVE 2011c seier at vektinga av enkelte metodar må baserast på erfaring og fagleg skjønn. Utgreiing av skredfaren er basert på den generelle framgangsmåten til NVE 2011a, *Veileder: Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner*. Metodar som er nytta til å føreseia utløpslengda er kvartærgeologisk kartlegging, innsamling av informasjon om tidlegare skredhendingar, samt berekning av utløpslengde frå modellane RAMMS og Alfa-beta. På dette fagfeltet er det gjort mykje godt arbeid, og eg siktar på inga måte å gje eit fasitsvar. Håpar med dette prosjektet å synleggjera ulike feilkjelder innan skredfarekartlegging og at dette kan vera til nytte for fagfolk i sitt daglege virke.

## 2 Teori

### 2.1 Definisjon av skred og skredfare

Skred er ein viktig landskapsformande agens som er med å forma landskapet slik me kjenner det i dag. Spor etter skred syner seg gjennom arr i landskapet i form av sirkulære eller ovale groper, taluskjegler, skada vegetasjon og liknande. Generelt kan ein seia at når kreftene som verkar nedover overstig dei stabiliserande kreftene, får ein eit brot og det rasar ut dersom det er tilstrekkeleg bratt. Skred kan definerast som ein gravitasjonsstyrt massebevegelse der stein, lausmassar eller snø bevegar seg nedover ein skråning (Blikra og Nemec, 1998; NVE, 2011e; Snl, 2012).

Skredfare er noko folk på Vestlandet og i Nord-Noreg alltid har hatt eit forhold til. Den kjende diktaren frå Ulvik, Olav H. Hauge, skildrar i diktet *Under Bergfallet* det trugsmål ras utgjier (Hauge, 1951). Han skildrar frykta med å bu under høge fjell, men at folka som bur der aksepterar faren. Somme stadar ber namn som viser skredfare, eit eksempel er Otreskreda i Arnafjorden i Sogn. Kring i landet vert det brukt mange ulike ord for skred. Ras, skrie, fonn, lavine, fall, landhaup, utgliding, svor, fjellrap, ræs, avrang er nokre av orda som vert brukt. Kva ord ein vel varierer også med kva type skred ein talar om (NVE, 2011e). I faglitteraturen vert det foreslått ein felles nomenklatur for å definera eit felles innhaldet i omgrepet (Fell, 2000; NVE, 2011e; Varnes, 1984). Varnes (1984) definerer omgrepet skredfare som sannsyn for ei spesiell skredhending på ein gjeven stad til ei gjeven tid.

### 2.2 Lovar og reglar i samband med skredfare

I Noreg er det alltid ein risiko for ulike typar skred som går utover vegar eller busetnad. Kva som er akseptabel risiko for skred er i mange tilfelle eit personlig spørsmål. Lied og Kristensen (2003) oppgjev eit forholdstal på 1:10 for akseptabel risiko mellom ein påtvungen aktivitet og ein frivillig aktivitet. Dette syner at ein aksepterer høgere risiko ved frivillige aktivitetar som t.d. bilkøyring og lausnøkkøyring på ski. For folk som bur utsett for skred eller andre naturfarar, vert det å rekna som ein påtvungen aktivitet ettersom dei ikkje har kontroll over faren og i liten grad kan påverka utfallet av ei skredulukke (Lied og Kristensen, 2003). I utgangspunktet har politikarane definert akseptabel risiko for skred gjennom gjeldande lovverk. Den vert i hovudsak definert gjennom plan- og bygningslova samt tekniske forskrifter til plan og bygningslova (TEK 10, utgåve 1997). I plan- og bygningslova er det særleg to paragrafar som er viktige:

*”§25: I reguleringsplanen avsettes i nødvendig utstrekning: ..5. Fareområder: .. områder som på grunn av ras og flomfare ... ikke tillates bebygget”.*

”§68: Grunnen kan bare bebygges dersom det er **tilstrekkelig sikkerhet** mot fare.. Bygningsrådet kan for grunn eller områder som nevnt i første ledd om nødvendig nedlegge forbod mot bebyggelse”.

I 1997-utgåva til tekniske forskrifter (TEK 10), i plan- og bygningslova er omgrepet ” tilstrekkelig sikkerhet” talfesta gjennom *største nominelle årlege sannsyn* for skred, flom, sjø og vind (DiBK, 2012; Lied og Kristensen, 2003). Største nominelle årlege sannsyn kan delast i to komponentar, sannsyn for skredutløysing og sannsyn for at skred skal utløpa (Jaboyedoff et al., 2005).

$$P_{\text{skred}} = P_{\text{utløysing}} \times P_{\text{utløp}}$$

I omgrepet største nominelle årlege sannsyn ligg det ei usikkerheit der sannsyn for skred ikkje kan fastsetjast eksakt, og vurderinga vert meir ei tilnærming. Det er viktig at det nominelle sannsyn vert basert på fagleg skjønn kombinert med teoretiske berekningsmetodar (Bertelsen og Instanes, 2009).

Største nominelle årlege sannsyn vert definert gjennom fire sikkerheitsklassar ut frå kva konsekvens skred, flom, sjø og vind vil ha på ein bygningsmasse. Det vert talfesta med eit gjentakingsintervall som t.d. 1/100. Dette vil bety at det årlege sannsyn for skred på 100 års storleik vert 1/100. Det hender ein kan få to skred av denne storleiken same året, men i snitt går det 100 år mellom kvar gong denne skredstorleiken førekjem (DiBK, 2012).

S1: Omfattar byggverk der eit skred vil ha liten konsekvens. Dette kan til dømes vera byggverk der det normalt ikkje oppheld seg personar, eller der eit skred vil ha små økonomiske eller samfunnsmessige konsekvensar. Døme på byggverk som fell inn under denne sikkerheitsklassen er mindre garasjar, båtnaust eller bodar. For denne kategorien er største nominelle årlege sannsyn for skred sett til 1/100.

S2: Omfattar byggverk der eit skred vil ha middels konsekvens. Dette kan vera byggverk med moderat personopphald, anslagsvis 10 personar, eller der skred vil ha middels økonomiske eller samfunnsmessige konsekvensar. Einmannsbustad, tomannsbustad, mindre driftsbygning i landbruket og mindre næringsbygg. For denne kategorien er største nominelle årlege sannsyn for skred sett til 1/1000.

S3: Omfattar byggverk der eit skred vil ha stor konsekvens, med anslagsvis personopphald på meir en 10 personar. Dette kan til dømes vera rekkjehus, bustadblokker, skular, barnehagar, lokale beredskapsbygg. For denne kategori er største nominelle årlege sannsyn for skred sett til 1/5000 (DiBK, 2012).

Første ledd i forskrifta seier at bygg der skred vil få særleg stor og uakseptabel konsekvens for samfunnet, skal plasserast utanfor skredfarleg område. Dette kan vera bygg som har regional eller nasjonal betydning for beredskap og krisehandtering. Døme på byggverk er regionsjukehus, regionale/nasjonale beredskapsbygg og bygg der det lagrast eller framstillast farlege stoff (DiBK, 2012).

Når det gjeld uteområde for byggverk, skal dette også klassifiserast i forhold til største nominelle årlege sannsyn for skred. Uteområdet for byggverk i sikkerheitsklasse S2 kan i nokre tilfelle reduserast til S1, dette fordi eksponeringstida for personar er lågare og vil dermed gje lågare fare for liv og helse.

Sekundærverknadar som til dømes skredvind, skal også takast med i vurderinga (av sikkerheitsklasse i forhold til byggverk). Ved vurderingar av større område skal det vurderast for ei einingsbreidde på 30 meter målt på tvers av skredbana. Dette fordi det er upraktisk å vurdere faren for skred for kvart einiskild hus eller tomt i eit større område (DiBK, 2012).

Ved kartlegging av skredfare foreslår Varnes (1984) og Aleotti og Chowdhury (1999) ulike føresetnader:

- *Fortida og notida er nøkkelen til å forstå framtida.*  
Dette er eit fundamentalt prinsipp i geologien som vert kalla *Uniformitarianism*. Med det meinest at dei geologiske prosessane som verkar i dag også har vore i fortida. Ut frå dette kan ein identifisera skredfarlege område.
- *Forholda som forårsakar skred er mogleg å gjenkjenna og vert kontrollert av fysiske faktorar.*  
I ei kvar skredfarekartlegging er det viktig å forstå faktorane som er årsak til skred, dette for best mogleg å kunna fastsetja nivå av skredfare.
- *Graden av skredfare er mogleg å fastsetja.*  
Når forholda og prosessane som forårsakar instabilitet er kjende, er det mogleg å forutseia faren desse forårsakar.
- *Alle typar skredutløysing er mogleg å identifisera og klassifisera.*  
Når årsaka til skredutløysing er kjent, er det mogleg å identifisera og klassifisera utløysingsmekanismane.

### 2.2.1 Naturfarekart

Naturfarekart i Noreg førekjem i tre variantar og vert utarbeidd til ulike føremål og for ulike typar skred. Karta er eit svært viktig hjelpemiddel i arealplanlegging og ved krisesituasjonar. Krav til sikkerheit for byggverk og uteområde er gitt i plan og bygningslova, samt i teknisk rettleiar, TEK 10.

- Aktsemdskart syner område som potensielt kan vera utsette for skredfare av ein gitt type. Skredfaren er ikkje talfesta og seier ingenting om skredfrekvensen i eit område. Karta syner både lausne- og utløpsområde. Kartet er basert på matematiske modellar som ut frå ein digital terrengmodell identifiserer losneområde og reknar ut utløpsområde automatisk. Aktsemdskarta for snøskred har Alfa- beta modellen som grunnlag. For steinsprang er karta baserte på ein empirisk modell utvikla av NGI. Målestokken på karta er 1:50.000, med 20 meter kotar. Dette gjer at mindre lausneområde, <20 m ikkje synest på kartet (NVE, 2011e).
- På eit faresonekart er skredfaren nærare undersøkt ved feltsynfaringar, innsamling av historiske kjelder, topografiske og klimatiske forhold samt utløpslengda er berekna med topografisk- statistiske eller dynamiske modellar. Faregraden er talfesta med største nominelle årlege sannsyn for kvar skredtype i høve til sikkerheitskrava i TEK 10 (NVE, 2011e).
- Risikokart kombinerer informasjon om sannsyn for ei skredhending med moglege konsekvensar (tap av menneskeliv, materielle skadar mm.). Område vert klassifisert i soner med lik konsekvens for ei skredhending. Risikokart vert ofte utarbeidd for å vurdere kost/nytte i forbindelse med sikringstiltak (NVE, 2011e).

I tillegg til desse kartprodukta finst det hendingskart, denne karttypen viser tidlegare skredhendingar. Informasjonen er samla i ein nasjonal database og er tilgjengeleg på [www.skrednett.no](http://www.skrednett.no). Databasen er utarbeidd av Astor Furseth for NGU.

## 2.3 Klassifisering av skred

Geometri i lausneområde, morfologi på avsetningar og skredbevegelse er nokre av dei vanlegaste måtane å klassifisera skred på. Kva som er mest hensiktsmessig må bestemast ut frå målet med klassifiseringa. NVE (2011e) har valt ei klassifisering basert på skredmateriale, sjå Tabell 2.1.

Tabell 2.1 NVE si klassifisering av ulike typar skred (NVE, 2011e).

Fast fjell	Løsmasser		Snø
	Grove	Fine	
Steinsprang	Jordskred		Snøskred
Steinskred	Flomskred	Kvikkleireskred	Sørpeskred
Fjellskred			

## 2.4 Snøskred

Snøskred kan definerast som ein masse av snø som bevegar seg ned ei skråning. Det kan også innehalda is, jord og andre lausmassar (Fredston og Fesler, 2011). Av materiala på jordoverflata er snø å rekna som ein av dei svakaste. Dette kjem av at snø inneheld om lag 80% luft og 20% is. Det einaste som held snøpakka saman er bindingane mellom ispartiklane. Ein annan faktor som bidreg til å destabilisera snøpakka, er at snø som regel er å finna ved temperaturar innanfor 90% av smeltepunktet. Berre små forandringar i temperatur skal til for å smelta snøen. Snø som materiale er så svakt at det sig og vert deformert under si eiga vekt. Kombinasjonen av svakheit, temperatur og raske endringar fører til at frekvensen av snøskred er høgare enn andre skredtypar, slik som steinskred og lausmasseskred (McClung og Schaerer, 2006). Graden av fare for snøskred vert gitt etter ein skala frå 1 til 5, der 1 er *liten* snøskredfare og 5 er *meget stor* snøskredfare (Skredfareskalaen, 2013).

### 2.4.1 Skredterreng

Skredterreng er eit område der det kan gå skred. Området varierer i storleik og form. Som regel er høgdeforskjellen mellom 5 til 1500 meter og breidda kan vera opptil 1 kilometer (Lied og Kristensen, 2003). Skredterreng vert klassifisert etter ATS standard, der kompleksiteten på skredterreng og antal skredløp ligg til grunn. Det er vanleg å dela eit skredområde inn i tre ulike delar:

- **Losneområdet** er området der skredet startar. Her er terrenget brattare enn om lag 30° og ikkje dekkja av tett skog. Med tett skog meiner ein område med 1000 bartre per hektar (McClung og Schaerer, 2006). Utløysingsområdet vert i øvre kant avgrensa av brotkanten for flakskred og nedre avgrensing der flaket sklir ut. Sidevegs vert skredet avgrensa der snøen vert liggjande igjen. Inni kvar skredbane kan det vera ulike utløysings- og utløpsområde. Hyppigheita av skredfrekvensen vert påverka av ulike faktorar som orientering i forhold til

vindretning og sol, ruheit til overflata på bakken, vegetasjon og storleiken på utløysingsområdet (randkrefter) (McClung og Schaerer, 2006). Større botnar, opne skåler, bratte elvegjel, skar, svaberg og konvekse parti har vist seg som ekstra gunstig for utløysing av snøskred (Lied og Kristensen, 2003).

- **Skredløpet** er terrenget mellom utløysings- og utløpsområdet. Det har som regel ei helling mellom 15 til 30°. Det er vanleg å skilja mellom opne og kanaliserte skredløp. Opne løp er karakteriserte utan laterale avgrensingar. Skredløpet kan då verta svært breitt, i enkelte stundom over 1 kilometer. Kanaliserte skredløp er løp med laterale avgrensingar og syner seg ofte som raviner eller elvegjel. Generelt vil skred i kanaliserte skredløp strøyma fortare og gje lengre utløpslengde enn opne skredløp (McClung og Schaerer, 2006). I fleire tilfelle er det kjent at snøskred har bevega seg uavhengig av terrenget eller hoppa ut av skredløpet, sjølv med ei høgde inntil 50 meter. Spor etter slike skred kan ein til dømes sjå som skredskada vegetasjon (Lied og Kristensen, 2003; McClung og Schaerer, 2006).
- **Utløpsområdet** er der skredmassane stoppar. Generelt kan ein seia at oppbremsinga byrjar når skråningsvinkelen er lik den statiske friksjonsvinkelen (McClung og Schaerer, 2006). For tørre flakskred byrjar oppbremsinga for alvor ved 10°-punktet. Våte skred strøymar på ein langsammare måte og byrjar oppbremsinga mellom 15 til 25°. Typiske utløpsområde er ved fjellfoten eller på bekke- og elvevifter (Lied og Kristensen, 2003).

Skråningsvinkelen er ein viktig parameter for utløysing av snøskred. Di brattare terrenget er, di meir ugunstig vert stress/styrkeforholdet i snødekket. Det vert ofte hevda at ein må ha 30° eller meir for utløysing av snøskred. Her er det viktig å vita at dette kun er ein statistisk vinkel og ein i ekstreme tilfelle kan får utløyst snøskred også ved lågare vinklar (Lied og Kristensen, 2003; McClung og Schaerer, 2006; Tremper, 2008). Snøskred utløyst ved låge vinklar (nær 30° og lågare) opptrer sjeldan, men til gjengjeld kan skreda verta svært store (Lied og Kristensen, 2003).

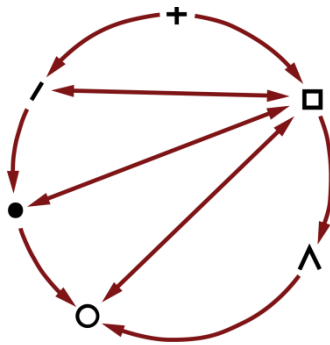
#### 2.4.2 Klassifisering av snø og omdanning

Snø som materiale førekjem lagvis i naturen. Snøpakka består av ulike lag med ulik hardleik. Vekslinga i hardleik kjem av snøen sin påverknad av veret. Nysnø som fell under vindstille og kalde verforhold, får andre eigenskapar enn snø som fell under kraftig vind og nær smeltepunkt. I *Den lille snøskredboka av Kjetil Brattlien* er det gitt ei klassifisering av snø på bakken. Denne klassifiseringa syner kva former snøkrystallar kan koma i, sjå Tabell 2.2.

Tabell 2.2 Klassifisering av snø på bakken (Brattlien,2008).

Klasse	Symbol	Klasse	Symbol	Klasse	Symbol	
1	Nedbørspartikler	+	4	Fasetterte Krystaller(Kantkorn)	□	
2	Delvis nedbrytte eller fragmenterte nedbørspartikler(omvandla nysnø)	/	5	Begerkrystaller	∧	
3	Avrunda korn (vindpåvirka)	●	6	Smelteformer	○	
				7	Fjærforma krystaller (overflaterim).	∇
				8	Is	■
				9	Overflateavsetningar og skare	▽

Snø som materiale er i konstant endring. Veret byggjer eller bryt ned snøkrystallane. Figur 2.1 syner snøkrystallane si utvikling frå nysnø til smelteformer og alle formene mellom. Snøkrystallar vert omvandla på tre ulike måtar; nedbrytande, oppbyggjande og ved smelting (Brattlien, 2008).



Figur 2.1 Snøkorna si utvikling frå nysnø til smelteformer og ulike mellom stadium dei kan opptre under (Brattlien, 2008).

- Nedbrytande omvandling bryt ned snøkorna til mindre einingar. Ofte er det vinden sin mekaniske påverknad som sliper og gjer snøkorna meir avrunda. Dei er då vortne til det ein kallar fokksnø, ofte symbolisert med liten fylt runding, sjå tabell 2.2.

Ein annan viktig prosess i snødekket er damptransport. Ulike overflateformer på krystallen har ulikt damptrykk, dette fører til at konvekse parti minkar og konkave parti veks. Dette gjev ei avrunding av snøkorner. Denne prosessen går raskast ved temperaturar kring 0°C (Brattlien, 2008; Lied og Kristensen, 2003). Dette er også årsaka til at nysnø stabiliserer seg raskare ved temperaturar nær smeltepunktet. Den nedbrytande omvandlinga er viktig fordi den fører til at snøen vert hardare samansett og meir finkorna. Flaket i eit flakskred vert som oftast danna på denne måten.

- Oppbyggjande omvandling er vekst av snøkrystallar ved at fukt festar seg til snøkorna. Fukta kjem av temperaturgradienten mellom to punkt i snøpakka. Gradienten må minst vera 10° per meter for å få vekst av krystallane. Dampsperrer i form av vedvarande islag er gunstig for oppbyggjande omvandling. Denne forma for omvandling dannar svake og laust samansette lag, og dette utgjer ofte det svake laget i flakskred. Oppbyggjande omvandling kan førekoma på to måtar:



På kalde og klare netter er temperaturgradienten mellom snøoverflata og lufta svært stor. Snøpakka har ei utstråling som senkar temperaturen på overflata i forhold til lufta omkring. Dersom utstrålinga er tilstrekkeleg stor, får ein oppbyggjande krystallar på overflata. Slike krystallar har ein fjørliknande utsjånad og vert kalla rimkrystallar, snøtype 7 (Brattlien, 2008). Denne prosessen dannar også is på bilruter. Nedsnødde rimlag er eit alvorleg skredproblem som er skuld i mange skredulykker.

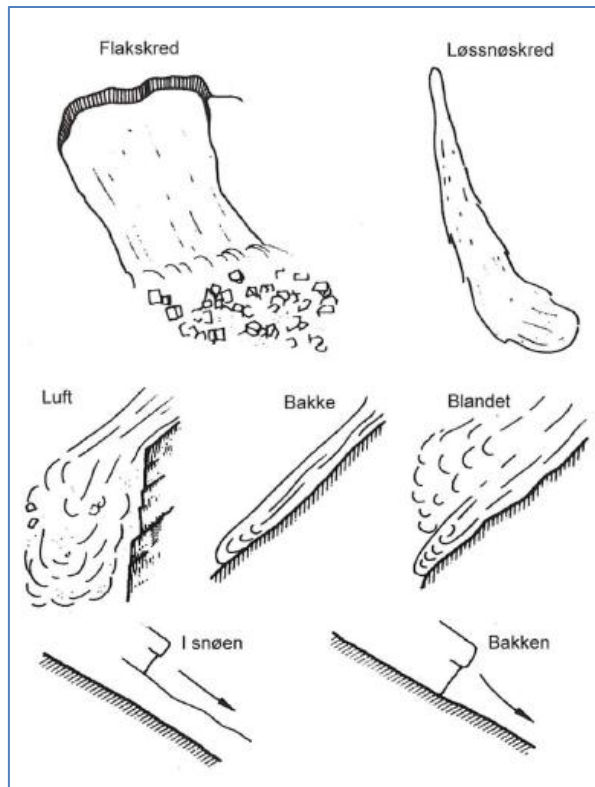
Den andre forma for oppbyggjande omvandling finn ein inni snødekket. Mekanismen er den same, stor temperaturgradient fører til at fukt festar seg til krystallane og dei veks. Krystallane vert fyrst omvandla til kantkorn (snøtype 4), og deretter til begerkrystallar (snøtype 5). Denne forma for oppbyggjande omvandling finst ofte under vedvarande islag. Islaga verkar i mange tilfelle som dampsperrer.

Vinteren 2012/2013 utgjorde denne forma for snøomvandling hovudårsaka til skred. Ein hadde fleire nedsnødde rimlag som vart nedbrotne og seinare omvandla til kantkorn og begerkrystallar. Denne typen skredproblem kan liggja latent i snøpakka og brått vakna til liv. Dette hende i byrjinga av mai 2013 då ein brått fekk utløyyst fleire hundre skred på grunn av stor temperaturstiging kombinert med mykje nedbør.

- Smelteomvandling er forandring av snøkrystallar ved smelting og førekjem ved høg lufttemperatur, regn eller solpåverknad. Om våren vert snøpakka gradvis smelteomvandla og lagdelinga utviska, ofte omtala som førefallet. Denne forma for omvandling bryt ned snøkrystallane til store avrunda korn (snøtype 6). Smelteomvandling kan også danne is (snøtype 8) eller skare (snøtype 9). Glideplanet i eit flakskred er vanleg å finna som eit resultat av smelteomvandling. Til dømes er glatt solskare eit utmerka glideplan (Brattlien, 2008).

### 2.4.3 Klassifisering av snøskred

Snøskred kan klassifiserast på ulike måtar. Blikra og Nemeč (1998) nytta ei klassifisering av snøskred basert på innhald av snø, vatn og lausmassar. Ut frå eit sedimentologisk perspektiv er metoden godt eigna. Ein annan måte å klassifisera er ut frå storleik. Dette kan baserast på volum, utløpslengde eller storleik på skredbanen (McClung og Schaerer, 2006). I norsk og internasjonal litteratur er det vanleg å finna ei klassifisering basert på utløysingsmekanisme. Ein skil hovudsakeleg mellom flak- og lausnøskred og vidare mellom tørre og våte skred (Brattlien, 2008; Fredston og Fesler, 2011; Lied og Kristensen, 2003; Tremper, 2008). Denne klassifiseringa er godt eigna for varsling av snøskredfare der ein må ha kontroll på skredproblem og utløysingsmekanisme. Sjå figur 2.2 for ulike klassifiseringsmåtar.



Figur 2.2 Ulike måtar å klassifisera snøskred (Lied og Kristensen, 2003).

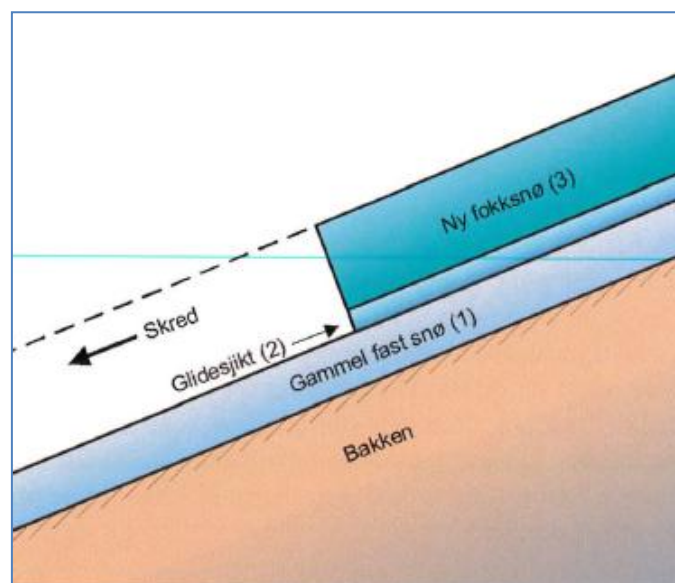
#### 2.4.4 Flakskred

Flakskred kan definerast som eit skred der større eller mindre snøflak skilir ut samtidig (Lied og Kristensen, 2003). Denne type skred vert kjenneteikna av eit tydeleg brot som syner utbreiinga av skredet i bakkant, sjå figur 2.3. Utreiinga av brotkanten heng saman med snøen si evne til brotforplantning, talfesta med ein Q-kvalitet. Flakskred skilir ofte ut langs eit svakt lag i snøpakka, men den kan også skli langs bakken. Flakskred har den lengste utløpslengda og forårsakar mest skadar (Tremper, 2008). Det er vanleg å skilja mellom tørre og våte flakskred. For å utløysa eit tørt flakskred er det ulike føresetnader som må oppfyllest. Snødekket må innehalda eit flak, eit svakt/kollapsande lag og eit lag som snøen skilir ut på. Sjå figur 2.4 for stratigrafiske føresetnadar. Oppbygginga av dei ulike stratigrafiske laga er nært knytt opp til veret si evna til påverking av snø. Styrke-/stressforholdet i snødekket må vera nokolunde likt, slik at pålagring av vekt i form av nysnø eller vindtransport til le-heng kan tippa forholdet i feil retning. I tillegg må det vera tilstrekkeleg bratt. Det er foreslått ein vinkel på  $30^\circ$  for snøskred. Tørr stabilitet er ofte knytt til eit omgrep som heiter kritisk nysnømengde. Dette er eit omgrep som syner mengde nysnø kombinert med vind som er kritisk i forhold til utløysing av skred. Di kraftigare vind, di mindre nysnø skal til før det er sannsynleg å utløysa eit skred (Landrø, 2007). Tørre flakskred strøymer meir kaotisk og ofte på ei pute av luft i

front. Dette gjer at dei ikkje fylgjer terrenget like godt som våte flakskred, og dei har lengre utløpslengde. Hastigheita varierer frå 70 til 130 km/t (Tremper, 2008).



Figur 2.3 Tørt flakskred avgrensa med tydeleg brot i bakkant. Bilete (Pedersen, 2010).



Figur 2.4 Stratigrafiske føresetnader for å få utløyst eit flakskred (Lied og Kristensen, 2003).

Tørre og våte flakskred er to forskjellige typar skred. Dei vert utløyste på ulike måtar, og dei strøymer ulikt. Tremper (2008) påpeikar vatnet si evne til å bryta ned krystallstrukturen til det svake laget i stratigrafien som den viktigaste utløysingsfaktoren for våte flakskred. McClung and Schaerer (2006) nemner endå to faktorar som kan utløysa våte flakskred; nedbør som vatn påfører snøpakka ekstra vekt ,og vatnet si evne til å svekka friksjonen mellom to ulike lag. Våte flakskred strøymer saktare enn tørre flakskred, dei strøymer omlag med 15 til 40 km/t og fylgjer terrenget mykje betre enn tørre flakskred (Tremper, 2008).

### 2.4.5 Laussnøskred

Laussnøskred, også kalla punktskred, er ein skredtype som losnar i eit punkt på overflata. Vidare breier det seg utover etter kvart som skredet går nedover (Lied og Kristensen, 2003). Denne typen skred er kjenneteikna ved utsjånad som ei kjegle, sjå figur 2.5. Det førekjem ofte i terreng frå 45° og brattare (Lied og Kristensen, 2003). For laussnøskred som for flaskskred er det vanleg å skilja mellom tørre og våte skred. Utløysingsmekanismen er den same for begge typar. Når snøoverflata vert tilstrekkelig bratt, sklir materialet ut på grunn av manglande kohesjon (McClung og Schaerer, 2006). Tørre laussnøskred førekjem som regel tidleg på vinteren, og under vindstille forhold då snøen er laust samansett. Denne typen skred kan vera eit teikn på stabilitet djupare i snødekket (Tremper, 2008). Våte laussnøskred førekjem oftast seint på vinteren når ein har større mengde fritt vatn i snødekket. Vatnet bryt ned bindingane mellom snøkorna, dette fører til eit lausare samsett snødekke. Vatnet i snødekket kjem av temperaturstigning, solstråling eller nedbør som regn (McClung og Schaerer, 2006).



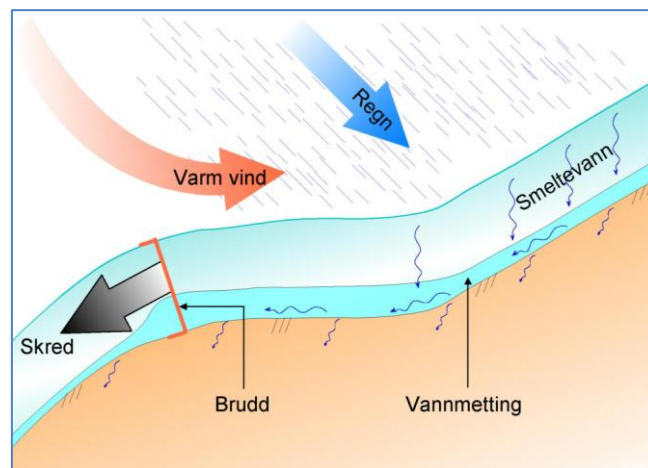
Figur 2.5 Tørt laussnøskred, også kalla punktskred. Bilete (Rjukan lag, 2013).

### 2.4.6 Sørpeskred

Sørpeskred er ein type snøskred med svært høgt vassinnhald. Denne typen skred er mest vanleg i område med høg lågtrykksaktivitet, sjå figur 2.6 for prinsippskisse. McClung og Schaerer (2006) påpeikar fem eigenskapar ved sørpeskred:

- Brattleik i losneområdet varierar frå 5° til 40°, men svært sjeldan over 30°.
- Snødekket er som oftast delvis eller totalt metta med vatn.
- Utløysinga heng saman med impermeabelt underlag, enten i form av islag eller tele i bakken.
- I mange tilfelle er det funne begerkrystallar i snødekket.
- Utløysinga har ofte samanheng med brått og kraftig regnvêr eller snøsmelting.

Lied og Kristensen (2003) påpeikar ytterligere ein faktor. Fjellsider som peikar mot vinden er mest utsett grunna varmetilførsel frå lufta og kan bidra til kraftigare snøsmelting og meir vatn i snøpakka. Sørpeskred vert ofte utløyste brått. Dette kan forklarast med at vatnet reduserer kohesjonen mellom snøkorna, samt at det hydrostatiske trykket reduser friksjonskomponenten (McClung og Schaerer, 2006). Utløysinga på låge vinklar gjer det mogleg å akkumulera mykje vatn før det drenerer vekk. Denne kombinasjonen gjer at sørpeskred har svært høg eigenvekt, opp til 1000 kg/m<sup>3</sup> (McClung og Schaerer, 2006). Den høge eigenvekta fører til at sørpeskred kan gjera stor skade på skog, bygningar eller det som måtte stå i vegen.



Figur 2.6 Prinsippskisse for utløysing av sørpeskred (Lied og Kristensen, 2003).

### 2.4.7 Andre former for snøskred

I tillegg til nemnde skredtypar har ein ytterlegare tre andre former for snøskred:

- Langs rygger og markerte kantar i topografien vil dominerande vindretning byggja skavlar. Ved konstant pålagring av vindtransportert snø kan skavlane byggja seg langt ut frå grunnen under. Skavlar som brekk kan løysa ut store snøskred i underliggjande terreng. I Noreg har det omkomme folk ved skavlbrekk (Brattlien, 2009).
- Isskred er skred av is frå bre eller større klipper. Skred av denne typen førekjem helst i alpint eller svært bratt terreng. Det vert som oftast utøyst naturleg ved temperaturstiging eller solstråling (Tremper, 2008).
- Glidande skred er ein type skred som førekjem når heile snøpakka sklir mot underlaget på ein tynn film av vatn. Denne typen skred førekjem helst om våren når smeltevatn har trengt gjennom snøpakka og sklir mot underlaget. Glidande skred er vanleg å finna på svaberg, men kan også førekoma på grasbakkar. Denne skredtypen er vanskeleg å påverka både ved kunstig uløysing og som skikøyrar. Sjølv om det opnar seg sprekker i bakkant, tyder det ikkje på akutt skredfare (Tremper, 2008).

### 2.5 Spor etter snøskred

Spor etter tidlegare snøskred er viktig for fastsetjing av skredfrekvensen og utløpslengde i eit område. Dette syner seg gjennom skada vegetasjon, avsetningar og landformer.

Store snøskred har enorme krefter og raserer det som står i vegen. Vegetasjonen har stabiliserande innverknad i losneområdet dersom trea står tett og er tilstrekkeleg tjukke. I skredbanen og i utløpsområdet kan store snøskred knekkja relativt store og gamle tre. Vegetasjonen kan i slike tilfelle seia noko om frekvensen på skred ved å finna ut kor gamle trea var. Dette gjer ein ved å telja årringar. Sjølv mindre skred kan knekkja og leggja trea flate i skredbanen. Dersom trea overlever, vil greiner veksa mest mogleg vertikalt. Dette kan nyttast til å fastsetja frekvens gjennom alder på greina (Lied og Kristensen, 2003), sjå figur 2.7. Opne område i ei elles skogkledd li kan tyda på høg skredaktivitet eller spor etter ferske skred.





**Figur 2.7 Greiner som veks vertikalt frå tre som er trefte/bøygde av snøskred. Målestokken på biletet er 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland**

Innhald av lausmassar i snøskred varierer etter kva type skred ein har. Tørre flak- og lausnøskred inneheld svært lite lausmassar. Våte snøskred som gjerne går seint på året, har ei spesiell evna til å erodera i lausmassane, dette kjem av måten dei strøymar på. I dalsider med stor mengd av lausmassar kan snøskreda erodera djupe raviner. Lausmassar som sand, grus, stein og blokk vert erodert, transportert og til slutt avsett. Erosjonen er størst i midten av skredbanen og avtek mot sidene (Lied og Kristensen, 2003). Skredvifter etter snøskred er kjenneteikna med ein glatt overflatestruktur. Eksempel på strukturar er pløyespor, klastar av grus og stein oppå større blokker og halar av stein og grus framfor større blokker ('debris shadow') (Blikra og Nemeč, 1998).

Der snøskred treffer flatt underlag kan ein finna landformer som lagunar/skredgroper i vatn og sigdformer på land. Dette kan forklarast ved avbøyingskrafta til skreda når dei treffer flatt underlag. Snøskreda vil då kasta opp lausmassane framfor seg (Lied og Kristensen, 2003).

## 2.6 Snøskred og klimaendringar

Ekstremvær er ein viktig utløysingsfaktor for skred. På Vestlandet har måleseriar vist ein auke i 24 timars ekstremnedbør samt årsnedbør dei siste 100 år (Vasskog et al., 2011). NOU (2010) slår fast at det er ein klar samanheng mellom temperatur, vind og nedbør for utløysing av snøskred. Andre skredtypar, som til dømes lausmasseskred og steinsprang, vil også verta påverka ved ei endring til eit våtare og meir skiftande klima.

Klimaet på jorda er i konstant endring. FN sin klimarapport frå 2013 slår fast at endringane ein ser i dag skuldast naturlege klimapådriv (solaktivitet og vulkanutbrot) og auke av klimagassar i atmosfæren. Dette kan i stor grad relaterast til menneskeleg påverknad. I rapport frå *Noregs offentlege utgreiingar om tilpassing til eit klima i endring(NOU)* vert det sagt at Noreg kan forventa ein auke i temperatur på 2,3-4,6°C og 5-30% auke i nedbør innan år 2100. Frekvensen med ekstremnedbør vil også auka. Slår desse utsiktene til, vil det ramma Noreg hardt. Gjennom prosjektet *GeoExtreme* er det sett på kva konsekvensar klimaendringane vil ha for skredaktivitet. Prosjektet slår fast at alle skredtypar vil auka, men trass i dette vil faregrensene verta om lag dei same. Dette skuldast dei store usikkerheitene i dei teoretiske berekningsmodellane for utløpslengde. Prosjektet opnar også for ein diskusjon rundt akseptabel risiko for skred. Dersom eit hus oppfylgjer akkurat dagens lovverk, er det om lag 1000 gonger større sannsyn for å verta treft av skred enn å vinna i lotto (Jaedicke et al., 2008).

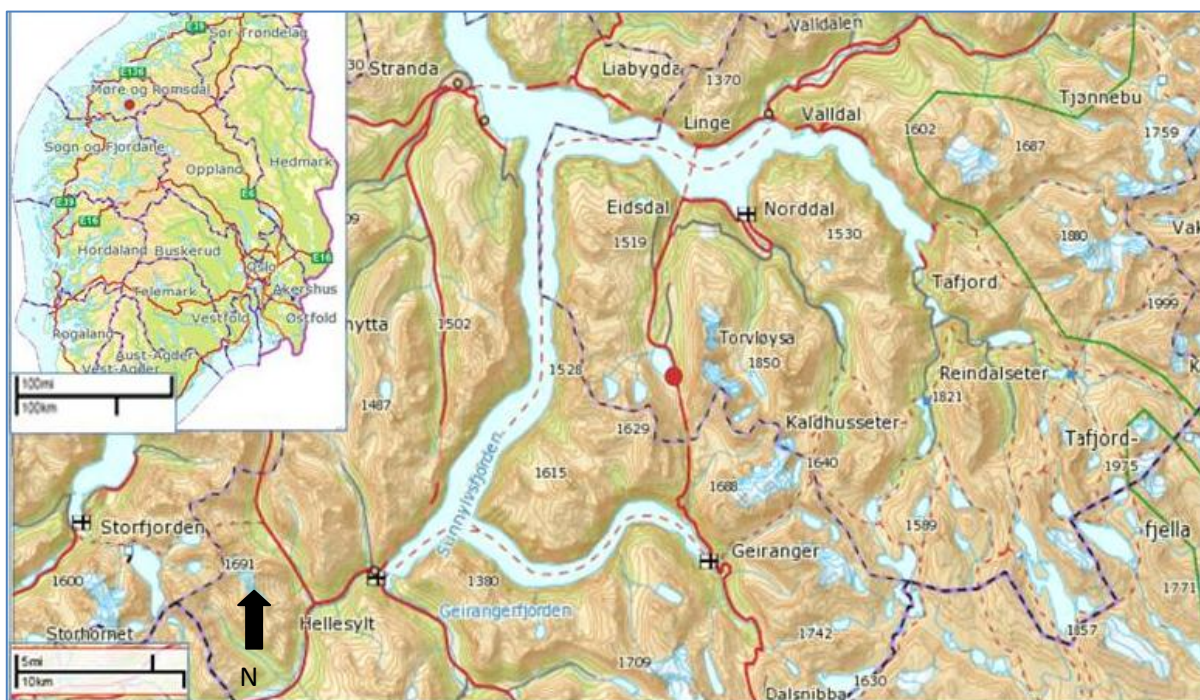
Blikra og Nemeč (1998) gjorde paleoklimatiske undersøkingar for over 20 lokalitetar på Vestlandet. Dei stratigrafiske analysane syner ulike sedimentære ratar ved kolluviale system som er eit viktig trekk ved klimaendringar. Framvekst av lokale glasiasjonar samsvarde med periodar med høg sedimentasjon og dermed høg skredaktivitet. I dei paleoklimatiske arkiva er det hovudsakleg dei største endringane ein ser. Vasskog et al. (2011) studerte skredavsetjingar frå Oldevatnet i indre Nordfjord. Ved å skilja ut skredavsetjingar frå bakgrunnsedimentasjon i kjerneprøvar klarde dei å isolera skredaktiviteten. Dei fann at skredaktiviteten frå snøskred var spesielt stor under *den vesle istida*. Dette forklarar dei med større vinternedbør samt framvekst av lokalbrear i losneområdet. Paleoklimatiske undersøkingar tyder på at skredfrekvensen vert påverka av klimaendring, og at endringar i framtida vil påverka skredhendingar i Noreg.



### 3 Bakgrunn

Bakgrunnen for denne oppgåva går tilbake til 1.1.2009, då det statlege forvaltingsansvaret for skred vart tildelt NVE. Mandatet inneber førebygging av skredulukker og formidling av informasjon om skredfare. Kartlegginga er primært retta mot eksisterande skredutsett busetnad og for naturlege skråningar, og det vart vidare utvikla ein plan for statleg skredfarekartlegging, ofte omtala som kartleggingsplan (NVE, 2011e). Denne planen gjev prioriterte lister i høve til ulike skredtypar og kva område i landet som fyrst skal kartleggjast. Kartleggingsplanen er styrande i høve til NVE og NGU sitt arbeid med skredfarekartlegging (NVE, 2011e).

Vinteren 2011 tok professor Atle Nesje og underteikna kontakt med Aart Verhage i NVE for å få i stand ei masteroppgåve rundt skredfarekartlegging. Dette var NVE positiv til, og me kopla oss til eit eksisterande prosjekt i Norddal kommune. Etter tildeling av oppgåva, vart studieområde valt i samarbeid med kjentmann og skredhistorikar Astor Furseth. Storleik på skredutsett busetnad, tilgang på historiske kjelder, prioriteringar frå kartleggingsplan samt ynskje om å arbeida med snøskred, gjorde at valet fall på Indreeide ved sørenden av Eidsvatnet, sjå figur 3.1.



Figur 3.1 Geografisk plassering av studieområdet med raud sirkel (GISlink.no, 2013).

### 3.1 Studieområdet

Indreeide er ei lita grend i Eidsdal i Norddal kommune på Sunnmøre. Studieområdet ligg nær Geiranger, som er med i Vestnorsk Fjordlandskap og er på lista til UNESCO sine verdsarvområde (Verdsarvfjord, 2013). Gardane på Indreeide er delvis med i dette landskapsverneområdet. Grenda ligg i sørenden av Eidsvatnet og er omkransa av steile fjellsider. Indreeide ligg på omlag 420 mo.h. der Skårane er det høgste fjellet med sine 1829 mo.h. På Indreeide bur det i dag to familiar på to gardsbruk. Landbruk og turisme er hovudnæringa, men det er også ein mekanisk verkstad i bygda. På austsida av Eidsvatnet er det spreidd busetnad med einskilde hus og hytter, sjå figur 3.2. For aktsemdskart og brattleikskart over Indreeide, sjå figur 3.12 og 3.13.

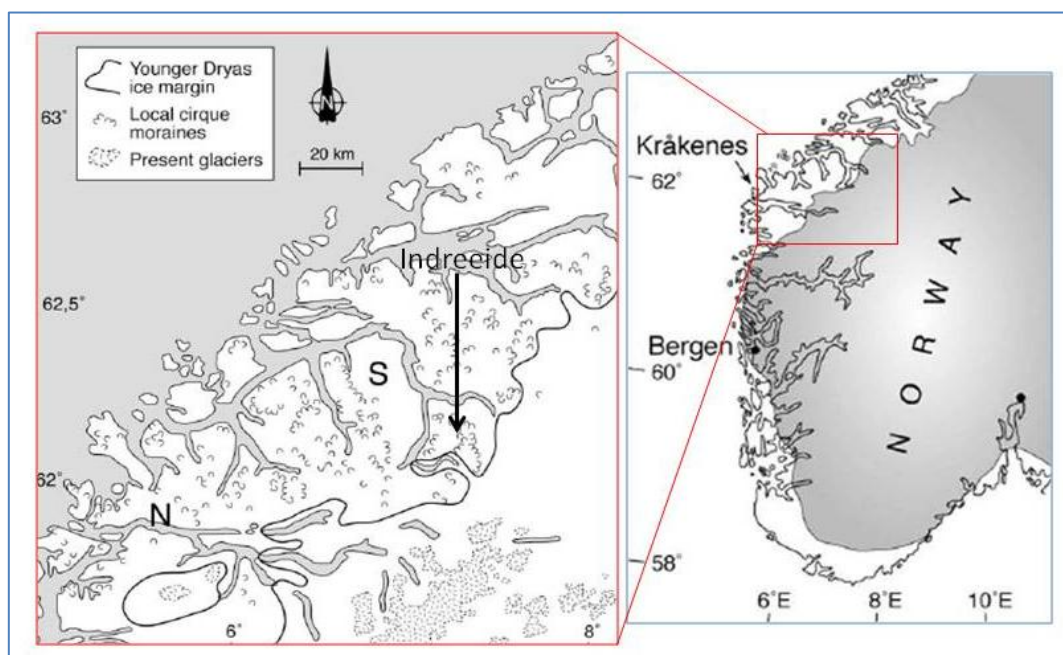


Figur 3.2 Bilete av Indreeide sett frå motsatt side oppunder Kvitfjellet. Busetnaden med dei to gardane kan sjåast nedst på biletet. Toppen av Skårane med sine 1829 mo.h. kan sjåast til høgre. Bilete Tor Ivar Birkeland

## 3.2 Kvartærgeologisk historie

I løpet av kvartærperioden som omfatter dei siste 2,5 millionar år, har Skandinavia vore heilt eller delvis dekkja av isbrear. Perioden er karakterisert med raske klimasvingingar og ei rekkje glasiasonar. Siste istid, Weichsel, nådde si maksimale utbreiing for om lag 28 000 til 20 000 år sidan. Den maksimale utbreiinga har truleg variert i tid frå område til område (Mangerud et al., 2011). Utbreiinga av siste istid si maksimum (LGM) har trulig nådd Eggakanten, der isdekket kalva. Isen smelta deretter raskt attende. I Yngre Dryas vart klimaet på nytt kaldare og innlandsisen byrja å vekse. I Bergensområdet er Yngre Dryas sitt framstøyt tolka til å ha nådd kysten. Herdla-morenen er prøvet på dette.

På Sunnmøre er situasjonen noko annleis. Mangel på store akkumulasjonsområde nær kysten gjorde at innlandsisen stoppa lenger inne i landet. Figur 3.3 syner utbreiinga av Yngre Dryas sitt framstøyt i Nordfjord og på Sunnmøre. Frå figuren kan ein sjå kvar kanten til innlandsisen låg i området mellom Geiranger og Hellesylt. Høgda på isen var ikkje tilstrekkeleg for å trengja inn dalen til Indreeide. Framstøytet kan ein sjå som markerte randmorener på toppen av Ørnevegen (Nesje, 2009). Marin grense under Yngre Dryas samsvarar med høgda på terrassane i Valldal. Desse ligg omlag 75 mo.h. og syner kor mykje landet har heva seg i høve til havnivået fram til i dag. Området rundt Indreeide er elles prega av lokale glasiasonar. Dette viser seg som utprega alpint landskap med botnar og spisse spir. Ved nordenden av Eidsvatnet kan ein sjå randmorener frå lokalglasiason i Yngre Dryas (Nesje, 2013).



Figur 3.3 Biletet til høgre syner utbreiinga av Yngre Dryas sitt framstøyt i Sør-Noreg. Biletet til venstre syner utbreiinga til innlandsisen og lokalbrear i Yngre Dryas på Sunnmøre og i Nordfjord. Som ein ser er Indreeide utanfor Yngre Dryas si maksimalutbreiing og området var prega av lokalglasiason (Nesje, 2009).



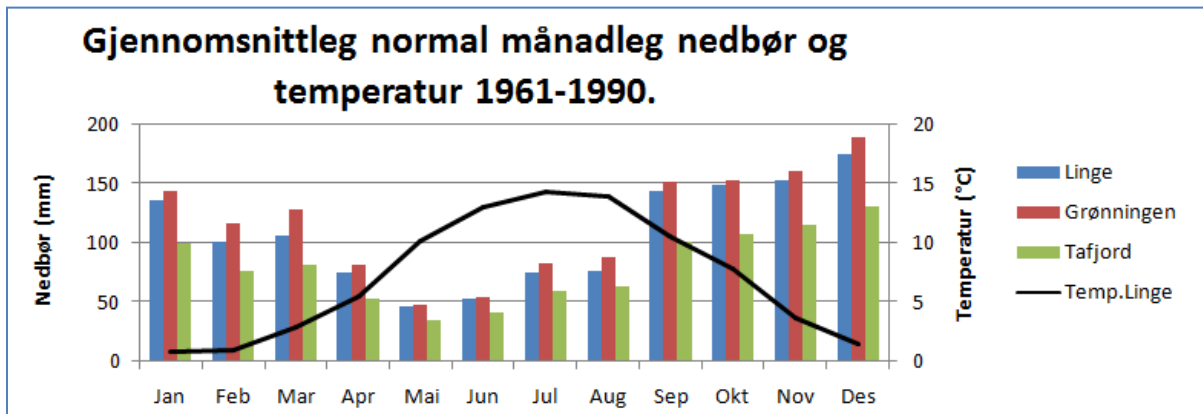
Ei sær s viktig kvartærgeologisk oppdaging på Sunnmøre var utforskinga og dateringa av laga i Skjonghelleren. Dette er ei haverodert hole på Varaldsøy i Giske kommune. Det spesielle med denne grotta er datering av beinrestar frå varmare interstadialar. AMS <sup>14</sup>C-dateringar tyder på at området var isfritt under Ålesund interstadial, tidfesta til mellom 34-28 Kyr BP. Dette er like før siste istid sitt maksimum og tyder på hurtig framvekst av innlandsisen (Mangerud et al., 2010).

### 3.3 Klima

Indreeide ligg om lag 420 mo.h. mellom Geirangerfjorden og Norddalsfjorden. Den nære plasseringa til fjordane bidreg til mild og fuktig luft. Samanlikna med kystområda, til dømes Molde og Ålesund, får Indreeide mykje mindre nedbør. Nedbør oppstår i skyene som fylgje av stratiforme eller konvektive prosessar med orografisk forsterking (Ottar, 2013). Stratiforme prosessar er kjende som storskala prosessar eller frontnedbør. Denne forma for nedbør oppstår ved at luft stig og blandar seg med varm eller kaldfrontar. Konvektive prosessar er nedbør frå konvektive skyer, også kalla bygenedbør. Denne nedbørsforma kan ha ei lokal avgrensing, men kan til gjengjeld vera svært kraftig. Orografisk forsterking kan forklarast ved at luftmassane vert pressa til værs av topografien. Når lufta vert pressa opp, vert den avkjølt og det kjem nedbør som regn eller snø. Dei kystnære fjella er dei fyrste barrierane lågtrykka møter og får difor mest nedbør. Deretter minkar nedbøren med avstanden til kysten (Ottar, 2013). Fjella rundt Indreeide er opptil 1800 meter høge og ligg orientert i nord-sør retning. Det høge relieffet kan skapa store lokale skilnader i nedbør og vindretning. Av lokale kjelder vert det hevda at den største nedbørsmengda kjem ved vindretning frå sør. Næraste målestasjon er Geiranger i sør og Linge eller Grønningen i Valldal i nord, sjå figur 3.10. Dette byr på ei utfordring grunna romsleg interpolering av nedbør frå ulike målestasjonar og er ei svært komplisert og vanskeleg oppgåve. Vanlegvis nyttar ein næraste målestasjon eller ei vekting av nedbør frå ulike målestasjonar. Vektinga er igjen avhengig av vørsituasjonen (Tveito, 2013).

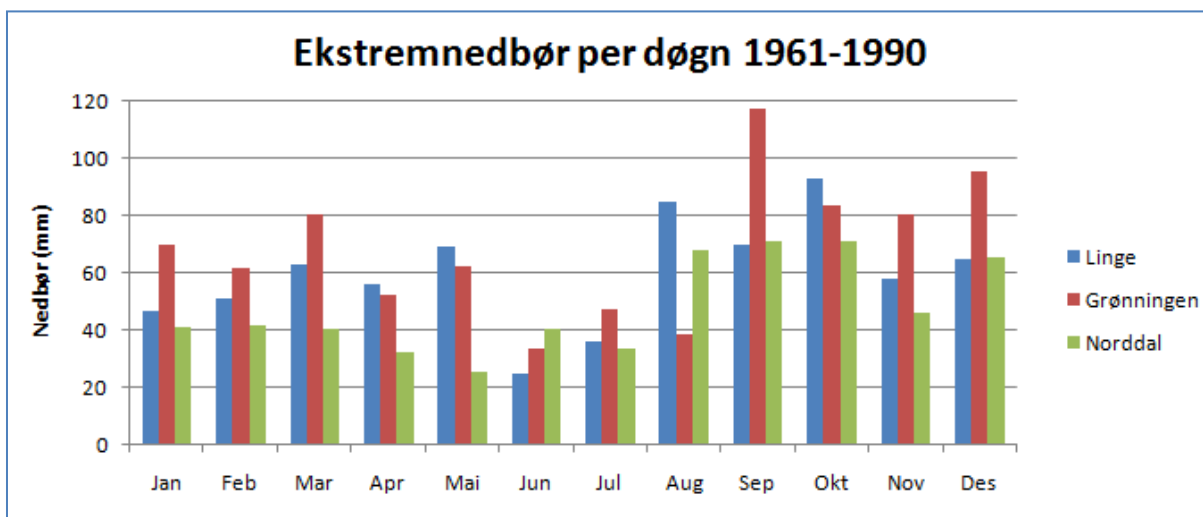
Figur 3.4 syner gjennomsnittleg normal månadleg nedbør for Geiranger, Linge og Grønningen i perioden 1961-1990. Gjennomsnittleg normaltemperatur for Linge er også teke med. Årsnedbør for Linge, Geiranger og Grønningen er høvesvis 1290 mm, 1350 mm og 1400 mm (eklima, 2013). Ei utfordring ved temperaturkurva for Linge er at målestasjonen ligg ved fjorden, medan Indreeide ligg 420 mo.h. og losneområda for snøskred ligg på over 1000 mo.h. Her er det mogleg å korrigera med  $-0,6^{\circ}\text{C}$  for kvar 100 meter ein går opp. For nedbør er det ikkje fullt så enkelt. For konvektive prosessar (bygenedbør) er det ikkje mogleg å seia kor mykje nedbøren aukar ved aukande høgd, sidan denne nedbørsprosessen ikkje i like stor grad er styrt av ortografien. Ved stratiforme prosessar (frontnedbør) kan det i teorien lagast eit estimat for nedbøraukey ved aukande høgd. I følgje Førland (1979) vil nedbør mot aukande høgd variera etter landsdel og avstand frå kysten. Han hevdar at ein

gradient på 10% auke per /100 høgdemeter kan vera eit estimat. Nye berekningar syner at dette er noko høgt, og gradienten bør liggja på 4-5%/100 høgdemeter for landet sett under eitt (Tveito, 2013). Ottar (2013) hevdar den beste måten å berekna nedbør mot høgde er ved empiri og målingar for kvart einskilt fjell. Dette er eit mykje omdiskutert og vanskeleg tema.

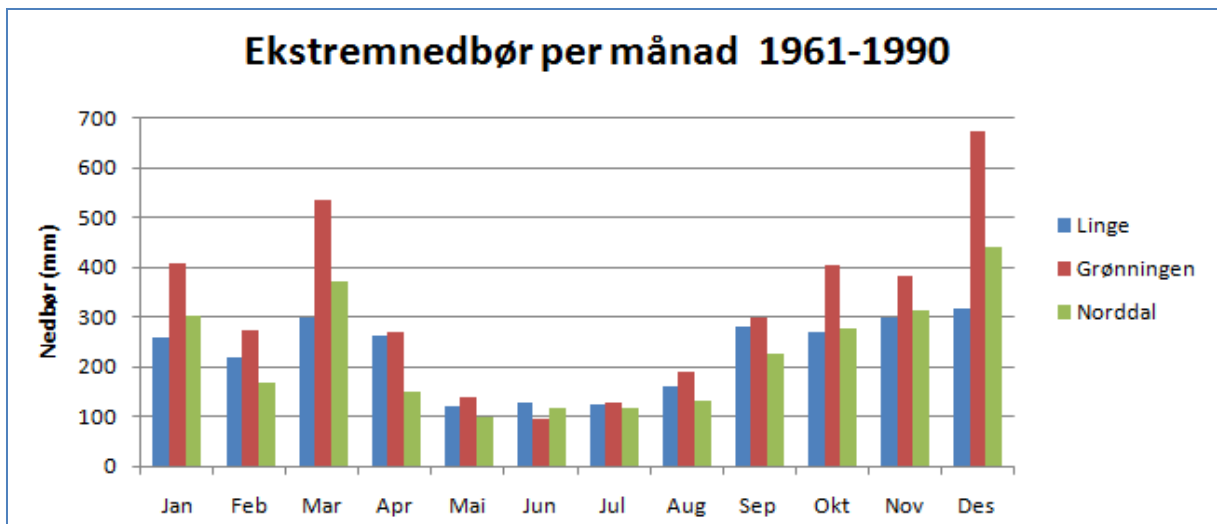


Figur 3.4 Gjennomsnittleg normal månedleg nedbør og temperatur for 1961-1990 (eklima, 2013).

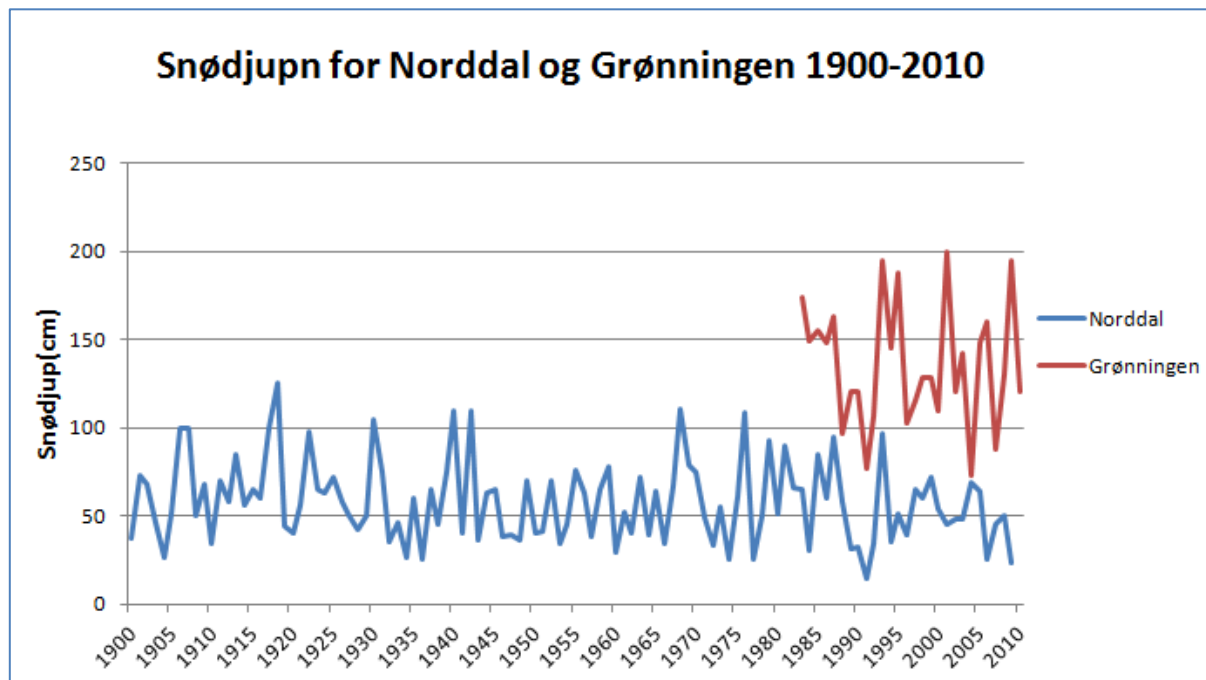
Figur 3.5 og 3.6 syner ekstremnedbør per døgn og månad i perioden 1961 til 1990 for målestasjonane Linge, Grønningen og Norddal. Den høgste verdien som er målt per døgn er 117 mm, og per månad 671 mm. Begge desse verdiane er registrerte ved Grønningen målestasjon i Valldal. Grønningen er den målestasjonen som liknar mest på Indreeide både med tanke på høgde over havet og plassering. Figur 3.7 syner snødjupn for Norddal i perioden 1900- 2010 og Grønningen i perioden 1983- 2010. Det er ein markant skilnad i djupn for Norddal og Grønningen.



Figur 3.5 Ekstremnedbør per døgn i perioden 1961-1990. I september 1978 kom det 117 mm nedbør på eit døgn ved Grønningen målestasjon i Valldal (eklima, 2013).

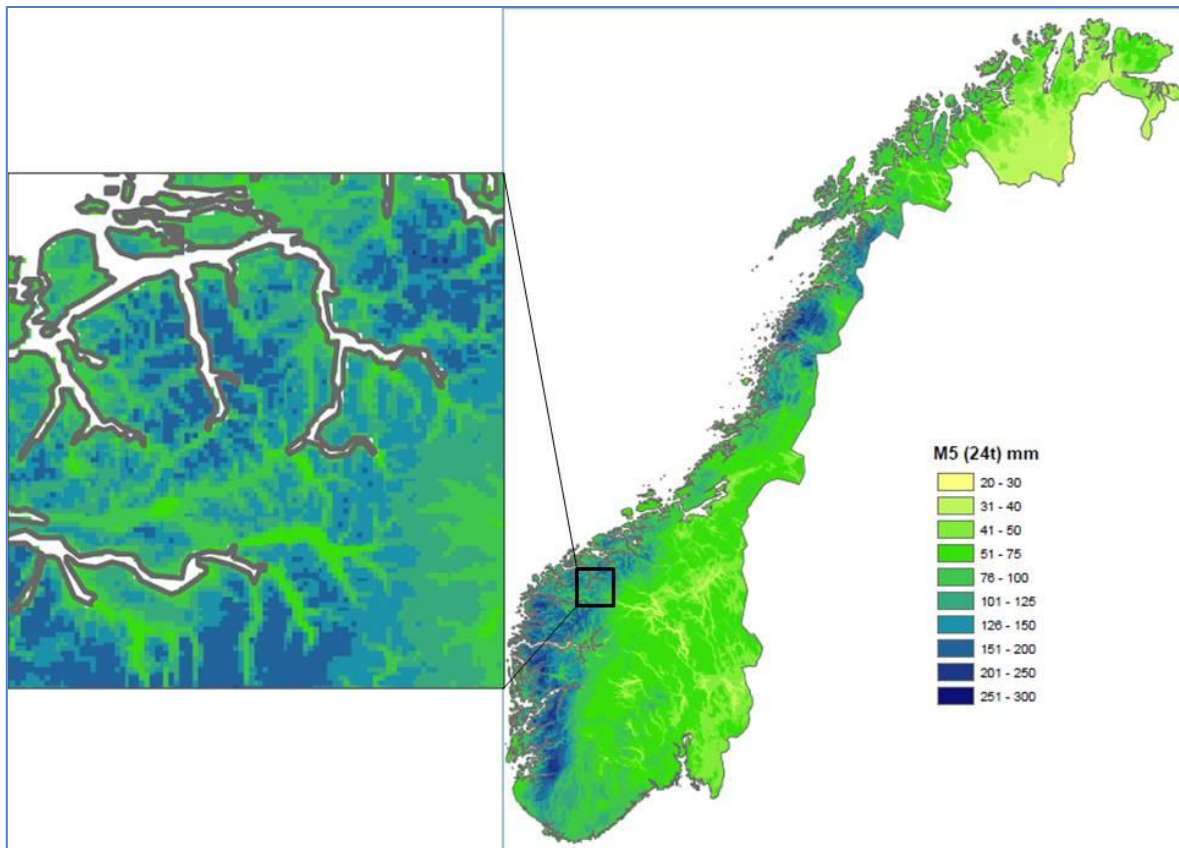


Figur 3.6 Ekstremnedbør per måned i perioden 1961-1990. I desember 1975 kom det 671 mm nedbør på ein måned ved Grønningen målestasjon i Valldal (eklima, 2013).



Figur 3.7 Snødjupn for Norddal 1900-2010 og for Grønningen 1983-2010. Merk forskjellen i snødjupn for Grønningen som ligg 312 mo.h. og Norddal som ligg 28 mo.h. (eklima, 2013).

Figur 3.8 syner kart over Noreg med 5 års gjentakingsintervall for døgnnedbør. Dette kartet er basert på analyse av nedbør i perioden 1957-2008 etter beste oppløysing. Lokale forskjellar er alltid viktig å ta med i betraktninga. Datagrunnlaget kartet byggjer på har ikkje god nok oppløysing til å kunna brukast lokalt, men likevel er dette eit svært godt supplement til utløpsmodellering og skredfarevurdering (Issler, 2013; Tveito, 2013).



Figur 3.8 Kart over Noreg med 5 års gjentakingsintervall for døggnedbør. Kartet er basert på analyse av døggnedbør for perioden 1957-2008 (Tveito, 2013).

Det finst også kart som syner *påreknelig maksimal nedbør(PMP)* med uendelig gjentakingsintervall. Dette kartet syner maksimal verdi for nedbør uansett frekvens. Dette er basert på same framgangsmåte som kartet med 5 års gjentakingsintervall, men i tillegg er det lagt til grunn maksimal teoretisk nedbør frå atmosfæren (Alfnes, 2007). Kartet har ei oppløysing på 1x1 kilometer, sjå figur 3.9. Figur 3.10 syner geografisk plassering av målestasjonar i nærleiken av Indreide. Målestasjonen i Norddal vart oppretta i 1895, Tafjord 1925, Linge 1961, Grønningen 1972.





### 3.4 Vegetasjon

Området rundt Indreeide er eit utprega kulturlandskap med opne grassletter. Landskapet er forma gjennom aktivt landbruk i lang tid. På Indreeide er det i dag drift på begge gardane. Harald Indreeide sin gard har kring 200 vinterfora geiter, dei held vegetasjon og grunn i hevd. Tregrensa går om lag ved 750 mo.h. og dette kan avgrensa potensielle losneområde for snøskred. I området er det også einskilde plantefelt med Hertz- gran, i tillegg er det mykje småvaksen bjørk og seljeskog. Det meste av vegetasjonen i dalsidene er skada av skred, sjå figur 3.11 for plassering tregrense.

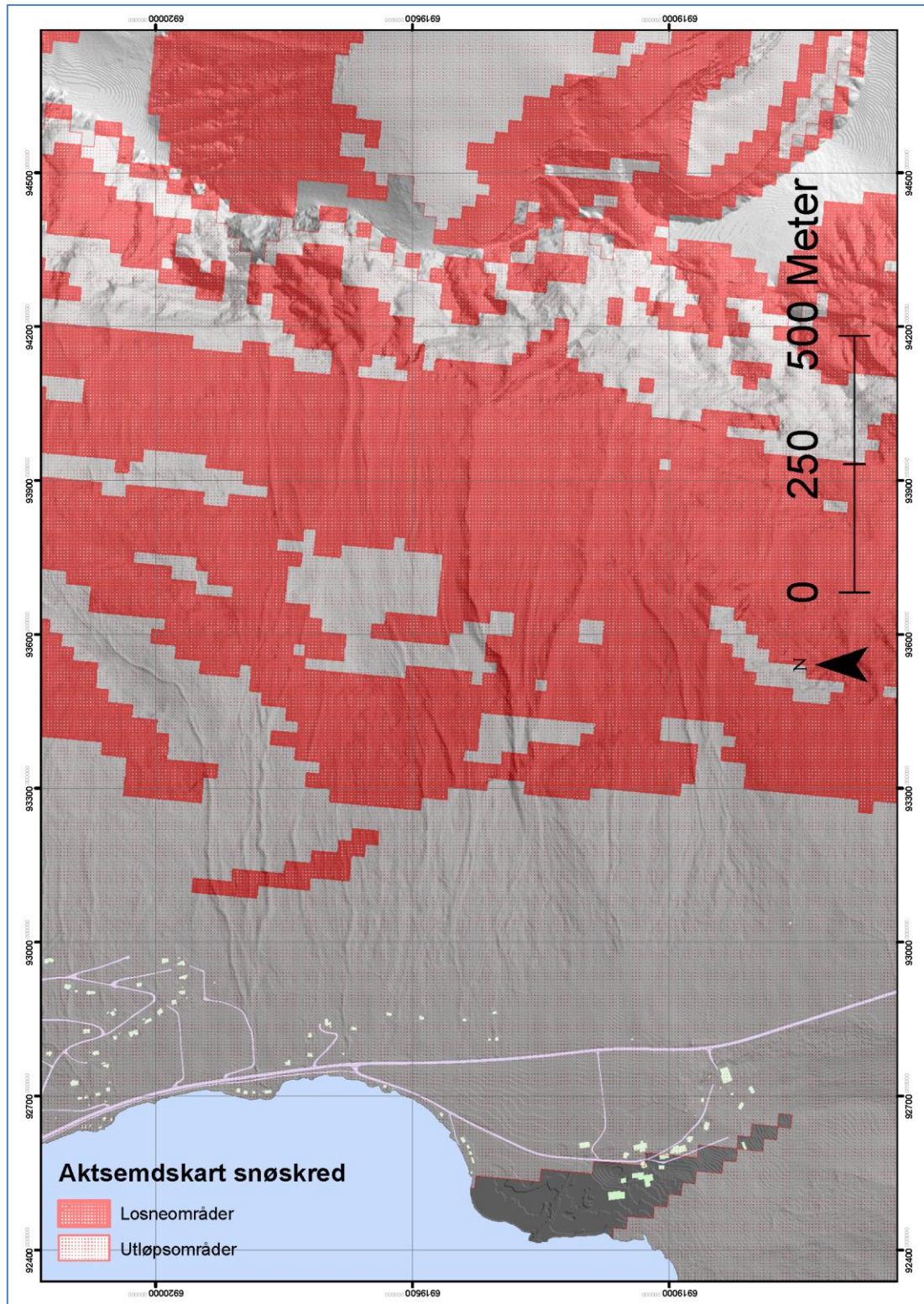


Figur 3.11 Tregrensa i lia under Skårane går omtrent ved høgde 750 mo.h. Av treslag er det bjørk og selje som dominerer, elles er det enkelte plantefelt med Hertz- gran. Bilete Tor Ivar Birkeland



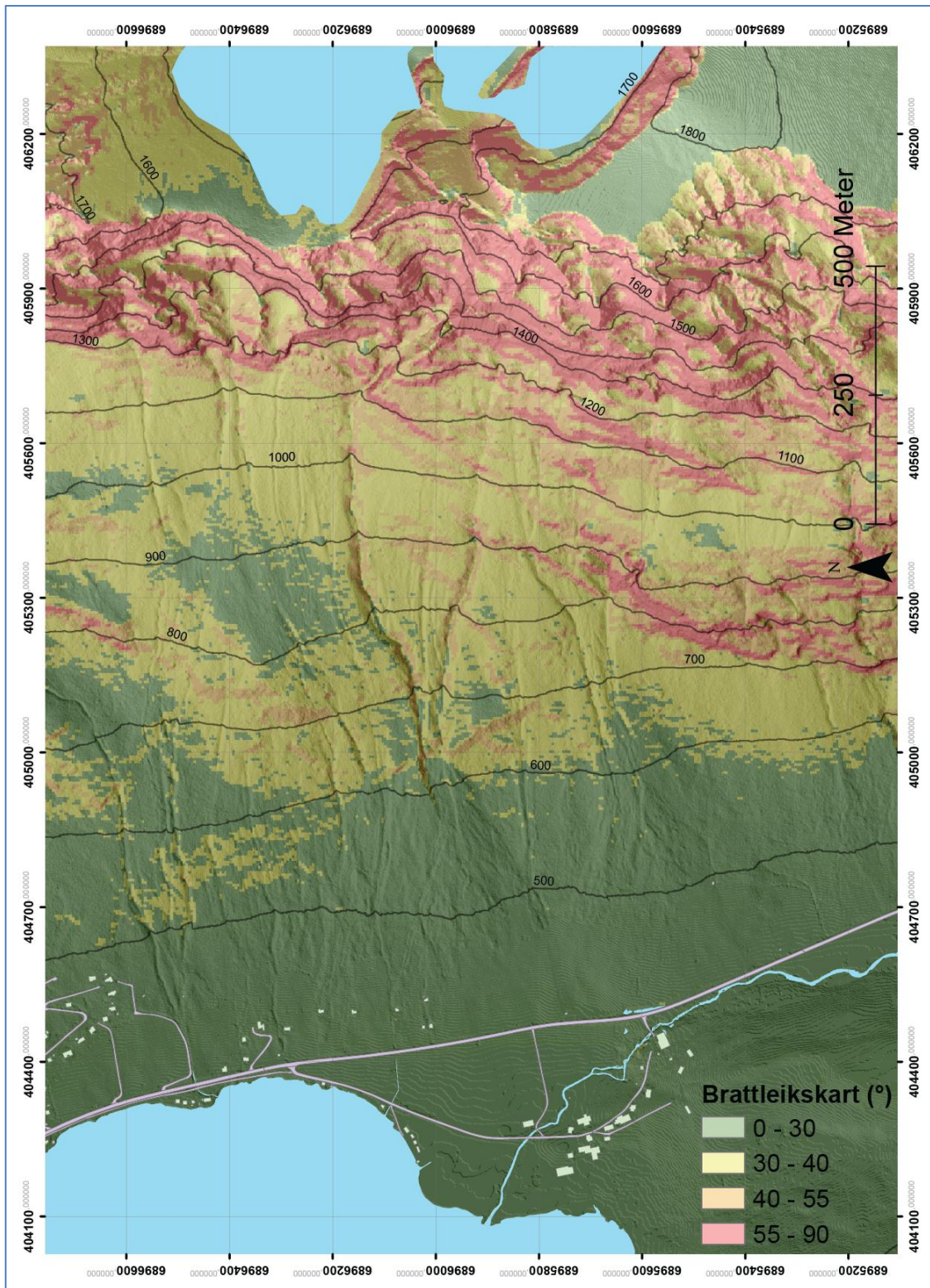
### 3.5 Grunnlagskart

Aktsemdskartet for Indreeide er utgangspunktet for kartlegging av skredfare, sjå figur 3.12. Brattleikskartet syner hellinga i terrenget under Skårane, oppgitt i grader, sjå figur 3.13.



Figur 3.12 Aksemdskart for snøskred for Indreeide. Område markert med raudt har brattleik frå 30° til 55° og er potensielt losneområde for snøskred. Grått område syner potensiell utløpslengde for snøskred. Merk at kartet er basert på ein automatisk modell og er blant anna ikkje korrigert for vegetasjon.





Figur 3.13 Brattleikskart over Indreeide. Område markert med gul farge syner potensielle losneområde for snøskred med helling mellom 30° og 55°. Skoggrensa går om lag ved 750 mo.h.

## 4 Metodar

I internasjonal litteratur er det ikkje utvikla einsarta semje eller metodikk for omfang av ei skredfarekartlegging (Guzzetti et al., 1999). Metodikken som ligg til grunn vil i stor grad bestemma resultatet, og difor vil skredfarekart som byggjer på forskjellige metodar verta ulike. NVE har skissert ein generell framgangsmåte som er lagt til grunn i denne oppgåva (NVE, 2011a). Ei utfordring ved skredfarekartlegging er fastsetjing av største nominelle årlege sannsyn kombinert med utløpslengde. NVE har ingen framgangsmåte på dette, men seier at utløpsmodellering kombinert med fagleg skjønn må leggjast til grunn for vurderinga (NVE, 2011c).

### 4.1 Bakgrunnsdata

Bakgrunnsdata er informasjon som ligg til grunn for ei vurdering av skredfare på ein gitt stad. Dette er til dømes informasjon om tidlegare skredhendingar, meteorologiske data, kvartærgeologiske kart, berggrunnskart, flyfoto, topografiske kart samt digitale terrengmodellar. Tilgang og kvalitet på bakgrunnsdata varierer frå område til område.

Innsamling av informasjon om tidlegare skredhendingar er svært viktig for å danna eit bilete av skredsituasjonen på ein gitt stad. Dette er til dømes informasjon som type skred, utløpslengde, storleik, påførte skadar eller tal på omkomne. Dette byggjer på prinsippet om Uniformitarianism, fortida er nøkkelen til notida (Guzzetti et al., 1999). Skred som har kome tidlegare kan også koma i framtida. I Noreg har NGU utarbeidd ein nasjonal skredatabase, som er å finna på [www.skrednett.no](http://www.skrednett.no). Dette er eit tverrfagleg prosjekt mellom fleire statlege aktørar som Statens Vegvesen, Jernbaneverket, Norges geologiske undersøkingar og Norges Geotekniske Institutt. Databasen inneheld informasjon om tidlegare skredhendingar. Andre kjelder til eldre skredhendingar er kyrkjebøker, bygdebøker, avisarkiv, hendingskart, intervju med fastbuande samt tidlegare rapportar om skredfare m.m. (NVE, 2011a).

I denne oppgåva er det lagt stor vekt på informasjon om tidlegare skredhendingar. Astor Furseth, lokalhistorikar frå Valldal, har vore til stor hjelp. Norddal kommune og Møre og Romsdal fylkeskommune har vorte kontakta angående skredfarerapportar. Avisa Sunnmørsposten, Sunnmøringen og Storfjordnytt er også kontakta for artiklar om skredfare. Statens Vegvesen sitt skredregister samt intervju av lokalbefolkninga er andre kjelder til informasjon om skredhendingar.

Meteorologiske data er informasjon frå vêrstasjonar om vær, vind og temperatur. Det norske Meteorologisk institutt (DNMi) forvaltar desse data og dei er tilgjengelege for offentlegheita på nettsida [eklima.no](http://eklima.no) (eklima, 2013). Meteorolog Espen Biseth Granan og Ole Einar Tveito hjå Meteorologisk Institutt har hjelpt til med meteorologiske problemstillingar.

## 4.2 Geografisk informasjonssystem (GIS)

Geografisk informasjonssystem, ofte forkorta til *GIS* er eit dataverktøy for innsamling, organisering, analyse, presentasjon og lagring av geografiske refererte data (Heywood et al., 2011). I GIS er det fundamentale prinsippet at forskjellige element vert lagra som ulike lag. Ved presentering av data legg ein dette til som ulike lag på kartet. Dette gjer det mogeleg med analyse mellom forskjellige lag. I GIS kan ein lagra informasjon i to ulike format, vektor eller raster. Vektor-formatet lagrar informasjonen som eksakte einingar. Ein kan då knyta informasjon til punkt, linjer eller område/nettverk som kvar er avgrensa med x,y,z- koordinatar. Ved vektor-framstilling får ein skarpe grenser mellom einingane, noko som er gunstig når ein skal framstilla hus eller vegar. Ved framstilling av element som har glidande overgang som skogsområde, er rasterformat betre eigna. Rasterformatet er den biletlege framstillinga av informasjon. Her vert informasjon knytt opptil kvar piksel. Storleik på pikselen angjev oppløysinga på modellen. Rasterformatet er best eigna til å presentera data som varierer kontinuerleg over eit område (Heywood et al., 2011).

I dette prosjektet vart det nytta GIS av typen *ArcGIS 10* frå Esri. NVE bidrog med terrengmodell med celledorleik 1x1meter, medan basisdata som vegar, vatn, busetnad med meir, vart skaffa gjennom *Norge i digitalt*. Aktsemdskart og lausmassekart vart lasta ned frå heimesida til NGU. I ArcGIS vart det utført fylgjande oppgåver:

- Tolking av ortofoto

Ortofoto er digitaliserte flyfoto som er georeferert til bruk i eit GIS. Ut frå oppløysinga på biletet kan dette vera ein god måte å studera potensielt skredfarlege område. Ortofoto vart også henta frå *Noreg i bilder*. Kvaliteten på desse bileta var dårleg grunna fjellskugge over Indreeide. Eigne bilete vart difor georeferert og brukt som ortofoto.

- Skråningsanalyse

Ved hjelp av terrengmodellen over Indreeide vart det utarbeidd hellingskart for Indreeide. Kartet vart utarbeidd i forkant av feltarbeidet og syner område frå 30° til 55°, som samsvarar med potensielle lausneområde for snøskred (Lied og Kristensen, 2003; McClung og Schaerer, 2006).

- Andre kart

Ved hjelp av svært god oppløysing på terrengmodellen vart det framstilt topografiske kart med ekvidistanse på 5 meter, 20 meter, 50 meter og 100 meter, dette for å sjå topografiske konturar samt til registrering under feltarbeidet. Det vart også utarbeidd *fjellskuggekart* for det aktuelle området. Resultatet frå Alfa-beta modellen vart framstilt grafisk i ArcGIS.

### 4.3 Kvartærgeologisk kartlegging

Eit kvartærgeologisk kart syner måten lausmassane er danna på, samt utbreiing (Reite, 2004). Lausmassane vert delte inn etter miljø og prosess, dette vert synt med ulike fargar på kartet. Siste avsetjande agens er eit viktig prinsipp ved kvartærgeologisk kartlegging. Det vil seie at siste avsetjing ligg til grunn for kva farge landforma får på kartet, uavhengig av det som ligg stratigrafisk under. Sortert sediment vert angitt med kornstorleik. Overflateformer og spesielle eigenskapar vert vist på kartet ved symbolbruk, til dømes vert avsetjingar etter steinsprang og fjellskred symbolisert med fylt firkant.

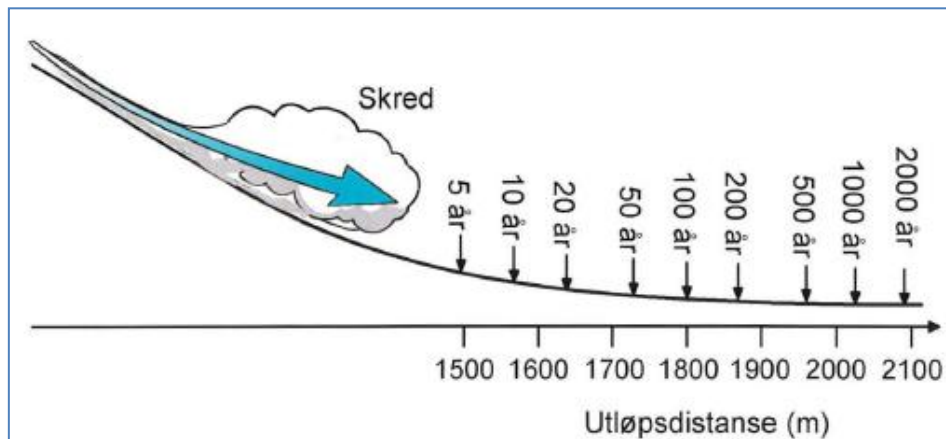
Framgangsmåten ved kvartærgeologisk kartlegging er avhengig av detaljgraden på kartlegginga. Detaljkartlegging krev omfattande feltinnsats og kan vera krevjande i vanskeleg terreng. Der det er praktisk mogleg skal ein starta kartlegginga frå høgste punkt i dreneringsområdet, dette for lettare å forstå landskapsutviklinga.

I ei skredfarevurdering av snøskred vil ei kvartærgeologisk kartlegging dreia seg om å kartlegga spor eller morfologiske trekk som kan seia noko om utløpslengda på ein gitt stad. Dette kan til dømes vera spor som blokker, skredskadd vegetasjon eller morfologiske trekk som skredvollar og skredtunger.

I det aktuelle feltområde ved Indreeide er terrenget krevjande å ta seg fram i. Terrenget strekkjer seg frå dalbotnen frå 420 til 1750 m.o.h. Gjennomsnittleg helling på terrenget er om lag 38°, medan dei øvste 700 høgdemetrane er tilnærma vertikale. Terrenget er også svært vanskeleg å ferdast i grunna tett vegetasjon og mykje lausmassar. Framgangsmåten ved kartlegginga gjekk ut på å studera terrenget frå motsett dalside. Feltbefaringane vart utførde der det var forsvarleg. Svært god oppløysing på kartdata vart også nytta for å studera morfologiske trekk ved terrenget. Området vart synfara 27. og 28. mai 2013 samt 27. og 28. juni 2013. Harald Indreeide, kårkall som er oppvaksen på staden, var med på delar av synfaringa 27. og 28. mai 2013. Under synfaringa 27. juni var Atle Nesje tilstades.

## 4.4 Utløpsmodellering

Utløpslengde for snøskred vert definert som ytste punkt med avsetjing (McClung og Schaerer, 2006). Dette er svært viktig informasjon i ei kvar skredfarekartlegging. Utløpslengda varierer frå år til år og mellom ulike skredbanar. Di lengre ut i utløpsområdet ein kjem, di mindre er sannsynet for å verta råka av skred, sjå figur 4.1. I Noreg er kravet for sikkerheit for skred sett til 1/1000 år ved normalt personopphald. Dette tilsvarar eit årleg sannsyn på 1 ‰ for å verta råka av skred.



Figur 4.1 Forholdet mellom skredfrekvens og utløpslengde (Lied og Kristensen, 2003)

McClung og Schaerer (2006) hevdar at den beste måten å føreseia utløpslengde for ein skredbane er ved

- Lang tids observasjon av utløpslengde.
- Kartlegging av skada vegetasjon og påverknad av lausmassar.
- Historisk informasjon frå bygde- og kyrkjebøker, aviser og andre skriftlege kjelder.

Ved denne tilnærminga kan ein unngå bruk av omdiskuterte dynamiske berekningsmodellar. Ein hake ved denne tilnærminga er mangelen på historisk informasjon som går tilstrekkeleg langt tilbake. Lowverket i Noreg seier at ein skal setja 100, 1000 og 5000 års- grenser. Utan bruk av berekningsmodellar vert dette vanskeleg.

Ein skil hovudsakleg mellom to tilnærmingar ved berekning av utløpslengde, dette er dynamiske eller topografisk- statistiske modellar (McClung og Schaerer, 2006). For begge modellane er det viktig å vera klar over føresetnader, feilkjelder og viktige prinsipp som ikkje er tatt høgde for.

I dette prosjektet er det nytta to ulike metodar for berekning av utløpslengde for snøskred, ein topografisk- statistisk utløpsmodell Alfa- beta, og ein dynamisk utløpsmodell RAMMS.



#### 4.4.1 Topografisk- statistisk utløpsmodell, Alfa-beta

Alfa- beta er ein modell for berekning av maksimal utløpslengde for tørre flakskred. Modellen vart utvikla av Steinar Bakkehøi og Karsten Lied ved Norges Geotekniske Institutt på byrjinga av 1980-talet. Hensikta med studien var å finna ut kva terrengformasjonar som har innverknad på utløpslengda. Ved å studera 850 skredbanar vart om lag 200 plukka ut for vidare statistisk behandling. Ut frå multippel regresjonsanalyse vart utløpslengda  $\alpha$  uttrykt som ein funksjon med fylgjande parameter:

$$\alpha = f(\beta, H, \gamma'', \theta, R_{\text{maks}}, T_{\text{min}}, D_{\text{maks}}) 0,92\beta - 7,9 \cdot 10^{-4} [H] + 2,4 \cdot 10^{-2} [\gamma''] \theta + 0,04$$

- $\alpha$  - vinkelen frå losneområde til utløpsområde
- $\beta$  - vinkelen frå losneområde til termineringspunktet ved  $10^\circ$
- H - vertikal høgdeforskjell for skredet
- $\gamma''$  - andre deriverte til skredbanens krumming
- $R_{\text{maks}}$  - største breidde på losneområde
- $T_{\text{min}}$  - minste breidde på skredløpet
- $D_{\text{maks}}$  - største breidde på utløpsområde

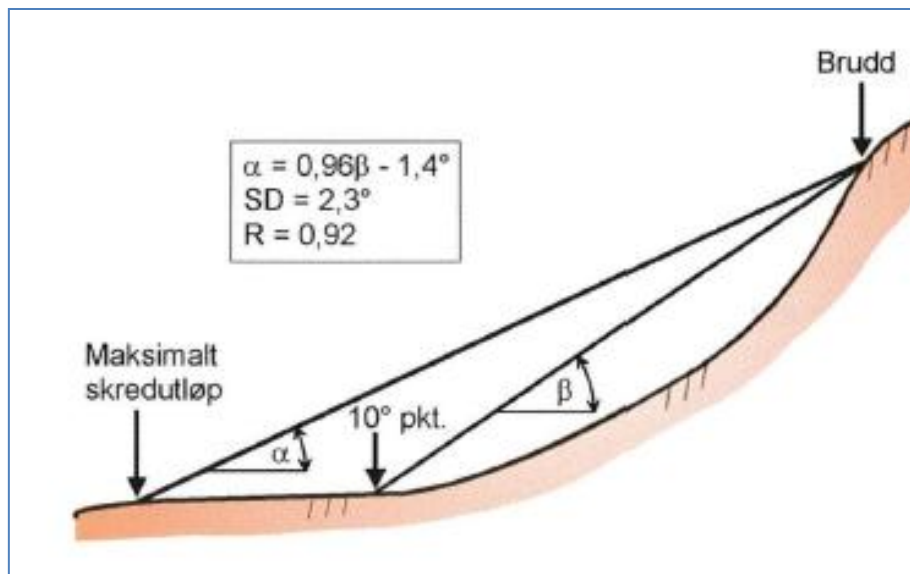
(Lied og Kristensen, 2003)

Ved å undersøkje kvar parameter sin verknad på utløpslengda, syner det seg at termineringspunktet  $\beta$  har mest å seia for utløpslengda. Parametrane R, T og D har ikkje innverknad. Det vart difor gjort ei forenkling, der ein uttrykkjer utløpslengda som ein funksjon av  $\beta$ , sjå figur 4.2.

$$\alpha = f(\beta) 0,96\beta - 1,4$$

$\beta$  er som i funksjonen over definert som termineringspunktet ved  $10^\circ$  helling til  $\gamma''$  av terrengfunksjonen. I tillegg er det vanleg å ta  $\pm 1SD$  som utgjer  $2,3^\circ$ . Korrelasjonskoeffisienten R, som syner graden av tilpassing mellom  $\gamma''$  og terrengprofil, er sett til 0,92 (Lied og Kristensen, 2003).





Figur 4.2 Alfa-beta modellen for ekstrem utløpslengde for tørre flaskred. Syner forholdet mellom  $\alpha$  og  $\beta$  (Lied og Kristensen, 2003).

For ekstrem utløpslengde er det interessant å samanlikna ulike verdiar av  $\alpha$ -vinkelen. McClung og Schaerer (2006) påpeikar at  $\alpha$ -verdi varierer frå  $15^\circ$  til  $50^\circ$  i ulikt skredterreng. Ved bruk av  $\alpha = 15^\circ$  vert det ein svært konservativ berekningsmodell og ei slik tilnærming vil gjera det ubueleg i tronge Vestlandsdalar. Det spesielle med skredbanarar med låg  $\alpha$ -verdi er at terrenget akkurat er bratt nok til at skredbevegelse finn stad. Dette gjev minimal luftmotstand og friksjonstap, noko som bidreg til lengre utløpslengde (McClung og Schaerer, 2006). Ein annan ting med slake skredbanar er moglegheit for akkumulasjon av store snømengder. I slake losneområde er frekvensen lågare sidan det trengst meir snø før losning. Ut frå volumauke nedover i skredbanen kan skreda verta svært store. Ved bratte losneområde ( $>55^\circ$ ) er frekvensen av laussnøskred høg, dette gjer at det ikkje vert akkumulert store nok snømengder for flaskred med lang utløpslengde. Usikkerheita kvantifisert gjennom standaravvik på  $2,3^\circ$  er avhengig av storleiken på losneområdet. Ved sær store losneområde er det vanleg å nytta to standardavvik som utgjer  $4,6^\circ$  (Larsen, 2013).

#### 4.4.2 Dynamisk utløpsmodell, RAMMS

RAMMS (Rapid Mass Movements Simulation) er eit numerisk todimensjonalt simuleringsprogram for berekning av geofysiske massebevegelsar som snøskred, lausmasse og steinskred. Programmet vart utvikla av RAMMS-gruppa ved WSL, institutt for snø og skredforskning SLF (Bartelt et al., 2013). RAMMS er utvikla for å løysa skredrelaterte problem som skredfarekartlegging og dimensjonering av sikringstiltak. Utvikling av programvara er ein kontinuerleg pågåande prosess som er nært knytt opp til fullskala skredforsøk ved testbanen i Vallée de la Sionne i Sveits. Programvara er bygd opp rundt sveitsiske retningslinjer for skredfare med gjentakingsintervall på 10, 30, 100 og 300 år.

RAMMS er bygd opp rundt ein friksjonsmodell til Voellmy- Salm. Denne modellen deler friksjonen inn i to deler, ein tørr Coulomb-friksjon  $\mu$  som er avhengig av normaltrykket, og ein fartskoeffisient  $\xi$ . For Voellmy-Salm likninga sjå formel 4.1.

Formel 4.1 Friksjonslikning nytta i RAMMS (SLF/WSL, 2010).

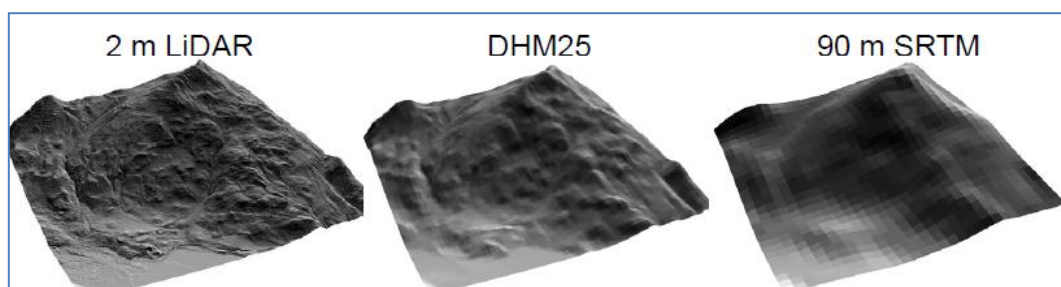
$$S = \mu \rho H g \cos \phi + \frac{\rho g U^2}{\xi}$$

S er friksjonsmotstanden,  $\rho$  er tettleiken til skredmassane, H er flytehogda til skredet, g er gravitasjonskonstanten, U er flytefart og  $\phi$  er hellinga på underlaget.

Grunna avgrensingar til Voellmy- Salm i forhold til kalkulering av fart er det også nytta ein ytterlegare friksjonsmodell. Denne modellen heiter *random kinetic energy* (RKE) og koplar kinetisk energi opp mot parametrane i Voellmy- Salm. Dette gjev ein betre dynamisk modell som forbetrar resultatet ved berekning av fart, volumauke og avsetjing.

For å fullføra ei simulering i RAMMS er det nødvendig med ein digital terrengmodell av høg oppløysing, verdiar for friksjonsparametrane, losneområde og brotdjup (Christen et al., 2010).

Digital terrengmodell er det som gjengjev terrenget i RAMMS. Di meir krevjande topografien er, di betre må oppløysinga på modellen vera. Figur 4.3 syner terrengmodellar med ulik oppløysing for eit og same område. Det er iaugefallande kor stor forskjellen er mellom dei ulike modellane. I Noreg er det tilgjengeleg landsdekkande digital terrengmodell med 10x10 meter oppløysing gjennom *Norge i Digitalt* samarbeidet. Terrengmodellar med betre oppløysing finst for nokre område.



Figur 4.3 Digital terrengmodell med ulik oppløysing for eit og same område. Ein digital terrengmodell med 2 meter oppløysing gjev meir nøyaktig attgjeving av terrenget enn 90 meter oppløysing (Bühler et al., 2013).

Losneområde er i utgangspunktet område frå 30° til 55° utan tett skog. I verkelegheita er det ikkje fullt så enkelt. I mange tilfelle vil dei morfologiske trekk avgrensa losneområda, gjennom til dømes konsentrering av stress i konkave skråningar. Storleiken på losneområdet vil også variera etter frekvensen på skredet. For skred ved lang returperiode kan losneområdet strekkja seg over ryggar og

naturlege avgrensingar i terrenget. Dette føreset eit samanhengande svakt lag, som ein kan få ved snørike vintrar. Historisk informasjon frå lokalbefolkning kan i hjelpe (Issler, 2013).

Brottdjupn er svært avhengig av returperioden på skredet. Di lengre returperiode, di større brottdjupn kan ein forventa. I mange tilfelle vil mengde nysnø på tre dagar vera ein god faktor. Eit problem her er at skredet treng ikkje losna i overgangen mellom nysnø og gamal snøpakke, men kanskje på eit internt svakt lag. Brottdjupna vert også påverka av faktorar som klima, helling på underlaget og eksposisjon i forhold til vind. Moglege hjelpemiddel kan vera kart med forventa ekstremnedbør med returperiode på 5 år, eller kart med teoretisk maksimal utfellbar nedbør frå atmosfæren (PMP).

#### 4.5 Vurdering av skredfare

Fastsetjing av skredfare i eit område inneber å gjera ei heilskapleg vurdering, basert på innsamla informasjon. Dette får ein ved å studera informasjon frå tidlegare skredhendingar, klimaforhold i området, spor i vegetasjon og lausmassar opp mot resultat frå berekningsmodellar. Til slutt må ein fastsetja utløpslengd gjennom største nominelle årlege sannsyn. NVE (2011c) slår fast at det ikkje finst nokon utprøvd metode eller formel for dette. Vurderinga og vektinga av dei ulike elementa må baserast på erfaring og fagleg skjønn. Dette fører til at ulike skredfarekart byggjer på ulike vurderingar og det vil verta skilnad i eit og same område.

I ei kvar vurdering av skredfare er utløpslengda essensielt. Historiske kjelder om utløpslengda frå tidlegare skred er svært viktig. Ein hake ved denne tilnærminga er mangelen på lange observasjonsseriar. Det vert sagt at observasjonsperioden må vera dobbelt så lang som perioden ein skal uttala seg om (Høller, 2007). I Noreg er det umogeleg å skaffa observasjonar som gjev dekning for fastsetjing av 1000 eller 5000 års frekvens. Andre land har løyst tilnærminga til sikkerheit mot skred ulikt. I Austerrike deler dei sikkerheitsklassane inn i gul og raud sone etter ein returperiode på 150 år. I raud sone er skredkreftene større enn  $10 \text{ kn/m}^2$ , og der vert det ikkje anbefalt nybygging. Gul sone vert definert med skredkrefter inntil  $10 \text{ kn/m}^2$ , her er sikringstiltak nødvendig ved nybygg (Høller, 2007). På Island er kravet for sikkerheit mot skred endå strengare. Dei har basert dette på *individuell risiko*, der dei har sett øvste sikkerheitsklasse til 0,3 dødsfall per 10 000 år eller 3 dødsfall per 100 000 år (Arnalds et al., 2004).

I Noreg er Bleie-skredet i Hardanger det næraste ein kjem skred med 1000-års frekvens. Skriftlege kjelder tilbake til år 1293 stadfestar at garden ikkje har vorte råka av skred tidlegare. Så kom 27. januar 1994 med om lag 500 mm nedbør over 7 dagar kombinert med sterk vind frå vest. Dette utløyste eit stort snøskred med volum på meir enn 1 million  $\text{m}^3$ . Tre bustadhus og fleire driftsbygningar vart øydelagde, men ingen omkom utruleg nok. Det spesielle ved denne skredbanen

er den slake hellinga. Skredbanen er om lag  $11^\circ$  i 750 meters lengde før det igjen vert brattare mot fjorden. Dei fleste skreda stoppar før knekkpunktet, men skredet i 1994 hadde tilstrekkeleg rørsleenergi grunna stort volum til å gå heilt til fjorden (Issler, 2013). Slike slake skredbanar er karakteristiske for lange utløpslengder, og difor bør det gjera oss observante kvar gong me ser slike skredbanar.

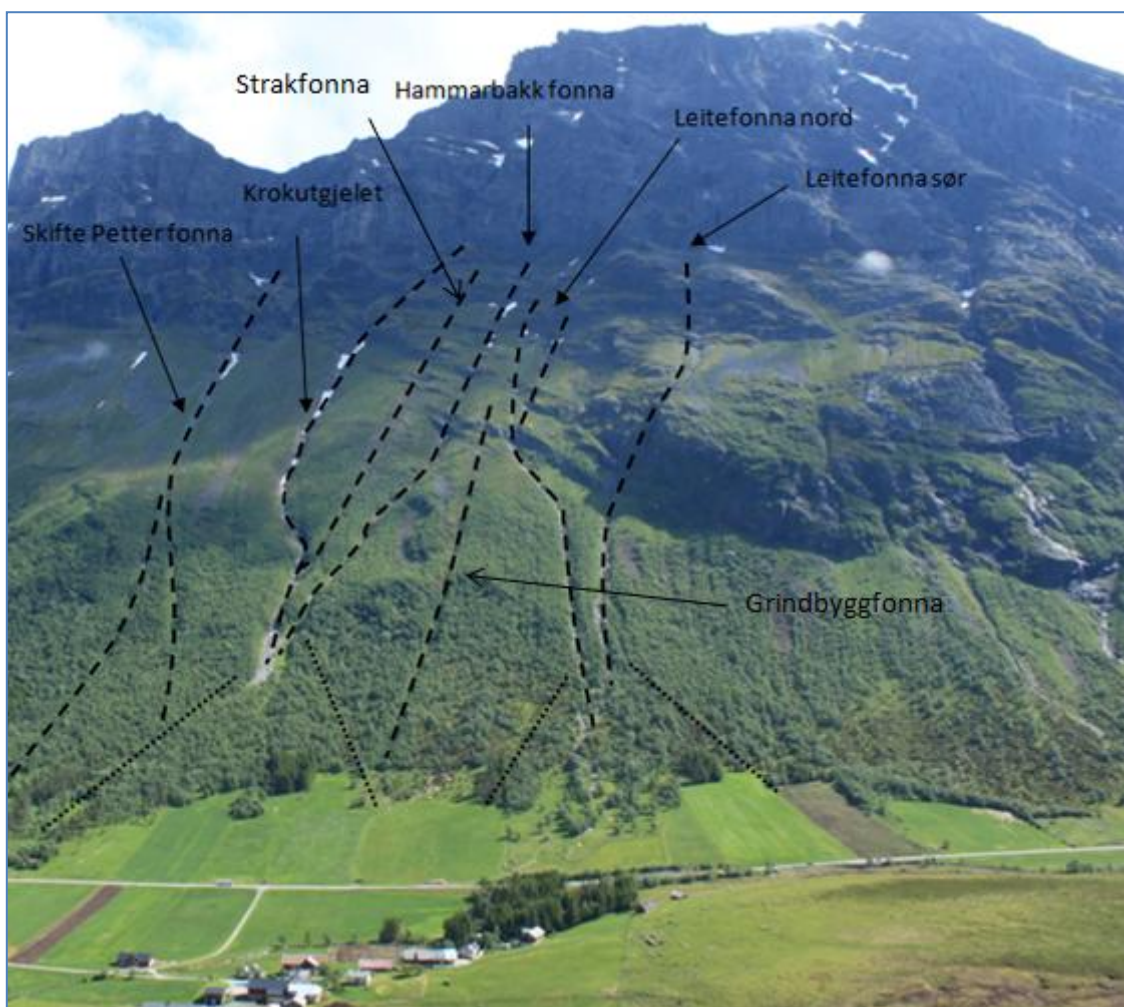
Eit anna viktig punkt under vurderinga er faren for ekstrem utløpslengde, det vil seia ei lengde lenger enn nokon modell klarar å føreseia. På Tyin vart det i 2008 observert eit tørt flakskred med svært lang utløpslengde,  $\alpha$ -vinkelen vart målt til  $14^\circ$ . Det spesielle med dette skredet var at det vart utløyst langs eit svakt lag av begerkrystallar og at skredet var sterkt fluidisert, sjå figur 4.4. For våte skred forventar ein som regel kortare utløpslengde, men det finst unntak. I 2004 i nærleiken av Davos gjekk det eit skred med  $\alpha$ -vinkel på  $16^\circ$ . Dette syner at også våte skred kan ha svært lang utløpslengde. Slike skred vert omtala som *freak avalanche* og er viktig å vera klar over ved skredfarekartlegging (Issler, 2013).



Figur 4.4 Tørt flakskred på Tyin med svært lang utløpslengde,  $\alpha$ -vinkelen vart tilbakerekna til  $14^\circ$ . Det spesielle med dette skredet er strøymingsmåten, strøyminga var svært fluidisert og utløp langs eit svakt lag av begerkrystallar. Det er verdt å merka seg at det er berre den fluidiserte delen av skredet som har ekstrem utløpslengde på  $14^\circ$ . Biletet er tatt av Svein Helge Frækaland, fekk biletet av (Issler, 2013).

## 5 Informasjon om tidlegare skredhendingar

Informasjon om tidlegare skredhendingar omfattar kvar skredet fann stad, utløpslengde, type, volum, tid og eventuelle skadar på materiell eller menneske, dette er særst verdfulle opplysingar for ei kvar skredfarekartlegging (NVE, 2011a). I prosjektet mitt har eg vore i kontakt med ulike statlege og kommunale instansar samt lokale aviser, sjå kapittel 4.1 Bakgrunnsdata. Figur 5.1 syner oversiktbilete over fonner og skredløp som kan nå busetnaden på Indreeide. Biletet syner to tydelege kolluviale vifter som er danna av fleire aktive skredløp. Viftene er dominerte av fleire aktive prosessar, frekvensen til snøskreda er høg, men dei etterlet seg lite materiale. Våte lausmasseskred har lågare frekvens, men avset meir lausmassar som byggjer viftene.



Figur 5.1 Oversiktbilete over fonner og vifter ved Indreeide. Bilete Tor Ivar Birkeland



## 5.1 SkiftePetter- Johan fonna



Figur 5.2 Biletet til venstre syner dei to løpa/retningane SkiftePetter- Johan fonna kan ta. Biletet er teke frå fylkesvegen som går gjennom dalen. Biletet til høgre er eit oversiktsbilete som syner losneområdet, skredbana og delvis utløpsområdet for denne fonna. Bilete Tor Ivar Birkeland

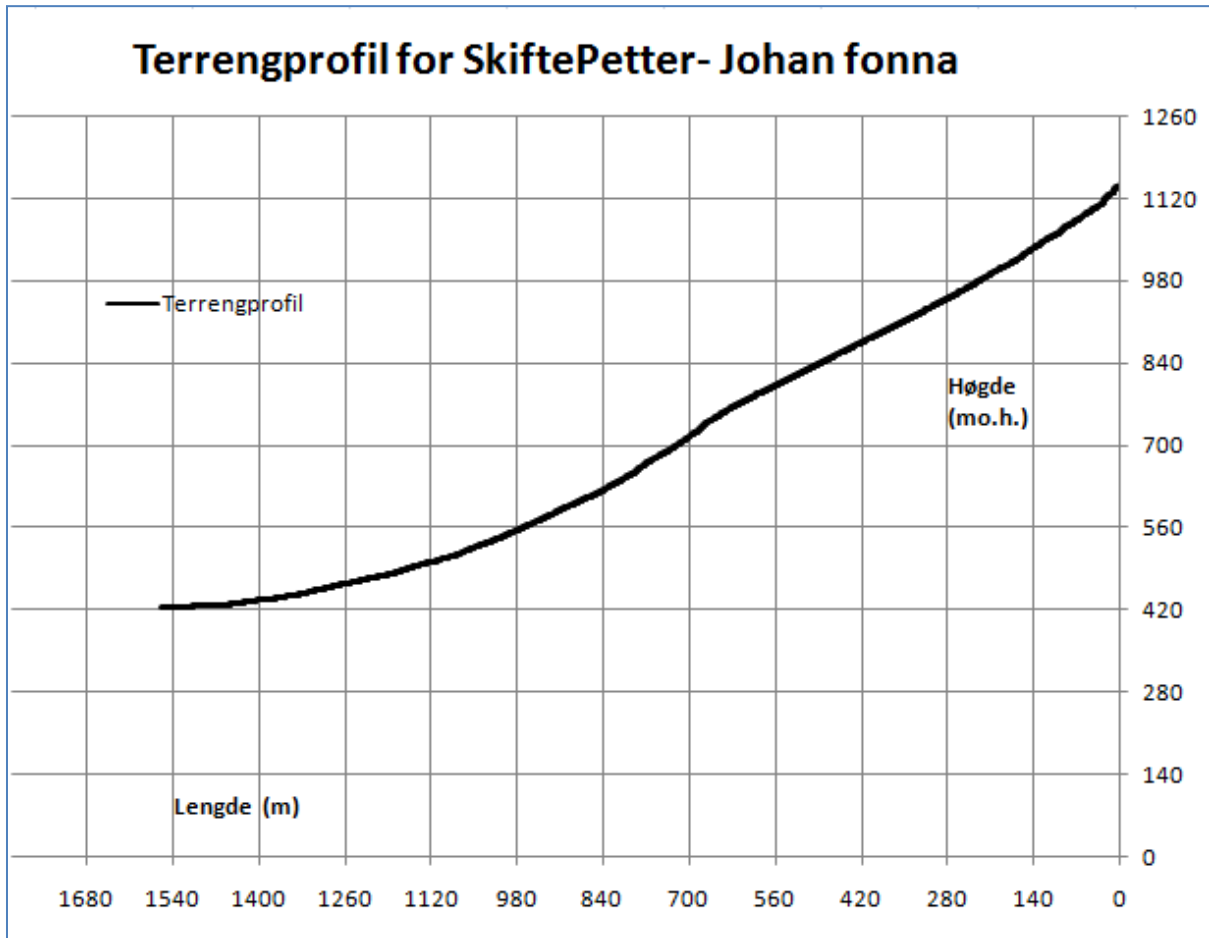
### 5.1.1 Skildring

Dette er den nordlegaste fonna som kan truga Indreeide. Fonna startar i ein botn høgt oppunder Skårane og har ei horisontal lengd på om lag 1100 meter frå losne- til starten av utløpsområdet. Høgdeskilnaden er om lag 800 meter, og ei gjennomsnittlege helling på 36°. I verkelegheita har skredbanen ei trappeliknande utforming. Nedst har ein fyrst ei bratt kneik, deretter flatar terrenget ut før det igjen vert brattare oppimot Skårane. Den øvste delen har ein helling tett opp mot 40°. Sjå figur 5.2 for bilete og figur 5.3 for terrengprofil.

### 5.1.2 Historisk informasjon

Harald Indreeide (2013), oppvaksen og heimebuande det meste av livet på Indreeide, tidlegare bonde og no kårkall, seier fylgjande om SkiftePetter- Johan fonna: *Omtrent der den raude hytta ligg i dag, låg huset til SkiftePetter- Johan (bilete til venstre, figur 5.2.). SkiftePetter- Johan var stadig redd ei nærgående fonn som truga huset hans. For å sikra nattesøvnen flytta han seinare huset til Indreeide. I mai 2013 gjekk denne fonna på nytt, då losna ein skavl høgt oppunder Skårane. Den stogga nokre hundre meter ovanfor den raude hytta.*

Frå skredregisteret til Statens Vegvesen (2012) er det ikkje registrert ras som har gått over fylkesvegen langs Eidsvatnet. Skredregisteret går attende til 1995.



Figur 5.3 Terrengprofil som strekkjer seg frå losne- til starten av utløpsområdet for SkiftePetter- Johan fonna. Laterale utslag som fonna gjer ser ein ikkje i terrengprofilet, men har innverknad på utløpslengda for snøskred. Eidsvatnet ligg 425 mo.h.

## 5.2 Krokutgjelet



Figur 5.4 Biletet til venstre er teke nedover Krokutgjelet frå høgt oppunder Skårane. Ein kan sjå Krokutgjelet gjer ein markert sving. Krokutgjelet er om lag 20 meter breitt og 15 meter djupt. Fylkesveg 63 kan skimtast i forgrunnen og er om lag 5,5 meter brei. Raud markering på biletet til høgre syner kor biletet til venstre er teke. Bilete Tor Ivar Birkeland

### 5.2.1 Skildring

Dette er eit av dei mest markerte gjela i lia over Indreeide. Fonna startar i ein botn høgt oppunder Skårane. Krokutgjelet har ei horisontal lengd på om lag 1300 meter frå losne- til starten av utløpsområdet og 1000 meter i høgdeskilnad. Dette gjev ei gjennomsnittleg hellinga er på 38°. Terrenget vert gradvis brattare di lengre opp ein kjem, øvst tilnærma vertikalt. Ved høgde 700 mo.h. går Krokutgjelet og Hamrebakkfonna saman og dannar ei felles kolluvial vifte. Eit viktig morfologisk trekk ved Krokutgjelet er at den gjer ein sving mot sør ved om lag 800 mo.h. Sjå figur 5.4 og 5.5 for bilete og figur 5.6 for terrengprofil.

### 5.2.2 Historisk informasjon

I avisa *Sunnmøringen* laurdag 23. april 1949 står artikkelen *Fonnfåren i fjordane* på trykk, og her vert det skrive om dei ulike fonnene mellom Geiranger og Norddal. Om Krokutgjelet står det: *Denne fonna ligger ca.300 m. heimenfor Hamrebakkfonna. Øverst er det 2 gyl som går saman når de kommer vel midt ned i bergsiden. Denne fonna er en god del større enn Hamrebakkfonna. Gylet er ca. 20 m. bredt og omkring 15 m. dypt. Lengden frå innmark og opp under fjellet er ca 800 m. Fonna går helst når man lenge har hatt nordvestlig vær. Kroketegylfonna går ofte 300-400 m, ja ofte meget mer*



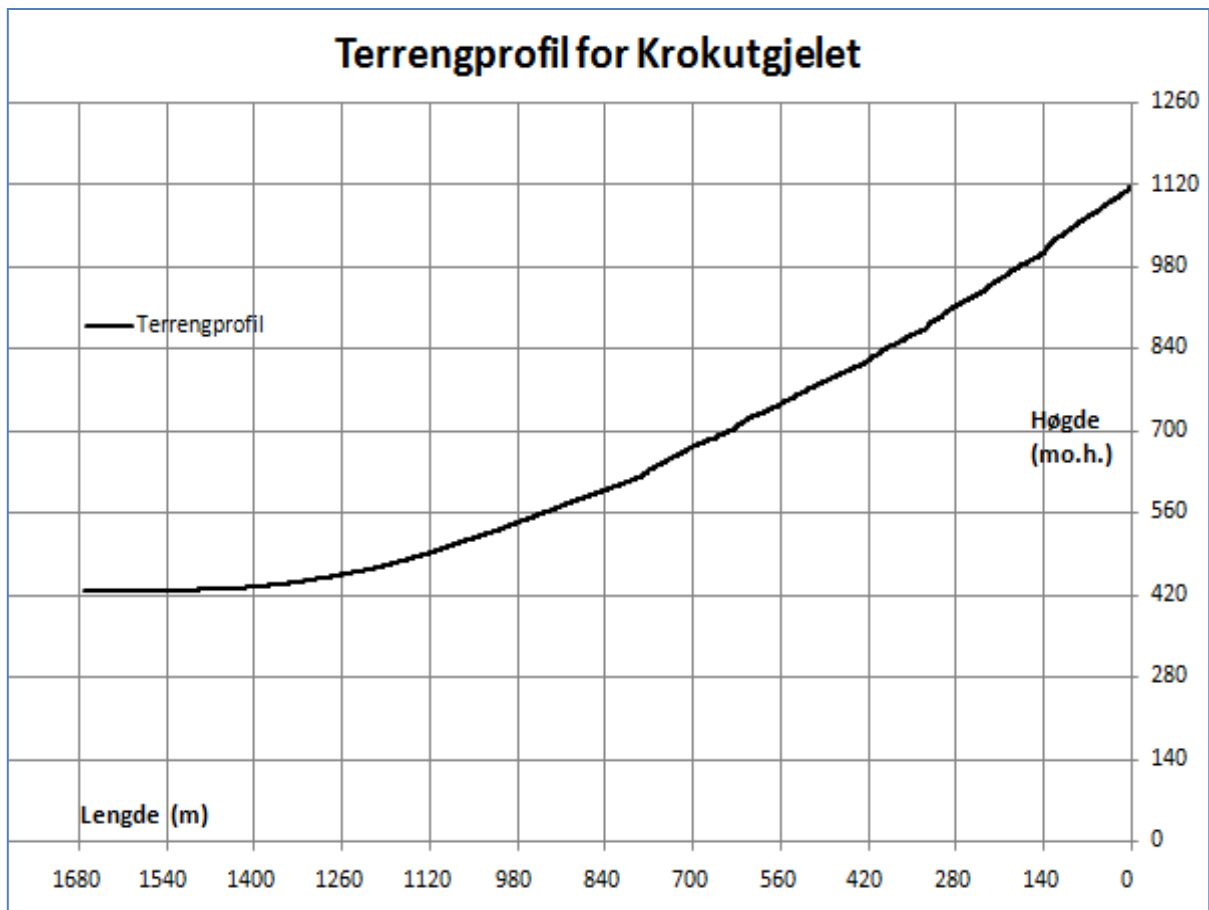
*nedover innmarken. Ofte har den en bredde av 200-300 m. Den tar da med sig en masse jord og stein som blir liggende igjen på bøen. Skogen blir også ødelagt på denne strekning. Er det riktig store sneår, går det fonner over nesten hele fjellsiden her.*

Frå skred- og lokalhistorikar Astor Furseth (2012) sine notat har eg fått vita fylgjande om Krokutgjelet: *Denne går frå foten av Skårane litt nord for Hamrebakkfonna. Likesom Hamrebakkfonna går ho nedover dalsida etter eit gjel, som om lag midt nedi dalsida munnar ut i same gjelet som Hamrebakkfonna. I store snøfall kan denne fonna gå kraftig nedover jordene på Indreeide, men er ikkje fårleg for korkje hus eller trafikk.*

Harald Indreeide (2013) har fortalt om Krokutgjelet: *Dette er den mest markerte fonna i lia ovanfor Indreeide. Fonna kjem nesten kvart år inn på beite og øydelegg gjerdet, skredet kjem for det meste i smale tunger.*



**Figur 5.5** Biletet teke under feltarbeidet 27. mai 2013 der Harald Indreeide var med. Legg merke til at det ligg snø langt nedover dei mest aktive fonnene. Bilete Tor Ivar Birkeland



Figur 5.6 Terrengprofil som strekkjer seg frå losne- til starten av utløpsområdet for Krokutgjelet. Laterale utslag som fonna gjer ser ein ikkje i terrengprofilet, men har utslag for utløpslengda for snøskred. Sjå figur 5.4 for korleis fonna gjer ein sving mot sør rett ovanfor tregrensa. Eidsvatnet ligg 425 mo.h.

## 5.3 Strakfonna



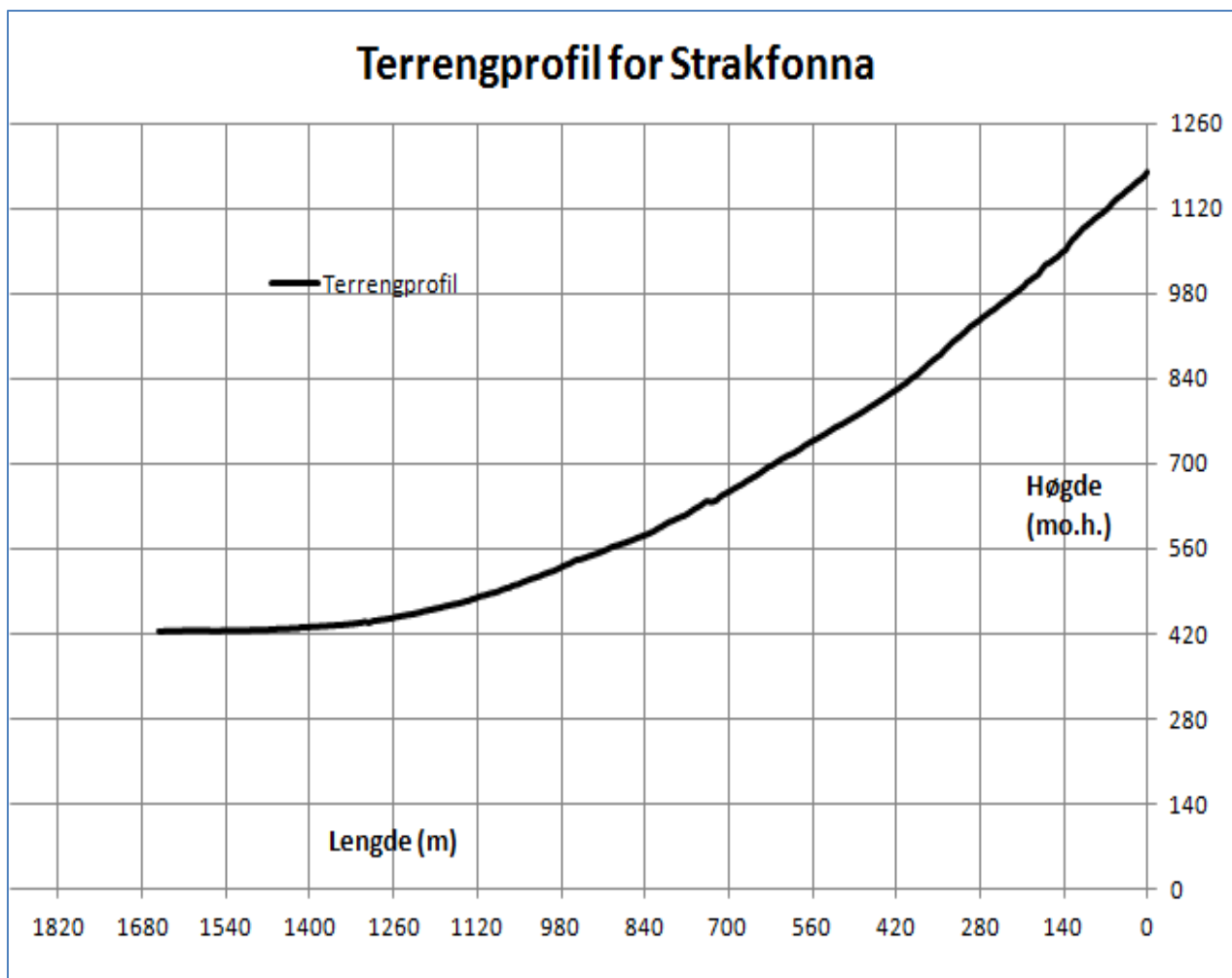
Figur 5.7 Biletet til venstre er teke nedover Strakfonna frå høgt oppunder Skårane. Fylkesveg 63 kan skimtast i bakgrunnen, den er om lag 5,5 meter brei. Strakfonna sitt løp er om lag 4 meter breitt og 1,5 meter djupt. Biletet til høgre er eit oversiktbilete som syner med raud markering kvar biletet til venstre er teke. Bilete Tor Ivar Birkeland

### 5.3.1 Skildring

Denne fonna går mellom Krokutgjelet og Hamrebakkfonna. Ved høgde 700 m.o.h. går denne fonna i lag med Krokutgjelet og Hamrebakkfonna og dannar ei felles kolluvial vifte. Dette er ei fonn med mindre laterale avgrensingar. Fonna startar høgt oppunder Skårane og har ei horisontal lengd på 1000 meter frå losne- til starten av utløpsområde. Den vertikale høgdeskilnaden er 700 meter og den gjennomsnittlege hellinga er på 35°. Fonna går forholdsvis beint på fallretninga, sjå figur 5.7 for bilete og 5.8 for terrengprofil.

### 5.3.2 Historisk informasjon

Av Harald Indreeide (2013) har eg fått vita om Strakfonna: *fonna går ofte (nesten kvart år) inn på beitet og øydelegg gjerdestolpar. Skredet kjem oftast som smale tunger.*



Figur 5.8 Terrengprofil som strekkjer seg frå losne- til starten av utløpsområdet for Strakfonna. Denne fonna går forholdsvis rett på fallretninga utan store laterale utslag. Eidsvatnet ligg 425 mo.h.



## 5.4 Hamrebakkfonna



Figur 5.9 Biletet til venstre er teke oppover Hamrebakkfonna. Målestokken på biletet er 1 meter. På biletet til høgre kan fylkesveg 63 skimast med breidde på om lag 5,5 meter. Dimensjonane på Hamrebakkfonna er mindre enn Krokutgjelet og fonnløpet er om lag 7 meter breitt og 10 meter djupt. Biletet til høgre syner med raud markering kvar biletet til venstre er teke. Bilete Tor Ivar Birkeland

### 5.4.1 Skildring

Hamrebakkfonna byrjar høgt oppunder Skårane. Fonna har ei horisontal lengd på 1400 meter frå losne- til starten av utløpsområdet, og med høgdeforskjell kring 1000 meter. Dette gjev ei gjennomsnittleg helling på  $36^\circ$ . Di lengre oppunder Skårane ein kjem, di brattare vert terrenget. Øvst er terrenget tilnærma vertikalt. Hamrebakkfonna og Krokutgjelet går i lag ved høgde 700 m.o.h. og dannar ei felles kolluvial vifte. Eit særtrekk ved Hamrebakkfonna er at den fylgjer ei mykje beinare linje enn Krokutgjelet. Sjå figur 5.9 for bilete og figur 5.10 for terrengprofil.

### 5.4.2 Historisk informasjon

I avisa Sunnmøringen 23. april 1949 står det fylgjande om Hamarbakkfonna: *Denne fonn ligger rett overfor gården Indreeide på østsiden av dalen. Fonna er årvisst d. v. s. den går hvert år. Der går et smalt gyl oppover, og når dette driver fullt av sne og det blir hart, er det farlig for fonn. Kommer det så et stort snefall, kan man være omtrent sikker på at fonna vil gå. Den går ofte et godt stykke ned over innmarken. Fonna begynner som regel oppe under selve bratte fjellet ca. 800 m. oppe. Ca. 400*

*m. nedover er det temmelig bratt, omkring 45 gr, lengre nedover er det litt flatare ca. 30 gr. Denne fonn ser ut til å kunne stoppes. For lengre tid siden har det gått vass-svor heilt ned til elven.*

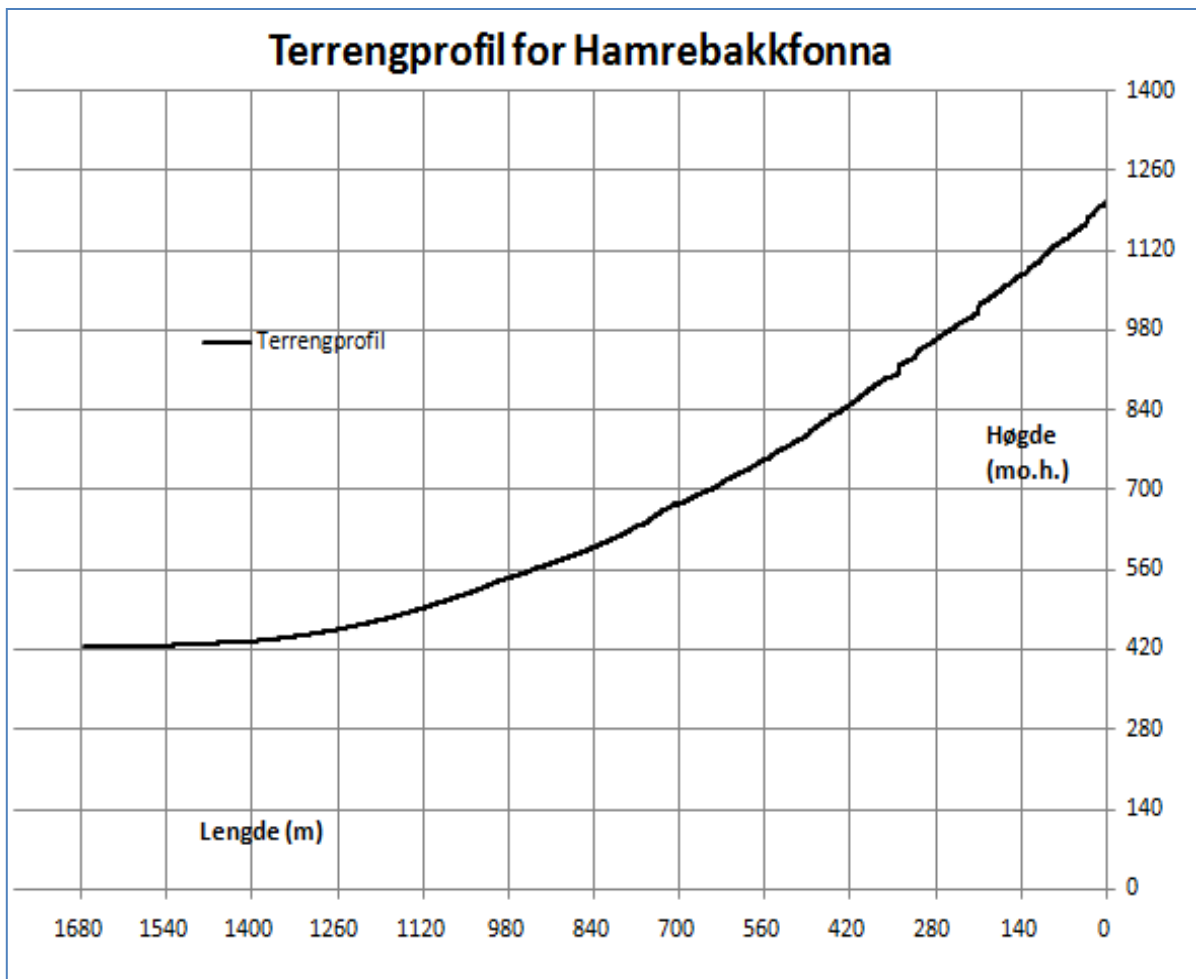
Frå skred- og lokalhistorikar Astor Furseth sine egne notat har eg fått vita fylgjande om Hamrebakkfonna: *Hamarbakkfonna går ned frå foten av Skårane og nedover Indreidsbøane og går av og til nedtil veggen og det har hendt at ho har gått nedtil vatnet. I februar 1679 tok denne fonna ut Indreeide. Den gongen stod husa på flata nord for elva. Siste gongen denne fonna gjekk stor var vinteren 1923. Ho gjekk då nesten nedtil nyvegen.*

Frå skredet i 1679 fekk eg fylgjande informasjon frå Astor Furseth:

*16.02.1679*

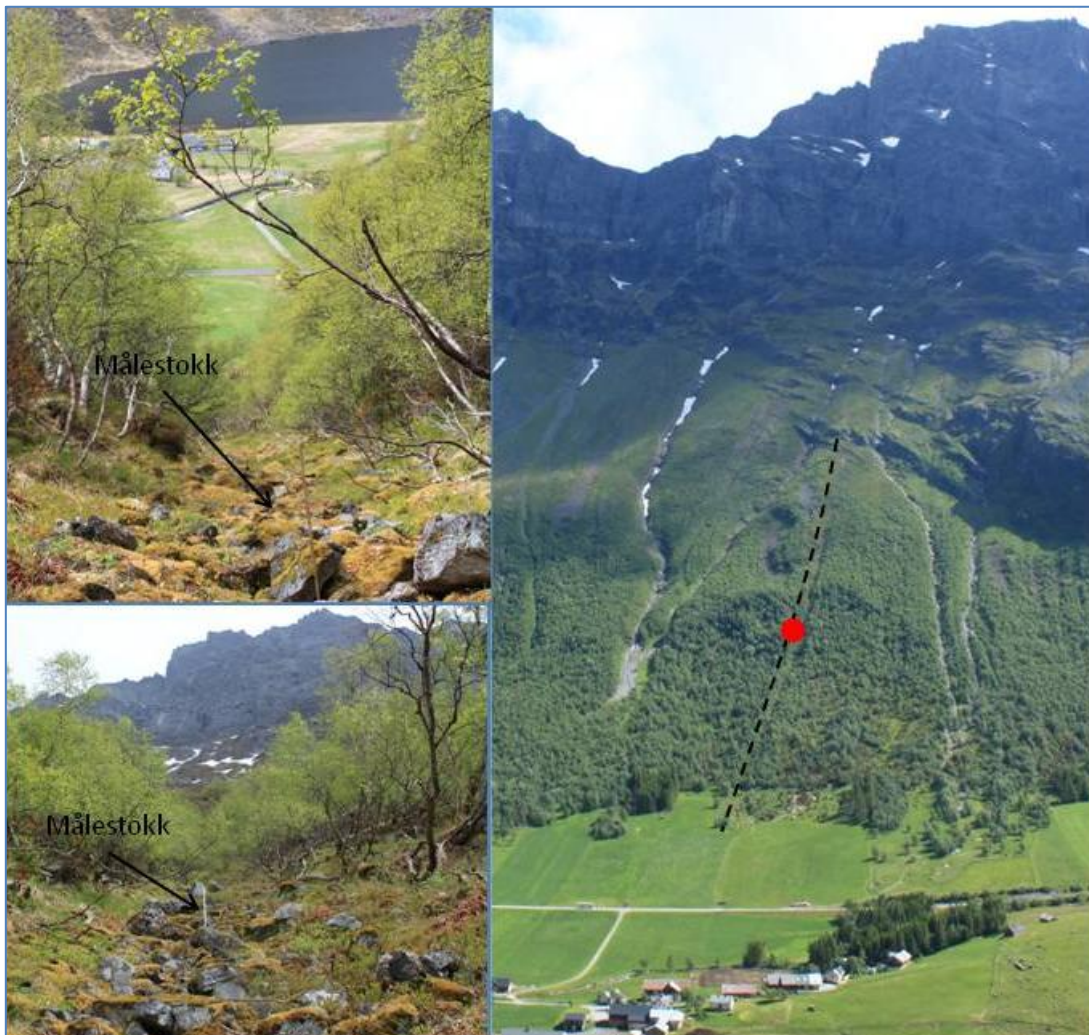
*Norddal. Indreeide gnr. 64 låg den gongen rett under Skorene (1789m) på austsida av Eidsvatnet, og ligg no sør for vatnet. Det store skadeåret. Natt til 6. februar (dvs. den 16. etter vår gregorianske kalender), etter samanhengande snævær og storm frå nordvest, laga det seg store skavlar som utløyste veldige ras. Berre i Norddal gjekk med minst 70 liv og minst 20 gardar vart skadde. Også mange skred i Sunnylvn og elles på Sunnmøre. I alt miste minst 130 menneske liv denne natta på Sunnmøre. På garden Indreeide med fire bruk gjorde snøskredet Hamarbakkfonna stor skade, men skadeomfanget her er ukjent, også storleiken på skyldreduksjonen. Hamarbakkfonna går ned foten av Skårane og nedover Indreidsbøane, av og til heilt ned til veggen og Eidsvatnet (425m). Den gongen stod husa på flata nord for elva. Husa på garden skal ha blitt tekne, og fleire må ha late liv. Det finst ikkje opplysningar om tal på omkomme (ca8?), men det var truleg mange, for ein veit at i Eidsdalsområdet miste til saman 32 menneske livet.*

Frå Harald Indreeide (2013), fekk eg vita fylgjande om Hamrebakkfonna: *Fonna går som regel inn på beitet kvart år. Er eit problem at den øydelegg gjerdestolpane.*



Figur 5.10 Terrengprofil som strekkjer seg frå losne til utløpsområdet for Hamrebakkfonna. Laterale utslag ser ein ikkje i terrengprofilet. Sjå figur 5.9 for korleis Hamrebakkfonna gradvis dreier mot nord. Eidsvatnet ligg 425 mo.h.

## 5.5 Grindbyggfonna



Figur 5.11 Bileta til venstre, det øvste er teke nedover medan det nedste er teke oppover. Målestokken på biletet er 1 meter. Markering med raudt på det høgje biletet syner kvar bileta til venstre er tekne. Grindbyggfonna sitt løp er om lag 5 meter breitt og 2 meter djupt. Bilete Tor Ivar Birkeland

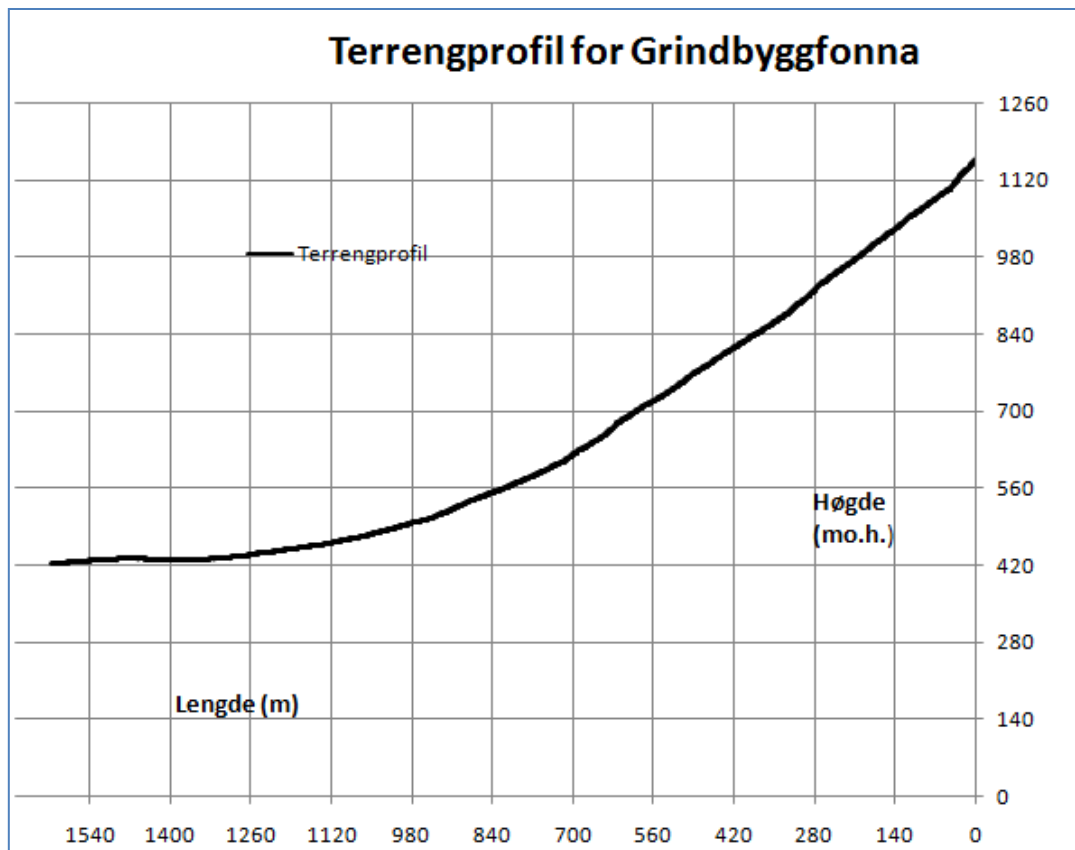
### 5.5.1 Skildring

Fonna går rett opp frå grindbygget til Harald Indreeide, opp mellom Hamrebakk og Leitefonna nord. Dette er ei fonna med mindre laterale avgrensingar. Den har ei horisontal lengd på 800 meter og ein høgdeforskjell på 500 meter frå losne- til starten av utløpsområdet. Dette gjev ei gjennomsnittleg helling på 32°. Di lengre opp ein kjem, di brattare vert det, øvst er hellinga om lag 40°. Sjå figur 5.11 for bilete og figur 5.12 for terrengprofil.

### 5.5.2 Historisk informasjon

Av Harald Indreeide (2013) har eg fått vita fylgjande om denne fonna: *Fonna går ofte nesten kvart år, men plar å stoppe på beitet. Sjeldan den har gått lengre.*





Figur 5.12 Terrengprofil som strekkjer seg frå losne til starten av utløpsområdet for Grindbyggfonna. Denne fonna går forholdsvis rett på fallretninga utan store laterale utslag. Eidsvatnet ligg 425 mo.h.

## 5.6 Leitefonna nord



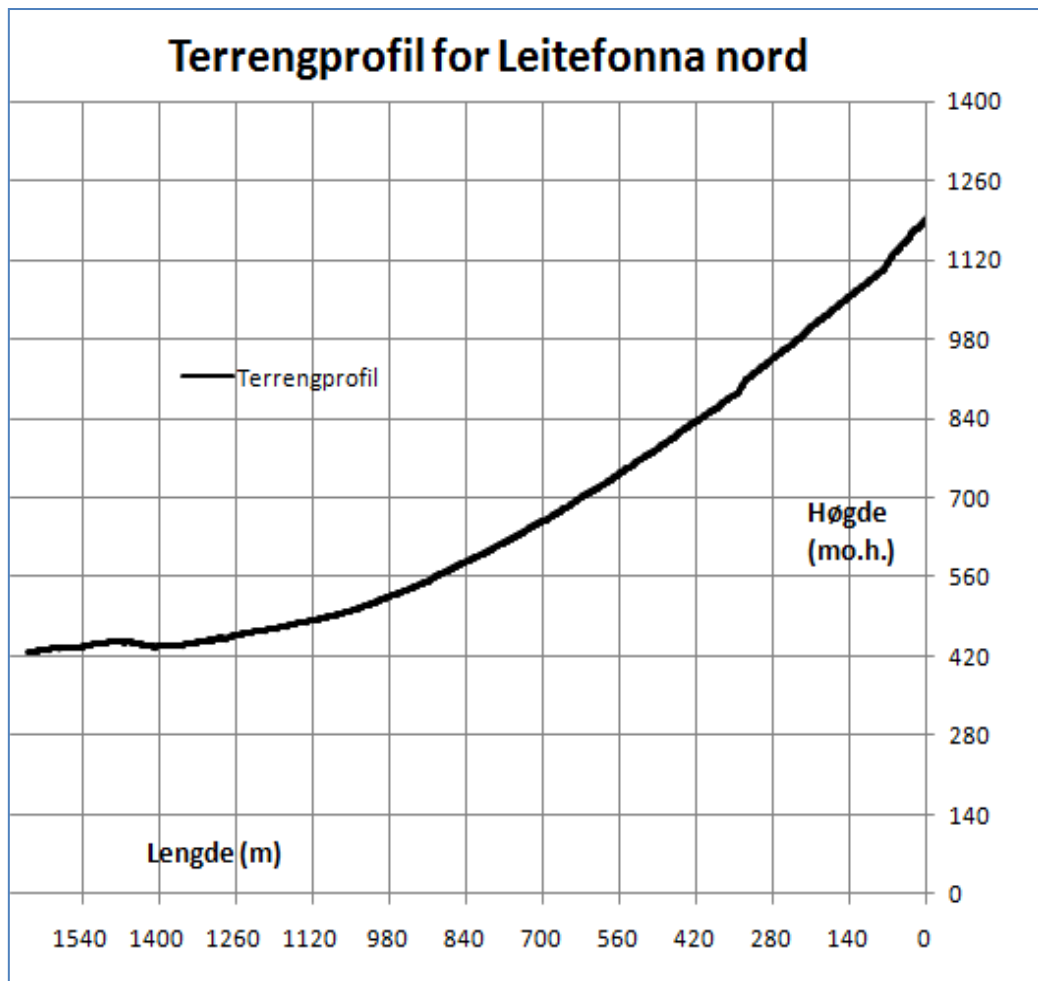
Figur 5.13 Biletet til venstre er teke oppover Leitefonna nord. Fonnløpet er om lag 3 meter breitt og 2 meter djupt. Målestokken på biletet er 1 meter. Biletet til høgre syner med raud markering kvar biletet til venstre er teke. Bilete Tor Ivar Birkeland

### 5.6.1 Skildring

Dette er den nordlegaste fonna på Leitet, som området vert omtala av dei lokale. Fonna startar høgt oppunder Skårane og har ei horisontal lengd på 1000 meter frå losne- til starten av utløpsområdet. Den vertikale høgdeforskjellen er 800 meter, og den gjennomsnittlege hellinga er 38°. Terrenget vert gradvis brattare di lengre opp ein kjem, øvst er hellinga kring 40°. Sjå figur 5.13 for bilete og figur 5.14 for terrengprofil.

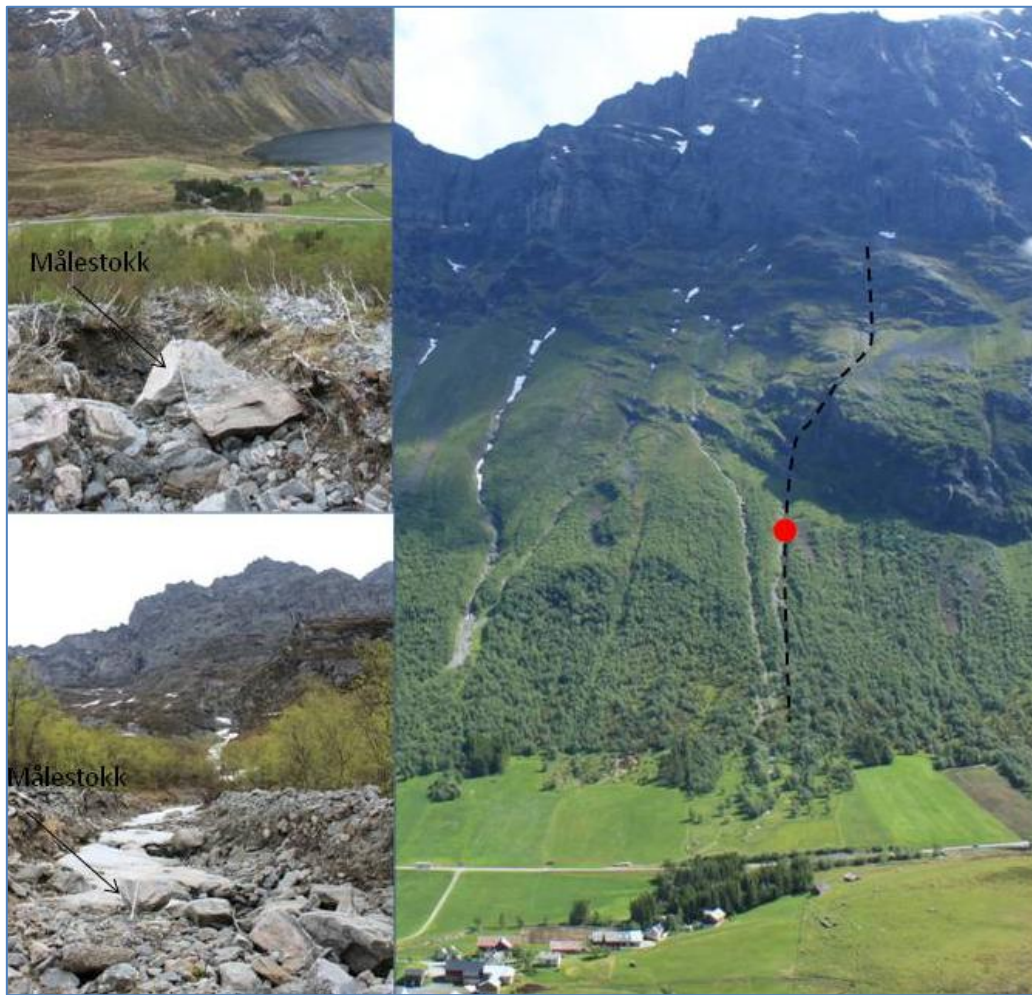
### 5.6.2 Historisk informasjon

Harald Indreeide (2013) seier fylgjande om Leitefonna nord: *I 2008 gjekk det eit stort, vått lausmasseskred frå Skårane. Skredet var på om lag 10 000 m<sup>3</sup> og gjekk heilt ned til nyevegen. Skredet dekkja innmarka fullstendig, dei fekk 70 000 kroner i erstatning. Skredet vart utløyst av store nedbørsmengder.* Frå Leitefonna nord går det også snøskred, men utløpslengda når som oftast ikkje lengre enn til innmarka. Lausmasseskreda er som regel det største problemet.



Figur 5.14 Terrengprofil som strekkjer seg frå losne til starten av utløpsområdet for Leitefonna nord. Laterale utslag ser ein ikkje i terrengprofilet. Sjå figur 5.13 for korleis Leitefonna nord svingar mot sør før den på nytt går rett på fallretinga. Eidsvatnet ligg 425 m.o.h.

## 5.7 Leitefonna sør



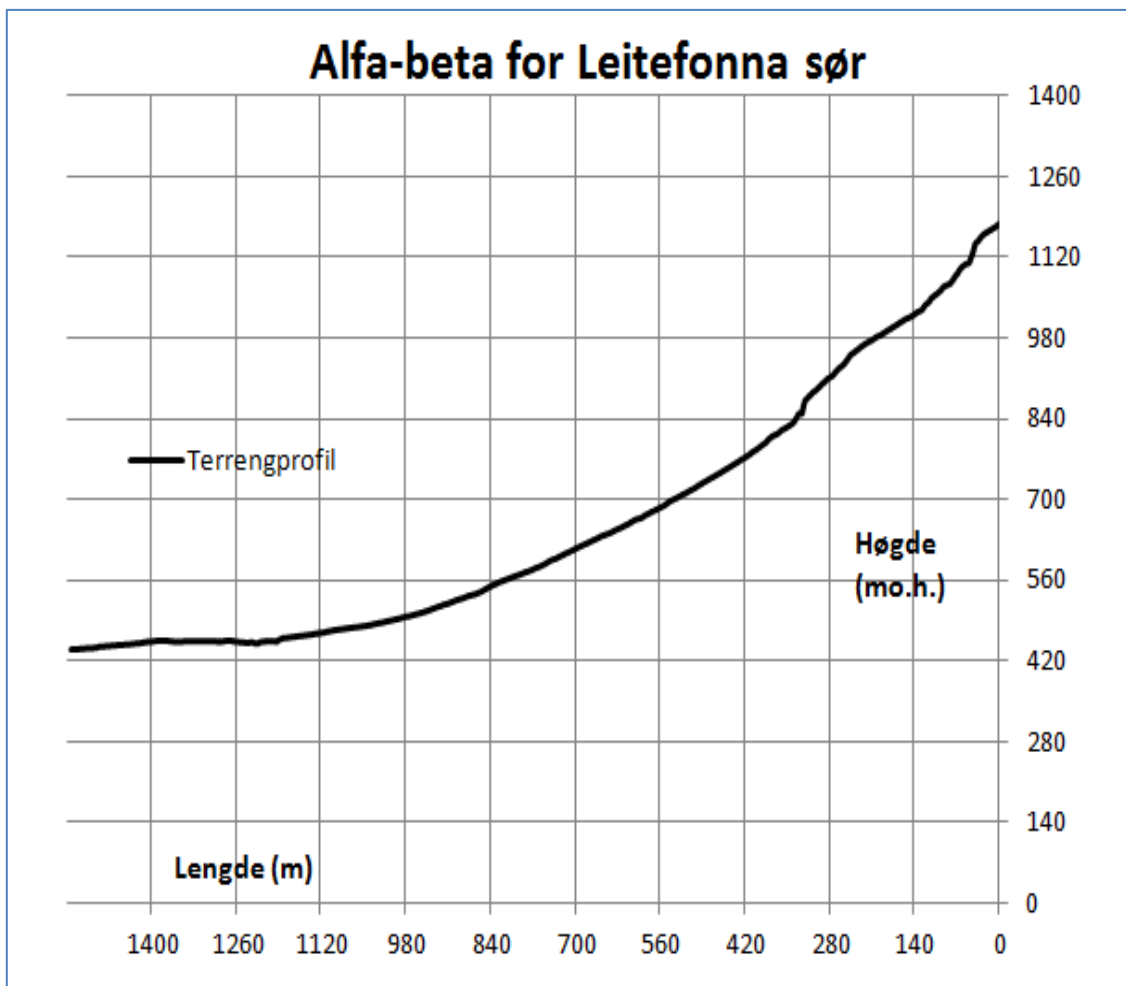
Figur 5.15 Bileta til venstre er teke ned og opp Leitefonna syd. Dette fonnløpet er om lag 3 meter breitt og 2 meter djupt. Målestokken på biletet er 1 meter lang. Biletet til høgre syner med raud markering kvar biletet til venstre er teke. Bilete Tor Ivar Birkeland

### 5.7.1 Skildring

Dette er den sørlegaste fonna som kan nå Indreeide. Leitefonna sør startar i ein botn høgt oppunder Skårane. Fonna har ei horisontal lengd på om lag 1000 meter med ein vertikal høgdeforskjell på 700 meter frå losne- til starten av utløpsområdet. Dette gjev ei gjennomsnittleg helling på 35°. Di lengre opp ein kjem, di brattare vert terrenget. Øvst er hellinga nær 40°. Leitefonna sør danner ei felles kolluvial vifte med Leitefonna nord. Sjå figur 5.15 for bilete og figur 5.16 for terrengprofil.

### 5.7.2 Historisk informasjon

Harald Indreeide (2013) fortel fylgjande om Leitefonna sør: *Frå denne fonna går det hovudsakleg våte lausmasseskred, men snøskred førekjem og. Han kan ikkje hugsa at det har gått større snøskred som har kryssa vegen her ,men det hender dei kjem inn på beitet og øydelegg garden (gjerdet).*



Figur 5.16 Terrengprofil som strekkjer seg frå losne til utløpsområdet for Leitefonna sør. Laterale utslag ser ein ikkje i terrengprofilet. Sjå figur 5.15 for korleis Leitefonna sør svingar mot nord før den på nytt går rett på fallretinga. Eidsvatnet ligg 425 mo.h.

## 5.8 Kjelder som ikkje er knytt opp mot enkeltfønner

Av Astor Furseth (2012) har eg fått vita at Indreeide har vorte teke av skred fleire gonger, den fyrste gongen var i 1679, då kom skredet frå Hamrebakkfonna. Den andre gongen var i 1699. Om denne hendinga fekk eg oversendt følgjande:

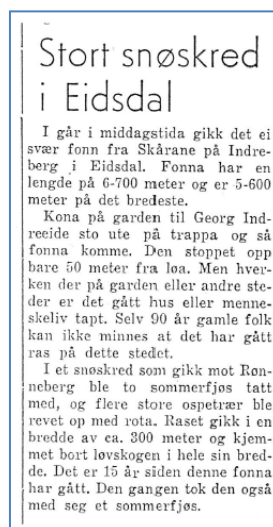
*Norrdal 1699. Dette året gjekk det snøskred frå fjellet Skorene på Eide og Indreeide: Om begge desse gardane står det berre at <<ljop dei ut>>. Det tyder vanlegvis at både husa og folket(og dyra) vart råka. Det er uklart om der var omkomne, men det er mest truleg (omkomne stip. 3). Husa stod den gongen søraust for Eidshaugen(<<oppi Sunda>>), men tuna vart etter dette delte, flytta nord og sør for Eidsvatnet.*

Frå Norrdal kommune har eg fått tak i ein rapport skriven av dåverande fylkesgeolog Einar Anda. Rapporten er skriven for utgreiing av skredfare for eit hyttefelt i nordenden av Eidsvatnet. Her står det følgjande: *Nord og sør for nemnde fjellrygg (700-800 mo.h.) kan det gå snøskred ned til Eidsvatnet (Anda, 2002). Sør for nemnde fjellrygg (700-800 mo.h.) meiner Einar Anda at det kan gå snøskred ned til Eidsvatnet på Indreeide.*

Av Harald Indreeide (2013) fekk eg vita at Einar Anda har tilrådd at det ikkje vert bygd hus på flata sør for Indreeide. Eg har vore i kontakt med Einar Anda, Norrdal kommune og Møre og Romsdal fylkeskommune med førespurnad om denne rapporten, men diverre utan å lukkast.

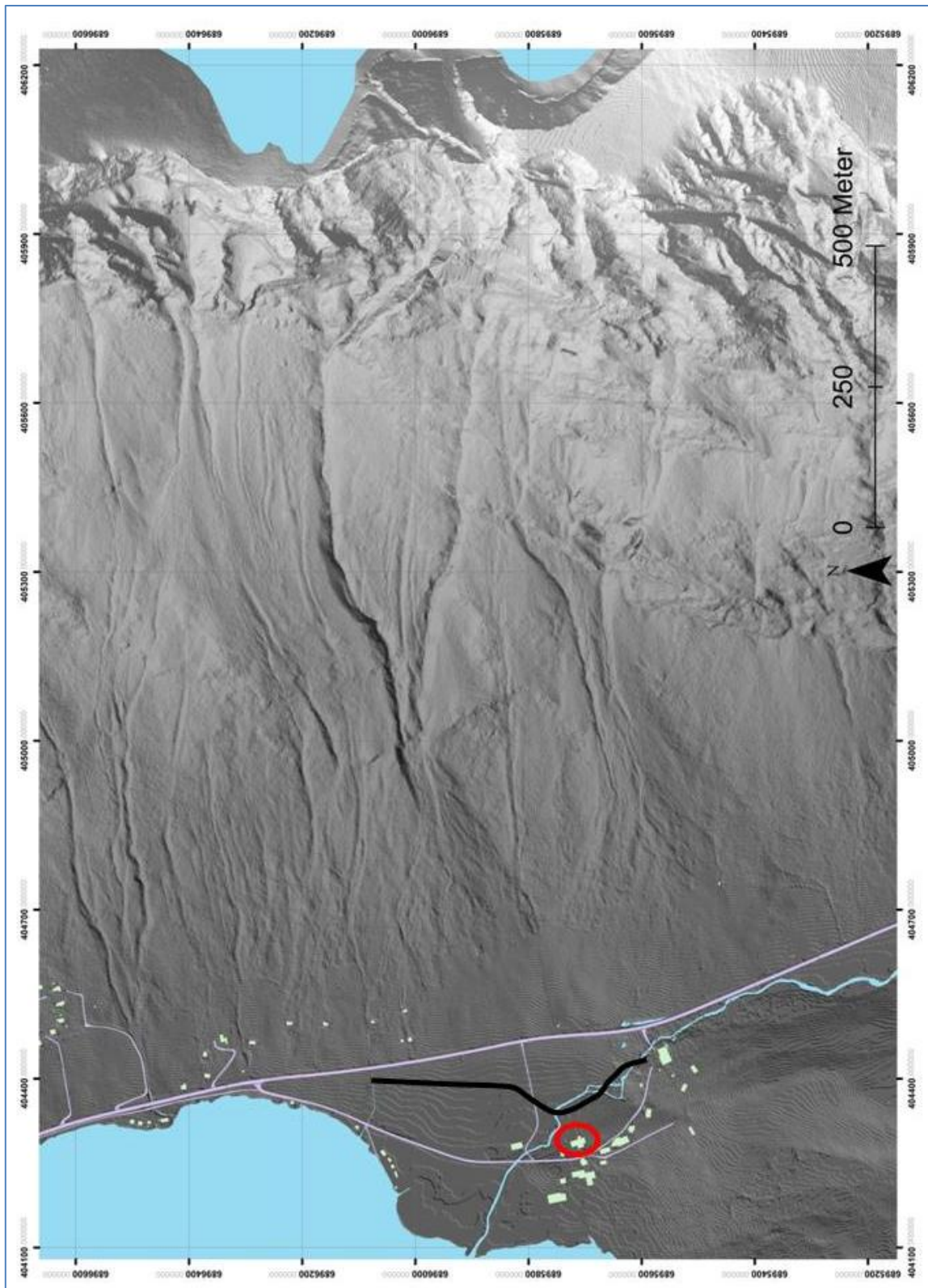
Harald Indreeide (2013) kan vidare fortelja: *5. mars 1956 gjekk eit stort snøskred som stogga 50 meter frå floren, skredet var om lag 100 meter breitt når det stogga. Kvar skredet starta er noko uvisst, men ein stad mellom Strakfonna og Leitefonna sør. Det var som om heile fjellsida rakna samtidig. Vinteren 1955/56 vart hugsa som særst snørik med vind frå sør- sørvest.*

Avisa Sunnmørsposten hadde følgjande oppslag 6. mars 1956, sjå figur 5.17.



Figur 5.17. 6. mars 1956 stod dette notatet på trykk i Sunnmørsposten (Sunnmørsposten, 1956) .



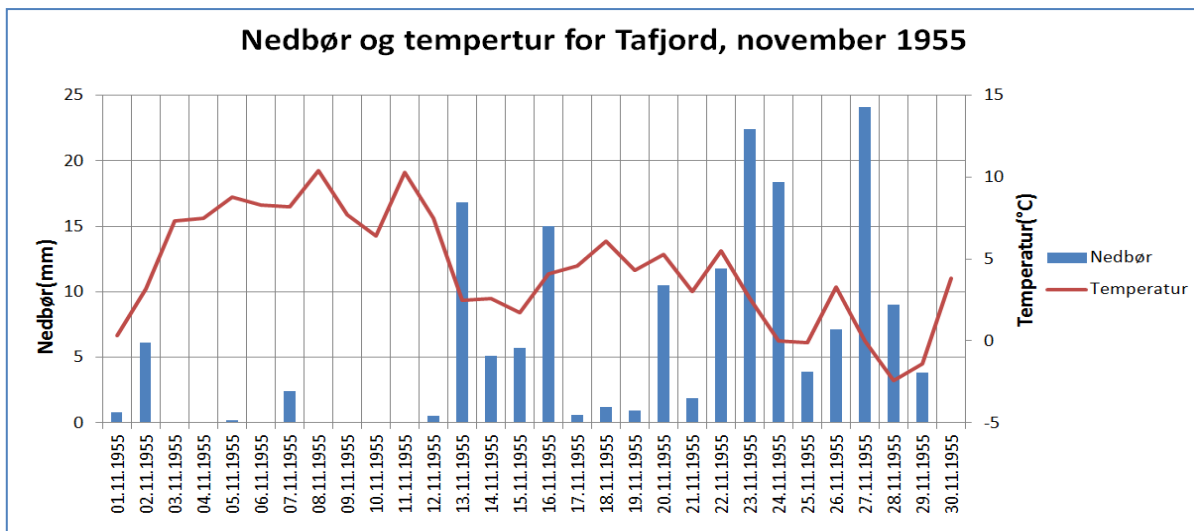


Figur 5.18 Rekonstruksjon av fonn frå Skårane, 5. mars 1956. Fonna har ei breidde på 5-600 meter og lengde på 6-700 meter. Fonna stoppa om lag 50 meter frå løa til Georg Indreeide, her markert med raud sirkel.

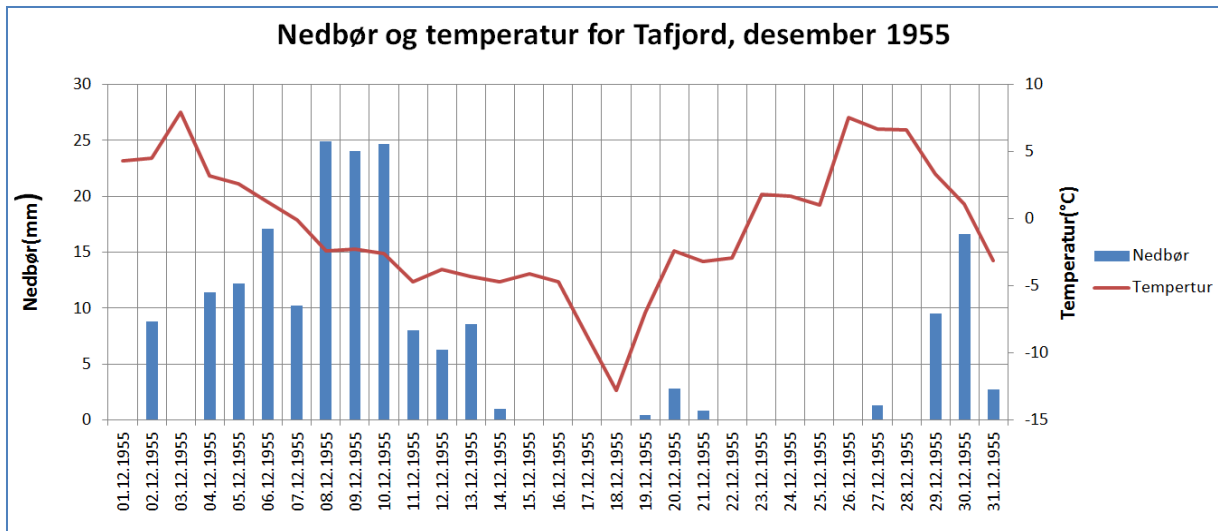


### 5.8.1 Vêrdata vinteren 1955/56

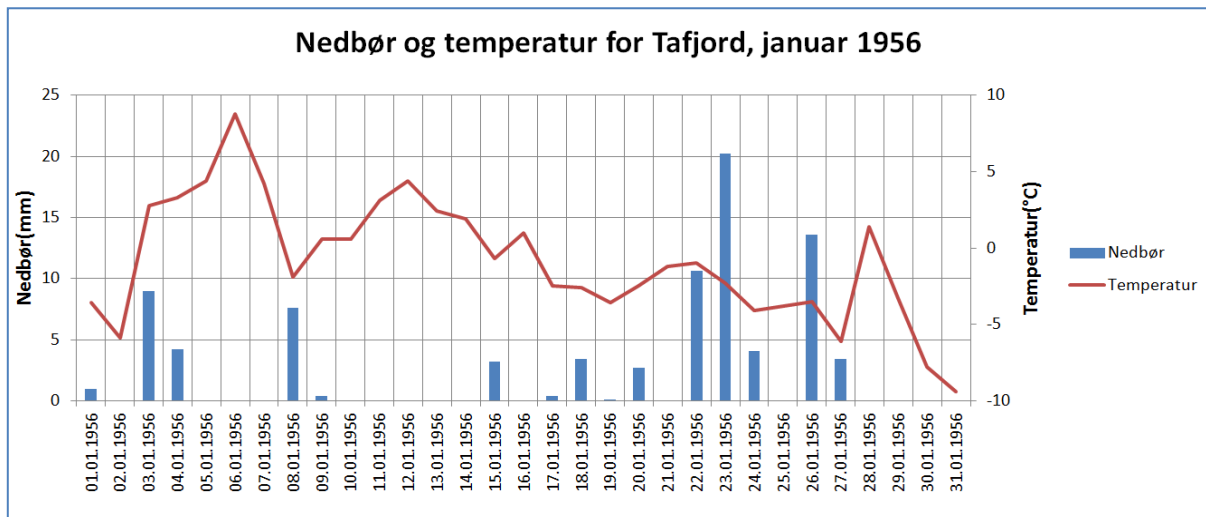
Ved alvorlege skredhendingar er det viktig å dokumentera kva vêrforhold som då rådde. For snøskred er det som regel ein direkte samanheng mellom temperatur, nedbør og skredutløysing (McClung og Schaerer, 2006). Temperatur gjennom vinteren er avgjerande for danning av svake lag, medan pålagring av snø frå nedbør eller vind fører til overbelastning av det svake laget. Difor er det interessant å sjå på nedbør og temperatur for vinteren 1955/56, som forårsaka eit av dei største snøskreda på Indreeide i nyare tid. Ei av utfordringane er tilgangen på gode vêrdata frå området. Vêrstasjon i Norddal har ikkje registrert temperatur for denne vinteren. Grønningen vart fyrst oppretta i 1973 og for Geiranger fanst det ikkje vêrdata gjennom klima. Beste måleserie med nedbør og tempertur er difor henta frå Tafjord, sjå figur 5.19, 5.20, 5.21 og 5.22. Ei utfordring med desse vêrdata er at dei ikkje direkte kan korrelerast til Indreeide, fordi Tafjord ligg ved fjorden, medan Indreeide ligg kring 420 mo.h. Den geografiske avstanden kombinert med store dalar, vil skapa store lokale variasjonar i nedbørsmønster.



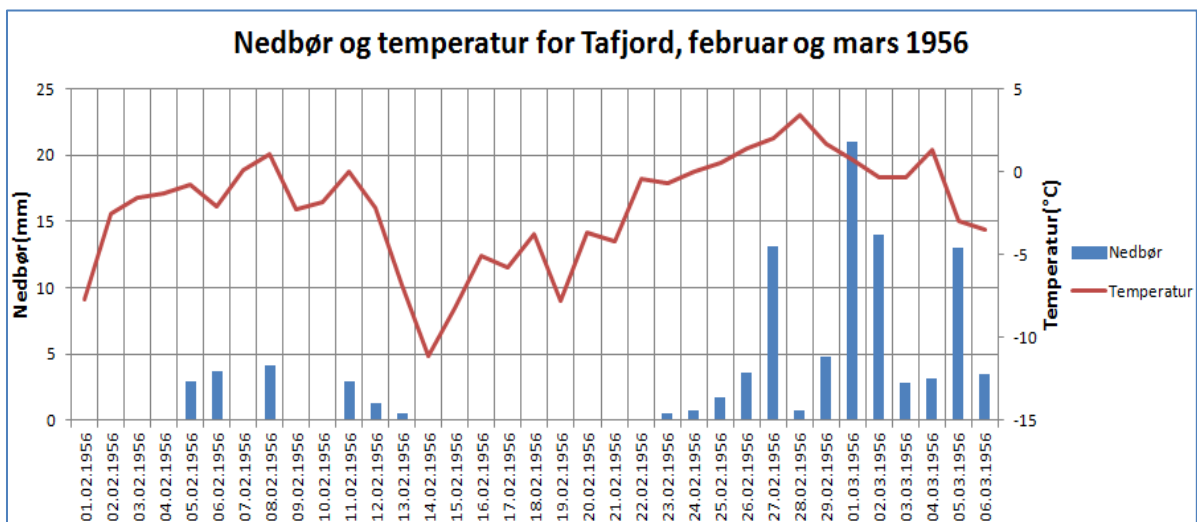
Figur 5.19 Vêrdata for Tafjord målestasjon, november 1955 (eklima, 2013).



Figur 5.20 Vêrdata for Tafjord målestasjon, desember 1955 (eklima, 2013).



Figur 5.21 Vêrdata for Tafjord målestasjon, januar 1956 (eklima, 2013).



Figur 5.22 Vêrdata for Tafjord målestasjon, februar og byrjinga av mars 1956 (eklima, 2013).

Skredet på Indreeide gjekk ved middagstider 5. mars 1956 (Sunnmørsposten, 1956). Perioden frå 11. til 23. februar viser at temperaturen i Tafjord var heilt ned mot  $-10^{\circ}\text{C}$ . Tek ein omsyn til lokale skilnader kan det ha vore riktig kaldt på Indreeide. Kalde periodar har ein tendens til å danna svake lag. Om det svake laget er årsaka til dette skredet er vanskeleg å seia. Frå 27. februar til 5. mars kom 72 mm nedbør (eklima, 2013). Gjennom eklima, (2013) finn ein tilgjengelege vindmålingar frå Tafjord målestasjon, stasjonen fortel om vind frå nord, men vindstyrken manglar. Det er viktig å vera klar over dei store lokale variasjonane i vindretning og nedbør, grunna topografi. I tillegg er det markant høgdeskilnad frå Tafjord til losneområda ovanfor Indreeide. For Norddal og Grønningen målestasjon finst det tilgjengeleg snømålingar, sjå figur 3.7. Figuren syner at vinteren 1955/56 var for området den mest snørike i ein ti- års periode frå 1947 til 1956.

## Fonnfåren i fjordane.



Skisse synar desse fonnane rekna frå Eide:

- Hagardagylfonna.
- Sammarfjofonna.
- Kroketagylfonna.
- Hamrebakkfonna.
- Breiskredfonna.
- Oppskredfonna.

### I EIDSDALEN: BREISKREDFONNA

Breiskredfonna liggjer ca. 2 km. framme for Indreide gård i Indreiddalen i Norddal herred. Den kjemmer frå vestligre side og begynner på slett fjell ca. 600-700 m. over dalbunnen.

Fjellet har her en helling overst på ca. 60 gr. i et par hundrede meters lengde. Nedenfor det

te parti er det jordhel mark, og hellingen er her omkring 30 gr.

Øverst har fonna en bredde av knapt 100 m., nederst blir den bredere så der viser spor etter fonnen på skogen i 150-200 m. bredde.

Fonna går over den tidligere planlagte og synbare vei gjennom dalen, og oppsitterne på Indreide påstår at den også vil komme til

å gå over den nye planlagte vei. Telefon og telegraflinjen som står på venstre side av elven er godt avstøttet mot fonnen, og oppsitterne på Indreide opplyser at «fonnrunnen» (støen fra fonnen) har ligget nakt opp i telegrafstolpene. Oppsitterne opplyser videre, at ved å legge veien på andre siden av elven (østsiden) vilde veien ingen særlig fare ha av fonnen.

Fonna synes ikke å ha gått siste vinter (1936). Dog opplyses det at den gikk forrige vinter (1935). Det ligger en masse grus og stein nede i dalbunnen. Skogen er vekkefriet. Bare nede i dalbunnen står endel bjørk, som bærer tydelig merke etter fonnen.

### OPPSKREDFONNA

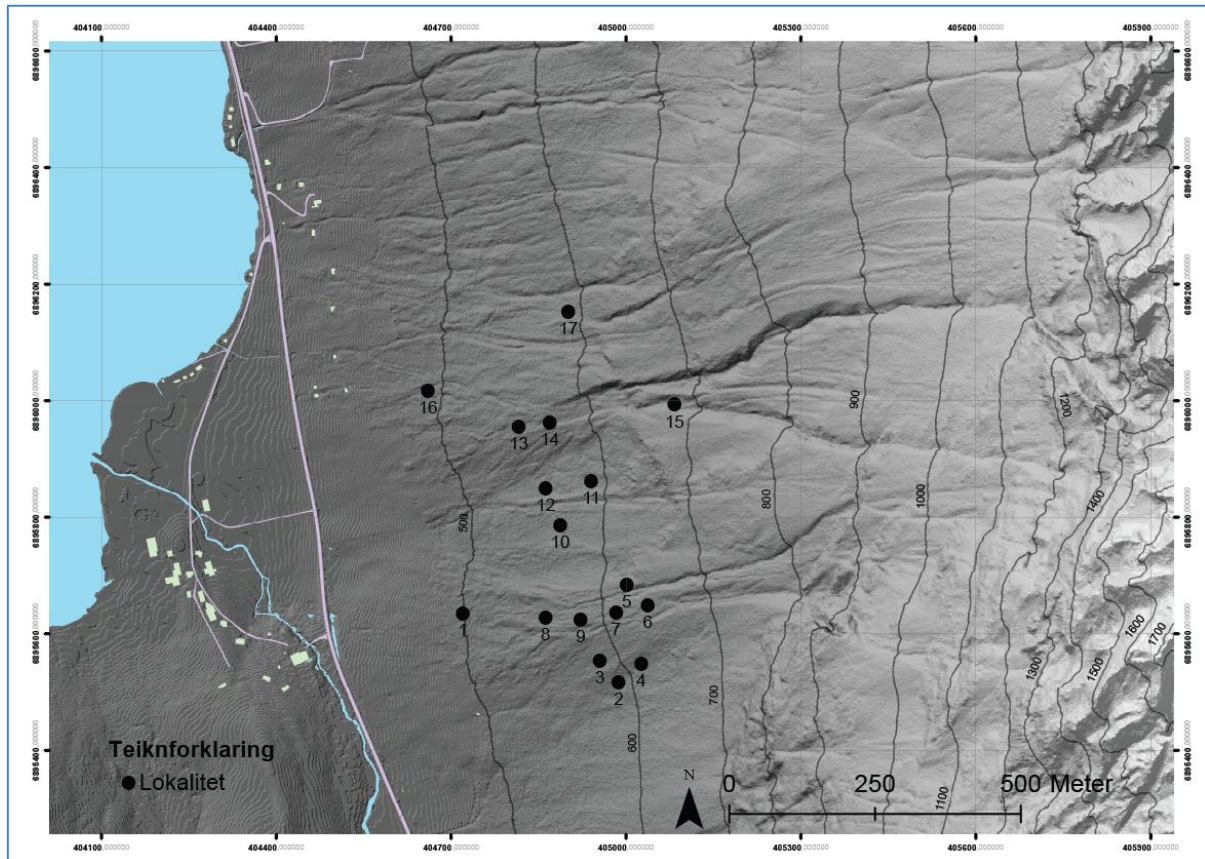
Oppskredfonna ligger i den indre del av Indreiddalen ved grensen mot Geiranger. Denne fonna kommer nedover en dalligende senkning hvor der også går en liten elv. Fonna er på vestsiden av dalen. Denne dalenkning er knapt 100 m. bred, og har en lengde av ca. 1000 m. Indreidalselva er her meget smal og fonnen går ned til elven, som ligger ved foten av den søtlige fjellens Fonna «stekke» (lusner) øppe i Indreidshov et ca. 1000 m. over dalbunnen. Øverste partiet kalles «Storskreen», mens det lenger nede kalles «Kviltoltane».

Det er som regel i nordvestlig retning at sneen leg er sig der opp, og den går da særlig som kram- (Framhald siste steds.)

Figur 5.23 Avisen Sunnmøringen hadde 23 april 1949 ein artikkel om skredfaren i området mellom Geirangerfjorden og Norddalsfjorden. Kartet i artikkelen syner plassering av dei ulike fonnene i området mellom Geirangerfjorden og Norddalsfjorden (Sunnmøringen, 1949).

## 6 Kvartærgeologisk kartlegging

Den kvartærgeologiske kartlegginga vart utført 27. og 28. mai, samt 27. og 28. juni 2013. Harald Indreeide, fastbuande på staden, var med som kjentmann på delar av synfaringa i mai 2013. Under synfaringa 27. juni deltok Atle Nesje. Terrenget er svært bratt, ulendt og vanskeleg å ferdast i. Ved å klatra så høgt opp som mogeleg vart terrenget synfart frå motsett dalside. Terrenngmodell med svært god oppløysing var også til hjelp under kartlegginga. Sjå figur 6.1 for lokalitetskart og figur 6.21 side 81 for kvartærgeologisk kart.



Figur 6.1 Plassering av lokalitetar i lia under Skårane. Ekvidistansen på kartet er 100 meter. Det er verd å leggja merke til at terrenget er svært bratt og lite framkomeleg.



## 6.1 Lokaltetar

Området ovanfor Indreeide er beskrevet med 17 forskjellige lokaliteter som syner avsetjingar frå ulike aktive prosessar i området. Samanstilling av lokalitetane er gjort til slutt i kapittelet.

Lokalitet 1

UTM: 0404720

6895635

500 mo.h.

*Skildring:* På denne staden liknar overflata på tunger som breiar seg ut nedover terrenget. Overflateforma er 4 meter brei og 1,5 meter høg, og består av kornstorleik blokk opptil 1,5X0,5X0,5 meter. I området rundt kan ein sjå fleire tilsvarande tunger.

*Tolking:* Denne landforma tolkar eg til å vera ei frontal avsetjing frå eit lausmasseskred. Den frontale avsetjinga også kalla lobe, syner utløpslengda der skredmassane fall til ro. Tilsvarande landformer i terrenget viser at dette er eit område prega av avsetjingar frå lausmasseskred, sjå figur 6.2.



Figur 6.2 Frontal lobe som syner utløpslengda til eit lausmasseskred frå Leitefonna nord. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland



## Lokalitet 2

UTM: 0404987

6895516

590 mo.h.

*Skildring:* Denne lokaliteten syner grov, skada bjørkeskog. Trea er om lag 20 til 30 cm i diameter og kring 10 meter høge. Legg merke til at trea gjer ein sving nedst før dei vert beinare oppover. Midt i biletet kan ein sjå fleire tre som er knekte til bakken, frå desse veks det greiner vertikalt mot himmelen.

*Tolking:* Skadane på bjørkeskogen tolkar eg til å vera påførde av skred og sig i grunnen. Tre vil prøva veksa mest mogeleg vertikalt. Er det rørsle i grunnen vil dei måtte rette seg inn på nytt, og dei får difor ein krokete utsjånad. Trea som kan skimtast midt i biletet kan vera knekte ned av snøskred eller vind. Greinene som veks opp frå det nedknekte treet, kan seia kva tid hendinga fann stad, sjå figur 6.3.



**Figur 6.3** Skada bjørkeskog. Legg merke til at trea veks skrådd oppover, dette skuldast rørsle i grunnen. Midt i biletet kan ein skimta fleire nedknekte tre, det kjem truleg av snøskred eller kraftig vind. Tjukklikeken på greinene som veks opp frå treet, kan seia kva tid hendinga fann stad. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland

Lokalitet 3

UTM: 0404955

6895553

580 mo.h.

Skildring: Denne lokaliteten syner ei blokk som ligg oppå ei større blokk, den øvste blokka er om lag 0,3x0,15x0,15 meter. Lokaliteten syner også skada bjørkeskog.

Tolking: Avsetjinga med blokk på blokk tolkar eg til å stamma frå snøskred. Skredet eroderer mot underlaget og kan på den måten plukka opp lausmassar. Når snømassane fell til ro, kan blokker smelta ut oppå andre og ein får denne avsetjinga. Området er generelt prega av fleire knekte og flattrykte tre, det viser at området har vore råka av snøskred. Den nære plasseringa til det aktive løpet til Leitefonna sør, kan stadfesta denne mistanken, sjå figur 6.4.



**Figur 6.4** Biletet til venstre syner biletet til høgre framfor. Denne avsetjinga tolkar eg til å stamma frå snøskred. Det generelle preget på området kan underbyggja denne teorien. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter.  
Bilete Tor Ivar Birkeland



Lokalitet 4

UTM: 0405026

6895548

610 mo.h.

Skildring: Denne staden syner ei fersk blokk på 1,60x0,8x0,7 meter. Blokka står lent opptil eit uskadd tre, den syner fleire lyse sider. Området elles har store skadar på bjørkeskogen.

Tolking: Denne blokka kan stamma frå fleire prosessar, eg tenkjer då på snøskred eller steinsprang. Området ber preg av at det er snakk om ei enkelt blokk, då det ikkje er fleire tilsvarande blokker å sjå her. Vegetasjonen viser ikkje far etter blokka, den står lent opptil eit uskadd tre som ikkje er spesielt kraftig. Difor antek eg til at blokka kjem frå eit nyare snøskred, skredet må vera yngre enn bjørka. Sjå figur 6.5.



Figur 6.5 Denne blokka tolkar eg til å stamma frå eit snøskred frå Skårane. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland

Lokalitet 5

UTM: 0405033

6895648

620 mo.h.

Skildring: Denne overflateforma kan beskrivast som ei avlang ryggform som mest består av blokk med storleik 0,3x0,3x0,2 meter. Enkelte større blokker på opptil 0,7x0,7x0,4 meter kan også førekoma. Overflateforma har ei bratt inside, medan utsida er slakkare.

Tolking: Denne overflateforma tolkar eg til vera levéen tilhøyrande Leitefonna sør. Levéen er bygd opp ved at stadig større lausmasseskred avset steinmassar oppå forrige og på utsida av levéen. På innsida av levéen skjer det erosjon av lausmasseskred. På denne måten kan levéen byggja seg utover. Det er også verdt å leggja merke til vegetasjonen i bakgrunnen. Den småvaksne og flattrykte bjørkeskogen tyder på høg skredfrekvens, sjå figur 6.6.



Figur 6.6 Sørlege levé tilhøyrande Leitefonna sør. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland



## Lokalitet 6

UTM: 0405037

6895648

640 mo.h.

**Skildring:** Avlang forsenking i terrenget som følger dalsida nesten til topps, den er 3 meter brei og 2 meter djup. Forsenkinga inneheld store mengder lausmassar, hovudsakleg av storleik blokk. Blokkene er for det meste kanta til kantrunda. Den inneheld også snø, medan det elles i terrenget på same høgd er snøfritt. Utanfor skredløpet kan ein sjå store mengder lausmassar som avtek med aukande lengd frå løpet. Ein ser også store skadar på skogen.

**Tolking:** Den avlange forsenkinga tolkar eg til å vera eit skredløp frå Leitefonna sør. Avsetjingane fortel at fonna er prega av fleire aktive prosessar, hovudsakleg snøskred og lausmasseskred. Den skada og flattrykte vegetasjonen tyder på at skreda (snø og lausmasse) går ut over skredløpet si breidde, sjå figur 6.7.



**Figur 6.7** Den avlange forsenkinga i terrenget vert tolka til å vera eit skredløp, nærare bestemt frå Leitefonna sør. Skredløpet er dominert av snøskred og lausmasseskred. Biletet til venstre er teke oppover, medan biletet til høgre nedover. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland

Lokalitet 7

UTM: 0405013

6895648

610 mo.h.

Skildring: Avlang renneformasjon i terrenget som strekker seg frå toppen av lia under Skårane til innmarka på Leitet på Indreeide. Formasjonen mistar forma di lengre ned ein kjem. Forsenkinga er 3 meter brei og 2 meter djup og inneheld store mengder lausmassar.

Tolking: Denne landforma tolkar eg til å vera eit nytt skredløp, nærare bestemt frå Leitefonna nord. Avsetjingane inni og i nærleiken til skredløpet vitnar om aktivitet frå lausmasseskred. Truleg går her store snøskred. Dette underbyggjer eg med snø i skredløpet, medan terrenget rundt er snøfritt, sjå figur 6.8.



**Figur 6.8 Renneformasjonen i terrenget tolkar eg til å vera eit skredløp, nærare bestemt frå Leitefonna nord. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland**



Lokalitet 8

UTM: 0404862

6895628

550 mo.h.

Skildring: Denne staden syner ei stor blokk avsett oppi eit tre med storleik 0,35x1,0x0,6 meter. Området elles syner store skadar på vegetasjonen med mykje lausmassar.

Tolking: Denne blokka kan stamma frå fleire prosessar som er aktive i området, eg tenkjer då på lausmasse eller snøskred. Ved snøskred tenkjer eg at ut frå volumauke og erosive prosessar, kan snøskred plukka opp blokker. Når snøskredet har stoppa, smeltar blokka ut i treet. Viss den stammar frå eit lausmasseskred, antek eg at skredet har passert treet og blokka har vorte skyvd oppover. Ut frå avsetjingane rundt, konkluderer eg med at blokka stammar frå eit lausmasseskred, sjå figur 6.9.



**Figur 6.9** Blokk på 0,35x0,6x1,0 meter avsett 1 meter over bakken i treet. Denne blokka kan vera avsett frå fleire aktive prosessar i denne lia, eg tenkjer då på lausmasseskred og snøskred. Ut frå avsetjingane rundt tolkar eg det til å stamma frå lausmasseskred. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland

Lokalitet 9

UTM: 0404922

6895624

580 mo.h.

Skildring: 1 meter høgt snitt der avsetjinga varierer i storleik frå 0,15x0,15x0,15 meter til 0,3x0,3x0,3 meter. Dette fell inn under kategorien stein til blokk. Lausmassane er kanta til kantrunda. Strukturen i avsetjinga er kaotisk og det er vanskeleg å sjå noko lagdeling. Matriksen er brunaktig og består av sand og grus. Stein og blokkene har ei stripete utsjånad.

Tolking: Denne lokaliteten tolkar eg til å vera eit snitt i ein levé tilhøyrande Leitefonna sør. Uryddig struktur eller mangel på lagdeling er typisk for skredavsetjingar. Rundingsgraden på materialet vitnar om at den er relativt kortreist. Den stripete utsjånaden tolkar eg til å vera bandgneis, dette er same bergart som fjellet Skårane, sjå figur 6.10.



Figur 6.10 1 meter høgt snitt i levé tilhøyrande Leitefonna sør. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter.  
Bilete Tor Ivar Birkeland



Lokalitet 10

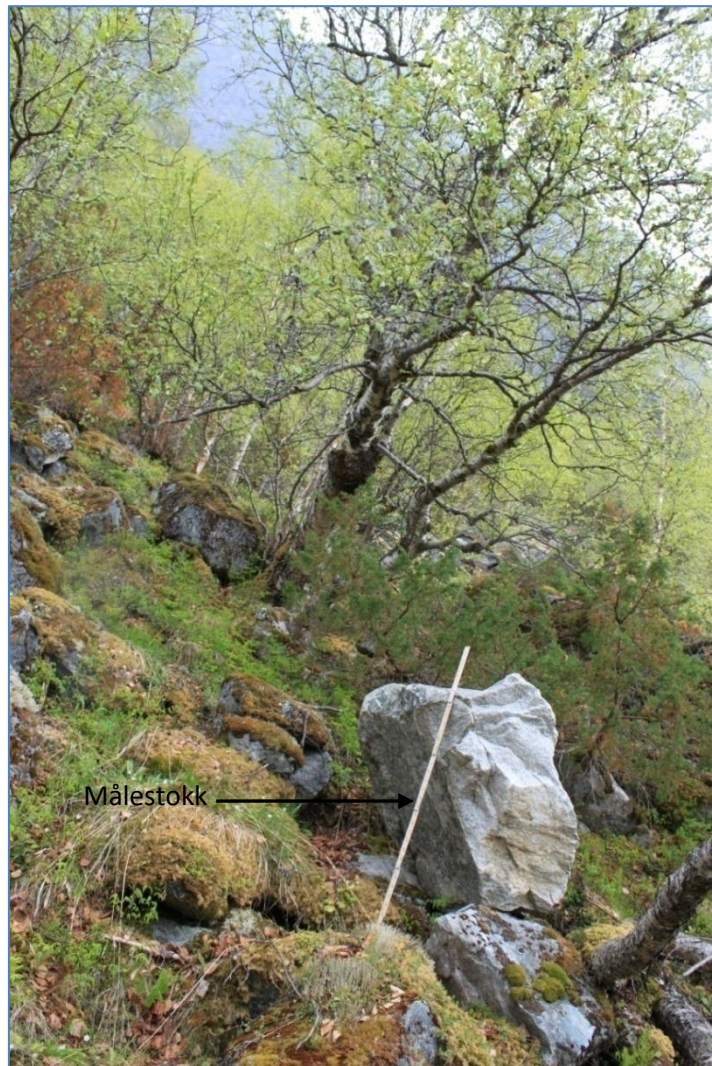
UTM: 0404919

6895790

560 mo.h.

Skildring: Denne lokaliteten syner ei stor fersk blokk på 1,0x0,3x0,7 meter. Området elles vitnar om ei blokkrik overflate samt store skadar på vegetasjonen, men ingen tilsvarande ferske blokker.

Tolking: Denne blokka tolkar eg til å stamma frå eit steinsprang frå Skårane. Då det ikkje er fleire tilsvarande ferske blokker i området rundt, tenkjer eg at dette er ei enkelt blokk som har kome ned. Den blokkrike overflata vitnar om tidlegare aktivitet frå steinsprang. Skadane på vegetasjonen tyder på relativ høg frekvens av steinsprang, sjå figur 6.11.



Figur 6.11 Fersk blokk på 1,0x0,3x0,7 meter som truleg stammar frå eit steinsprang frå Skårane. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland

Lokalitet 11

UTM: 0404940

6895862

590 mo.h.

Skildring: Denne lokaliteten syner svært grove blokker med dimensjon 1,2x2,0x0,5 meter. Avsetjinga er delvis dekkja av vegetasjon i form av mose, gras og grov bjørkeskog. Utbreiinga på avsetjinga er om lag 30 meter brei og 15 meter lang.

Tolking: Denne avsetjinga reknar eg med kjem frå eit steinsprang frå Skårane. Steinsprang er skred av stein på opptil 10 000 m<sup>3</sup>. Eg anslår volumet på avsetjinga til koma under denne kategorien. Storleiken på bjørkeskogen kan seia noko om minimumsalder på avsetjinga, sjå figur 6.12.



**Figur 6.12** Denne avsetjinga tolkar eg til å vera eit steinsprang frå Skårane. Storleiken på bjørkeskogen kan seia noko om minimumsalder på avsetjinga. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland



Lokalitet 12

UTM: 0404862

6895850

550 mo.h.

Skildring: Lokaliteten syner ei avlang renneforma forsenking i terrenget. I botn av forsenkinga kan ein sjå enkelte blokker med storleik på kring 0,4x0,3x0,2 meter. Blokkene er kanta til kantrunda. I forsenkinga veks ikkje tre, på sidene er skogen relativ grov og flattrykt. Denne lokaliteten er typisk for terrenget på denne høgda.

Tolking: Lokaliteten tolkar eg til å vera eit skredløp, nærare bestemt nedre del av Krokutgjelet, Strakfonna og Hamrebakkfonna. Dei grove blokkene i botn kan vera avsetjing frå steinsprang eller lausmasseskred. Vegetasjonen antyder at frekvensen av skred er låg på denne høgda, sjå figur 6.13.



Figur 6.13 Lokaliteten syner eit skredløp, nærare bestemt nedre delar av Krokutgjelet, Strakfonna og Hamrebakkfonna. Målestokken på biletet er 1 meter lang. Bilete Tor Ivar Birkeland

Lokalitet 13

UTM: 0404843

6895963

550 mo.h.

Skildring: Denne staden syner akkumulasjon av lausmassar der både blokk og stein ligg på begge sider i lengderetninga av ei oppstikkande større blokk. Lausmassane er om lag 0,2x0,1x0,1 meter, medan den store blokka er 0,4x0,2x0,2 meter.

Tolking: Avsetjinga her tolkar eg til å vera ei snøskredblokkunge. Den vert danna ved akkumulasjon av lausmassar både framfor og bak oppstikkande blokker, sjå figur 6.14. Akkumulasjonen vert ofte danna frå eksisterande avsetjingar til dømes steinsprangskråningar (Blikra et al., 1989).



**Figur 6.14** Denne avsetjinga tolkar eg til å vera ei blokkunge frå snøskred. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland



Lokalitet 14

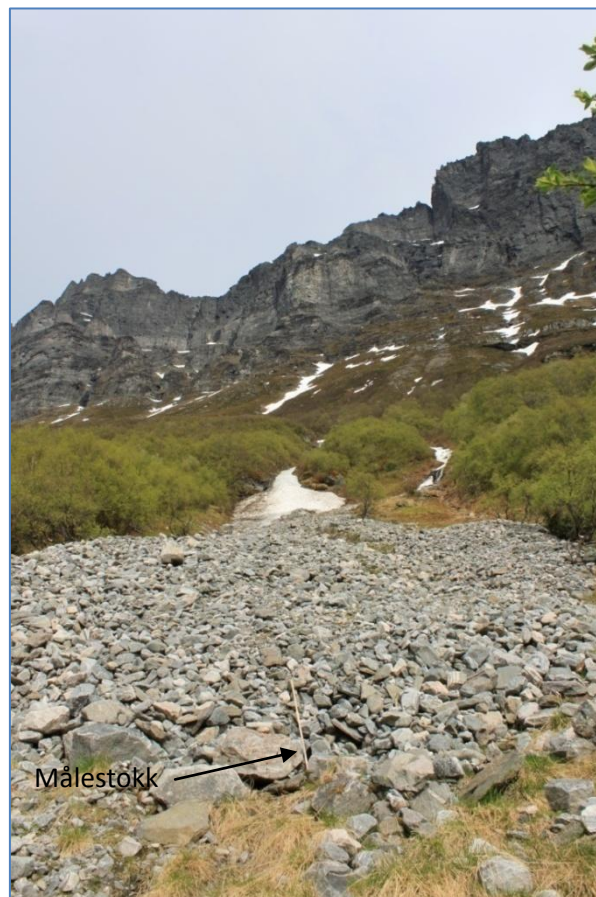
UTM: 0404869

6895963

570 mo.h.

Skildring: Stor mengde av lausmassar, hovudsakleg av storleik blokk. Enkelte blokker er store, inntil 0,6x0,5x0,2 meter. Avsetjinga er om lag 60 meter lang og 20 meter brei. Lausmassane er kanta til kantrunda.

Tolking: Denne avsetjinga tolkar eg til å stamma frå eit lausmasseskred. Kva fonn skredet kom frå er vanskeleg å seia. Det er verdt å merka seg at der skredet stogga, auka breidda på skredbanen betydeleg. Lausmasseskred er nesten å karakterisera som ei elv av vatn og lausmassar. Når gradienten vert for slakk, klarar ikkje vatnet å frakta lausmassane lengre og vert dermed avsett, sjå figur 6.15.



Figur 6.15 Stor avsetjing frå lausmasseskred, om lag 60 meter langt og 20 meter breitt. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland

Lokalitet 15

UTM: 0405083

6895993

680 mo.h.

Skildring: Avlang forsinking i terrenget som strekkjer seg heilt frå innmarka til høgt oppunder Skårane. Den varier noko i breidde og djupn, men er om lag 5 meter brei og 10 meter djup. I botn av forsinkinga ser ein lausmassar i blokkstorleik.

Tolking: Denne avlange forsinkinga tolkar eg til å vera eit skredløp, nærare bestemt Hamrebakkfonna. Skredløpet er dominert av fleire aktive prosessar, i botn av forsinkinga ser ein avsetjingar frå lausmasseskred og om vinteren går det snøskred i same skredløpet, sjå figur 6.16.



Figur 6.16 Denne lokaliteten tolkar eg til å vera eit skredløp, nærare bestemt Hamrebakkfonna. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland



Lokalitet 16

UTM: 0404660

6896016

490 mo.h.

Skildring: Denne lokaliteten syner ein avlang renneformasjon som er om lag 6 meter brei og 3 meter djup. På sidene av renna ligg relativt grove blokker med storleik opptil 1,20x0,80x0,60 meter. Inni renna veks det seljeskog.

Tolking: Den avlange renneformasjonen tolkar eg til å vera eit skredløp med tilhørande levéar. Storleiken på vegetasjonen kan seia kva tid førre skredhending fann stad. Slik lokalitet er typisk for landskapet i nedre deler av lia ovanfor Indreeide, sjå figur 6.17.



**Figur 6.17 Skredløp med tilhøyrande levéar. Storleiken på vegetasjonen fortel om frekvensen på skredhendingar ved denne staden. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland**

Lokalitet 17

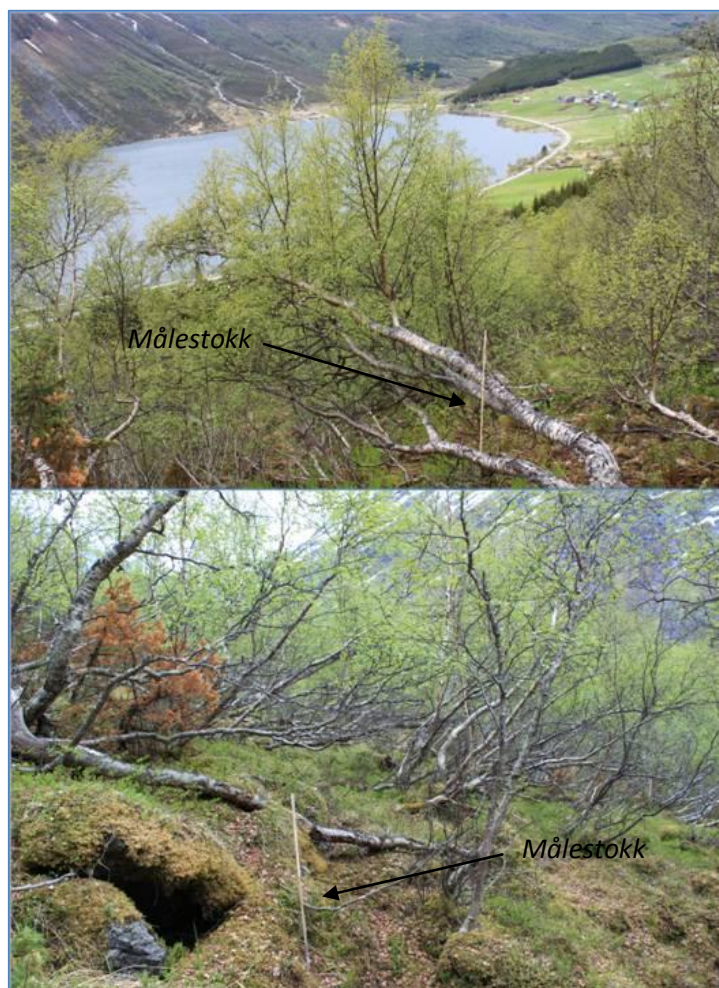
UTM: 0404901

6896153

590 mo.h.

Skildring: Denne lokaliteten syner flattrykt og skada vegetasjon. Det liggjande bjørketreet på øvste biletet, figur 6.18, er om lag 20 centimeter i diameter og greina som veks vertikalt er 5 centimeter i diameter. Den kringliggjande vegetasjonen syner også store skadar.

Tolking: Skadane på denne lokaliteten tolkar eg til å vera forårsaka av snøskred. Greina som veks vinkelrett opp frå det flattrykte bjørketreet, kan seia kva tid denne hendinga fann stad. Noko av skadane på vegetasjonen kan også koma av snøsig. Denne lokaliteten er karakteristisk for vegetasjonen i denne lia, og den syner at det går snøskred også utanfor fonnene, sjå figur 6.18.

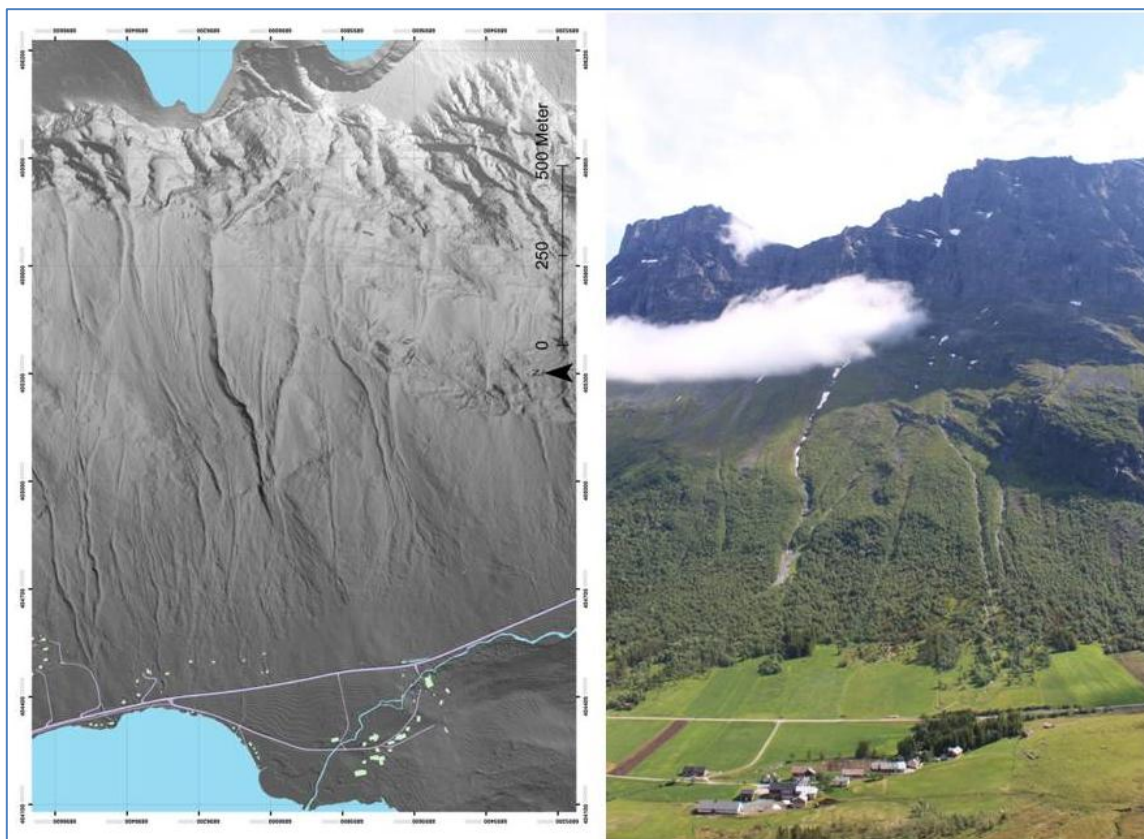


Figur 6.18 Lokaliteten syner skada vegetasjon forårsaka av snøskred. Målestokken på biletet har ei lengd på 1 meter. Bilete Tor Ivar Birkeland



## 6.2 Samanstilling av lokalitetar

Ei kvartærgeologisk kartlegging er ei kartlegging av lausmassar samt prosessar som er eller har vore aktive i eit område (Reite, 2004). Ved skredfarekartlegging er det viktig å kartleggja og forstå kva prosessar som er aktive. Difor bør ei slik kvartærgeologisk kartlegging vera obligatorisk i ei kvar utreiing av skredfare. I lia oppunder Skårane syner lokalitetane at her er store mengder lausmassar avsett frå lausmasseskred og steinsprang. Desse prosessane etterlet seg store avsetjingar og er difor lette å kjenne igjen, sjølv om frekvensen kan vera lågare enn til dømes ved snøskred. Dette vert også stadfesta gjennom historiske kjelder. Snøskred er ein prosess som avset lite lausmassar, men ut frå måten snøskred strøymar kan dei ha ein erosiv verknad på underlaget (Issler, 2013). For ei kvartærgeologisk kartlegging betyr dette at snøskred kan innehalda lausmassar av alle storleikar. I lia oppunder Skårane finn ein fleire slike eksempel, her kan nemnast den store blokka i treet ved lokalitet nummer 8. Vegetasjonen vitnar også om skadar frå snøskred, dette let seg til syne gjennom nedknekt og flattrykt skog. Vegetasjonen er i beste fall ein indikator på skredaktivitet dei siste 150 til 200 åra.

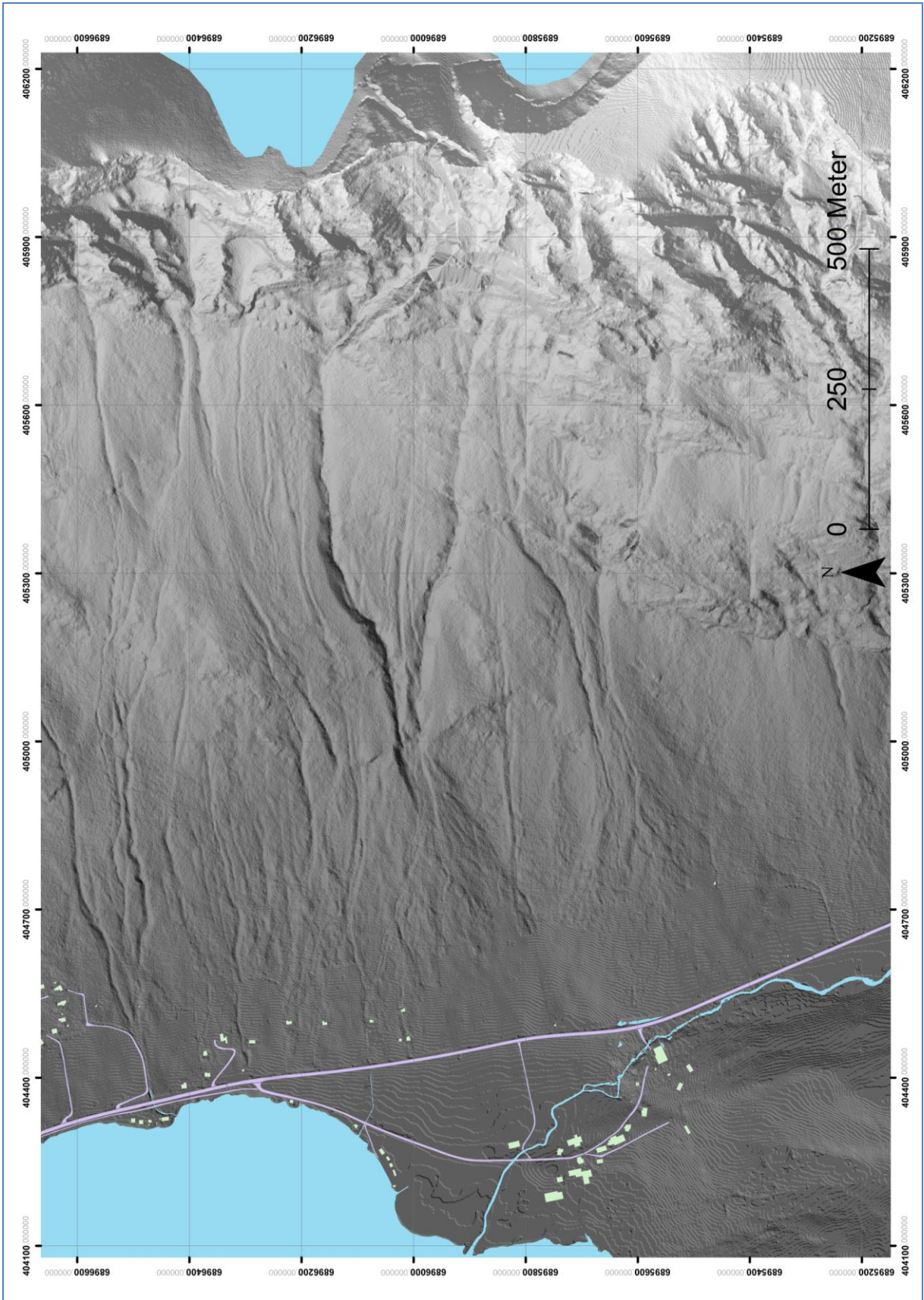


Figur 6.19 Det er iaugefallande kor stor detaljrikdom eit fjellskuggekart gjev, samanlikna med bilete. Det er verdt å merka at innfallsvinkelen mellom kartet og biletet er ulikt. Fjellskuggekartet er her til venstre, medan biletet er til høgre. Bilete Tor Ivar Birkeland



Figur 6.19 syner til venstre eit fjellskuggekart medan til høgre eit bilete over same område, men med ulik innfallsvinkel. Detaljrikdomen er mykje meir iaugefallande på fjellskuggekartet samanlikna med biletet. Lokalitetar og fjellskuggekart syner det same, nemleg at lia oppunder Skårane er dominert av skredprosessar som steinsprang/skred, lausmasseskred og snøskred. Utreiinga på viftene kan seia noko om utløpslengda på skredprosessane, men det er også truleg at skred kan utløpa utover viftene.

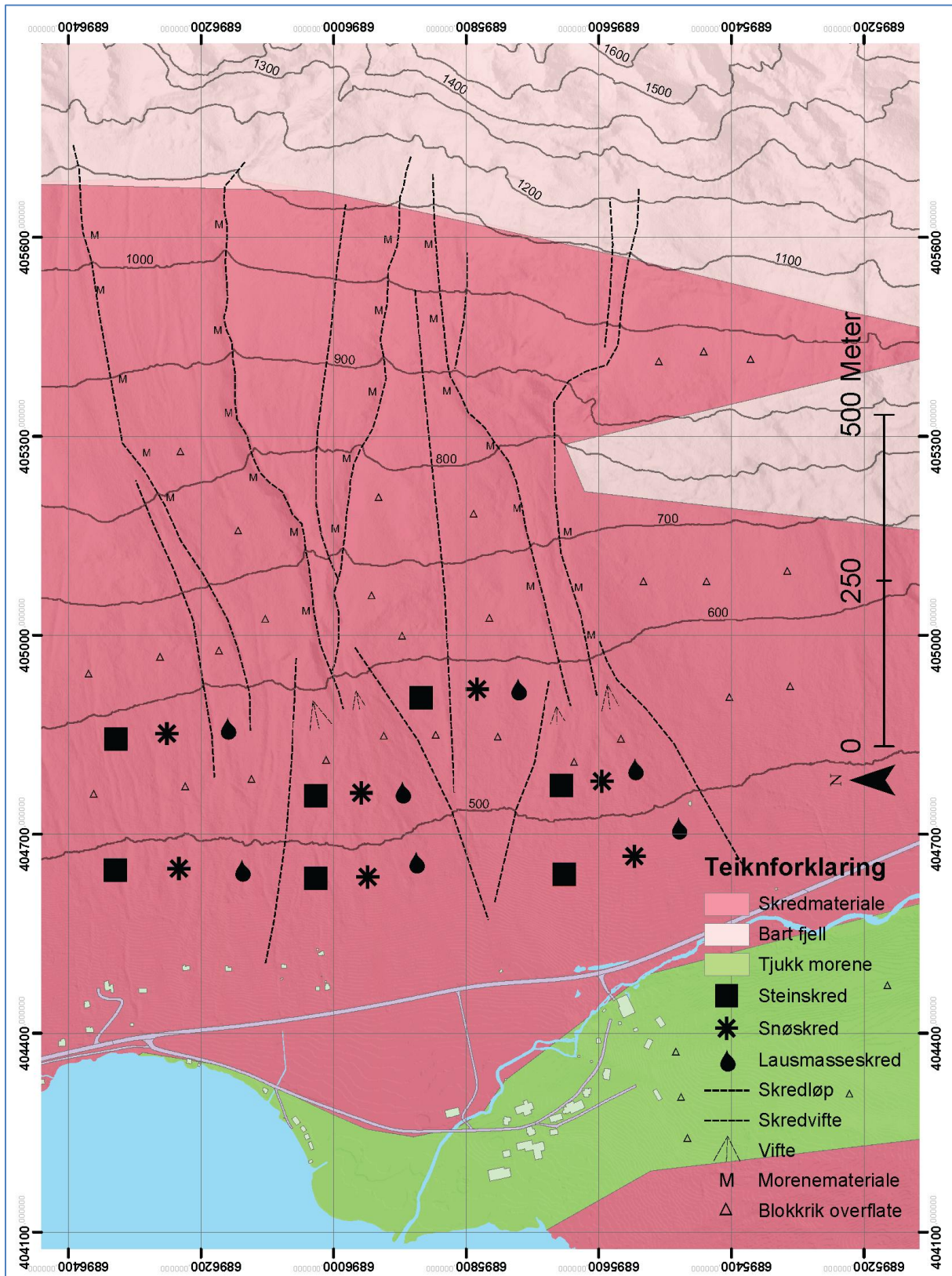
Ny teknologi ved høgoppløselige kart, ofte kalla digital terrengmodell, gjengjev terrenget svært godt. Tilgang og oppløysing på modellane kan vera eit problem, men gjennom NVE har eg fått ein terrengmodell med 1x1 meter horisontal og vertikal oppløysing. Figur 6.20 syner eit fjellskuggekart laga ut frå modellen. Kartet syner to tydelege kolluviale vifter, ei felles vifte nedanfor Krokutgjelet, Strakfonna og Hamrebakkfonna og ei vifte frå fonnene på Leitet. Ein ser tydeleg morfologien på vifta utanfor innmarka med eit mylder av skredløp, levéar og frontale lobar. Det er tydeleg at det i stor grad er lausmasseskreda som har bygd viftene og at skredløpet har skifta frå side til side. På innmarka er morfologien meir utviska, men ein kan framleis sjå konturane og utstrekningane på viftene. For den kolluviale vifta nedanfor Krokutgjelet, Strakfonna og Hamrebakkfonna ser ein at den strekkjer seg nesten til Eidsvatnet. For både bustadhusa og hyttene på oppsida av vegen er det uheldig med plassering oppå eller i nærleiken til viftekompleksa. Når det gjeld gardane på Indreeide ser ein at dei ligg i ytterkant og litt sør for vifta. Morfologien tyder på at også denne plasseringa er bygd opp av skredmassar, men det er truleg lengre mellom kvar gong eit skred vil nå så langt. Dei sørlegaste husa på Indreeide, då særleg den mekaniske verkstaden kan også verta råka av skred frå Leitefonna nord og sør. Fjellskuggekartet syner at den er plassert i ytterkant av den kolluviale vifta. Dette vert også stadfesta gjennom historiske kjelder som viser det gjekk eit stort lausmasseskred ned til fylkesvegen i 2008. Akkurat kvar grensa mellom skredmateriale og morenemateriale går er vanskeleg å seia, men eg tolkar den til å vera i ytterkanten av skredvifta. For kvartærgeologisk kart sjå figur 6.21.



Figur 6.20 Fjellskuggekart framstilt frå digital terrengmodell på 1x1 meter. Kartet syner svært godt dei morfologiske trekka ved terrenget. Ein kan tydeleg sjå at dei ulike skredløpa har avsett to kolluviale vifter, ei rett under Krokutgjelet, Strakfonna og Hamrebakkfonna, og ei vifte av fonnene på Leitet. Den nedre utstrekninga på viftene er noko utviska grunna overgang frå utmark til innmark, men ein kan likevel skimta yttergrensene.



### 6.3 Kvartærgeologisk kart



Figur 6.21 Kvartærgeologisk kart over Indreide.

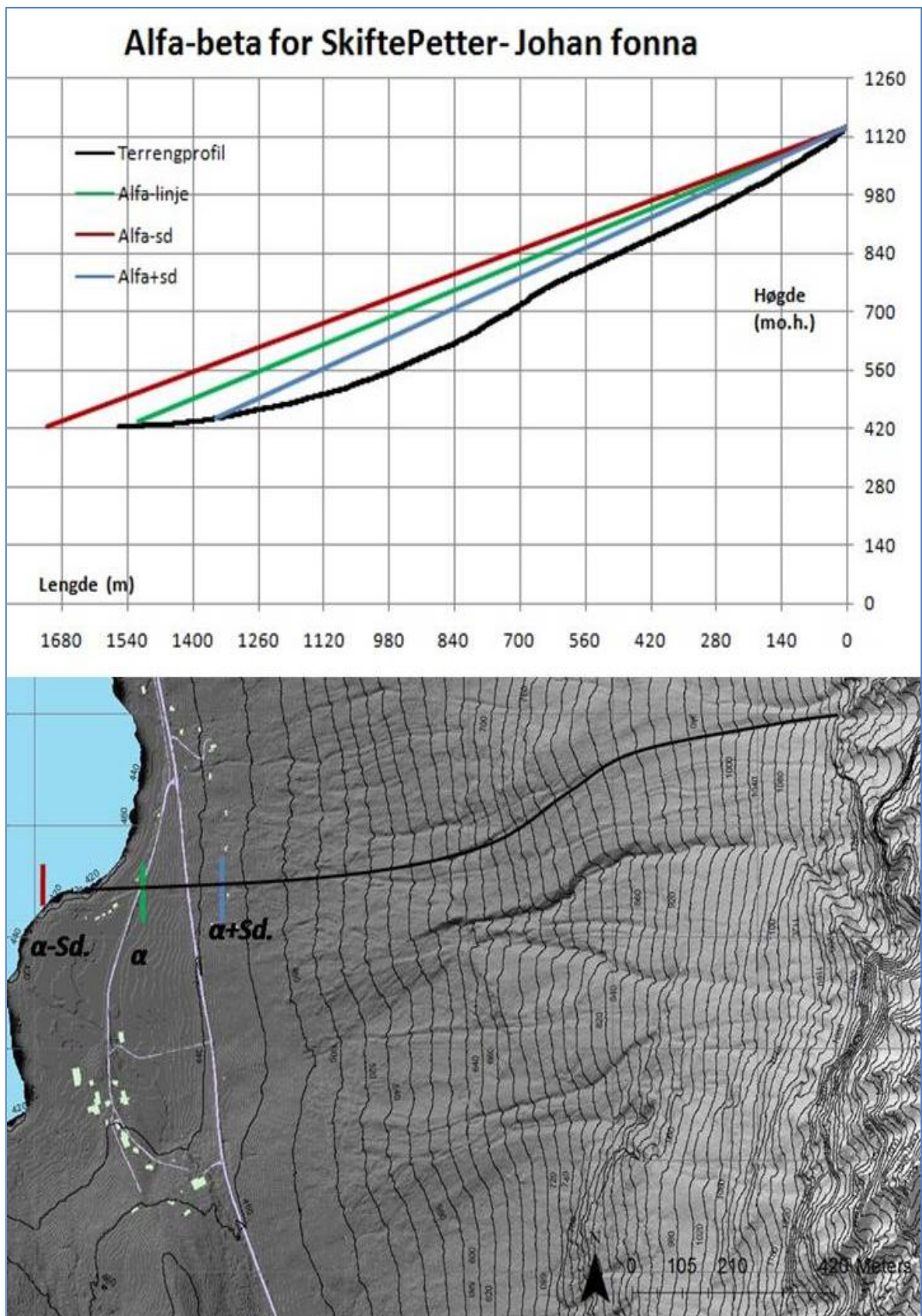
## 7 Utløpsmodellering

### 7.1 Utløpsmodellen Alfa-beta

Denne modellen er nytta til å føreseia utløpslengda for snøskred frå Skårane ved Indreeide. Modellen er utvikla for å syna maksimal utløpslengde ved samanheng mellom losneområdet,  $10^\circ$  termineringspunkt  $\beta$  og utløpslengda  $\alpha$ . Losneområdet vert definert som område utan tett skog med helling frå  $30^\circ$  til  $55^\circ$  (McClung og Schaerer, 2006). For å finna  $10^\circ$  termineringspunkt  $\beta$ , er terrengprofilen tilpassa ei andre eller fjerdegradslikning, deretter er termineringspunktet utrekna (Derron, 2010). Dette er gjort i Excel. Startverdiar og resultat frå Alfa-beta modellen kan ein sjå i tabell 7.1. Figur 7.1 til 7.7 syner teoretisk utløpslengde for dei ulike fonnene frå Skårane. Usikkerheita kvantifisert gjennom standardavvik på  $2,3^\circ$  er avhengig av storleiken på losneområdet (Larsen, 2013). I berekningane for lia under Skårane er det nytta  $\pm$  eit standardavvik. Utslaget standardavviket utgjer, varierer mellom dei ulike fonnene. Dette kjem av ulik høgdeforskjell,  $\alpha$ - verdi og terreng i utløpsområdet. Usikkerheita for til dømes Strakfonna, er omlag 160 til 170 meter alt etter utforminga på terrenget. Ei grads endring i  $\alpha$ - verdi utgjer om lag 70 meter.

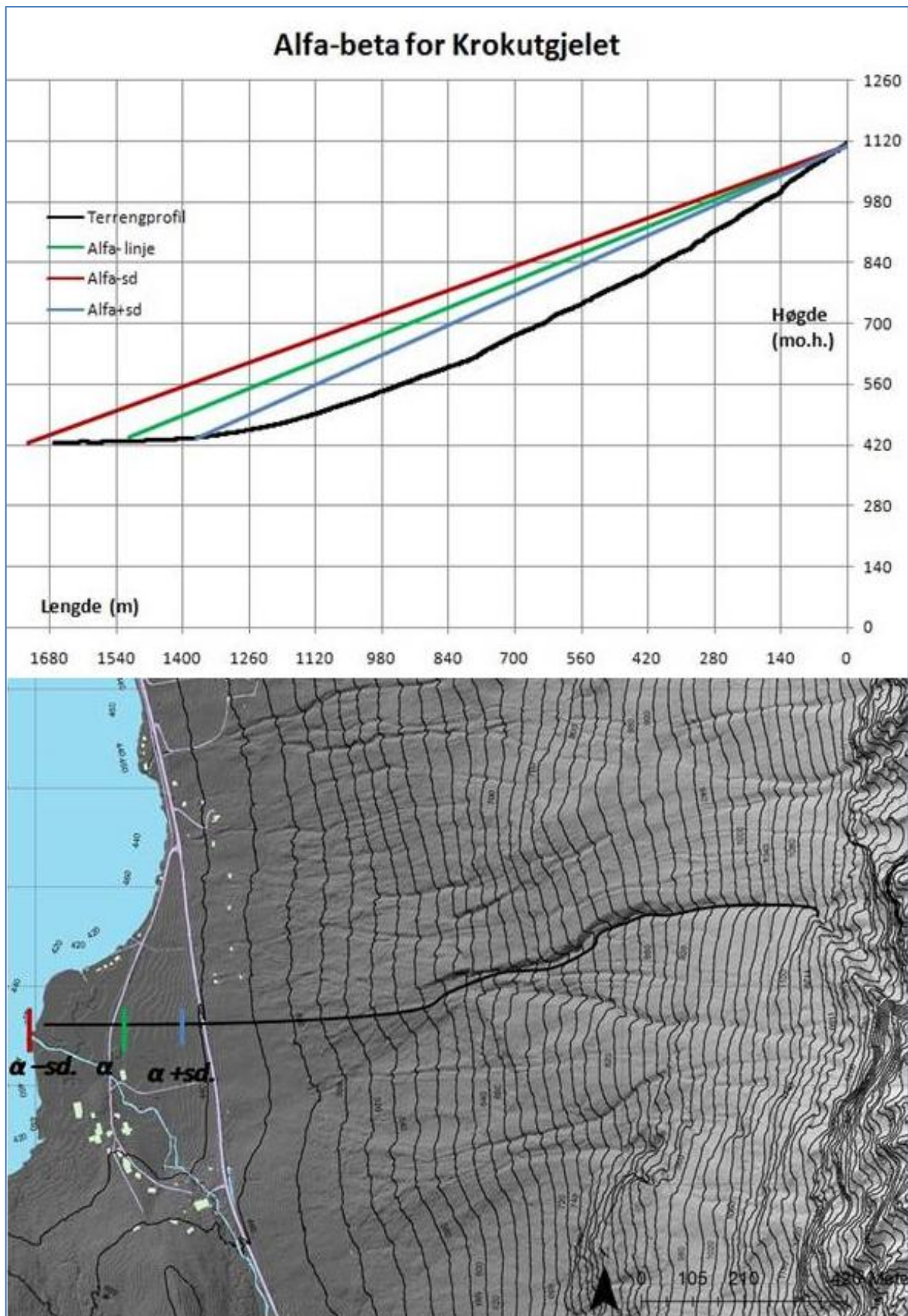
Tabell 7.1 Startverdiar samt resultat frå Alfa-beta modellen for dei ulike fonnene som kan nå Indreeide.

Resultat Alfa-beta	SkiftePetter- Johan fonna	Krokutgjelet	Strakfonna	Hamrebakkfonna	Grindbyggfonna	Leitefonna nord	Leitefonna sør
Høgde losneområde (mo.h.)	1142	1116	1179	1205	1157	1192	1177
Beta-vinkel ( $^\circ$ )	27,7	26,3	30	30,3	30,4	30,3	32,5
Høgde beta-punkt (mo.h.)	455	438	445	447	448	458	472
Alfa-vinkel ( $^\circ$ )	25	23,9	27,5	27,7	27,8	27,7	29,8
Høgde Alfa-punkt (mo.h.)	434	437	428	431	431	425	458
Alfa-vinkel -1 sd. ( $^\circ$ )	22,7	21,6	25,1	25,5	25,5	25,3	27,5
Høgde Alfa -sd. (mo.h.)	425	425	426	429	431	440	458
Alfa-vinkel + 1 sd. ( $^\circ$ )	27,3	26,2	29,7	30	30,1	30,1	32,1
Høgde Alfa +sd. (mo.h.)	448	430	440	438	442	452	467
Avstand Alfa-vinkel til losneområde (m)	1505	1512	1440	1465	1375	1425	1255
Avstand Alfa-vinkel -1 sd. til losneområde (m)	1710	1724	1610	1640	1520	1590	1380
Avstand Alfa-vinkel + 1 sd. til losneområde (m)	1350	1370	1281	1325	1220	1265	1117

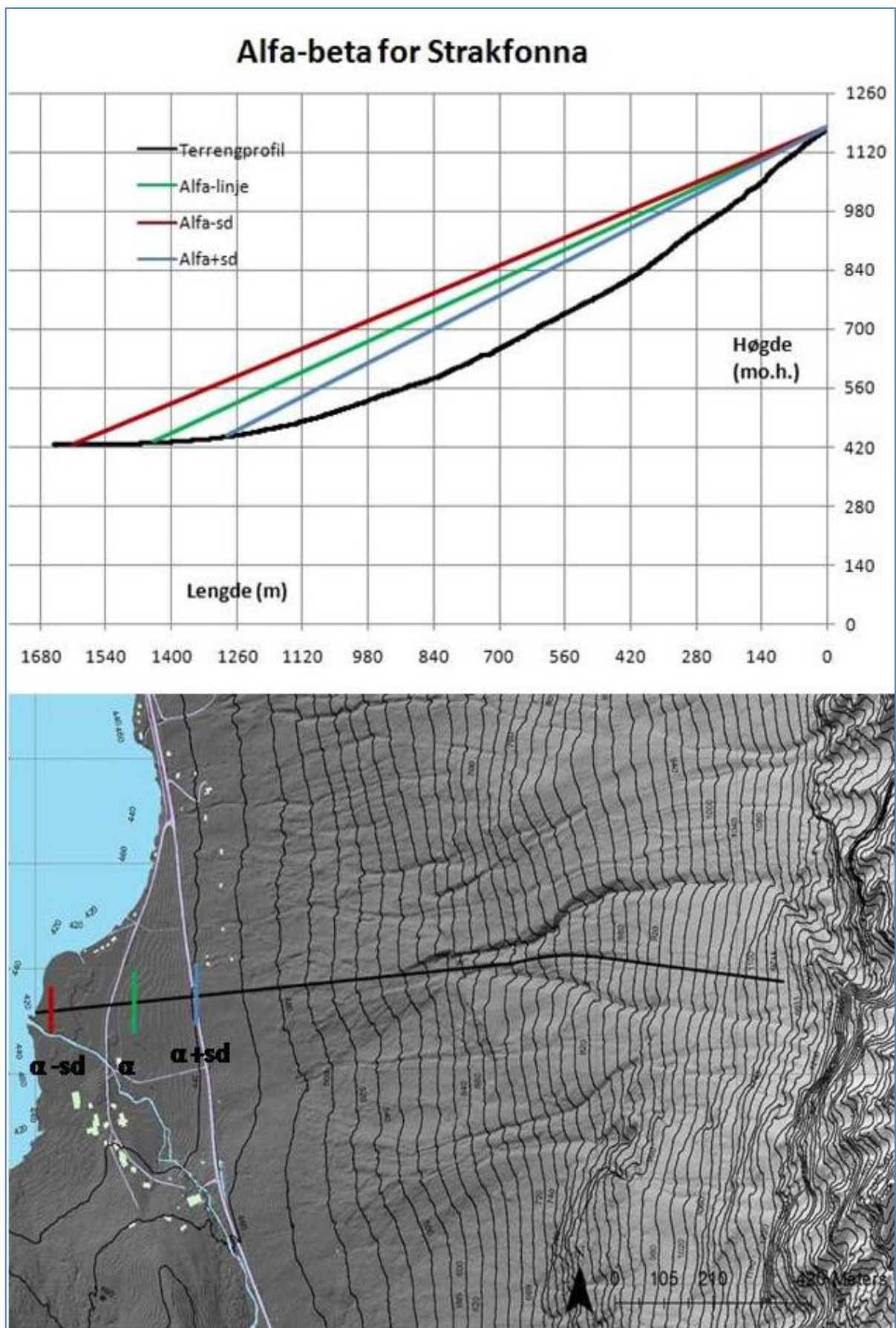


Figur 7.1 Utløpslengde frå Alfa- beta modellen for Skifte-Petter Johan fonna.



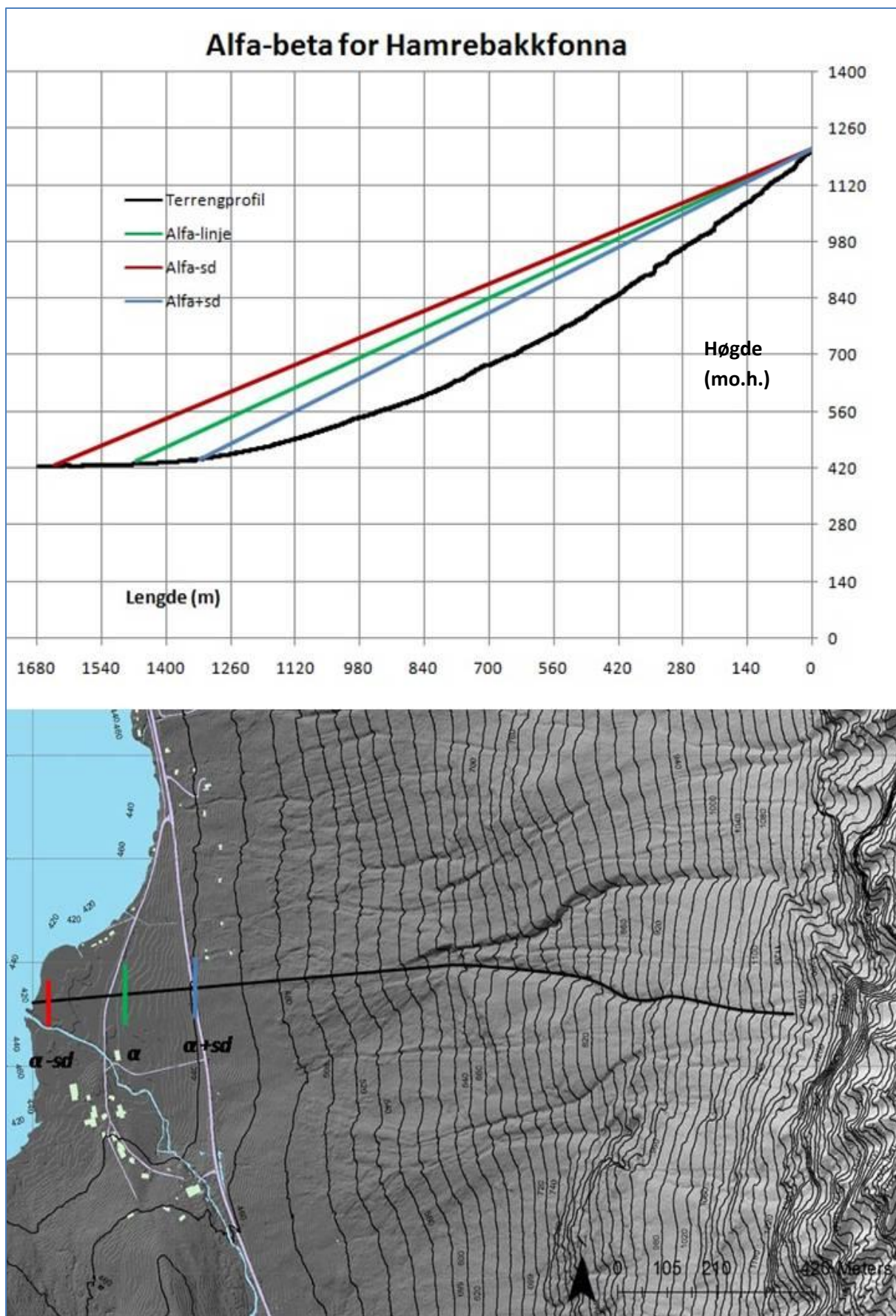


Figur 7.2 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen for Krokutgjelet.

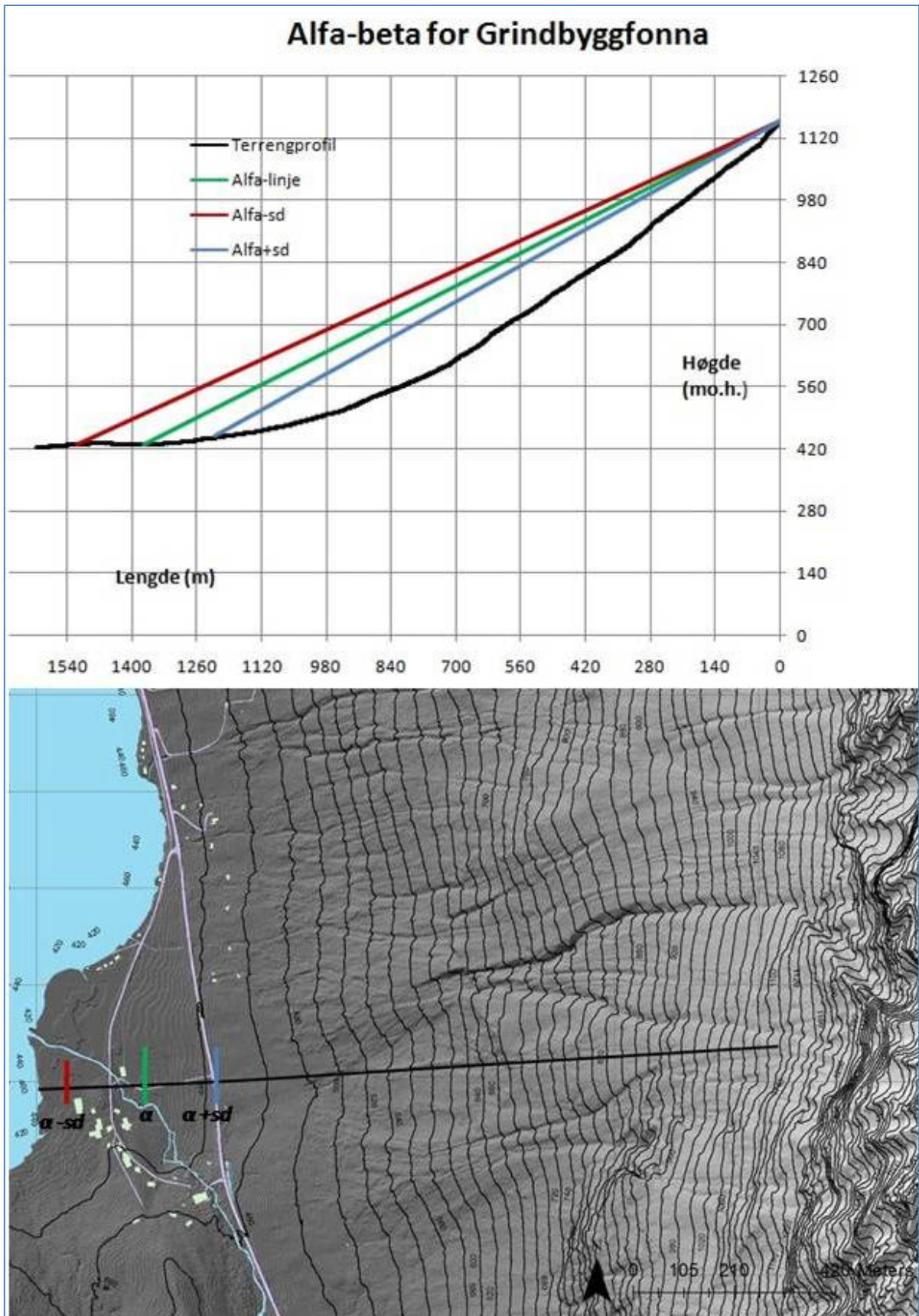


Figur 7.3 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen for Strakfonna.



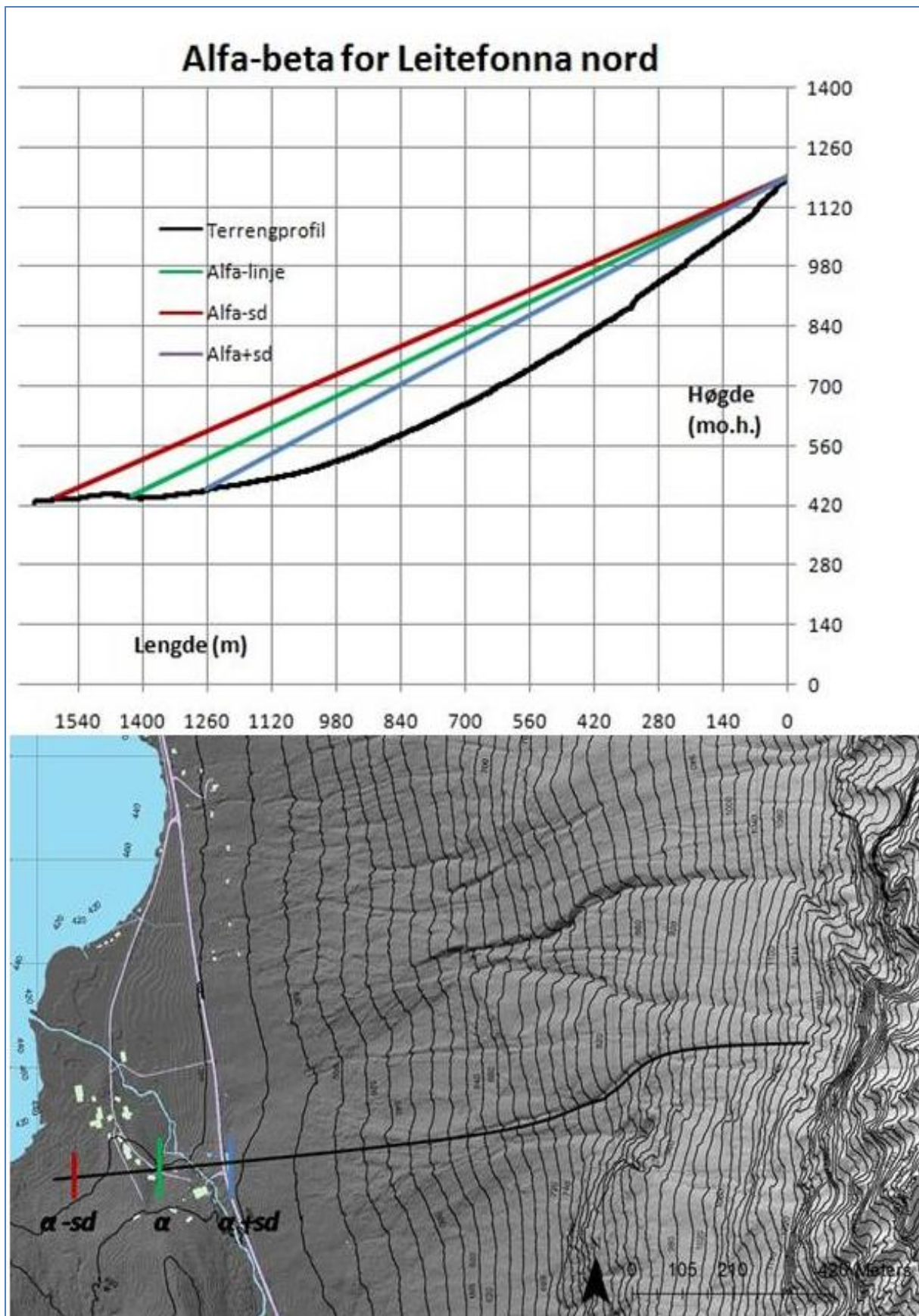


Figur 7.4 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen for Hamrebakkfonna.

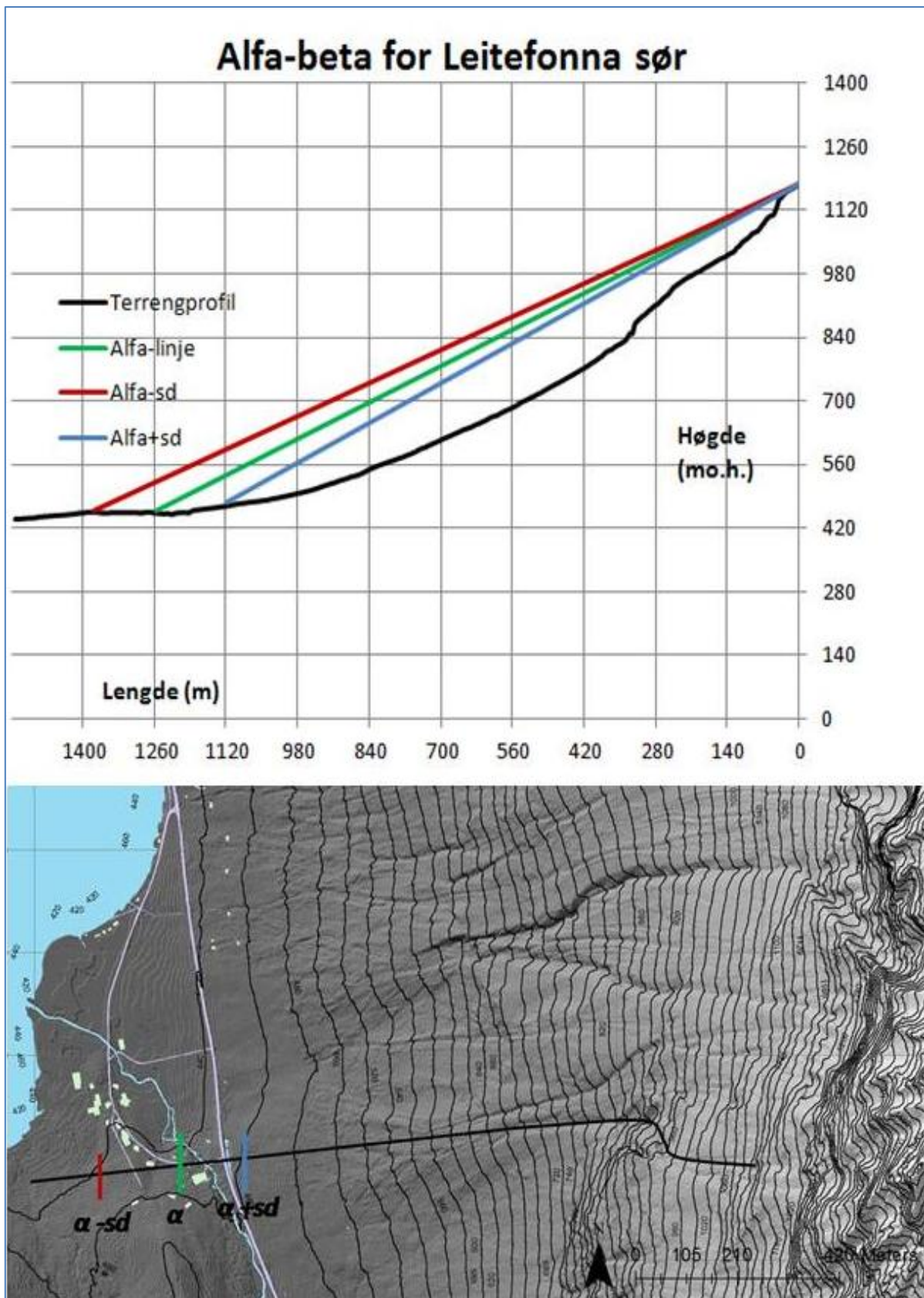


Figur 7.5 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen for Grindbyggfonna.





Figur 7.6 Utløpslengde fra Alfa-beta modellen for Leitefonna nord.



Figur 7.7 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen for Leitefonna sør.

### 7.1.1 Utløpsmodellen Alfa-beta, med utvida likning

Ved å ta høgde for fleire parameter i likninga skal treffsikkerheita i utløpslengda auka. Dette er parameter som vinkel i losneområdet  $\theta$ , total høgdeforskjell frå losne til utløpsområdet  $H$  og skredbanens krumming  $\gamma$ . Resultatet frå Alfa-beta med utvida likning endrar i liten grad resultatata frå den opphavlige likninga, for resultat, sjå tabell 7.2. Figur 7.8 til 7.14 syner teoretisk utløpslengde for dei ulike fonnene frå Skårane.

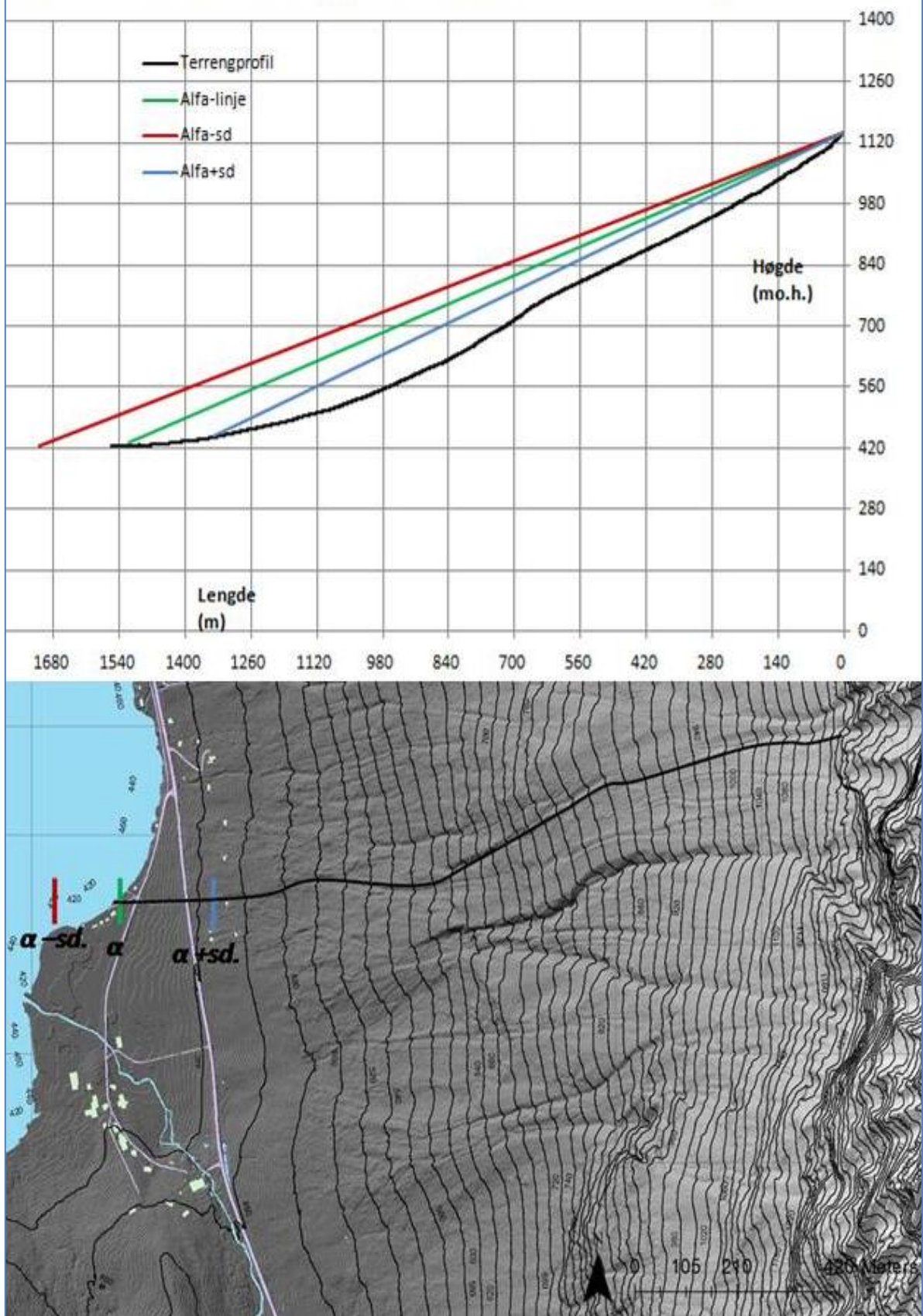
Usikkerheita, kvantifisert gjennom standardavvik på  $2,28^\circ$  i berekningane, varierer etter storleik på losneområdet (Larsen, 2013). I berekningane for lia under Skårane er det nytta eit standardavvik. Utslaget eit standardavvik utgjer, varierer mellom dei ulike fonnene. Dette kjem av ulik høgdeforskjell,  $\alpha$ - verdi og terreng i utløpsområdet. Usikkerheita for Strakfonna er om lag 155 meter. Ei grads endring i  $\alpha$ - verdi utgjer om lag 60 meter. Dette syner at ved å innføra fleire parameter kan ein auka treffsikkerheita i berekningane med kring 10 meter. Generelt er det liten forskjell på dei to utgåvene av Alfa- beta, dei andre usikkerheitene i modellen gjer at ei auke i treffsikkerheit på 10 meter har liten innverknad på resultatet.

Tabell 7.2 Startverdiar samt resultat frå utvida Alfa-beta likning.

Resultat Alfa-Beta	SkiftePetter- Johan fonna	Krokutgjelet	Strakfonna	Hamrebakkfonna	Grindbyggfonna	Leitefonna nord	Leitefonna sør
Høgde losneområde (mo.h.)	1142	1116	1179	1205	1157	1192	1177
Beta-vinkel (°)	27,7	26,3	30	30,3	30,4	30,3	32,5
Høgde Beta-punkt (mo.h.)	455	438	445	447	448	458	472
Høgdeforskjell (mo.h.)	716	691	754	780	732	767	752
Vinkel i losneområdet $\theta$ (°)	38	35	39	42	46	45	46
Skredbanens dobbelderiverte $\gamma$ "	0,000357926	0,00048154	0,000628166	0,000613232	0,00069672	0,00064924	0,000810736
Alfa-vinkel (°)	25	23,9	27,5	27,8	28	27,8	30
Høgde Alfa-punkt (mo.h.)	432	434	431	436	425	438	455
Alfa-vinkel -1 sd. (°)	22,7	21,7	25,2	25,5	25,7	25,6	27,7
Høgde Alfa -sd.(mo.h.)	425	425	426	425	433	437	457
Alfa-vinkel + 1 sd. (°)	27,3	26,3	29,8	30,1	30,3	30,1	32,3
Høgde Alfa +sd.(mo.h.)	449	450	447	449	446	457	471
Avstand Alfa-vinkel til losneområde (m)	1520	1512	1440	1465	1360	1425	1250
Avstand Alfa-vinkel- 1 sd. til losneområde (m)	1709	1712	1595	1640	1500	1575	1370
Avstand Alfa-vinkel + 1 sd. til losneområde (m)	1340	1330	1281	1310	1215	1265	1117

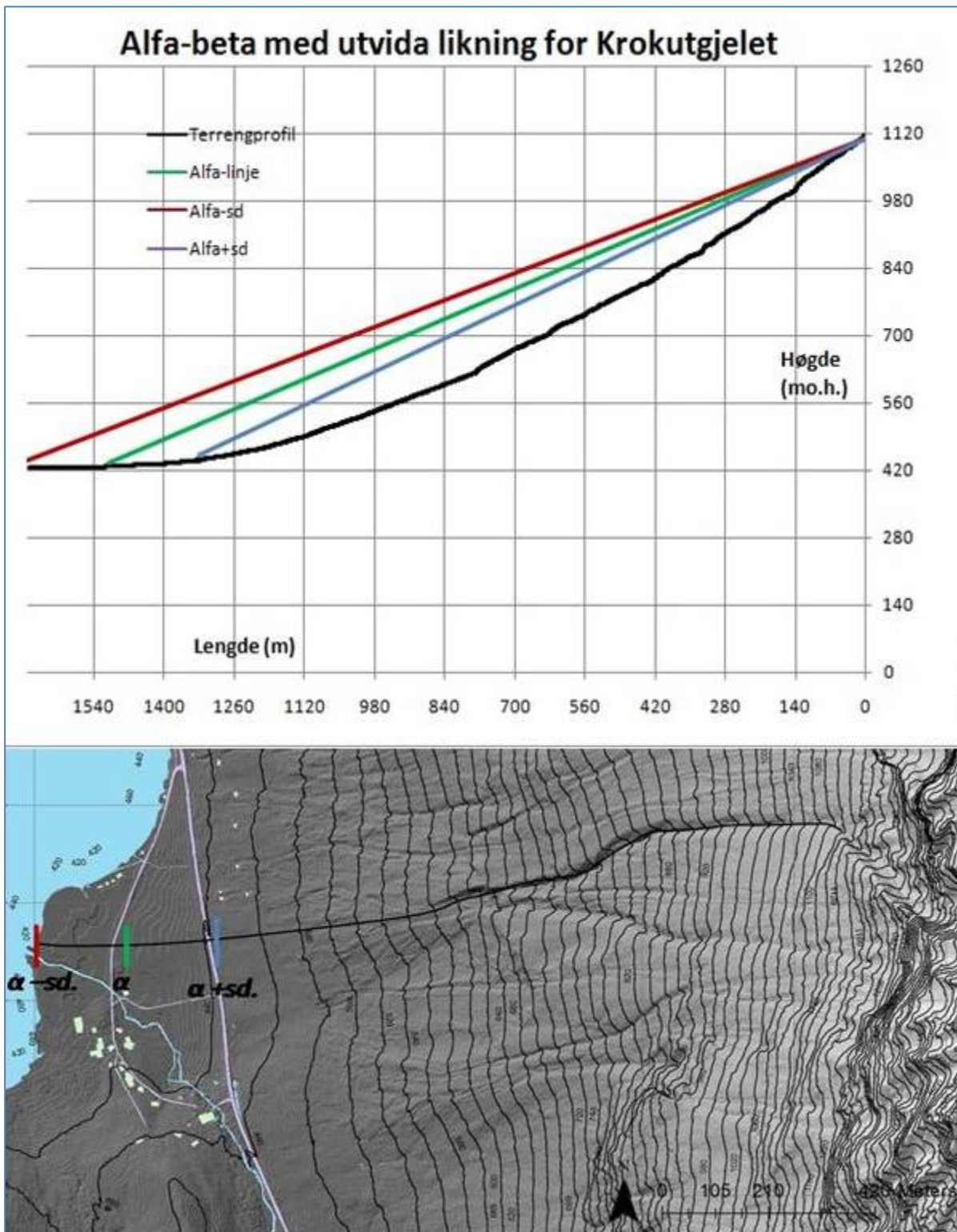


## Alfa-beta med utvida likning for SkiftePette- Johan fonna

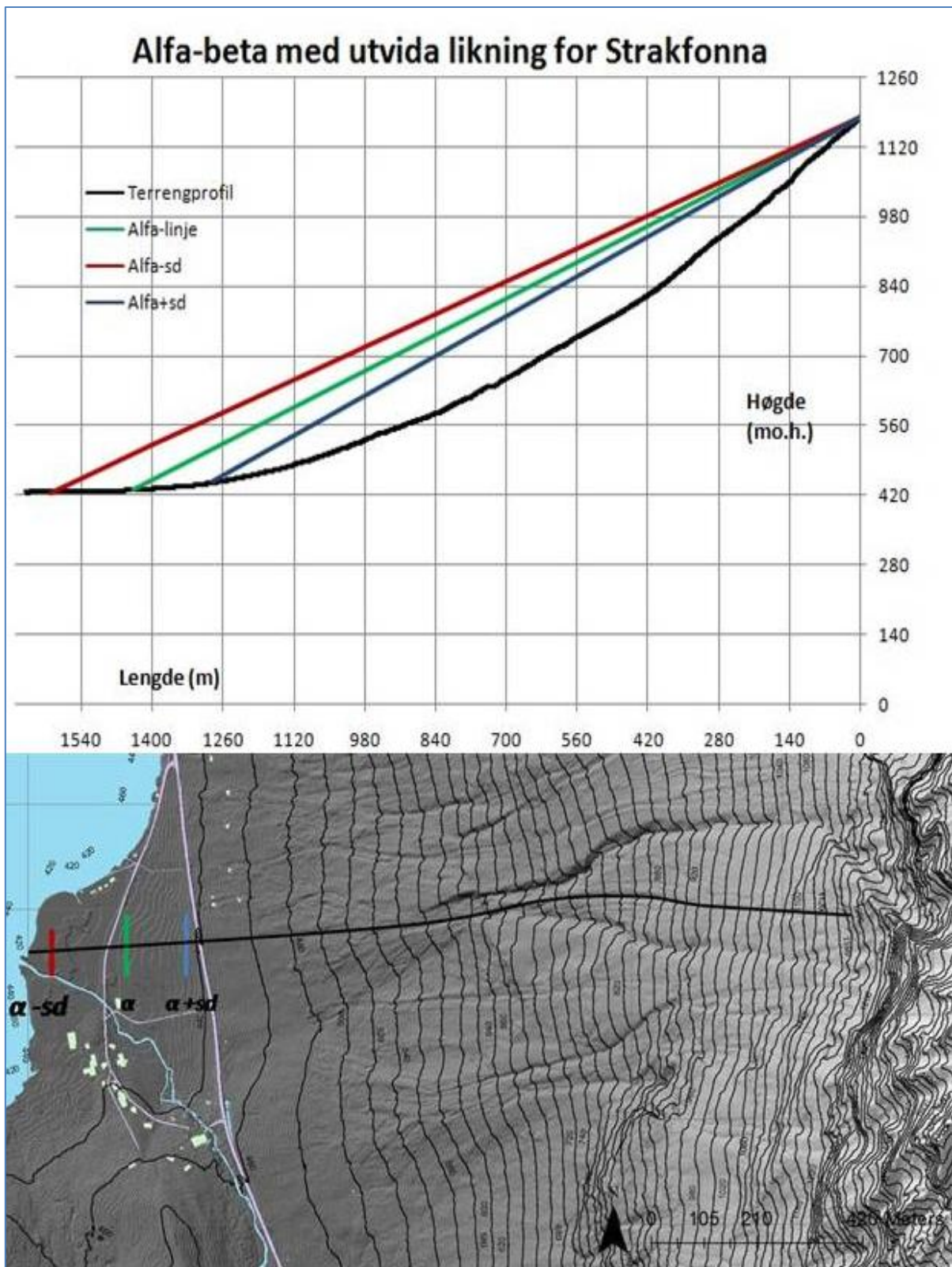


Figur 7.8 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen med utvida likning for SkiftePetter- Johan fonna.



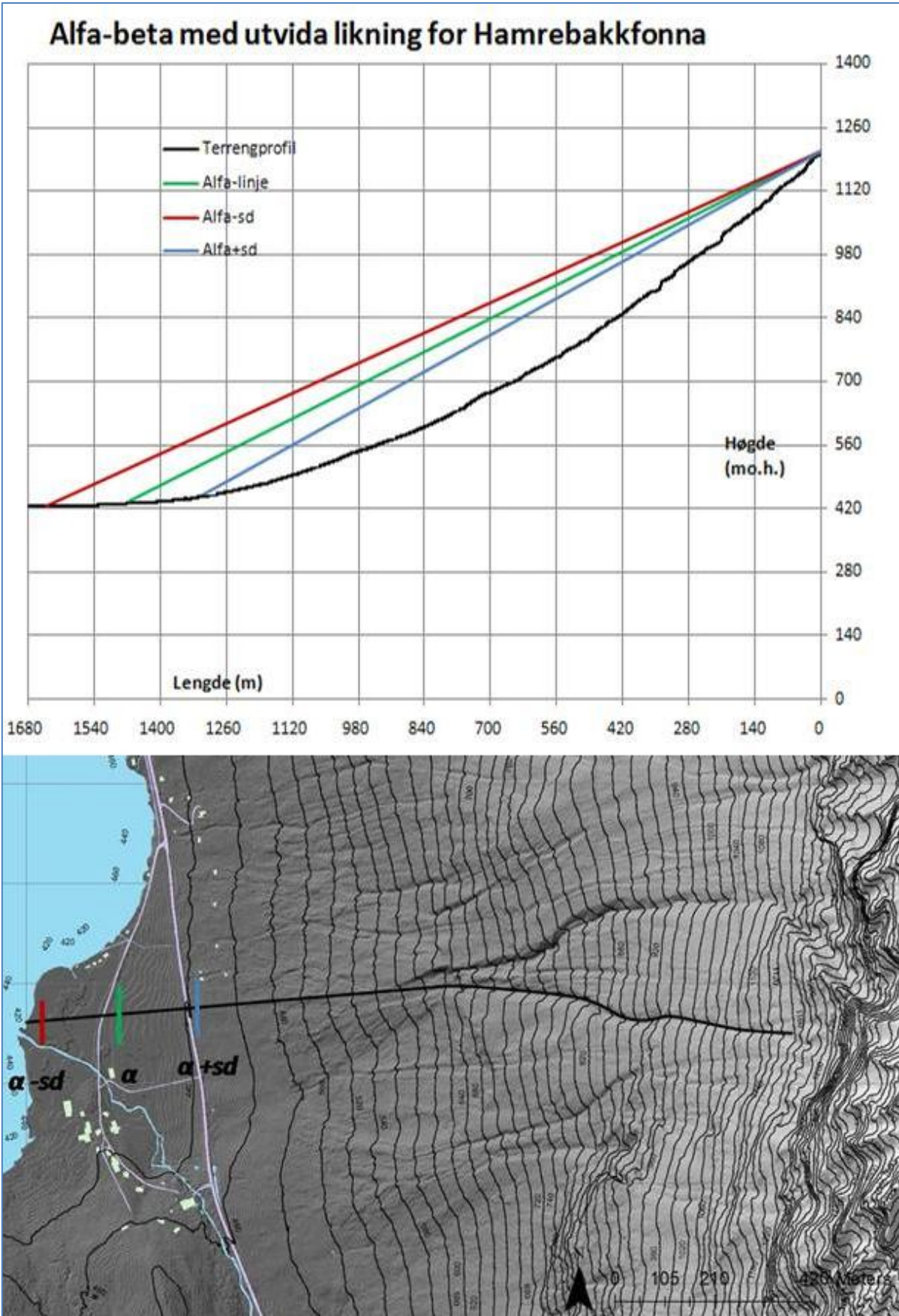


Figur 7.9 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen med utvida likning for Krokutgjelet.

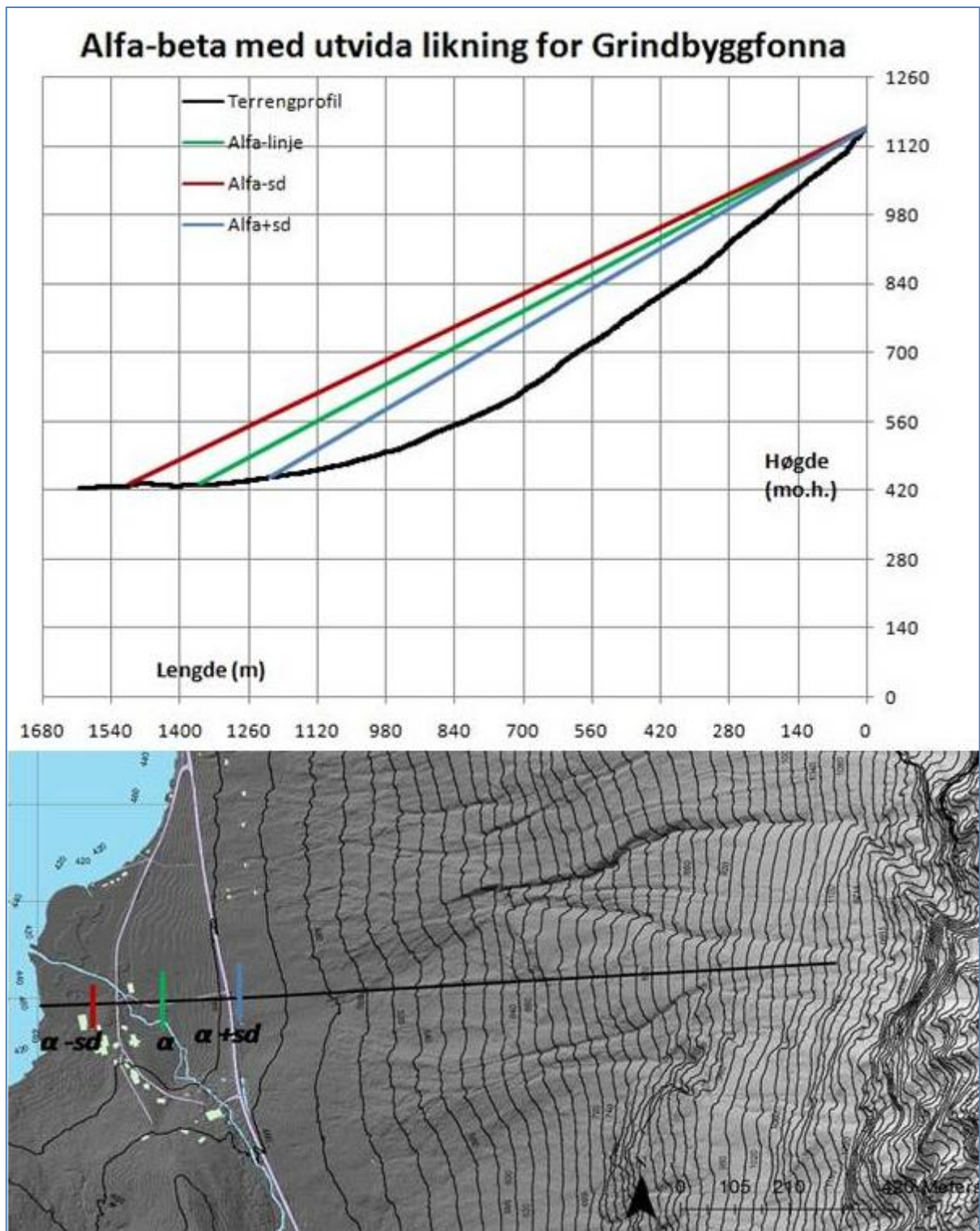


Figur 7.10 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen med utvida likning for Strakfonna.



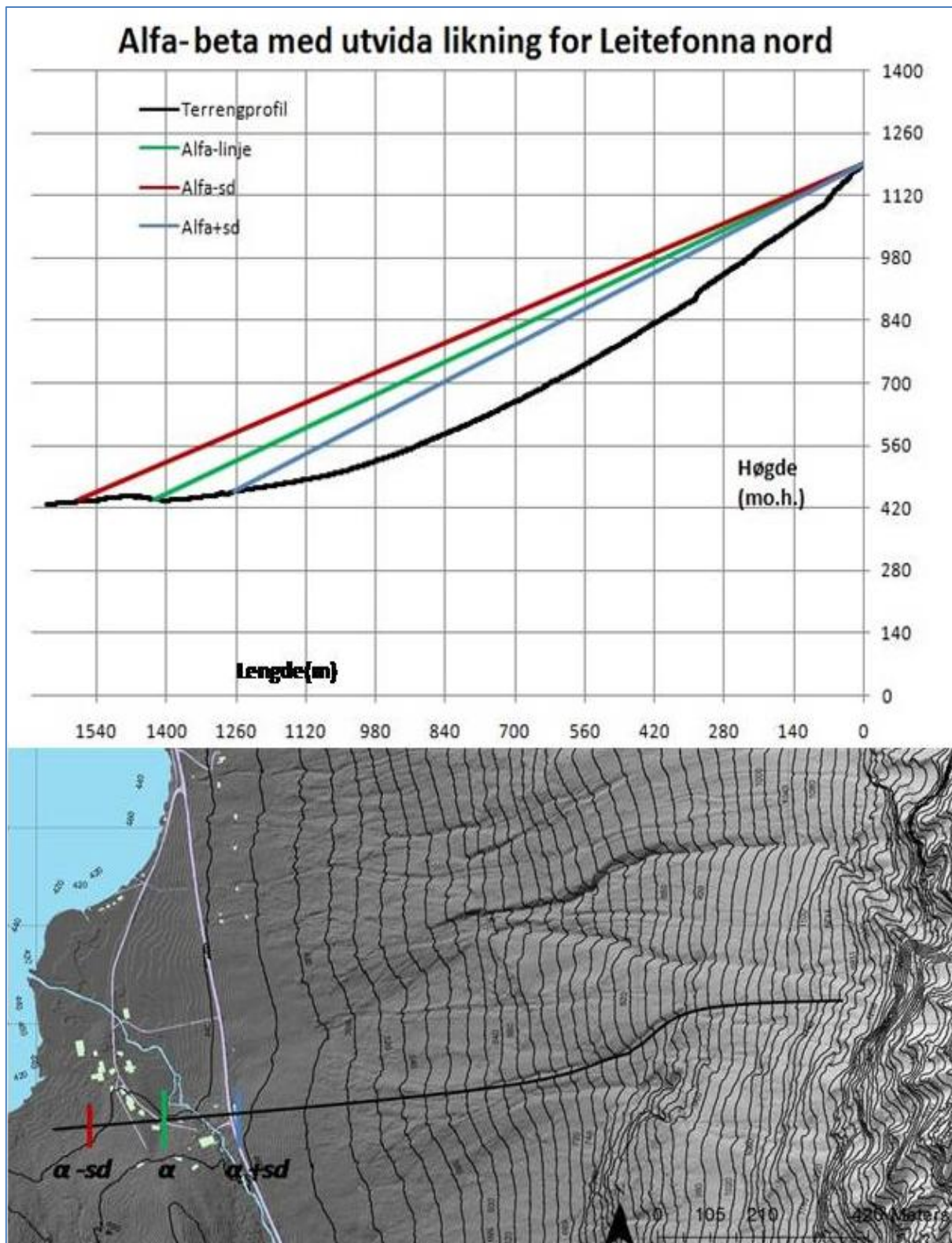


Figur 7.11 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen med utvida likning for Hamrebakkfonna.



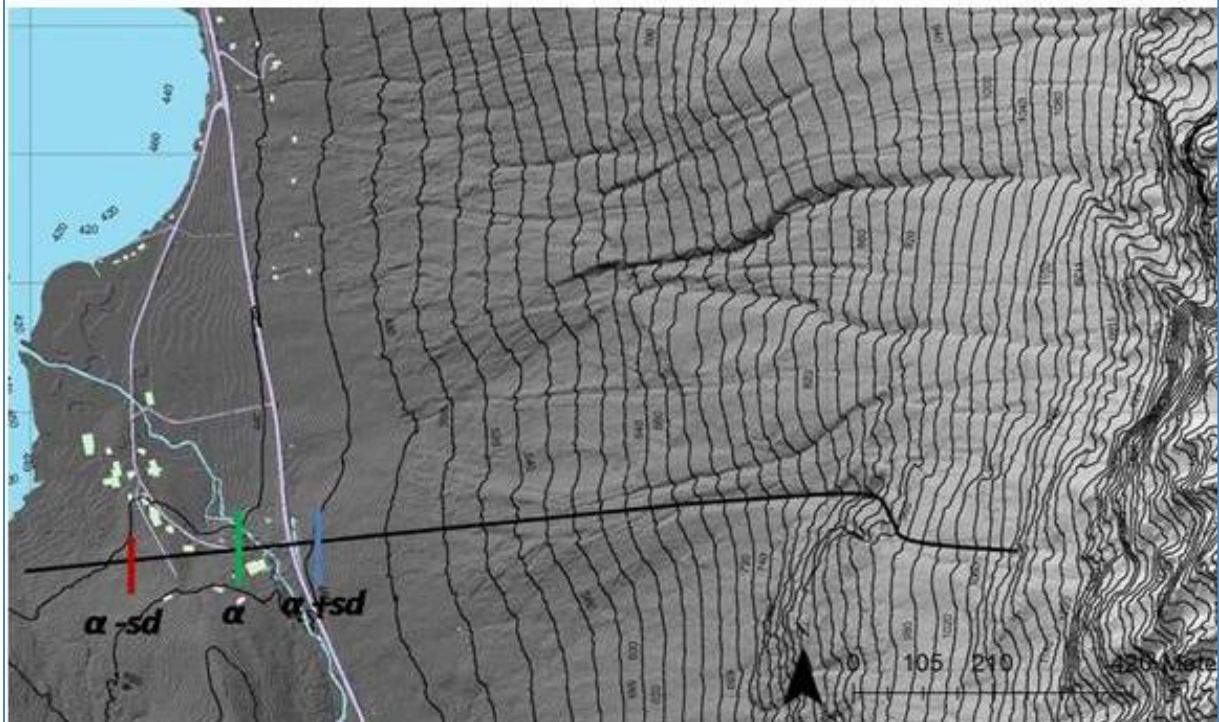
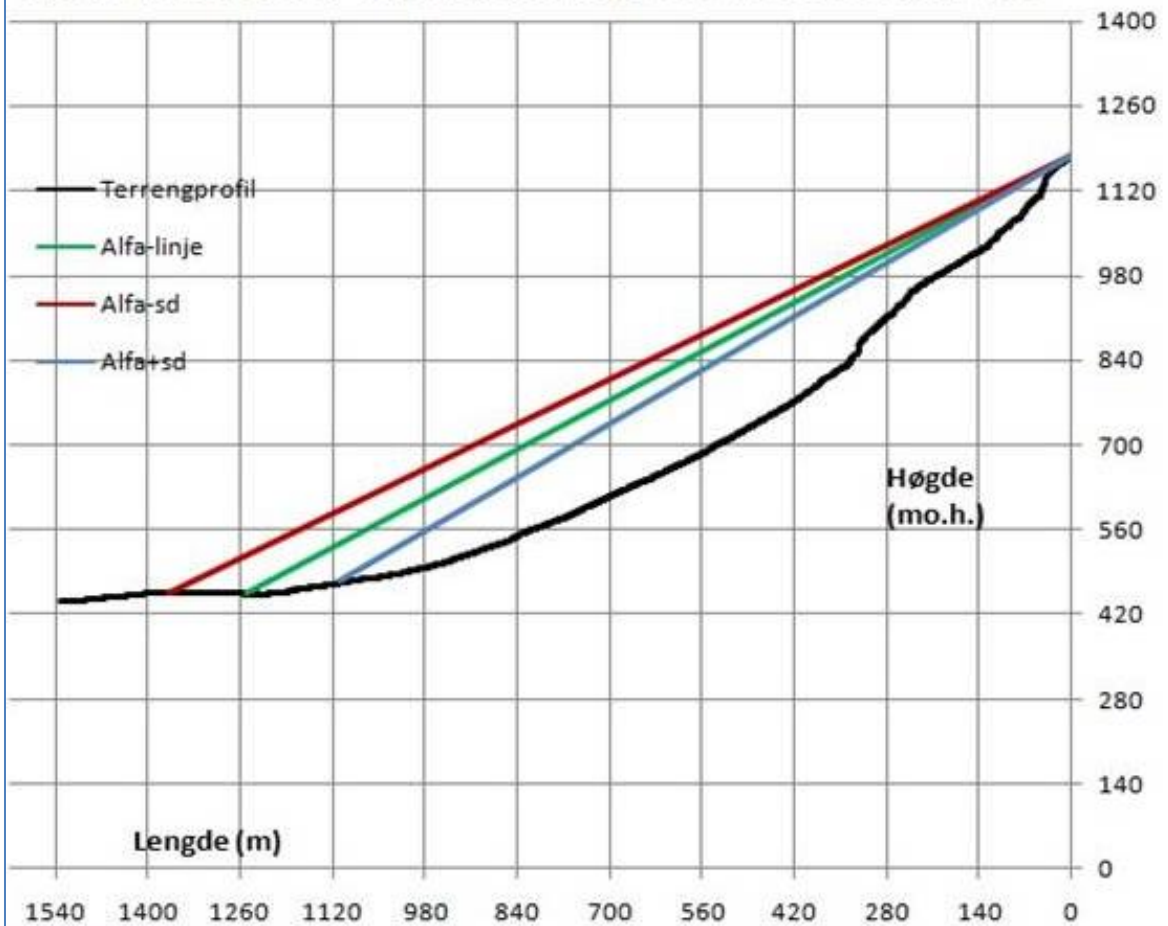
Figur 7.12 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen med utvida likning for Grindbyggfonna.





Figur 7.13 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen med utvida likning for Leitefonna nord.

## Alfa- beta med utvida likning for Leitefonna sør



Figur 7.14 Utløpslengde frå Alfa-beta modellen med utvida likning for Leitefonna sør.

## 7.2 Utløpsmodellen RAMMS

Simuleringane i modellen RAMMS består av to ulike deler. Fyrste del er ein rekonstruksjon av snøskredet 5. mars 1956, og andre del er simulering av resterande losneområda ved Indreeide. Innstillingane i RAMMS er justert for best å etterlikna norske forhold. Høgdegrensene er justert ned til 1000 mo.h. og til 500 mo.h. For rekonstruksjonen av 5. mars 1956-skredet er skredfrekvens sett til 100 år, medan skredvolum er sett til Large. For andre del med simulering av tilhøyrande skredløp i området er skredfrekvensen sett til 300 år, medan skredvolum er sett til Large. Dette for at parametranne i programmet best skal likna på store, sjeldne hendingar. Desse hendingane er det som best gjengjev føresetnadane i det norske regelverket for skredfarekartlegging. Vegetasjon eller bygningar i området er ikkje tatt høgde for i berekningane, og eventuelle verknadar av dette er ikkje fastsett. Losneområdet er bestemt ut frå hellingskart, ortofoto, terreng, plassering på tregrense og feltarbeid. Brotdjupn i meter er likt for heile losneområdet, dette vert å rekna som ein snittverdi, men i verkelegheita vil brotdjupna variera etter utforminga på losneområdet. Brotdjupna er basert på ei heilskapleg vurdering ut frå klimadata, orientering på fjellsida samt topografiske forhold.

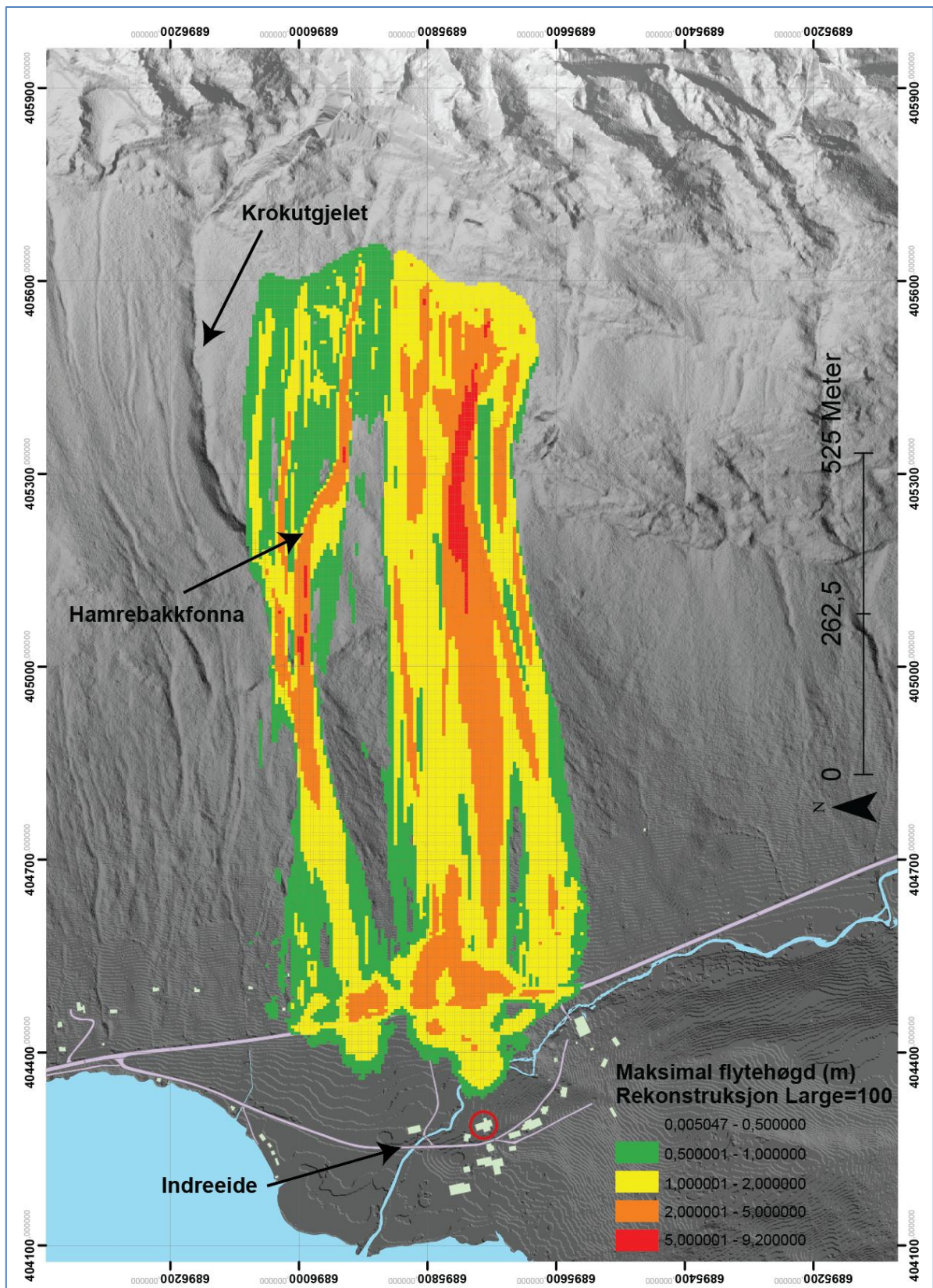
### 7.2.1 Rekonstruksjon av 5. mars 1956-skredet

RAMMS er eit velkjent program for simulering av utløpslengde utvikla over tid, men må validerast ved bruk i nye område. Ved rekonstruksjon av skredhistorikk er utløpslengda eller skadeverknader av skredet kjent. Kombinerer ein dette med klimadata for skredhendingar, har ein to av dei ukjende faktorane i simuleringa. Dette gjer problemet med dynamiske berekningar meir handterlege. Resultatet frå rekonstruksjon av skredhistorikk kan vidareførast til tilhøyrande fonner der det ikkje finst tilsvarende historisk informasjon. Denne måten sikrar at simuleringane er baserte på faktiske forhold som er reelle i området.

5. mars 1956 gjekk eit av dei største snøskreda frå Skårane i nyare tid. Fonna var 500-600 meter på det breiaste og 600-700 meter lang. Skredet stoppa om lag 50 meter frå floren til Georg Indreeide, markert med raud sirkel på figur 7.15 (Indreeide, 2013). Akkurat kvar skredet losna er uvisst, men truleg mellom Krokutgjelet og Leitefonna sør. Skredet vart omtala som om heile fjellsida rakna samtidig. Dette tyder på at det var eit stort skred med lang brotkant. Meteorologiske data før skredet gjekk syner at dette må ha vore eit tørt flakskred. Dei siste fem dagane før skredet losna kom det 56 mm nedbør ved Tafjord målestasjon. Korrigerer ein for høgda til losneområdet på Indreeide på om lag 1000 mo.h., vert dette omrekna til 84 mm nedbør. Her er det brukt ein omrekningsfaktor på 5%/100 mo.h. I tillegg må ein vurdere vindpålagring. I dette tilfellet tenkjer eg krysspålagring samt mogeleg toppålagring med skavlbrekk frå toppen av Skårane. Orienteringa på fjellsida er også tatt høgde for i vurdering av storleik og brotdjupn for losneområda. For ytterlegare informasjon rundt hendinga, sjå kapittel 5, Informasjon om tidlegare skredhendingar.

Ulik plassering og storleik på losneområdet er også utprøvd. For brattleikskart, sjå figur 3.13 side 27. Simuleringar syner at losneområdet ligg mellom Krokutgjelet og Leitefonna sør for å få utløp som bekreftar dei historiske kjeldene. Skredet som best samsvarar med kjeldene, er eit stort flakskred som er kring 420 meter breitt med ein brotkant som varier frå 0,8 meter til 1,5 meter. Gjennomsnittleg helling i losneområdet er 40°. Tettleiken til skredmassane er sett til 300 kg/m<sup>3</sup>. Samla losnevolum er om lag 128 400 m<sup>3</sup>. Andre kombinasjonar av brotlengde, brothøgde og friksjonsparametrar kan gje tilsvarande resultat. Ut frå meteorologiske data frå dagane før, utløpslengde samt storleik på skredet syntest eg kombinasjonen av startparametrar samsvarar godt. For resultat, sjå figur 7.15.





Figur 7.15 Rekonstruksjon av 5. mars 1956-skredet i RAMMS. Skredet stogga om lag 50 meter frå floren til Georg Indreeide, markert med raud sirkel på biletet. Det simulerste skredet har ei breidde på 420 meter med brotkant som varierer frå 0,8 meter til 1,5 meter. Losnevolumet er estimert til 128 400 m<sup>3</sup>. Tettleiken til skredmassane er sett til 300 kg/m<sup>3</sup>. Gjennomsnittleg helling i losneområdet er 40°. Rekonstruksjonen er basert på meteorologiske data frå Tafjord målestasjon korrigert for høgda og orienteringa på losneområda ved Indreeide. Pålagring i forhold til vind er også tatt med i betrakninga.

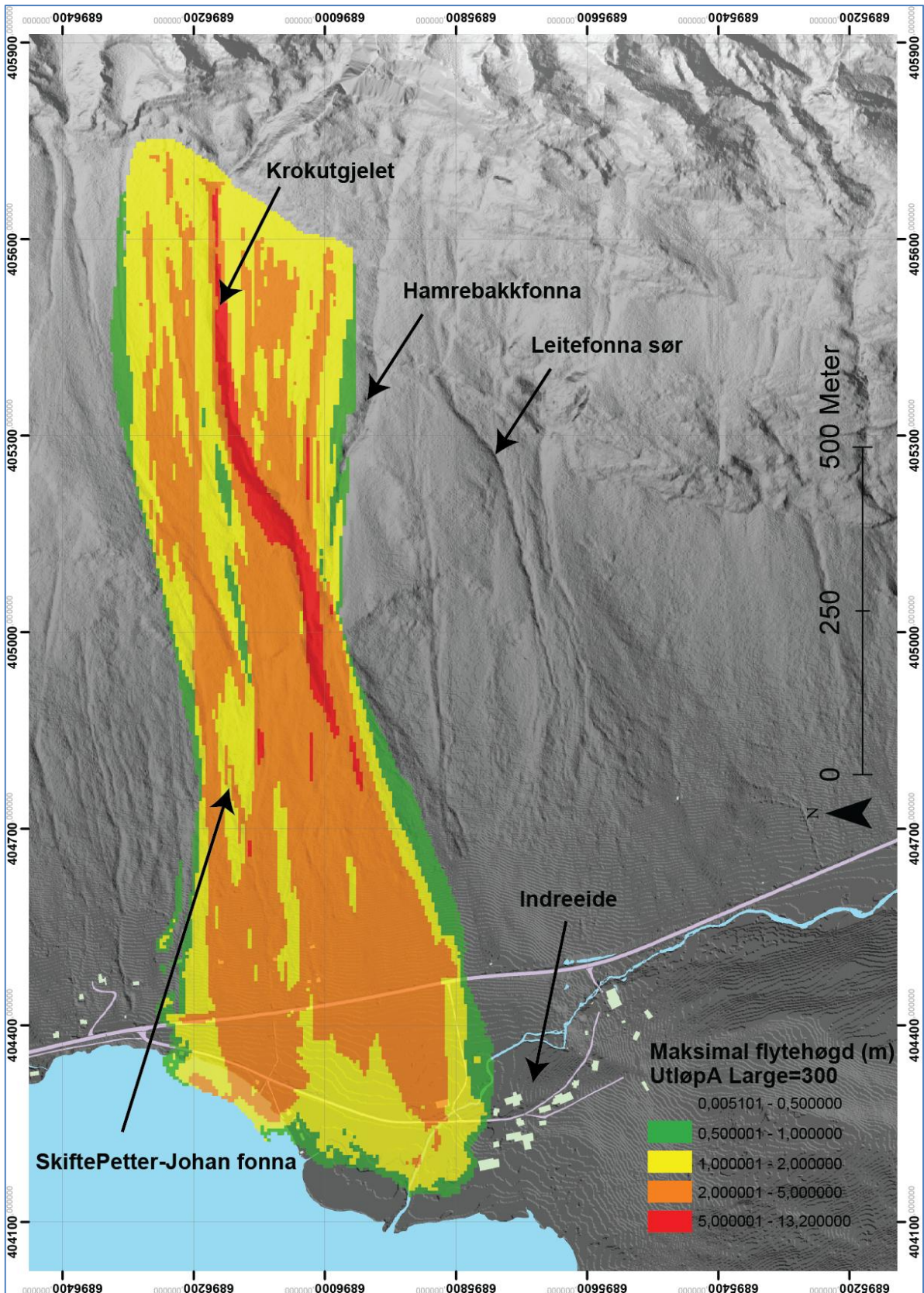
## 7.2.2 Utløpssimulering for andre losneområde ved Indreeide

Lia ovanfor Indreeide er svært bratt med store opne område utan skog, dette er potensielle losneområde for snøskred, sjå brattleikskart figur 3.13 side 27. Skoggrensa går kring 750 mo.h. For simuleringane i RAMMS er det tenkt ut ulik plassering og storleik på losneområda. Brotdjupn i meter er basert på informasjon om historiske skred, rekonstruksjon av 5. mars 1956-skredet, klimadata, nedbørskart med 5 års gjentaksintervall og pårekeleg maksimal utfellbar nedbør. Brotforplantinga eller breidda på skreda med låg frekvens, er tenkt kan verta svært lang. Dette grunna vedvarande svake lag. Vertikale klipper eller avblåste ryggjar kan avgrensa utbreiinga av det svake laget og dermed avgrensa storleiken på potensielle losneområde (McClung og Schaerer, 2006). Å føreseia utløpslengda for kvar enkelt fonn syner seg vanskeleg. I staden kan ein vurdera større losneområde som involverer fleire fonner samtidig. Dei historiske kjeldene frå 5. mars 1956-skredet fortel om at heile fjellsida rakna samtidig. Dette seier meg at det kan gå svært store skred i lia oppunder Skårane.

Simuleringane i RAMMS er baserte på to ulike senario. Det fyrste senarioet er tenkt med ei nordleg plassering av losneområdet frå om lag SkiftePetter-Johan fonna til Hamrebakkfonna. Skredet er simulert som eit tørt flaskred med ei breidde på 350 meter. Brotkanten er sett til 1,6 meter, noko som utgjer eit losnevolum på  $215\ 904\text{m}^3$ . Tettleiken til skredmassane er sett til  $300\text{ kg/m}^3$ . Gjennomsnittleg helling i losneområdet er  $38^\circ$ . Dette senarioet går farleg nær dei nordlegaste gardane på Indreeide. Små endringar i losnevolum vil endra utslaget. Skredet når 11 hytter og eit reiskapshus. For simulert resultat, sjå figur 7.16, og for skredråka busetnad, sjå figur 7.18.

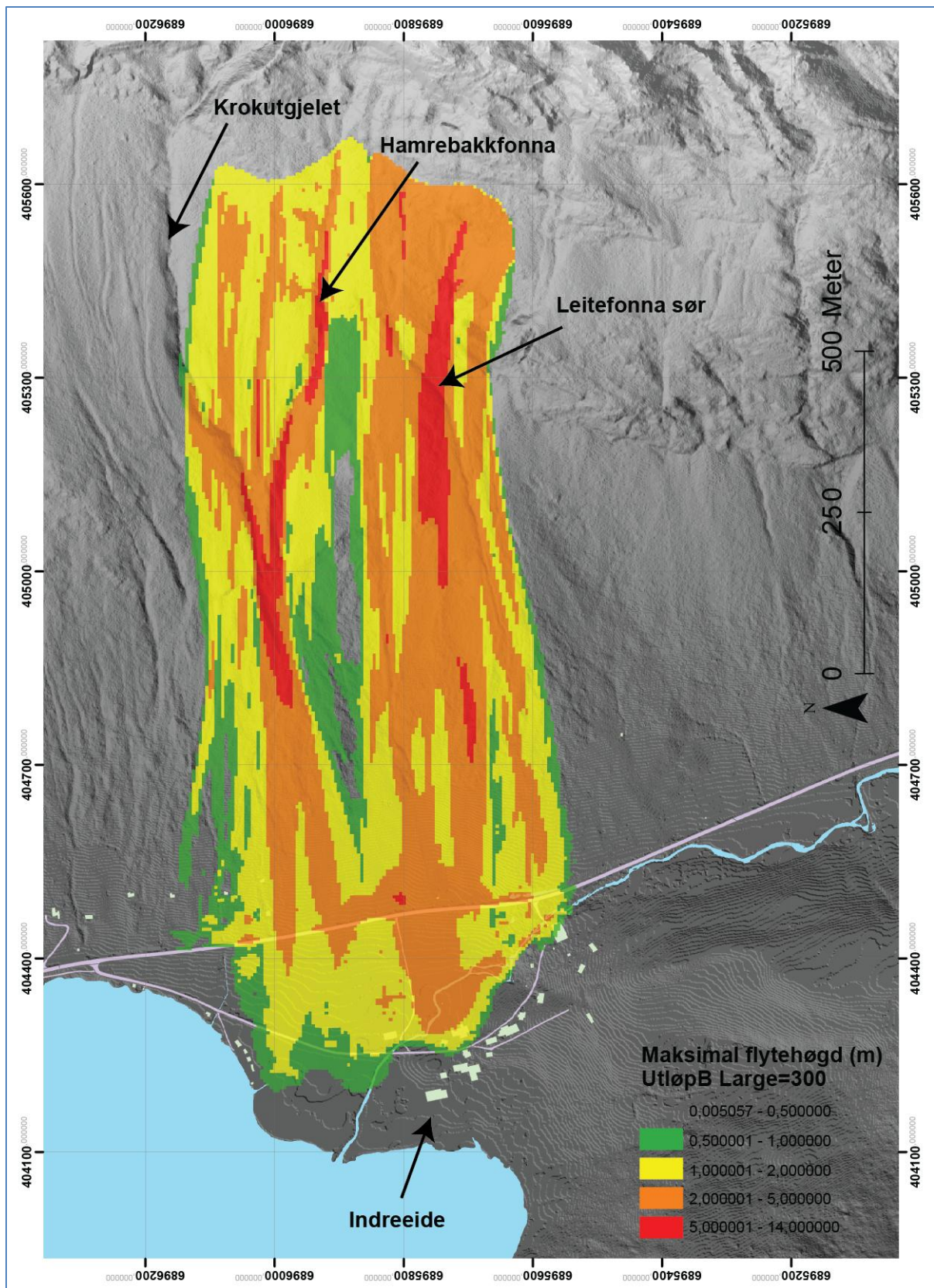
Det andre senarioet er tenkt med losneområdet frå Krokutgjelet til Leitefonna sør. Skredet er simulert som eit tørt flaskred med ei breidde på 460 meter. Brotkanten varierer frå 1,6 meter til 2,2 meter, noko som utgjer eit losnevolum på  $237\ 367\text{ m}^3$ . Tettleiken til skredmassane er sett til  $300\text{ kg/m}^3$ . Gjennomsnittleg helling i losneområdet er  $40^\circ$ . Dette senarioet når 1 bustadhus, 1 driftsbygning, 1 mekanisk verkstad, 4 hytter samt reiskapshuset på flata nord for Indreeide. I tillegg er skredet farleg nær fleire bustadhus på Indreeide. For simulert resultat, sjå figur 7.17, og for skredråka busetnad, sjå figur 7.18.





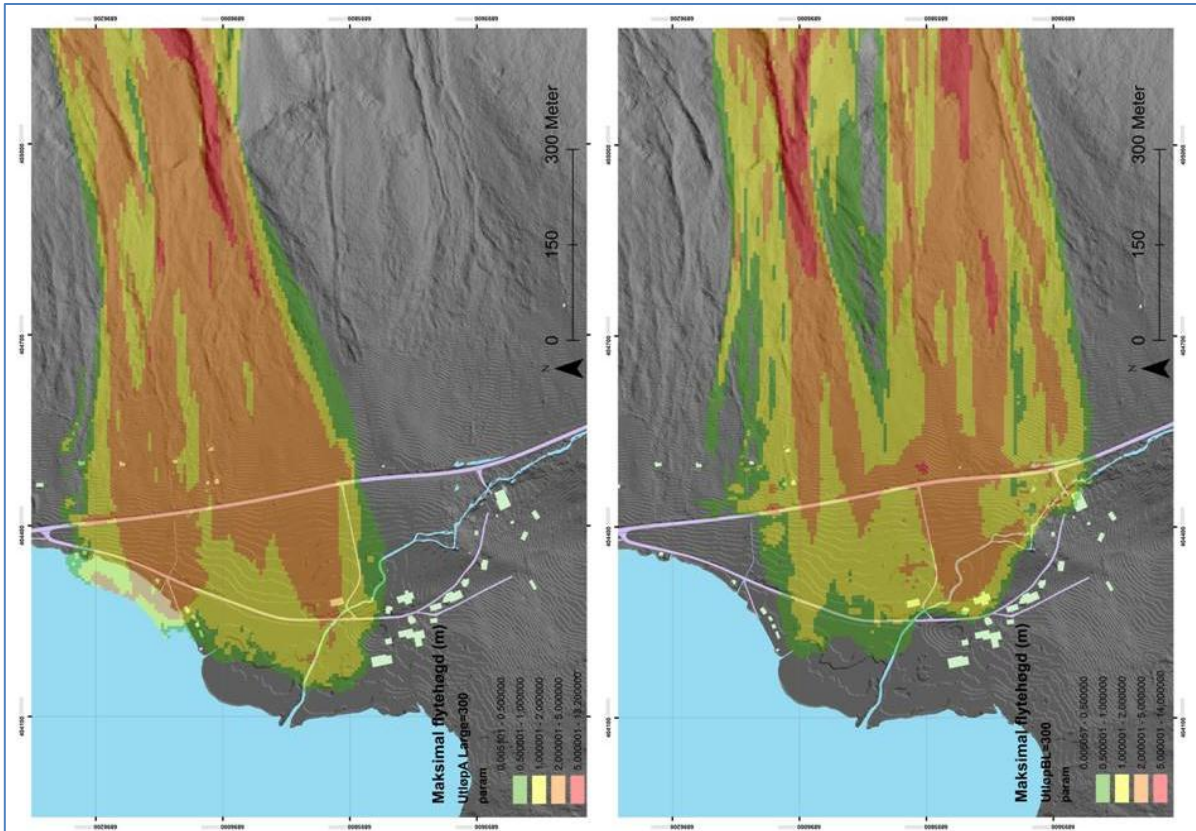
Figur 7.16 Simulert utløpslengde for fyrste senarioet frå Skårane i RAMMS. Skredet som er simulert har ei breidde på om lag 350 meter med ein brotkant på 1,6 meter. Dette gjev eit losnevolum på 215 904 m<sup>3</sup>. Gjennomsnittleg helling i losneområdet er 38°. Tettleiken til skredmassane er sett til 300 kg/m<sup>3</sup>. Biletet syner flytehoogd i meter for skredmassane. Det simulerte skredet er basert på klimadata frå Tafjord målestasjon, korrigert for høgda på losneområda ved Indreide. Pålagring i forhold til vind og orientering på fjellsida er også teke omsyn til.





Figur 7.17. Simulert utløpslengde for andre senarioet frå Skårane i RAMMS. Skredet som er simulert har ei breidde på 460 meter med ein brotkant som varierer frå 1,6 meter til 2,2 meter. Dette utgjer eit losnevolum på 237 367 m<sup>3</sup>. Tettleiken til skredmassane er sett til 300 kg/m<sup>3</sup>. Gjennomsnittleg helling i losneområdet er 40°. Rekonstruksjonen er basert på klimadata frå Tafjord målestasjon, korrigert for høgda på losneområda ved Indreeide. Pålagring i forhold til vind og orientering på fjellsida er også teke omsyn til.



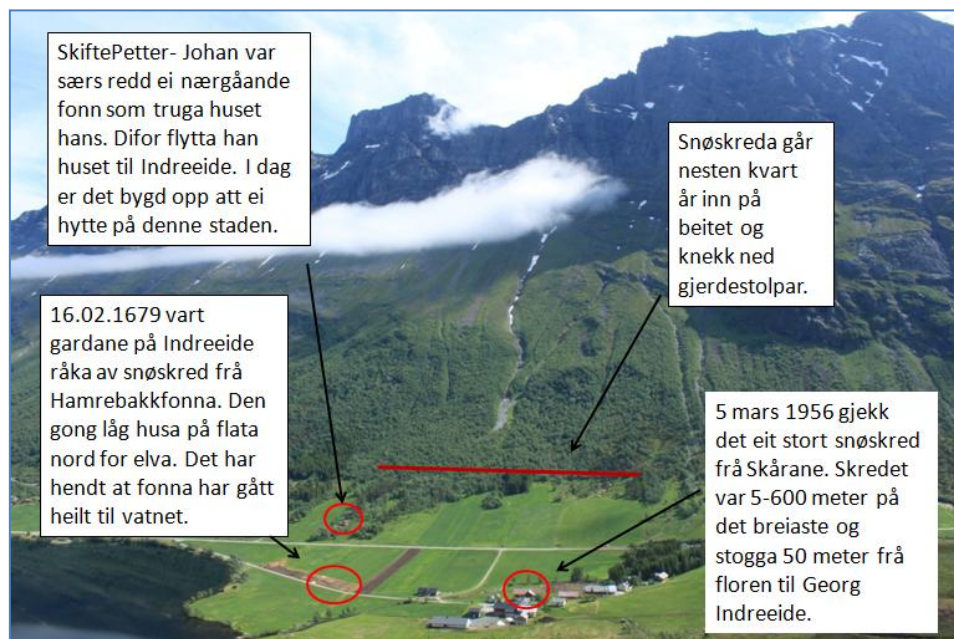


Figur 7.18 Busetnad råka av det simulerte skredet i RAMMS. Biletet til venstre syner det fyrste senarioet, dette skredet råkar hovudsakleg hytter og eit reiskapshus. Biletet til høgre syner det andre senarioet, der vert eit bustadhus, ein driftsbygning, ein mekanisk verkstad og reiskapshuset råka. I tillegg går skredet farleg nær fleire bustadhus på Indreideide.

## 8 Vurdering av skredfare

### 8.1 Informasjon om tidlegare skredhendingar

I ei vurdering av skredfare er informasjon om tidlegare skredhendingar svært viktig. Frå kapitel 5, Informasjon om tidlegare skredhendingar, står det at Indreeide har vorte teke av snøskred frå Skårane to gonger. 5. mars 1956 kom det eit nytt skred som kom faretruande nær. Skredet stogga 50 meter frå floren til Georg Indreeide. Skredet var kring 500-600 meter breitt og 600-700 meter langt. For ytterlegare informasjon kring tidlegare skredhendingar, sjå kapitel 5. Figur 8.1 syner samanstilling og plassering av dei viktigaste skredhendingane som har råka Indreeide.



Figur 8.1 Historisk informasjon om snøskred som har råka Indreeide eller gått farleg nær dagens busetnad. Foto: Tor Ivar Birkeland

### 8.2 Kvartærgeologisk kartlegging

Den kvartærgeologiske kartlegginga for lia under Skårane syner store mengder lausmassar avsett frå steinsprang, steinskred og lausmasseskred. Dette vert også bekrefta i dei historiske kjeldene. I 2008 gjekk det eit lausmasseskred frå Leitefonna nord, skredet gjekk heilt ned til fylkesveg 63 som går gjennom dalen. Det er også ein fare for steinskred, steinsprang og lausmasseskred i området. Graden av skredfare for desse skredtypane er ikkje fastsett, sidan det ligg utanfor omfanget til oppgåva. Kartlegginga syner også store skadar på vegetasjonen. Dette kan koma frå sigrørsløse i snøen eller som direkte skadar frå snøskred.

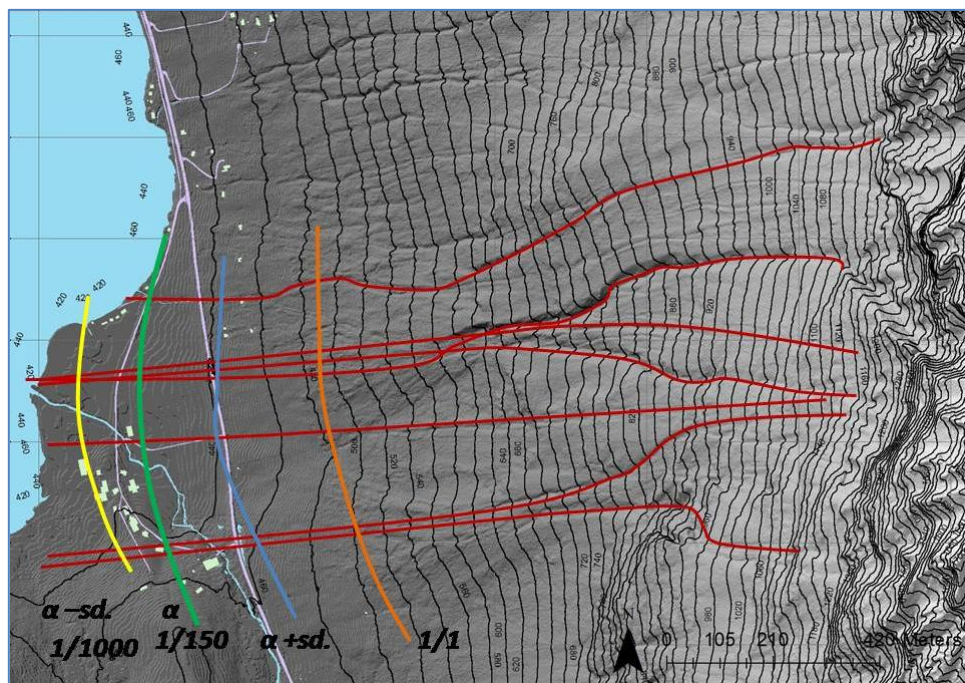
Høgoppløystelege kart frå lidarskanning av området syner to kolluviale vifter over busetnaden på Indreeide. Desse viftene er truleg bygd opp av lausmasseskred sjølv om frekvensen til snøskreda er høgre. Ravinene og viftene utgjer morfologien i området og er til dels styrande for retninga og

utløpslengda til snøskreda. For meir informasjon om enkelte lokalitetar, samt kvartærgeologisk kart, sjå kapitel 6.

## 8.3 Utløpsmodellering

### 8.3.1 Utløpsmodellen Alfa-beta

Denne modellen er nytta til å føreseia maksimal utløpslengde for tørre flakskred frå Skårane. Resultatet er oppsummert i figur 8.2 og er ikkje korrigert for eventuelle feilkjelder eller prinsipp modellen ikkje tek høgd for. I verkelegheita er det vanskeleg å kvantifisere verknaden av dei ulike feilkjeldene i modellen. Kombinerer ein utløpslengda frå Alfa-beta med informasjon om tidlegare skredhendingar, kan ein anslå frekvensen på dei ulike utløpslengdene.  $\alpha$  streken samsvarar bra med skredet som stogga 50 meter frå floren til Georg Indreeide 5. mars 1956. Om dette skredet vart det sagt at sjølv 90 år gamle folk kunne ikkje hugsa det hadde gått skred her før. Ut frå dette, saman med tolkinga av  $\alpha$  linja i Alfa-beta modellen, antek eg at denne utløpslengda samsvarar med 100 til 200 års frekvensen.  $\alpha$  minus eit standardavvik tolkar eg til å vera omtrent 1000 års frekvensen. Frå dei historiske kjeldene er det sagt at snøskred kan gå heilt ned til vatnet, men dette er ikkje tidfesta. Dette tolkar eg som det er svært lenge mellom kvar gong ei slik hending finn stad, men den kan førekoma.

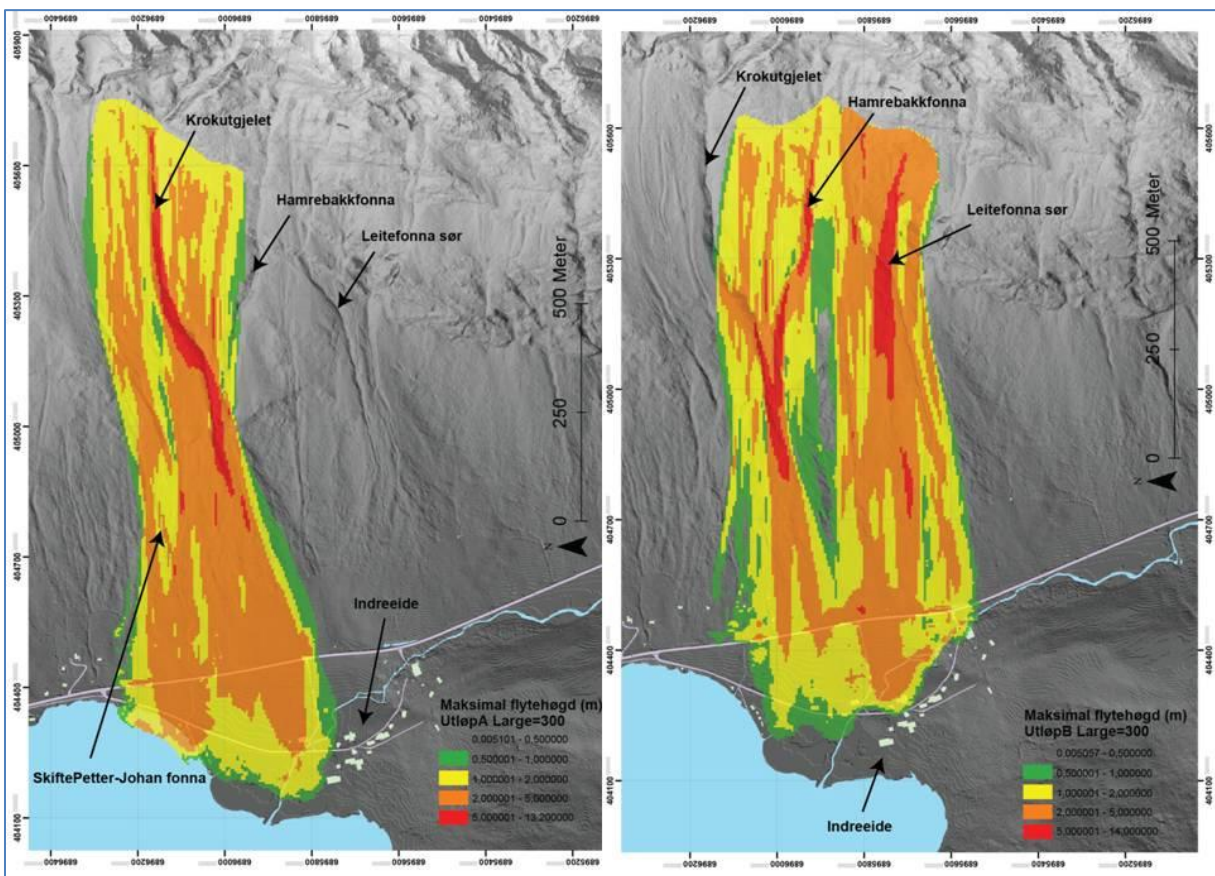


Figur 8.2 Samanstilling av utløpslengde frå dei ulike fonnene med Alfa-beta modellen.  $\alpha$  pluss eit standardavvik er teikna med blått,  $\alpha$  er teikna med grønt og  $\alpha$  minus eit standardavvik er teikna med gult. Årsfrekvensen for utløpslengde er også teikna inn.



### 8.3.2 Utløpsmodellen RAMMS

Simuleringane i RAMMS er køyrt med ein terrengmodell med 5x5 meter oppløysing. Rekonstruksjon av 5. mars 1956- skredet er brukt til å kalibrere startverdiar som brotdjupn, storleik på losneområde, plassering av losneområde samt utløpslengde. Verdiar frå denne rekonstruksjonen er vidareført til nærliggjande fonner utan tilsvarande informasjon om tidlegare skredhendingar. Brattleikskart, morfologi, feltarbeid og høgde på tregrense er brukt for å finna plasseringa på losneområde. Resultatet frå simuleringane syner store, sjeldne skredhendingar som er tolka å kunne tilsvara skred med svært låg frekvens, sjå figur 8.3. For meir informasjon om RAMMS, sjå kapittel 4, og for simuleringresultat, sjå kapittel 7.



Figur 8,3 Simulert utløpslengde i RAMMS. Biletet til venstre syner fyrste senarioet. Dette skredet har ei øvre utstrekning på om lag 350 meter med ein brotkant på 1,6 meter. Biletet til høgre syner andre senarioet, dette skredet har ein øvre utstrekning på om lag 460 meter med ein brotkant som varier frå 1,6 meter til 2,2 meter.



## 8.4 Samla skredfarevurdering

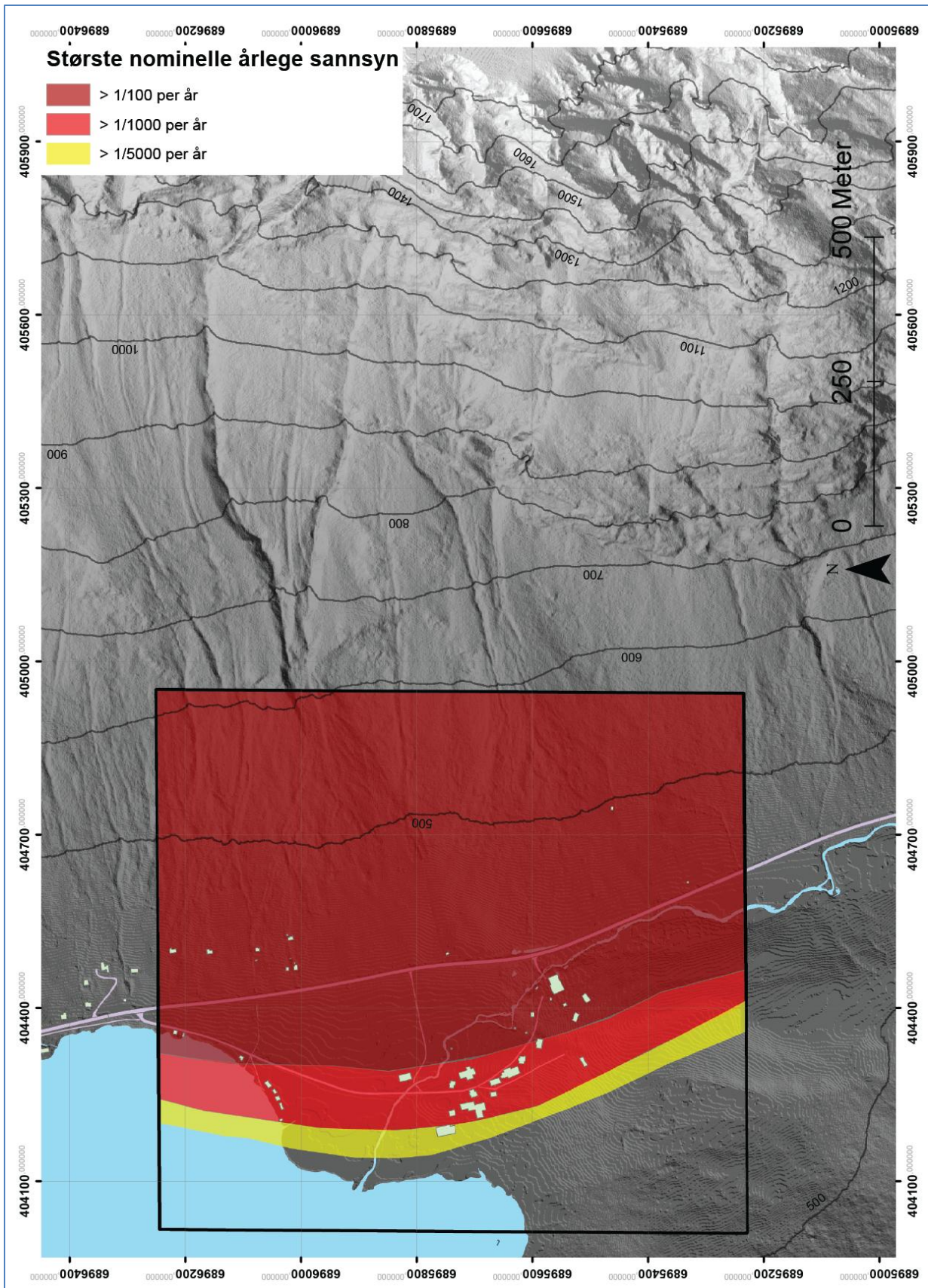
Graden av fare for snøskred er fastsett etter gjeldande regelverk (DiBK, 2012) samt retningslinjene til NVE (2011a). Graden av skredfare er fastsett etter største nominelle årlege sannsyn for skadar og er gradert etter tre sikkerheitsklassar etter konsekvens.

- S1: Største nominelle årlege sannsyn for skred: 1/100
- S2: Største nominelle årlege sannsyn for skred: 1/1000
- S3: Største nominelle årlege sannsyn for skred: 1/5000.

Ved Indreeide går det snøskred frå Skårane kvart år. Dette er stadfesta av Harald Indreeide, fastbuande på staden. Utløpslengda på dei årvisse snøskreda er øvre utstrekning av gjerdet på beitet, sjå figur 8.2 for plassering. Når det gjeld snøskredet 5. mars 1956 anslår eg dette til å samsvara med ein frekvens på 1/100 til 1/200 år. Dei historiske kjeldene samt  $\alpha$  utløpslengde frå Alfa- beta modellen underbyggjer dette. Rekonstruksjonen av 5. mars 1956-skredet i RAMMS antyder ein brotkant med høgde mellom 0,8 meter til 1,5 meter. Ut frå nordleg vindretning, krysspålagring og ei fjellside som vender mot vest, er dette ein relativt høg brotkant som kun kan forklarast med sjeldne meteorologiske faktorar, sjeldnare enn karta med ekstremnedbør kan føreseia. Vidare syner simuleringane i RAMMS at skal ein ha ei utløpslengd som treffer busetnaden på Indreeide, må skredet ha ein endå høgare brotkant, kanskje heilt opp mot 2,2 meter. Den øvre utstrekninga må vera minst 400 meter. Hellinga på underlaget oppunder Skårane er kring 40°. I så bratt terreng er frekvensen på skred høg og men truleg er dette eit realistisk for eit skred med låg frekvens. Denne utløpslengda tilsvarar ein  $\alpha$ - vinkel på 25°. Dette er under snittet for  $\alpha$ - verdi med ein middelvei på 33° (Lied og Kristensen, 2003). Di lågare  $\alpha$ - verdi, di lågare er frekvensen på utløpslengda. Denne utløpslengda samsvarar med  $\alpha$  minus eit standardavvik og vert vurdert til 1/1000 års frekvensen. Forhøginga i terrenget der gardane på Indreeide ligg, er korrigert for ved fastsetjinga av frekvensen.

Den lågaste frekvensen, 1/5000 er svært vanskeleg å fastsetja. Korkje simuleringar i RAMMS, utløpslengde frå Alfa- beta , historisk informasjon om skredhendingar, kvartærgeologisk kartlegging eller klimadata kan fastsetja denne utløpslengda med sikkerheit. Eit spor i historisk informasjon finst det likevel. 16.02.1679 vart Indreeide teke av skred. Om denne hendinga står det blant anna at Hamrebakkfonna går stundom heilt til Eidsvatnet. Startverdiar i RAMMS som gjev utløpslengde til Eidsvatnet, krev eit svært stort losneområde eller svært høg brotkant. Dette er hendingar som opptre svært sjeldan. Vel difor å setja 1/5000 års frekvensen ved austlege grensa av Eidsvatnet. Dei historiske kjeldene om tidlegare skredhendingar fortel også om vass-svor som har gått like til elva. Elva er den som går langs vegen frå sør og renn ut i Eidsvatnet. Sørpeskred losnar i område med helling mellom 5° til 40°, sjeldan over 30° (McClung og Schaerer, 2006). For at sørpeskred skal losna

må ein ha ein oppdemningseffekt i snødekket, dette er vanleg å finna på myrar og liknande. Ved bratte hellingar vil vatnet i snødekket drenera ut langs lagdelinga i snøpakka. For fjellsida under Skårane er store delar av terrenget nær 40° (sjå brattleikskart figur 3.13 side 27). Eg vurderer faren for sørpeskred som kan nå busetnaden som liten. Faren for tørre flaxskred er dimensjonerande for skredfarekartet. For skredfarekart, sjå figur 8.4.



Figur 8.4 Skredfarekart for snøskred over Indreeide frå Skårane etter største nominelle årlege sannsyn 1/100, 1/1000 og 1/5000.

## 9 Diskusjon

### 9.1 Informasjon om tidlegare skredhendingar

Ein skil mellom ulike kjelder for informasjon om tidlegare skredhendingar. Dette kan vera munnlege eller skriftlege kjelder. Dei munnlege kjeldene er ofte intervju av lokalbefolkninga, offentleg tilsette eller andre som kjenner skredhistoria på staden. Skriftlege kjelder er nedskrivne informasjon som ein til dømes kan finna i avisartiklar eller lysingar, bygdebøker, kyrkjebøker, offentlege rapportar og skreddatabasar m.m. Tilgang og kvalitet på dei historiske kjeldene vil variera frå stad til stad. I somme tilfelle finst det lokalhistorikarar som kan vera til god hjelp med informasjon om tidlegare skredhendingar.

Munnlege kjelder kan vera informasjon som er direkte observert av personen sjølv, eller informasjon som er vidarefortalt frå andre. Ofte kan informasjonen som er vidarefortalt avvika frå den opphavslege informasjonen. Det er truleg å anta at di fleire gonger informasjonen vert vidarefortalt, di meir vil den avvika frå den reelle hendinga. Eit anna aspekt er at storleikar på skred som til dømes lengde, breidde og volum ofte er overslag eller omtrentlege mål. Dette er viktig å vera klar over ved vidarebehandling av historisk informasjon. Munnlege kjelder er ofte kjærkomen informasjon, men truverde må vurderast opp mot resten av kjeldene. I skredfarevurdering er det viktig å vurdere feilkjeldene eller unøyaktigheita i kjeldene.

Kvalitet og nøyaktigheit i skriftlege kjelder er ofte betre enn i munnlege kjelder, men sjølv her vil det vera stor forskjell på detaljgrad. Detaljgrad er ofte avhengig av den som nedteiknar informasjonen. Skaderapportar eller liknande, gjevne av fagfolk er ofte av god kvalitet. Avisartiklar er også overraskande detaljerte, til dømes er artikkelen frå Sunnmørsposten om skredhendinga på Indreeide i 1956 av god kvalitet. Den inneheld informasjon om utløpslengde, breidde på skredet og informasjon som kan relaterast til skredfrekvensen.

I Noreg er det oppretta ein skreddatabase, [www.skrednett.no](http://www.skrednett.no), utarbeidd av Norges geologiske undersøking. Denne databasen inneheld overraskande mange skredhendingar regionalt, men lokalt er langt frå alle hendingane registrerte. Dette opplevde eg ved innsamling av historisk informasjon. Skredregisteret til Statens Vegvesen har same svakheit. Den inneheld hovudsakleg informasjon om dei årvisse hendingane, men lite om hendingar med lågare frekvens. Dette heng truleg saman med overgang frå offentleg til privat drift av vegane. Her må og nemnast kort observasjonsperiode av skredhendingar.



Fastsetjing av frekvens er ofte gjort ut frå historiske kjelder. Eit problem med denne framgansmåten er tilgangen på tilstrekkelege lange observasjonsperiodar. For fastsetjing av frekvens på ei skredhending, må observasjonslengda vera minst dobbelt så lang som frekvensen ein ynskjer å uttala seg om (Høller, 2007). Hukommelsen til menneske når sjeldan lengre tilbake enn 90-100 år. Ei anna utfordring ved observasjonslengda er at folk i dag sjeldan bur heile livet på same stad. Dette heng saman med distriktpolitikk og globalisering. I framtida vil det difor truleg verta vanskelegare å få samanhengande lange observasjonsperiodar.

## 9.2 Geografisk informasjonssystem(GIS)

Digital terrengmodell i rasterformat er ei biletleg framstilling av terrenget. Oppløysinga på terrengmodellar varierer frå 1 meter til 50 meter horisontal og vertikal oppløysing. I dette prosjektet er det nytta terrengmodell med 1 meter vertikal og horisontal oppløysing. Uansett oppløysing er det viktig å vera klar over at terrengmodellar gjengjev ei forenkla framstilling av det verkelege terrenget. I vanskelege tilfelle kan terrenget ha ein trappeliknande utsjånad utan at det viser i modellen, det kan særleg vera eit problem ved grov oppløysing. I ein terrengmodell vert den horisontale og vertikale lengda strekt og gjev ei glattare overflate enn verkelegheita. Slik forsvinn morfologiske trekk i terrenget.

I tilfelle ved røskalering av terrengmodellen til grovare oppløysing, er dette ei feilkjelde som vert større di større cellestorleik ein vel. Ved berekning av skråningsvinklar ut frå terrengmodellar er det viktig å vera klar over at di grovare oppløysinga er på terrengmodellen, di større er avviket mellom helling og det opphavlege. Terrengmodellar kan også innehalda feil, her er enkeltceller som ikkje samsvarar med kringliggjande celler, og ein får såkalla hol i modellen. I ArcGis finst det eit verktøy for korreksjon av slike celler og dette er viktig å nytta før bruk av digitale terrengmodellar.

I dette prosjektet har eg hatt god nytte av ein høgoppløyselig terrengmodell, dette for å kjenna igjen morfologiske trekk ved terrenget, simulering i RAMMS og ved framstilling av ulike kart. Etter mitt syn burde NVE arbeida for å betra oppløysinga på dei landsdekkande terrengmodellane.

### 9.3 Kwartærgeologisk kartlegging

For ei kvartærgeologisk kartlegging av snøskredfare handlar det om å kartlegga spor i terrenget som kan seia noko om utløpslengde på tidlegare skred. Særleg tørre flakskred etterlet seg lite lausmassar, noko som er eit problem ved ei slik kartlegging. Når det gjeld avsetjingar kan det vera vanskeleg å skilja mellom blokker som er transporterte av større snøskred eller flyttblokker frå siste istid. Målingar med *Schmidt hammar* kan om mogeleg avklara graden av forvitring og dermed alder på blokker. Ut frå dette kan ein bestemma avsetningsmiljøet. Dette er ei oppgåva som krev geologisk kløkt.

På mange skredutsette stader er området rundt busetnaden påverka av menneske, til dømes innmark eller beite. Her er terrenget utfylt eller planert for best å passa eit industrielt landbruk. Dette betyr at store blokker eller morfologiske trekk som naturlege skredvollar eller skredtunger er fjerna. På det høgoppløyste fjellskuggekartet over Indreeide ser ein dette godt. Der innmarka byrjar er konturane i terrenget mykje mindre synleg, likevel kan ein skimta ytterkanten på vifta. I område utan synlege vifter eller med dårleg kartgrunnlag, kan det vera vanskeleg å avgrensa utstrekninga på skredmateriale når den går inn på innmark. For kvartærgeologisk kartlegging betyr dette at verdfull informasjon går tapt.

Skredterreng er ofte svært bratt og lite framkomeleg, dette hindrar effektiv og detaljert kartlegging. Her kan synfaring frå helikopter vera naudsynt.

### 9.4 Meteorologiske data

For snøskred er det ein direkte samanheng mellom nedbør, vind, temperatur og skredutløysing (NOU, 2010). Vidarefører ein dette kan ein seia at frekvensen på store skredhendingar kan relaterast til frekvensen på ekstremnedbør. I Noreg er det utvikla ulike kart som syner ekstremnedbør. Dette er blant anna kart med 5 års gjentakingsintervall for 24 og 48 timars nedbør. I tillegg finst det kart som syner påreknede maksimal nedbør (PMP) med uendeleg gjentakingsintervall for 24 og 48 timars nedbør. Desse karta er antatt å syna maksimal nedbør som noko gong kan koma. Både kartet med 5 års gjentakingsintervall og PMP-kartet er baserte på eit gridd med 1x1 kilometers oppløysing ut frå beste tilgjengelege måleserie. Dette er ei relativt grov oppløysing og kan ikkje nyttast lokalt. Eit anna problem med desse karta er datagrunnlaget dei byggjer på. Her i landet er vêrstasjonar relativt sparsamt utbygd, men dette er ein pågåande prosess. Saman med stort relieff i form av høge fjell og djupe dalar som skapar store lokale variasjonar i nedbørsmønster, gjer at karta må nyttast med varsemd.

Eit anna problem er gyldigheita til den meteorologiske informasjonen. I Noreg har ein sjeldan måleseriar med lengre varigheit enn 100 år. Problemet er at dette ofte vert brukt til å føreseia ekstremhendingar for nedbør med frekvens på til dømes 1000 år. I slike tilfelle går ein langt ut frå gyldigheita til datagrunnlaget, og slutningane ein dreg vil ikkje vera baserte på dei rette fysiske forholda som frekvensen skal tilseia.

Ved framtidige klimaendringar til eit varmare og villare klima vil sannsynet for skredutløysing endra seg. Eit varmare klima fører til at meir av årsnedbøren kjem som regn i lågareliggjande område. I høgtliggjande område vil auka nedbør koma som snø, og sannsynet for skredutløysing vil truleg auka (NOU, 2010).

## 9.5 Bruk av modellar for berekning av utløpslengde

I skredfarekartlegging er essensen berekning av utløpslengde kombinert med fastsetjing av frekvens. Tradisjonelt skil ein mellom to tilnærmingar ved berekning av utløpslengde. Dette er dynamiske eller topografisk- statistiske modellar (McClung og Schaerer, 2006). Dynamiske modellar reknar farten til snøskredet langs ei skredbane, gitt av ein digital terrengmodell. Denne modellen gjev nøyaktig og presis berekning av fart kombinert med utløpslengde og er særst viktig for eit skredfarekart av høg kvalitet (Christen. et al., 2012).

### 9.5.1 Utløpsmodellen Alfa- beta

Alfa-beta modellen beskriv maksimal utløpslengde ved hjelp av topografiske parameter. Modellen er basert på 204 skred som er antatt å ha maksimal utløpslengde minst ei gong i observert returperiode, fastsett med  $\alpha$ - verdi. Informasjon om den maksimale utløpslengda er henta frå lokalbefolkninga samt historiske dokument som avisutklipp, politirapportar og kyrkjebøker.  $\alpha$ - verdien er fastsett å tilsvare ein frekvens sett til 1/100 år (Lied og Bakkehøi, 1980). Eit problem er fastsetjinga av frekvensen til 100 år. Høller (2007) påpeikar at observasjonsperioden må vera minst dobbelt så lang som returperioden ein ynskjer å uttala seg om. Fastsetjing av frekvensen for dei 204 utløpslengdene modellen byggjer på, vil vera av stor usikkerheit sidan det er vanskeleg å få sikre historiske kjelder som går tilstrekkeleg langt tilbake. Denne usikkerheita i datagrunnlaget gjer det vanskeleg å korrelere  $\alpha$ - streken opp mot ein frekvens på 1/100 år.

Eit anna problem med Alfa- beta modellen er når ein tilpassar terrengprofilet til ei andre eller fjerdegrads likning. Her vil ein få ei utjamning av terrenget. Denne tilpassinga er tenkt å samsvara ei snødekt overflate. Tilpassinga gjer at  $\beta$ - punktet ikkje vert plassert på den reelle staden, grunna utgjevning av terrengprofilet. Tilpassinga av terrengprofilet gjev ein gradvis overgang til dalbotn, slik er det ikkje alltid i verkelegheita. Ein brå overgang vil føra til saktare skredfart og resultere i kortare

utløpslengd. Alfa- beta modellen byggjer vidare på ei skredbane som går vinkelrett på fallretninga, laterale utslag er ikkje tatt høgde for. I verkelegheita er dette ikkje alltid realiteten. Krokutgjelet gjer ein sving mot sør ved 750 mo.h. før det på nytt går rett på fallretninga. Denne svingen vil redusera skredhastigheita, men kva verknad den har på utløpslengda er vanskeleg å fastsetja, dette vil truleg variera etter storleik på snøskredet. Ledevollar er slik utforma, men svingen er ofte meir markert og vedvarande. Norem (2011) hevdar at minus eit standardavvik vil auke returperioden til 1000 år. Ofte kan dette stemma, men utforming på skredløp og morfologi på utløpsområdet må takast med i vurderinga.

Endå ei usikkerheit ved Alfa- beta modellen er at losnevolum ikkje direkte er tatt med i berekningane. Losnevolum er areal på losneområdet multiplisert med brotdjupn. I verkelegheita kan det vera stor forskjell i utløpslengde mellom store og små losneområde. Usikkerheita i berekningane med  $\pm$  eitt standardavvik heng saman med storleiken på losneområdet. Ved sær store losneområde er det truleg å forventa lengre utløpslengd grunna stort losnevolum. I slike tilfeller kan ein nytta  $\pm$  to standardavvik. Kva tid ein skal nytta to standardavvik finst ingen retningslinjer for og er svært erfaringsbasert, noko som gjer metoden usikker.

Volumauke nedover i skredbanen er heller ikkje tatt høgde for i modellen. Snøskred eroderer mot underlaget når dei beveger seg nedover skråninga. Denne erosjonen fører til at snøpartiklar vert plukka opp av skredet og det aukar i volum.

### 9.5.2 Utløpsmodellen RAMMS

Simuleringsprogrammet RAMMS tek høgde for mange fleire parameter i berekninga av fart og utløpslengde enn topografisk- statistiske modellar. Terrenget vert gitt av ein digital terrenngmodell, er oppløysinga bra vil dette samsvara godt med verkelegheita. Skredhastigheit vert rekna ut frå ulike friksjonsparameter i kombinasjon med terrenget. Dette legg grunnlag for berekingar baserte på faktorar som har stor innverknad på utløpslengda. Ein av dei største ulempene med dynamiske modellar er at dei mekaniske eigenskapane samt matematikken til flytande snø, er svært usikker (McClung og Schaerer, 2006). Dette gjer at dynamiske modellar vert ei forenkling av verkelegheita og må nyttast med stor varsemd.

RAMMS er basert på ein friksjonsmodell av Voellmy-Salam. Denne modellen simulerer skred med ulike blokker som flyttar seg nedover skråninga. Den simulerer berre den tettflytande delen av skredet, og tar ikkje høgde for korkje flytelaget eller laget i suspensjon. I tilfelle med ekstrem lang utløpslengd som ved Valle de la Sionne-skredet i 1999 eller Tyin-skredet i 2008, var det laget i suspensjon som gjekk svært langt. Simuleringane i RAMMS baserer berre på fronten av skredbevegelsen, skreddynamikk i forhold mellom front og bakende av skredet i kontakt ved



terrenget, er ikkje teke høgde for. Ei anna ulempe ved friksjonsmodellen i RAMMS er at den heller ikkje tek høgde for volumauke i skredbevegelsen. Ut frå volumauke kan skred veksa betrakteleg i storleik, kanskje heilt opp imot 10 gonger losnevolumet (McClung og Schaerer, 2006). Dette har utslag på skredbevegelsen og utløpslengda på fleire måtar. Blant anna vil eit stort skredvolum føra til større skredhastigheit og lengre utløpslengde. På den andre sida vil utløpslengda verta kortare, fordi mekanismen med volumauke fører til at momentet i skredbevegelsen minkar når snø vert plukka opp frå overflata. Volumauke vil også endra botnforholda i skredet, noko som bidreg til større friksjon mot underlaget (McClung og Schaerer, 2006). Mekanismen bak volumauke i skredbevegelsen er svært innvikla og ikkje fullt ut forstått. Det igjen fører til at matematikken bak prosessen som dynamiske program er avhengig av, er langt frå ferdig utvikla. Om denne prosessen fører til lengre eller kortare utløpslengde er uvisst.

Strøymingsprosessen kan variera mellom ulike skred eller ulike fasar i skredbevegelsen. Mange av skreda strøymar på ein måte som ligg tett opptil granuler strøyming, problemet er at enkelte skred med svært lang utløpslengd har ein strøymingsprosess som er meir fluidisert, eit eksempel her er Tyin-skredet i 2008. Denne faseovergangen samt å vita om ein skal nytta granuler eller fluidisert strøymingsprosess, er vanskeleg å modellera, eventuelt må ein nytta to usikre friksjonsmodellar. Overgangen er så vanskeleg å modellera at den vert oversett i RAMMS (Issler, 2013). Ein annan overgang som også er oversett, er tettleiksforskjellar til skredmassane når skredet strøymar ned fjellsida.

Eit problem med verdiane ein gjev dei ulike parametrane i RAMMS er gyldigheita. Ved farekartlegging av snøskred har ein å gjera med svært sjeldne hendingar med frekvens til 1/5000 år. Informasjonen ein baserer simuleringane på, har ei gyldigheit inntil 100 år. Dette gjer at dynamiske modellar som til dømes RAMMS, baserer seg på verdiar som i liten grad har rot i verkelegheita og med lita gyldigheit.

Digitale terrengmodellar er det som gjengjev terrenget og ligg til grunn for berekningane i RAMMS. Oppløysinga på modellen må stå i forhold til kompleksiteten på terrenget. Di meir komplekst terrenget er, di betre oppløysing er nødvendig. Tilgang og kvalitet på tilgjengelege terrengmodellar kan vera eit problem i Noreg.

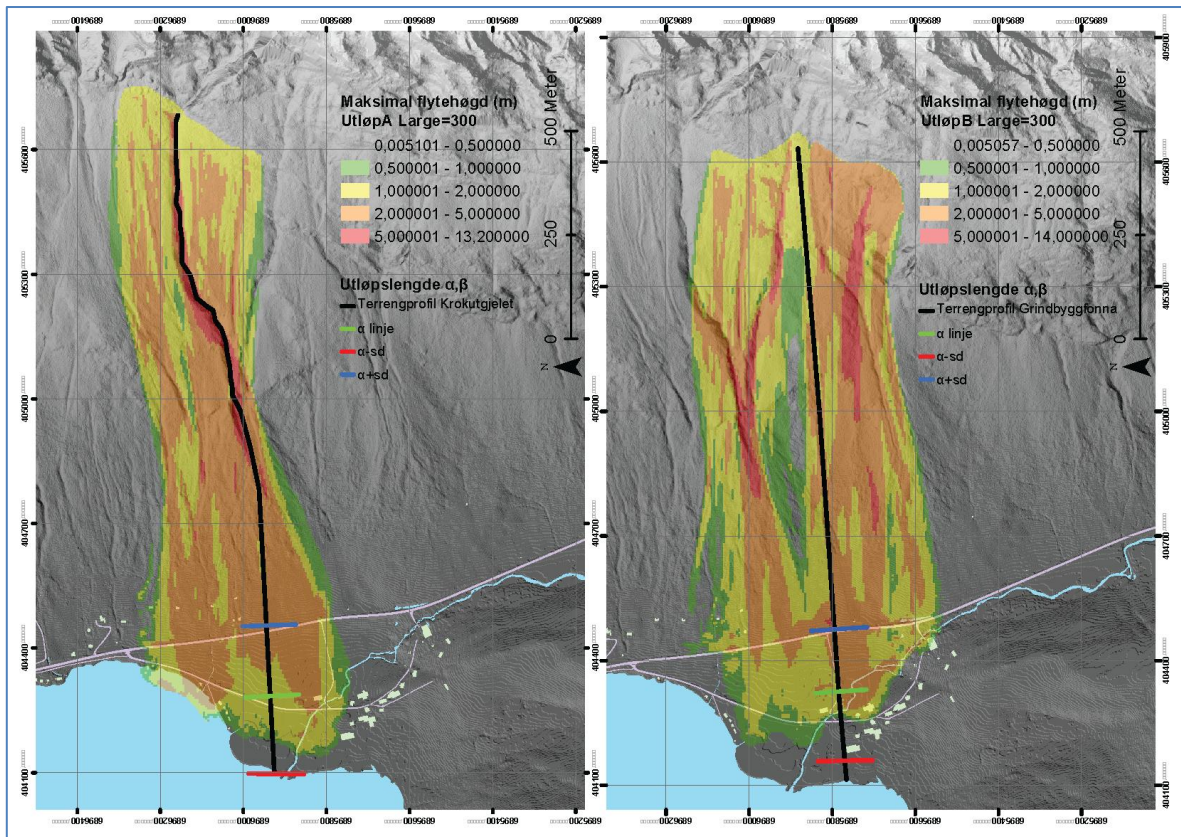
Simuleringane mine i RAMMS er køyrt utan innverknad frå skog. På Indreeide er losneområda plassert høgst mogleg i lia oppunder Skårane for å få lengst mogleg utløp. Alle losneområda ligg over tregrensa. Skog påverkar snøskred på fleire måtar. For store skred som losnar over tregrensa og skoglaust område dei fyrste 50 til 100 meterane, vil verknaden av skog i skredbana verta liten. Desse skreda vil bryta ned skogen og utvikla seg til ei blanding av snø og tre, denne blandinga har stort

skadepotensiale (McClung og Schaerer, 2006). I Raundalen på Voss gjekk eit stort skred vinteren 1994. Skredet losna høgt oppi ein botn over tregrensa. Det feide med seg grov furuskog i ei breidde på 500 meter med om lag ein kilometers lengde. Grunneigaren gjekk laus på den voldsame floken med tømmer og ut av dette kom det over 100 mål ved. Dette vitnar om kreftene i slike skred. I losneområdet kan skog ha stor preventiv verknad på skredutløysing. Det føreset at skogen i bratte skrånningar er tilstrekkeleg tett med om lag 1000 bartre per hektar. Dei mange platefelta med Hertz og Sitkagran planta på 50 og 60- talet vil med andre ord ha stor preventiv verknad på skredutløysing med sine store greiner og trekruner. Bjørk, med mangel på tett krunestruktur, manglar denne eigenskapen. Skog påverkar snødekket på fleire måtar, snøfall vert hindra av trekruner og greiner til å nå grunnen, samtidig bidreg greiner til ein uryddig struktur i snødekket. Trekruner og greiner påverkar også strålingsbalanse og temperatur ved snøoverflata, dette kan avgrensa oppbygging av svake lag i snødekket (McClung og Schaerer, 2006).

## 9.6 Samanlikning av utløpslengder frå Alfa- beta modellen og RAMMS

Dynamiske modellar som til dømes RAMMS, bereknar ikkje utløpslengda automatisk. Modellen bereknar fart i kvar celle i terrengmodellen, når farten er null, har skredet stogga. Denne berekningsmåten for utløpslengder kan gje kunstig lang utløpslengd med låg flytehøgde. Dette avvik frå den verkelege måten skred strøymer på. Denne feilkjelda er mogleg å korrigerer for i ArcGis.

Alfa- beta modellen bereknar utløpslengda gjeven med  $\alpha$ - strek. Usikkerheita i berekningane er kvantifisert med  $\pm$  eit standardavvik, i RAMMS er derimot usikkerheita ikkje kvantifisert. Eit anna aspekt ved Alfa- beta modellen er at utløpslengda vert rekna ut langs eit tverrprofil som best gjengjev skredbana. I verkelegheita er dette ikkje alltid tilfelle. Tørre flakskred har ein tendes til å flyte i rette linjer og vert ikkje påverka av terrenget i same grad som våte skred (McClung og Schaerer, 2006). Storleik på ravinar og andre morfologiske trekk ved terrenget spelar sjølvst inn. Ein av dei største fordelane med RAMMS er at programmet sjølv vel skredbane ut frå lokal topografi, gjeven av terrengmodell. Eit anna problem med Alfa- beta, er at metoden ikkje er utvikla for komplekst terreng som laterale utslag i skredbana eller motbakkar i utløpsområdet. Dette gjer at utløpslengda i somme tilfelle kan verta noko lengre samanlikna med andre modellar. Dette er tilfelle ved berekning av utløpslengde for Indreeide. Sjå figur 9.1 for samanlikning av modellane.



Figur 9.1. Samanlikning av utløpslengder frå Alfa- beta modellen og RAMMS. Den store forskjellen mellom modellane er måten dei bereknar utløpslengda. RAMMS reknar skredfart langs skredbana, der farten er null stoggar skredet, medan Alfa- beta modellen reknar direkte utløpslengde  $\alpha$ . Usikkerheita er kvantifisert gjennom  $\pm$  eit standardavvik. Alfa- beta modellen tek ikkje høgde for kompleks terreng, som til dømes laterale utslag i skredbana eller forhøgingar i utløpsområdet. Dette kan forårsaka noko lang utløpslengd.

## 9.7 Skredfarevurdering

Skredfarevurdering er samanstilling og vekting av informasjon frå ulike metodar kombinert med fastsetjing av største nominelle årlege sannsyn. Dette er informasjon om utløpslengder, frekvens og storleik på skred. Korleis ein skal vekta informasjon frå dei ulike modellane samt kombinere med største nominelle årlege sannsyn, er det inga semje om i litteraturen (Guzzetti et al., 1999; NVE, 2011c).

Vektinga av den ulike informasjonen må baserast på tilgjengelegheit og kvalitet. I ulike område er det stor forskjell på tilgjengeleg mengde informasjon om historiske skredhendingar eller informasjon frå spor i terrenget. Kvalitet på meteorologiske data varierer også frå stad til stad. Er det lite eller ingen informasjon, vert vurderinga av skredfare basert på meir usikre teoretiske metodar. Sjølv om det ikkje finst informasjon om tidlegare skredhendingar på ein gitt stad, betyr det ikkje at her aldri har gått skred. På Bleie i Hardanger er det å finna skriftlege kjelder som går heilt tilbake til 1293, dei viser at gardane her aldri i denne tida har vorte skredråka. 23. januar 1994 kom imidlertid eit skred som tok tre hus og fleire driftsbygningar. Skredet heilt gjekk til fjorden. Utruleg nok gjekk det ikkje menneskeliv. Det er på dei færraste stadar ein har skriftlege kjelder som går så langt tilbake som til 1293. På denne staden var det truleg få eller ingen morfologiske spor i terrenget som kunne føreseia denne utløpslengda. Teoretiske berekningsmodellar kunne heller ikkje føreseia dette.

Ved skredfarevurdering er det viktig å sjå på hellinga opp mot arealet i losneområdet. Ein veit at dei største skreda førekjem ved store losneområde med helling nær 30°, slik tilfellet var ved Bleie-skredet. Denne skredhendinga syner at skred med svært låg frekvens kan vera vanskeleg å føreseia ut frå dagens metodesett. I retningslinjene til NVE meiner eg faren for snøskred med svært lang utløpslengd eller skred som tek uventa retning, burde vore nemnt. Eit problem ved slik vurdering er at store område kan verta bandlagt utan at det føreligg reell fare. På den andre sida er det slike skred som tek liv.

Eit generelt problem er gyldigheita til informasjonen ein koplar opp mot frekvens samt slutningane ein dreg ut frå dei. Dette gjeld ved kopling av historisk informasjon, resultat frå teoretiske berekningsmodellar og meteorologisk informasjon opp mot den frekvensen lovverket har sett. Høller (2007) påpeikar at observasjonslengda må vera minst dobbel så lang som returperioden ein ynskjer å uttala seg om. I Noreg er det sjeldan informasjon har denne varigheita. Sjølv for 100 års frekvensen kan dette vera eit problem. Konsekvensen av dette er at vurderingar av skredfare ikkje byggjer på dei rette fysiske forholda som frekvensen skulle tilseia, og at vurderinga ein eigentleg gjer tilsvarar ein høgre frekvens. Regelverket for fastsetjing av skredfare i Noreg seier at ein skal setja 100, 1000 og 5000 års frekvens, ut frå tilgjengeleg informasjon er dette i røynda svært vanskeleg. Ulike land har



løyst dette problemet på forskjellige måtar. I Sveits har dei valt å setja øvste frekvens til 300 år, dette verkar som ei fornuftig tilnærming av problemet ut frå gyldigheit på informasjon ein dreg slutningar frå. Noreg burde også tilnærma seg denne måten for fastsetjing av skredfare. Ved ein slik tilnærming kan skredvurderinga baserast meir på historisk informasjon, og ein unngår bruk av usikre berekningsmodellar. Problemet med gyldigheit til informasjon som slutningane er dregne ut frå, meiner eg burde nemnast i retningslinjene til NVE. Ved vurdering av skredfare syner oppgåva at det er ein fordel å nytta fleire metodar, dette gjev eit breiare grunnlag ved fastsetjing av utløpslengde mot frekvens.

I Noreg seier ein vanlegvis at losneområde for snøskred er terreng med helling mellom 30° til 60° (Lied og Kristensen, 2003). Den *Europeiske skredfareskalaen* påpeikar at ved særst høg skredfare, altså skredfare 4 og 5 på ein skala frå 1 til 5, kan skred losna i *moderat* bratt terreng. Med moderat bratt terreng meiner dei terreng slakkare enn 30° (Skredfareskalaen, 2013). I andre land som til dømes Canada, vert nedre grense sett til 25° helling (McClung og Schaerer, 2006). Frå enkelte hald vert det hevda at snøpakka i Noreg er annleis enn i Canada, og at 30° difor er riktig her til lands. Ved skredfarekartlegging har ein med svært sjeldne hendingar å gjera, ned til 1 per 5000 år. Ved konsekvent kartlegging av område brattare enn 30°, er det ein fare for at desse svært sjeldne hendingane ikkje vert fanga opp. Ut frå eit varslingsperspektiv vil truleg hendingar som eit 100 år skred, vorte varsla ved skredfare 5, mogleg også 4. Desse sjeldne hendingane fører til stor utbreiing av instabilitet i snødekket og ein kan forventa skredutløysing på låge vinklar. Ved skredfarekartlegging burde ein kanskje setja den nedre grensa noko lågare enn 30° helling. Slik eg ser det burde faren for skredutløysing i moderat bratt terreng vore nemnt i retningslinjene til NVE.

## 10 Konklusjon

Målsetjinga med denne oppgåva er å drøfta ulike metodar for berekning av utløpslengde for snøskred, samt vektning av dei ulike metodane ved fastsetjing av største nominelle årlege sannsyn for utløpslengde. Dette er gjort ved kartlegging av snøskredfaren for busetnaden på Indreeide, frå fjellet Skårane i Norddal kommune, på Sunnmøre.

I oppgåva er det nytta fire ulike metodar for å føreseia utløpslengda; innsamling av historisk informasjon, kvartærgeologisk kartlegging av avsetjingar og prosessar, berekning i den topografisk-statistiske modellen Alfa-beta og simulering i den dynamiske modellen RAMMS.

Resultatet frå kvar av desse metodane er blitt vekta etter gyldigheit, for til slutt å danna utgangspunkt for skredfarekart etter største nominelle årlege sannsyn. Kartet syner at 9, 16, og 1 bygg ligg innanfor faregrensene på høvesvis 1/100, 1/1000 og 1/5000 år. Der skredfaren er for høg i forhold til bygg i tilhøyrande sikkerheitsklasse, anbefaler ein at sikringstiltak vert iverksett.

Resultatet frå dei ulike metodane syner at kvar metode har sine styrker og avgrensingar. Desse er viktige å ta høgde for ved fastsetjing av største nominelle årlege sannsyn i ei skredfarevurdering.

- Historisk informasjon om tidlegare skredhendingar er særskild viktig fordi den byggjer på hendingar som faktisk har skjedd. Denne metoden gjer det mogleg å knyte utløpslengder opp mot frekvens. Ofte finst det meir informasjon om skredhendingar enn det som er tilgjengeleg gjennom ulike databasar, som til dømes [www.Skrednett.no](http://www.Skrednett.no). Ein hake ved denne metoden er at den er tidskrevjande å samla inn, og kor gode opplysningar ein får er personavhengig. Etter å ha snakka med mange av dei fastbuande på Indreeide og i Eidsdal kom eg tilslutt i kontakt med Harald Indreeide. Han kunne fortelja om eit stort snøskred frå Skårane 5. mars 1956, skredet stoppa 50 meter frå busetnaden. Dette er viktig informasjon, og skredvurderinga hadde vorte annleis om eg ikkje hadde møtt han.
- Den kvartærgeologiske kartlegginga syner store skadar på vegetasjonen forårsaka av snøskred, men lite informasjon om utløpslengder som kan truga busetnaden. Ein god terrengmodell kan syna overraskande stor morfologisk detaljgrad og er eit kjærkome hjelpemiddel. Dei kolluviale viftene hadde vore vanskeleg å avgrensa utan særskild god oppløysing på terrengmodellen.
- Alfa- beta modellen gjev liten forskjell i berekning av utløpslengde etter kva likning ein nyttar. Usikkerheita i modellen er større enn presisjonen den utvida likninga gjev. I enkelte tilfelle kan denne modellen gje noko lang utløpslengde. I kva grad ein nyttar resultatet frå modellen, er svært erfaringsbasert. Dette gjer metoden usikker.

- Berekningane i RAMMS tek høgde for fleire viktige prinsipp samanlikna med Alfa- beta modellen. Berekningane i RAMMS er svært sensitive for val av startparameter, difor er det viktig med tilbakeberekning av kjende skred. Dette sikrar at modellen vert kalibrert opp mot dei rette fysiske forholda på staden. Eit problem med startparametrane er at det kan vera vanskeleg å få meteorologiske data som samsvarar med dei rette fysiske forholda på staden.

Ofte er det vanskeleg å kvantifisera feilkjeldene ved dei ulike metodane for berekning av utløpslengde, difor er det viktig å nytta fleire metodar. På denne måten oppnår ein eit breiare vurderingsgrunnlag og sikrar høg kvalitet på skredfarekartlegginga. Informasjon om tidlegare skredhendingar er den metoden som har minst feilmargin, sidan den byggjer på faktiske hendingar. Det er difor særst viktig å vektleggja denne metoden ved fastsetjing av største nominelle årlege sannsyn mot utløpslengde.

Det syner seg også vanskeleg å vurdera skredfaren etter gjentakingsintervalla som er gitt i TEK 10. Dette baserer seg på gyldigheita til informasjonen som metodane byggjer på. Retningslinjene til NVE burde nemna problemet ved informasjon ein dreg slutningar ut frå. Eg foreslår difor at retningslinjene vert endra til å gjelda gjentakingsintervall som i større grad er mogleg å vurdera.

## 11 Kjelder

- Aleotti, P. og Chowdhury, R. (1999). Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58, 21–44.
- Alfnes, E. (2007) Ekstremnedbør beregnet fra serier med gridbasert arealnedbør. *Met.no. Rapport 1/2007*. Meteorologisk institutt.
- Anda, E. (2002). Norddal kommune. Kommunedelplan Hytter- Eidsdal. Skredfare. Brev til Norddal kommune, teknisk etat, 09.12 .2002. Molde. Møre og Romsdal fylkeskommune.
- Arnalds, Þ., Jónasson, K., og Sigurðsson, S. (2004). Avalanche hazard zoning in Iceland based on individual risk. *Annals of Glaciology*, 38, 285-290.
- Bartelt, P., Buehler, Y., Christen, M., Deubelbeiss, Y., Salz, M., Schneider, M., og Schumacher, L. (2013). RAMMS User Manual v1.5 Avalanche. Davos, Switzerland: Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research, 1-110.
- Bertelsen, G., og Instanes, A. (2009). Ros II- Skredfare- Pilot II- Fjellsiden - samanfattende rapport.
- Blikra, L. H., Hole, P. A., og Rye, N. (1989). Hurtige massebevegelser og avsetningstyper i alpine områder, Indre Norfjord. *NGU Skrifter*, 92, 1-17.
- Blikra, L. H., og Nemec, W. (1998). Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record. *Sedimentology*, 45, 909-959.
- Brattlien, K. (2008). *Den lille snøskredboka*. Oslo: Fri Flyt AS.
- Brattlien, K. (2009). Skredulykke Jamtfjellet, Vefsen, Lørdag 16.05.2010. Henta 24.06,2013, frå [http://www.ngi.no/upload/Sn%C3%B8skred/Ulykker/ulykker2010\\_Vefsen\\_1605.pdf](http://www.ngi.no/upload/Sn%C3%B8skred/Ulykker/ulykker2010_Vefsen_1605.pdf)
- Bühler, Y., Christen, M., Bartelt, P., Graf, C., Gerber, W., og McArdell, B. (2013). *RAMMS overview*. Presentation on Seminar on snow, slush and debris flows: Hazard analysis and protection measures. Longyarbyen, Svalbard. 2-6 September 2013.
- Christen, M., Kowalski, P., og Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three- dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology*, 63,1- 14.
- Christen, M., Bühler, Y., Bartelt, P., Leine, R., Glover, J., Schweizer, A., Graf, C., McArdell, B. W., Gerber, W., og Deubelbeiss, Y. (2012). *Integral hazard management using a unified software environment - numerical simulation tool "RAMMS" for gravitational natural hazards*. Paper presented at the INTERPRAEVENT 2012, Grenoble, France. 10pp.
- Derron, M. H. (2010). Technical Report: Method for the Susceptibility Mapping of Snow Avalanches in Norway. Geological Survey of Norway (NGU) and Institute of Geomatics and Risk Analysis, University of Lausanne, Switzerland.
- DiBK (2012). *Veiledning om tekniske krav til byggverk paragraf 7-3- Sikkerhet mot skred. Direktoratet for Byggkvalitet*.
- eKlima.no. (2013). eKlima- gratis tilgang til Meteorologisk institutts vær- og klimadata frå historiske data til sanntidsobservasjonar. Henta siste gong 8.10.2013, frå [www.eKlima.no](http://www.eKlima.no)



- Fell, R. (2000). Landslide Risk Management Concepts and Guidelines. *Australian Geomechanics, Mars*, 49-92.
- Fredston, J., og Fesler, D. (2011). *Snow Sense. A Guide to Evaluating Snow Avalanche Hazard*. Anchorage, Alaska: Alaska Mountain Safety Center, Inc.
- Furseth, A. (2006). *Skredulykker i Noreg*. Oslo: Tun Forlag.
- Furseth, Astor. (2012,). Personleg kommunikasjon.
- Førland, E. J. (1979). Nedbørens høydeavhengighet. *Klima*, 2, 1-24.
- GISlink.no. (2013). Digital karttjeneste. Henta 09.10.2013, frå [www.gislink.no/kart/index.html](http://www.gislink.no/kart/index.html)
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., og Reichenbach, P. (1999). Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31, 181-216.
- Hauge, O. H. (1951). Under bergfallet. Henta 23.07.2013, frå <http://www.alesund.folkebibl.no/index.php/inspirasjon/7-inspirasjon/inspirasjon/6-leseart-2010?showall=&start=11>
- Heywood, I., Cornelius, S., og Carver, S. (2011). *An Introduction to Geographical Information systems*. Essex England: Pearson Education Limited.
- Höllner, P. (2007). Avalanche hazards and mitigation in Austria: a review. *Natural Hazards*, 43, 81-101.
- Indreeide, Harald. (2013). Personleg kommunikasjon.
- Issler, D. (2013). *On the Use of Numerical Models in Hazard Mapping and the Design of Mitigative Measures*. Presentation on Seminar on snow, slush and debris flows: Hazard analysis and protection measures. Longyarbyen, Svalbard 2-6. september 2013.
- Jaboyedoff, M., Dudt, J., og Labiouse, V. (2005). An attempt to refine rockfall hazard zoning based on kinetic energy, frequency and fragmentation degree. *Natural Hazards and Earth System Science*, 5, 621-632.
- Jaedicke, C., Solheim, A., Blikra, L. H., Stalsberg, K., Sorteberg, A., Aaheim, A., Kronholm, K., Vikhamar-Schuler, D., Isaksen, K., Sletten, K., Kristensen, K., Barstad, I., Melchiorre, C., Høydal, Ø. A., og Mestl., H. (2008). Spatial and temporal variations of Norwegian geohazards in a changing climate, the GeoExtreme Project. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8, 893-904.
- Landrø, M. (2007). *Skredfare: snøskred, risiko, redning*. Oslo: Fri Flyt.
- Larsen, Jan Otto. (2013). Personleg kommunikasjon.
- Lied, K., og Bakkehøi, S. (1980). Empirical Calculations of Snow- Avalanche, Run- Out Distance Based on Topographic Parameters. *Journal of Glaciology*, 26, 1-13.
- Lied, K., og Kristensen, K. (2003). *Snøskred. Håndbok om snøskred*. Nesbu, Noreg: Vett& Viten.

- Mangerud, J., Gulliksen, S., og Larsen, E. (2010). 14C-dated fluctuations of the western flank of the Scandinavian Ice Sheet 45-25 kyr BP compared with Bølling-Younger Dryas fluctuations and Dansgaard-Oeschger events in Greenland. *Boreas*, 39, 328-342.
- Mangerud, J., Gyllencreutz, R., Lohne, Ø., og Svendsen, J. I. (2011). Glacial History of Norway. *Development in Quaternary Science*, 15, 279-298.
- McClung, D., og Schaerer, P. (2006). *The avalanche handbook*. Seattle, USA: The Mountaineers Books.
- Nesje, A. (2009). Latest Pleistocene and Holocene alpine glacier fluctuations in Scandinavia. *Quaternary Science Reviews*, 28, 2119-2136.
- Nesje, Atle.(2013). Personleg kommunikasjon.
- Norem, H. (2011). Veger og snørskred. Håndbok. Statens Vegvesen.
- NOU.(2010). Tilpassing til eit klima i endring - Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane. Rapport. Norges offentlige utgreiingar.
- NVE. (2011a). Flaum og skredfare i arealplanar. Rapport. Norges vassdrags- og energi-direktorat.
- NVE. (2011c). Plan for skredfarekartlegging- Delrapport snøskred og sørpeskred. Rapport. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NVE. (2011e). Plan for skredfarekartlegging - Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. Rapport. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Ottar, Geir. (2013). Personleg kommunikasjon.
- Pedersen, I. L. (2010). Bilete flakskred. Henta 24.07,2013, frå <http://www.nordtromsfuglehundklubb.no/stor-rasfare.4759656-6505.html>
- Reite, A. (2004). Vinjeøra 1421 II , *Kvartærgeologisk kart M 1:5000, beskrivelse med kartgrunnlag*. Rapport. Norges geologiske gndersøkelser.
- Rjukan lag. (2013). Bilete laussnøskred. Henta 24.07,2013, Frå [http://www.rjukanlag.no/snoskred/div\\_sider/index\\_loessnoe\\_mer\\_om\\_loessnoe.htm](http://www.rjukanlag.no/snoskred/div_sider/index_loessnoe_mer_om_loessnoe.htm)
- Skredfareskalaen. (2013). Den Europeiske skredfareskala. Henta 07.03.2013, Frå <http://varsom.no/Snoskred/Skredskolen/Om-faregradene1/>
- SLF/WSL. (2010). Bakgrunnsinformasjon om RAMMS. Henta 17.12,2013, frå [http://ramms.slf.ch/ramms/index.php?option=com\\_content&view=article&id=57&Itemid=74](http://ramms.slf.ch/ramms/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=74)
- Snl. (2012). Deffinisjon av skred. Henta 23.07,2013, frå <http://snl.no/skred>
- Sunnmøringen. (1949). Fonnfåren i fjordane. *Sunnmøringen*, publisert: 26.04.1949.
- Sunnmørsposten. (1956). Stort snøskred i Eidsdal. *Sunnmørsposten*, publisert:06.03.1956

- Tremper, B. (2008). *Staying Alive In Avalanche Terrain*. Seattle, USA: The Mountaineers Books.
- Tveito, Ole. Einar. (2013). Personleg kommunikasjon.
- Varnes, D. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. *Natural Hazards*, 3, 1-60.
- Vasskog, K., Nesje, A., Støren, E., Waldmann, N., Chapron, E., og Ariztegui, D. (2011). A Holocene record of snow-avalanche and flood activity reconstructed from a lacustrine sedimentary sequence in Oldevatnet, western Norway. *The Holocene*, 21, 597-614.
- Vegvesen, S. (2012). Skredregister til Statens Vegvesen, nedfall på veg. Henta ut 30.08.2012.
- Verdsarvfjord. (2013). Verdsarv. Henta 02.10, 2013. Frå <http://www.verdsarvfjord.no/>

