

BACHELOROPPGAVE

En undersøkelse av snøskredaktivitet i Grasdalen basert på Infrasonnd Detection Analysis

av

409 Ørjan Söderblom

402 Viktor Styrmo Hansen

**An Infrasonnd Detection Analysis based investigation of avalanche
activity in Grasdalen**

Geologi og geofarar

GE491

Juni 2016

Avtale om elektronisk publisering i Høgskulen i Sogn og Fjordane sitt institusjonelle arkiv (Brage)

Jeg gir med dette Høgskulen i Sogn og Fjordane tillatelse til å publisere oppgaven (Skriv inn tittel) i Brage hvis karakteren A eller B er oppnådd.

Jeg garanterer at jeg er opphavsperson til oppgaven, sammen med eventuelle medforfattere. Opphavsrettslig beskyttet materiale er brukt med skriftlig tillatelse.

Jeg garanterer at oppgaven ikke inneholder materiale som kan stride mot gjeldende norsk rett.

Ved gruppeinnlevering må alle i gruppa samtykke i avtalen.

Fyll inn kandidatnummer og navn og sett kryss:

409 Ørjan Søderblom

JA NEI

402 Viktor Styrmo Hansen

JA NEI

Forord

Dette er en avsluttende oppgave for en 3-årig utdanning i Geologi og geofarar ved Høgskulen i Sogn og Fjordane. Oppgaven er vektlagt 20 studiepoeng.

Vi vil gjerne takke Simon de Villiers og Denise Christina Rütter fra HiSF, samt vår kontakt og veileder i Statens vegvesen Tore Humstad og Giacomo Ulivieri for god veiledning.

Vi ønsker å takke Stian Langeland for å ha involvert oss i prosjektet i utgangspunktet, og for å ha involvert oss i det praktiske rundt installering og lignende. Det har vært til stor hjelp for forståelsen av hvordan systemet fungerer, samt vekket en interesse vi kanskje ikke ville hatt uten denne involveringen. Under opphold i Grasdalen for installering, har vi og fått muligheten til å stifte bekjentskap til nevnte Giacomo Ulivieri fra «Department of Earth Science – University of Firenze». Han har vært enestående når det kommer til å gi kunnskap om IDA og infralyd for øvrig. Inspirerende!

Og takk til alle andre som på ett eller annet vis har kommet med innspill til oppgaven

Det har vært en takknemlig jobb å gjennomføre en oppgave som denne, særlig når man vet at den jobben som blir gjort kan være til nytte for videre arbeid rundt temaet.

Til slutt ønsker vi å takke våre klassekamerater og alle forelesere vi har hatt, for tre lærerike og særdeles hyggelige år.

Sogndal 31.mai 2016

Ørjan Söderblom

Viktor Styrmo Hansen

Innholdsfortegnelse

En undersøkelse av snøskredaktivitet i Grasdalen basert på Infrasound Detection Analysis

Hovedveileder: Simon de Villiers ¹

Medveiledere: Denise Christina Rüther ¹, Giacomo Ulivieri – PhD ², Tore Humstad ³

¹ Høgskulen i Sogn og Fjordane

² Department of Earth Science – University of Firenze

³ Statens vegvesen Vegdirektoratet

Forord	3
Innholdsfortegnelse	4
1. Sammendrag	6
2. Innledning	7
2.1 <i>Beskrivelse av Grasdalen</i>	8
3. Teori	10
3.1 <i>Snø/snøskred</i>	10
3.1.1 Flakskred	11
3.1.2 Løssnøskred	12
3.1.3 Sørpeskred	12
3.1.4 Skredbevegelse	12
3.1.4 Utløsningsårsaker	13
3.2 <i>LiDAR</i>	14
3.3 <i>Infralyd</i>	15
3.4 <i>Infrasound Detection Analysis (IDA)</i>	16
3.4.1 Støyreduksjon	16
3.4.1 Tolkning av data fra IDA	19
3.4.2 Sannsynlighet (Prob.)	21
3.4.3 Peak pressure (mPa)	21
3.4.4 Back azimuth	21
3.4.5 Azimuth migration	21
3.4.6 Duration (s)	22
3.4.7 Rådata	22
3.5 <i>Statistisk analyse</i>	25
3.5.1 P-verdi og null hypotese (H0)	29
4. Metode	30
4.1 <i>GIS</i>	30
4.1.1 Kartgrunnlag	30

4.1.2 Soneinndeling.....	31
4.1.3 Hvordan knytte IDA-signal til sone?	34
4.1.4 Near 3D.....	35
4.1.5 Bruk av Near 3D i vurdering av inndeling av soner.....	37
4.2 Statistikk.....	39
4.2.1 Datagrunnlag.....	39
4.2.2 Spearman Rank korrelasjonstest	40
4.2.3 Wilcoxon rank sum test.....	41
4.2.4 Utføring av analysen	42
5. Resultat.....	44
5.1 Soneinndeling.....	44
5.1.1 Near 3D-analyse	45
5.1.2 Hendelser knyttet til soner	45
5.1.3 Sonebeskrivelse	46
5.2 Statistikk.....	49
5.2.1 Regionalt varsel for Sunnmøre (NVE, varsom.no)	49
5.2.2 Regionalt varsel for Sogn (NVE, varsom.no).....	51
5.2.3 Lokalt varsel for Strynefjellet, NGI.....	52
6. Diskusjon.....	53
6.1 Soneinndeling og IDA	53
6.1.1 Soneinndeling.....	53
6.1.2 Sonebestemmelse	53
6.1.3 Unøyaktigheter	54
6.2 Statistikk.....	55
6.2.1 Varsel.....	55
6.2.2 Datagrunnlag.....	56
6.2.3 Analyser med større datagrunnlag.....	56
6.3 Videre arbeid.....	57
6.3.1 Sonebestemmelse	57
6.3.2 Endring av antall probability-bolker	57
6.3.3 Statistikk.....	58
7. Konklusjon.....	59
8. Referanseliste	61
9. Vedlegg	64
9.1 Vedlegg 1 Sonebestemmelse.....	64
9.2 Vedlegg 2 Datagrunnlag statistikk.....	67
9.3 Vedlegg 3 P-verdier Wilcoxon Rank Sum analyse.....	69

1. Sammendrag

Denne oppgaven består av to deler. Den første delen bruker ulike GIS-verktøy i programvaren ArcMap til å dele Grasdalen i soner med potensiell snøskredaktivitet. Det er beskrevet en tabell for å knytte registreringer fra Infrasound Detection Analysis (IDA) til disse sonene. Den andre delen er en statistisk analyse av sammenhengen mellom registrerte hendelser av IDA og varslet snøskredfare.

Resultatet av inndelingen har ført frem til 9 soner. Av totalt 62 hendelser kan 48 knyttes til en bestemt sone, de resterende 14 hendelsene kan ha opphav i to soner.

Den statistiske analysen viser at det ikke er en signifikant sammenheng mellom antall snøskredhendelser IDA registrerer og hvilken faregrad som er meldt for denne dagen av NVE (varsom.no). Det er analysert for region Sunnmøre, hvor Grasdalen hører inn under, og for region Sogn. Derimot kommer det frem at det er en signifikant sammenheng mellom antall snøskredhendelser og NGI sitt lokale snøskredvarsel for Strynefjellet.

The presented thesis consists of two parts. The first part uses various GIS tools, through the software ArcMap, to divide Grasdalen into zones of potential avalanche activity. A protocol to connect the Infrasound Detection Analysis (IDA) output data to these zones is described. The second part is a statistical analysis of correlation between IDA registered events and forecasted avalanche hazard.

The zone division has resulted in nine zones. Of a total of 62 events, 48 can be linked to a specific zone, the remaining 14 events imply activity in one of two zones.

The statistical analysis shows that there is no significant correlation between the number of avalanche events IDA records, and the degree of avalanche hazard that has been forecast by NVE (varsom.no). The analysis is carried out for Sunnmøre region, where Grasdalen is located, and for Sogn region. However, it emerges that there is a significant correlation between the number of avalanche events and NGI's local avalanche forecast for Strynefjellet.

2. Innledning

Som et ledd i at Statens Vegvesen ønsker å opprettholde høyest mulig sikkerhet og fremkommelighet på veinettet har de introdusert infralyd til noen skredutsatte områder. Det forventes at automatisk varsling av snøskredhendelser kan føre til økt beredskap i forhold til snøskredfare.

Selve Infrasound Detection Analysis (heretter kalt IDA) består av fire sensorer og et lite kontrollhus som er plassert ut i Grasdalen. Sensorene fanger opp infralyd, det vil si lyd med frekvens mellom 0,5 og 10Hz. Infralyd høres normalt ikke av mennesker på grunn av den lave frekvensen, likevel lages det av en rekke forskjellige lydtkilder, for eksempel fly-, vegtrafikk eller skred.

Tradisjonelt er overvåkingen basert på visuelle observasjoner i tillegg til værdata. Dette krever god sikt og personer som beveger seg ut i potensielt skredfarlig terreng. Det sier seg selv at det ikke er mulig å ha god nok oversikt over hele landet til enhver tid når vi i stor grad er avhengige av at noen er ute i fjellet for å gjøre observasjoner. Med infralydovervåking er ikke været en begrensende faktor, og man vil få mange flere observerte hendelser, særlig når været er for dårlig til at en kan observere snøskred visuelt.

Målet med oppgaven er å bruke data fra IDA i Grasdalen (Stryn) til å lage en enklere og mer brukervennlig fremstilling av skredhendelser. Vi ønsker å dele det aktuelle området inn i soner med tilnærmet like egenskaper for å gjøre fremstillingen enklere. I dag får en etter en hendelse ut en pil på et kart som viser retningen, i tillegg får vi verdier for hvor lenge lyden varte og maks styrke på signalet.

Ut ifra dette er det vanskelig å si noe om eksakt hvor skredet er gått, Dermed er det heller ikke så lett å kunne si hvilke andre områder som har samme egenskaper (som himmelretning og høyde over havet) og dermed også kan ha samme skredproblem som skredet som alt er gått.

Hovedproblemstillingen vår vil derfor være å bedre brukergrensesnittet til IDA for praktisk bruk ved å lage en GIS-basert soneinndeling av Grasdalen. Målet er at hver skredhendelse skal kunne knyttes til én bestemt sone. Dette kan gjøre det enklere å knytte registrerte

hendelser opp mot de ulike sonenes egenskaper (himmelretning, høyde over havet og helningsvinkel).

I tillegg ønsker vi å gjøre en statistisk analyse av varslet skredfare mot antall registrerte snøskredhendelser. Ved å finne en eventuell trend i antall skred som registreres ved de ulike faregradene kan vi antyde om varselet har vært reelt.

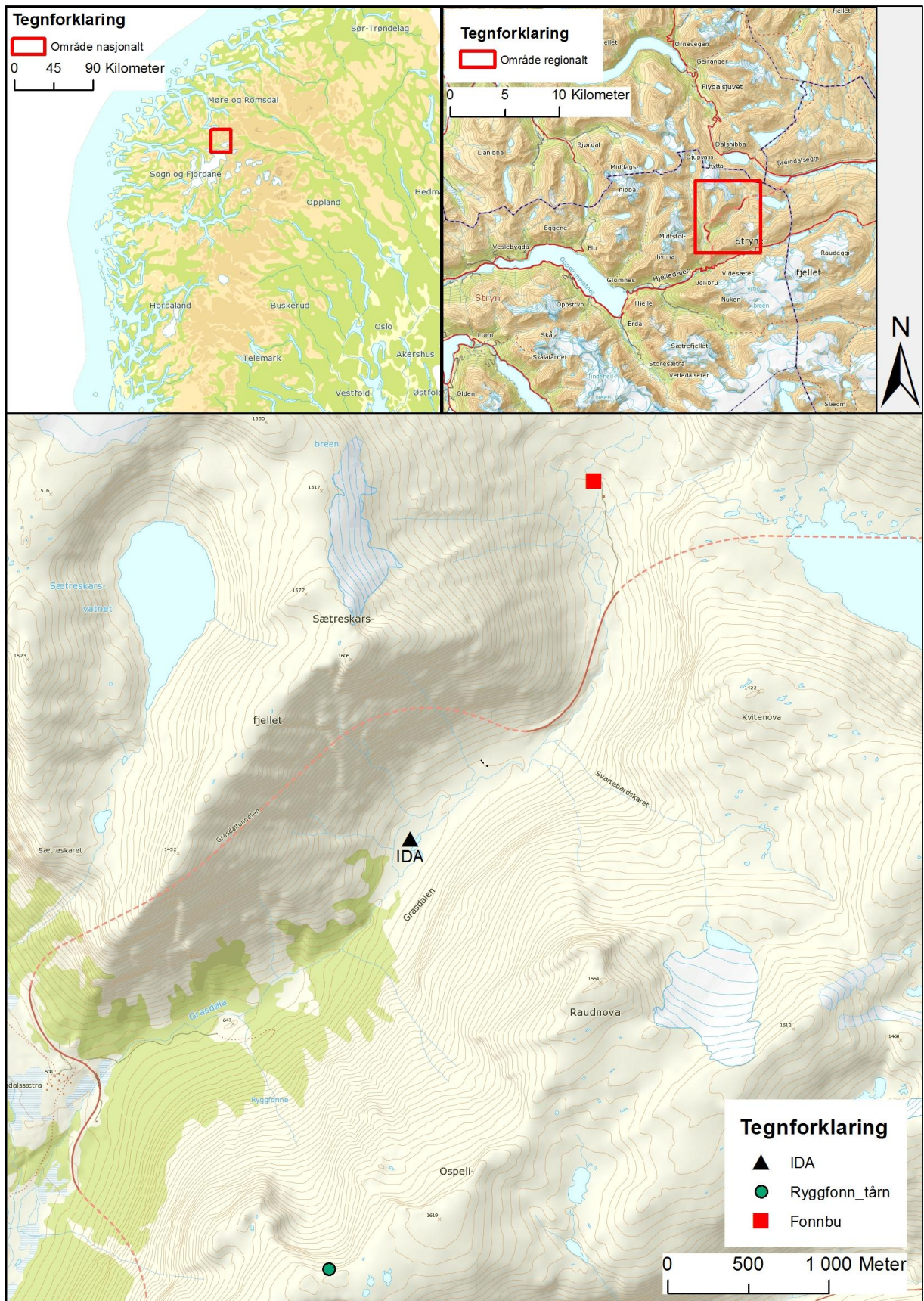
2.1 Beskrivelse av Grasdalen

Grasdalen ligger i Stryn kommune, ca. 40 minutter østover fra Stryn sentrum med bil. Strynefjellsveien (riksveg 15) er lagt i tunell på vestsiden av dalen, men krysser lengst sør der Grasdalen møter Skjerdingsdalen og nord i dalen ved NGI sin hytte Fonnbu. Vegstrekningen som krysser nord i dalen er utsatt for snøskred (figur 1)

Sør i Grasdalen er Ryggfonn, ett av verdens to fullskala forsøksfelt for snøskred (NGI). Her er det plassert et «avalanche controle tower» i toppen, og demning i bunnen. I hele skredløpet og i demningen er det måleinstrumenter (NVE, u.d.).

Selve dalen er svakt hellende og dalbunnen starter på ca. 600 moh. der den møter Skjerdingsdalen og stiger til ca. 900 moh. ved Fonnbu. Fjellsidene rundt strekker seg til opptil 1650 moh.

Vinternedbøren (november-april) har en gjennomsnittsverdi på 855 mm, maksimal snødybde har variert mellom 1,3 og 4,7 meter (Bakkehøi S, 1986). Målestasjonen til Statens vegvesen i Breidalen viser for denne vinteren (2015/2016) at de største snøfallene kom midt i desember og i starten av februar (Staten vegvesen (Breidalen), 2016).



Figur 1 viser plassering av Grasdalen i Norge, og plassering av Infrasonnd Detection Analysis.

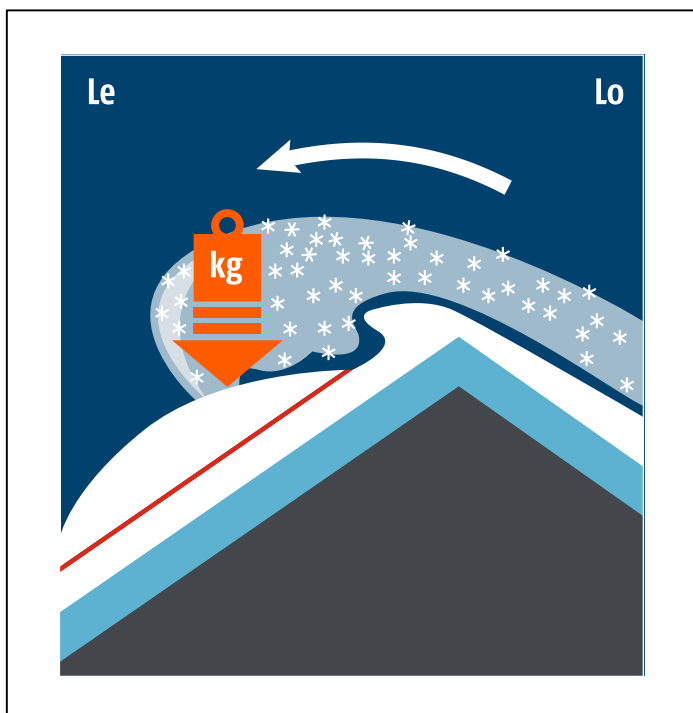
3. Teori

3.1 Snø/snøskred

Snøskred er definert som en massebevegelse av snø som beveger seg raskt nedover en fjellside eller en skråning (Jaedicke C, 2014). Snøskred har som regel kildeområde i forsenkninger i terrenget hvor snø samler seg som gjel, botner, skåler eller skar, men og i konvekse parti hvor skjærspenninga øker. De sidene som ligger i le for områdets dominerende vindretning er som regel mest utsatt for de største skredene, da snø samler seg her over lengre tid (figur 2). Samtidig blir forsenkninger i terrenget leside for flere vindretninger.

Den hyppigste skredaktiviteten skjer ved terrenghelning på 35-45°, men i særlige tilfeller som ved sørpeskred kan skred løsne ned mot 5° helning.

Man deler gjerne inn snøskred i tre kategorier, flakskred, løssnøskred og sørpeskred.

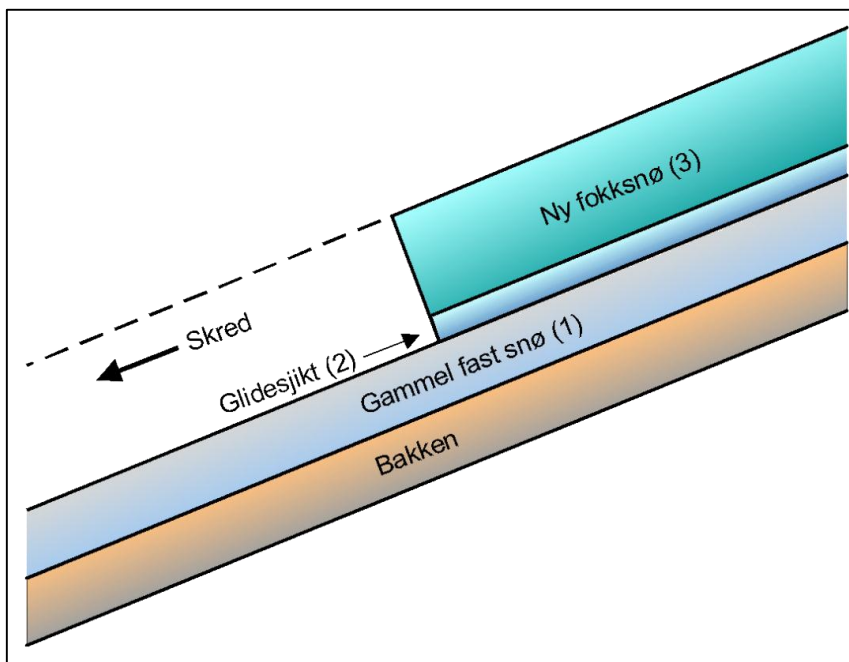


Figur 2 Viser dannelse av fokksnø i lesider som øker belastningen på snødekket der. Hvis skjærspenningen overstiger skærstyrken vil skred løsne.

3.1.1 Flakskred

Flakskred er en skredtype der et sammenhengende flak av snø glir ut langs et løsere underliggende lag. Årsaken til utglidningen vil være at skjærstyrken i glidesjiktet er svakere enn kraftkomponenten som trekker snødekket ned parallelt med glideplanet, og dermed oppstår skjærbrudd.

Den vanligste sammensetningen av snødekke som kan gi flakskred er at et lag med fast snø og gode bindinger til enten bakken eller underliggende snø ligger i bunn og fungerer som glideplan under et tynnere lag med løs snø (figur 3). Den løse snøen har få bindinger mellom snøkornene (liten skjærstyrke) og fungerer som glidesjikt under laget som kan opptre som sammenhengende flak. Dette flaket er oftest dannet av oppsamling av vindtransportert snø, en prosess som bryter ned snøkornene og gjør de mer og mer rundet. Rundingen fører til at snøkornene i lesiden har mange kontaktpunkter og binder seg derfor godt til hverandre, som igjen fører til flak av tett snø. Sammenlignet med nysnø som kan ha tetthet på 20-150 gram per liter, kan fokksnø ha tetthet opp mot 400 gram per liter (Meteorologisk institutt, 2010).



Figur 3 viser mulig oppbygning av snødekke hvor et lag med gode bindinger til bakken ligger i bunn for et glidesjikt. Over glidesjiktet ligger et lag med flakdannet snø (fokksnø) (Jaedicke C, 2014).

Flakskred kan også opptre som våte. Våte flakskred krever en tydelig lagdeling i snødekke, og det er oppsamling av vann i snøen som bryter ned bindinger i snøen, og ved regn også tilfører ekstra vekt. Skjærspenning > skjærstyrke. Våte flakskred skjer oftest første gang tørr snø blir våt (NVE, 2013).

3.1.2 Løssnøskred

Løssnøskred løsner i det som navnet tilsier – løs, ubunden snø. Det vil si snø hvor snøkrystallene har gjennomgått lav grad av metamorfose og dermed har få kontaktpunkter og liten tetthet (20-150 gram per liter (Meteorologisk institutt, 2010)). Utløsningsårsaken til løssnøskred er størrelsesforskjell mellom skjærkreftene og skjærstyrken i snøen. Det kan enten skje ved oppvarming som følge av temperaturstigning eller solpåvirkning, eller ved regn. Store nysnømengder kan også være utløsende årsak.

3.1.3 Sørpeskred

Sørpeskred kan oppstå når snødekket er mer eller mindre mettet av vann, det vil si at porerommene hvor det vanligvis ville vært luft nå er fylt med vann i stedet. Dette bryter opp bindingene i snøen og den vil oppføre seg som en flytende væske. En forutsetning for sørpeskred er at helningsvinkelen ikke blir så bratt at dreneringen i snødekket er større enn vannakkumulasjonen.

3.1.4 Skredbevegelse

3.1.4.1 Tørre skred

Et tørt snøskred fremstår ofte som en stor sky av snø som raser ned fjellsiden, men inne i denne snøskya er en kjerne med en nærmest flytende masse av snø og luft, omtrent 70 prosent luft og 30 prosent snøpartikler. Tørre skred kan oppnå en hastighet på rundt 70-130 km/t. Det er denne massen som kaster snø opp i lufta og danner den synlige snøskya. Snøskya kan bestå av så lite som 1 prosent snø og 99 prosent luft. Foran snøskya er en trykkbølge av luft. (Tremper B, 2008)

Utløpslengden til tørre skred beregnes av alfa/beta-metoden (Lied K, 1980).

3.1.4.2 Våte skred

Våte snøskred beveger seg gjerne i halve hastigheten til tørre skred, 15-40 km/t, men om terrenget er bratt nok kan også våte skred oppnå høyere hastigheter. Våte skred beveger seg ned fjellsider som flytende masse og følger forsenkninger i terrenget mer nøye enn tørre skred.

Utløpslengden til våte skred beveger seg sjeldent like langt som tørre skred, men kan ved de riktige omstendighetene bevege seg svært langt og i nærmest flatt terreng (Tremper B, 2008).

3.1.4 Utløsningsårsaker

Den generelle utløsningsårsaken for snøskred er at skjærstyrken i snøen er svakere enn kraftkomponenten (skjærspenninga) som trekker snødekket parallelt ned den respektive skråningen. Dette kan skje naturlig eller så kan tilleggsbelastninger som skavelbrudd, steinsprang og menneskelig aktivitet påføre snødekket en avgjørende belastning, med utløsning av skred som følge.

Det kan også oppstå tilfeller hvor små, tørre skred utløser våte skred lenger ned i fjellsiden.

3.2 LiDAR

Light Distance And Ranging, eller LiDAR som det gjerne blir forkortet til, er en teknologi for å måle den nøyaktige posisjonen til ett eller flere objekt. Dette kan være posisjonen til et hushjørne, en hel fasade eller som i vårt tilfelle, hele overflaten til Grasdalen. LiDAR bruker laser for å måle avstanden mellom LiDAR-apparatet og objektet som måles. I tillegg til denne avstanden trengs den nøyaktige posisjonen til LiDAR-apparatet slik at målinger kan georefereres. LiDAR er en svært rask metode for å gjøre disse målingene og kan samle inn fra titusenvis til over en million posisjoner per sekund (Lato M, 2010).

For målinger som skjer på lang avstand, brukes en teknologi som kalles «time of flight». Her sendes en laser ut for så å reflekteres på overflaten til en gjenstand. Ved hjelp av tiden det tar før signalet kommer tilbake til apparatet (time of flight), regnes avstanden ut ved bruk av lysets hastighet. LiDAR basert på «time of flight» kan brukes til å måle avstander på opptil flere kilometer (Lato M, 2010).

For å gjøre kontinuerlige målinger og kartlegginger over større avstander kan LiDAR festes til et fly som flyr i et rutemønster over området det er ønsket å kartlegge. Også her er det svært viktig at LiDAR-apparatet til enhver tid vet sin nøyaktige posisjon.

NGI har rettighetene til LiDAR-kartleggingen som er utført over Grasdalen. De har gitt oss mulighet til å benytte oss av dette og dermed svært nøyaktige kart over Grasdalen i arbeidet med denne oppgaven.

3.3 Infralyd

Infralyd er lyd med en frekvens lavere enn det mennesket normalt kan høre. Lyden blir laget av en rekke forskjellige lydkilder, for eksempel av snøskred, vind, vulkaner, seismisk aktivitet, torden og vann i bevegelse. I tillegg genererer menneskeskapte kilder som trafikk, fly, ventilasjonsanlegg og eksplosjoner infralyd (Leventhall G, 2007).

Definisjonen varierer noe da lavere frekvenser kan høres hvis lyden er sterk nok. I følge Store norske leksikon er infralyd definert som lydbølger med frekvens mellom 0,2-15Hz (Braut, 2015). Det er påvist at mennesker kan oppfatte lyd på kun 1.5Hz (Leventhall G, 2007). Snøskred produserer akustiske signaler med en frekvens mellom 1-5Hz. (Havens Scott, 2014). Den vanligste infralydfrekvensen målt i snøskredsammenheng er 3Hz (Ulivieri Giacomo, 2016).

Infralyd beveger seg med lydens hastighet, noe som varierer med temperatur og lufttrykk. Ved 1 atmosfæres trykk og 20⁰C vil lydens hastighet være ca. 340m/s. Forholdet mellom frekvens, bølgelengde og lydens hastighet er gitt ved ligning 1 (The Physics Classroom, u.d.).

$$\text{Frekvens (Hz)} = \frac{\text{Lydens hastighet } (\frac{m}{s})}{\text{Bølgelengde } \lambda} \quad (1)$$

Som et resultat av lav frekvens har infralyd dermed lang bølgelengde, tar vi utgangspunkt i frekvens på 3Hz (typisk for snøskred) og en lydhastighet på 340m/s gir dette en bølgelengde på 113meter. Lav frekvens fører også til at infralyd bærer lengre enn hørbar lyd, høyere frekvenser blir raskere absorbert av atmosfærisk viskositet og termisk konduktivitet (varmeledning) (Bedard A j, 2000).

På grunn av evnen til å reise over store distanser brukes infralyd av «International Monitoring System» til å overvåke at internasjonale avtaler som omhandler prøvesprengning av atombomber blir fulgt. Etter at «the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty» ble underskrevet i 1996 og et nettverk av 60 infralydstasjoner ble installert rundt jordkloden er infralydteknologi blitt utviklet i et raskt tempo. I dag brukes og utvikles systemer for overvåkning av flere geofarar, blant annet vulkanutbrudd og snøskred (Dr Christie D.R, 2007).

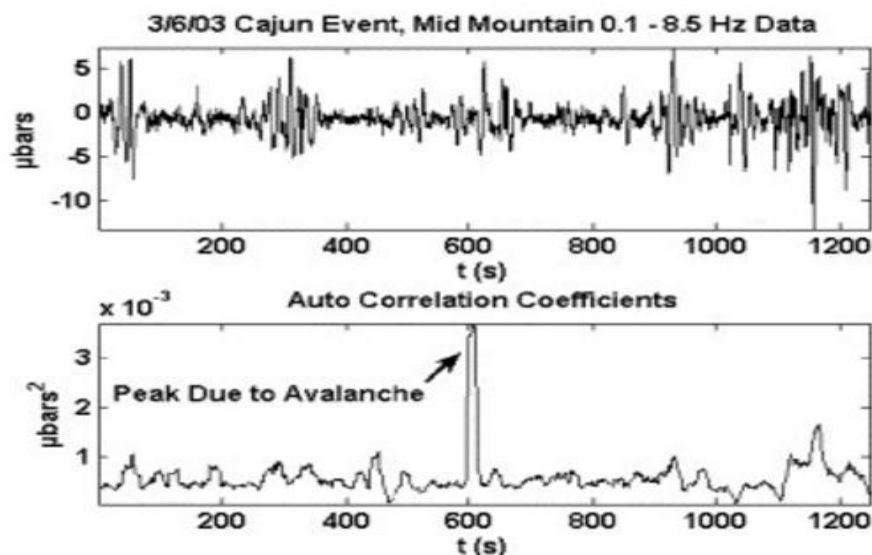
3.4 Infrasound Detection Analysis (IDA)

Selve Infrasound Detection Analysis (heretter kalt IDA) består av fire sensorer og et kontrollhus. Det er et system satt opp i Grasdalen, Stryn og et system satt opp i Innereidsdalen, Geiranger. Sensorene fanger opp signaler mellom 0,5 og 10Hz. Dette dekker det lydbildet det er forventet at et snøskred vil generere (1-5Hz) med god margin.

IDA ble første gang satt opp i Norge høsten 2014 for å gjøre målinger gjennom vintersesongen 2014/2015. Det ble fjernet våren 2015 for så å bli satt ut før vintersesongen 2015/2016. IDA er utviklet av iTem-geophysics, monteringen i Grasdalen er gjort av Giacomo Ulivieri fra iTem-geophysics, Stian Langeland fra Wyssen Avalanche Control og forfatterne av denne oppgaven. IDA er i utgangspunktet laget for overvåking av vulkansk aktivitet, men senere blitt omgjort noe (utplassering i terrenget og prosessering) for best mulig å kunne brukes på snøskredaktivitet.

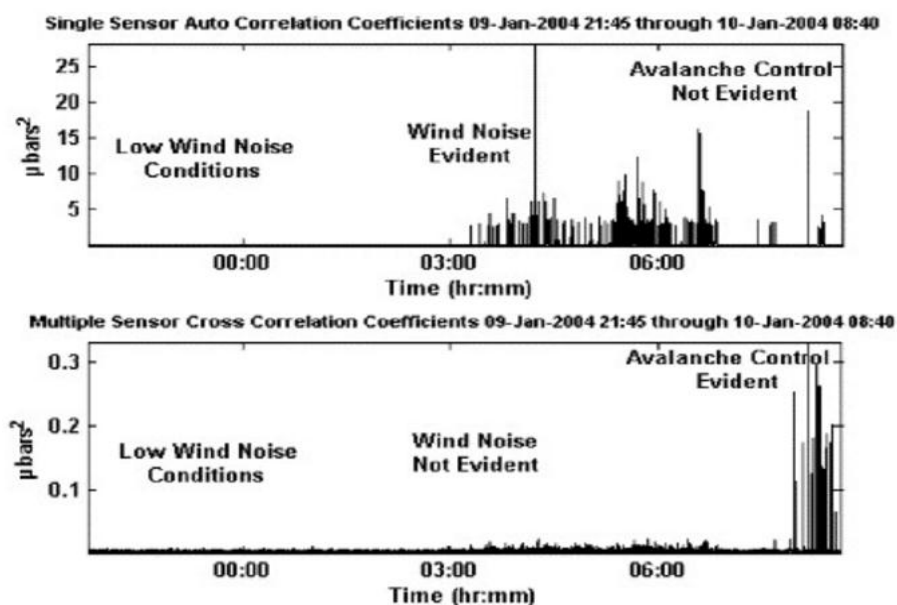
3.4.1 Støyreduksjon

Støy fra vind (og andre kilder som generer infralyd) gjør det vanskelig å skille et signal fra bakgrunnsstøyen. Særlig under forhold med mye vind og svakt signal grunnet lang avstand mellom kilde og IDA er dette en utfordring. Algoritmer brukes under prosessering av data til å redusere støy og forsterke signal (figur 4) (Scott E. D, 2007).



Figur 4 viser hvordan algoritmer kan filtrere ut støy og amplifisere signal fra et snøskred. Øverst er signalet, nederst er resultatet etter filtrering og amplifisering. Denne registreringen er gjort med én sensor (Scott E. D, 2007).

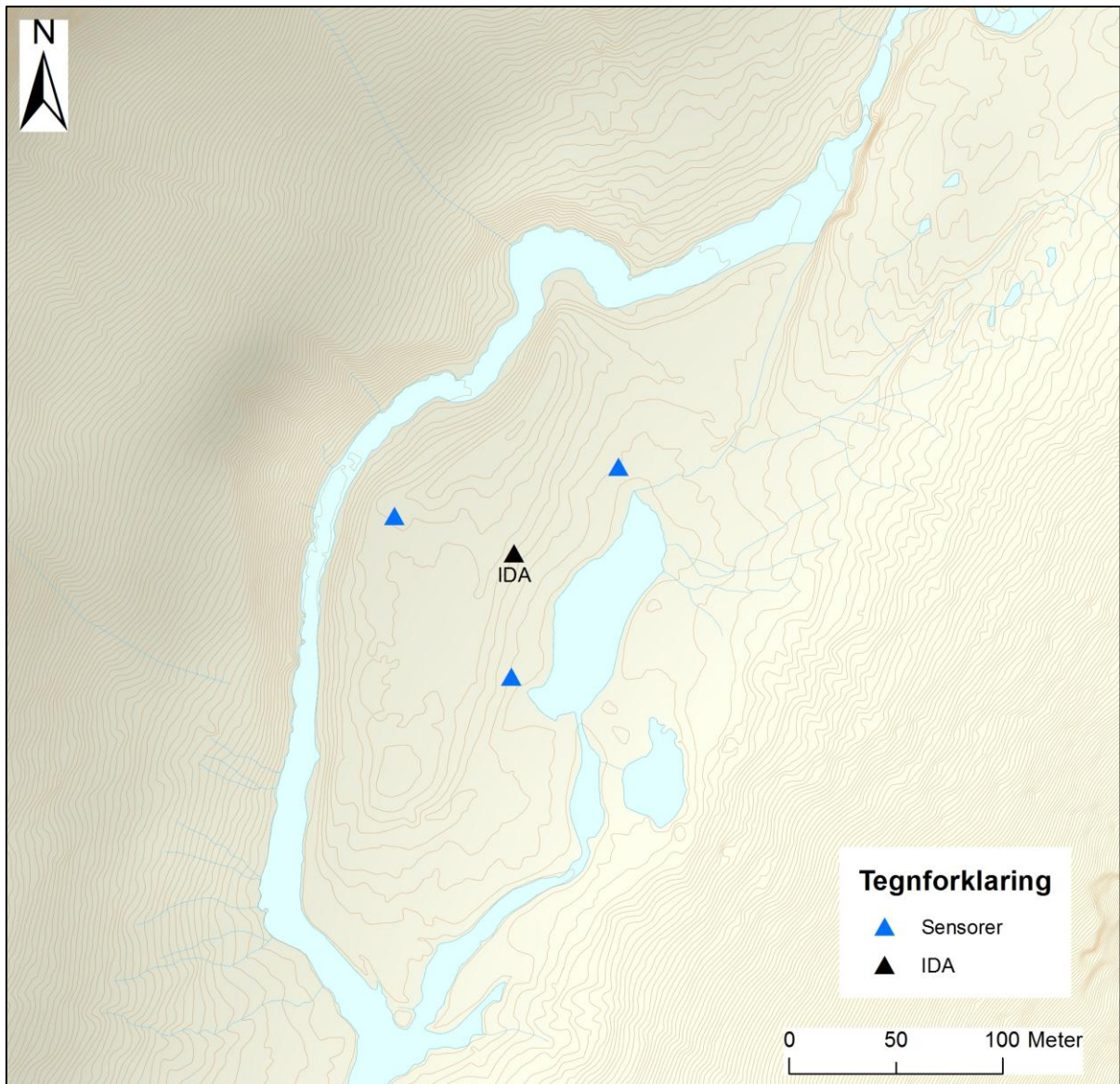
Ved å bruke fire sensorer fremfor én kan man øke sikkerheten på at et signal, som oppfattes av systemet faktisk er et snøskred og ikke kommer fra vind og støy. Ved å anta at støy ikke vil gi sammenhengende målinger ved flere av sensorene, men at et signal fra snøskred vil, kan man ved bruk av flere sensorer bedre skille ut skred fra støy (figur 5) (Scott E. D, 2007).



Figur 5 viser hvordan bruk av flere sensorer kan verifisere signaler og skille dem fra støy. Øverst er registreringene til en sensor, under er flere sensorer brukt (Scott E. D, 2007).

Flere sensorer gjør også at man kan estimere hvor kilden til en lyd befinner seg. Et signal vil bre seg ut over med lydens hastighet, dermed treffer den sensorene på forskjellige tidspunkter. Dette gjør at man kan bestemme retningen lyden kommer fra (back azimuth se 4.4.4 og apparent velocity 4.4.7).

For best mulig å utnytte seg av at det er fire sensorer, er sensorene satt ut i et triangel. Triangelet består av tre sensorer som er plassert ut med 120° vinkel og 140 meters avstand mellom dem, den siste sensoren står i midten av triangelet (figur 6). I tillegg er det et kontrollhus med brenselcelle som sørger for strømforsyning, og modem som sender målinger til iTem-geophysics for prosessering av data. Den nøyaktige plasseringen av hver sensor er målt med gps.



Figur 6 viser plassering av sensorene i forhold til hverandre. Det sorte punktet er sensoren i midten og de blå er sensorene plassert i triangel.

Hver sensor er gravd halvveis ned i bakken og knyttet til målestasjonen i midten med optiske kabler (Figur 7). Om vinteren snør sensorene ned, snødekket er med på å filtrere ut uønskede lydsignaler. I tillegg til vind er ønsket kilder til infralyd er for eksempel trafikk fra nærliggende vei eller fra fly (Ulivieri G, 2011).



Figur 7 Bildet viser hvordan sensorene er gravd delvis ned i bakken og beskyttet av en plastikkbøtte. Ledningen som kommer ut av bøtta fører til kontrollhuset. Foto: Ørjan Sørderblom

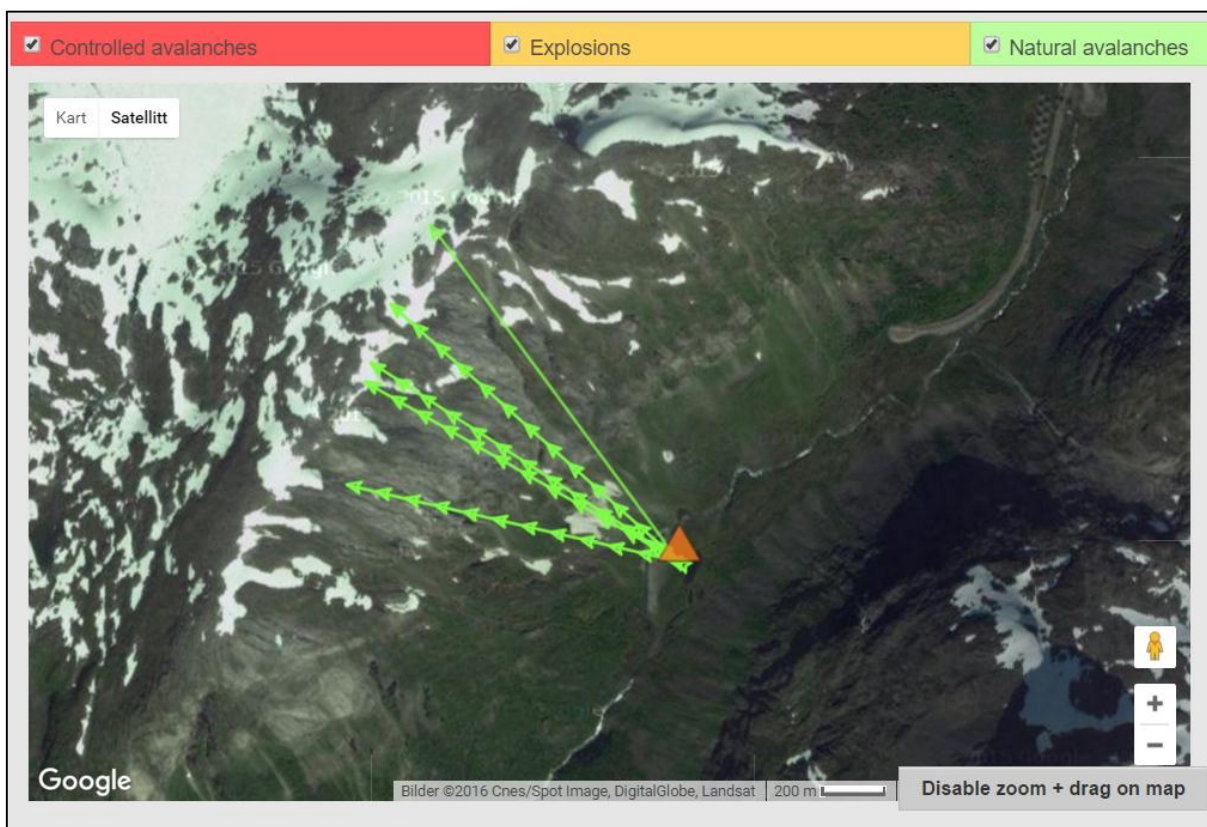
Snøskred må opp i en viss hastighet og volum for å generere infralyd som kan registreres. Testing av IDA på kunstig utløste skred viste dette i 2010. Et medium stort skred utløst av eksplosiver ble filmet og observert samtidig som IDA gjorde registreringer. I registreringen kan en tydelig skille mellom eksplosjon og skred, tidsforskjellen målt her var 15sekunder. På filmen er derimot tidsforskjellen bare 8sekunder, noe som tyder på at infralyd ikke genereres før skredet har vokst i volum og hastighet (Ulivieri G, 2011).

3.4.1 Tolkning av data fra IDA

Prosessering av data blir gjort av iTem-geophysics. Ved en hendelse som IDA fanger opp som mulig snøskred blir data sendt ut til en nettside som involverte parter har tilgang til (www.ida-wyssen.com). Her kan en lese av flere forskjellige data. I tillegg til at dato og tidspunkt for signalet blir lagret slik at en kan gå tilbake i å se på tidligere hendelser, får vi også informasjon om peak pressure, back azimuth, azimuth migration og duration (figur 8). I tillegg er det et kart som viser plassering av IDA i terrenget. Ved en hendelse vil den vises med en grønn pil. Pilens retning viser back azimuth (avsnitt 3.4.4), pilens lengde er 3 km som standard så det er retningen og ikke hvor pilen ender i terrenget som er interessant (figur 9) (Ulivieri Giacomo, 2016).

Nr	Datum	Prob. (%)	Peak Pres. (mPa)	Back Az. (°N)	Az.Migr(°)	Dur. (s)
1	2016-03-16 03:50:00	100	348	278.9	-17.04	78
2	2016-03-17 22:53:13	100	183	291.1	-19.82	77
3	2016-03-17 23:57:31	100	926	293.4	4.81	137
4	2016-03-18 01:40:01	100	1558	301	-3.48	94
5	2016-03-28 15:59:19	50	103	312.2	-0.3	21

Figur 8 viser et skjermdump av data som blir tilgjengelig på www.ida-wyssen.com. Tabellen viser hendelser registrert mellom 16.mars til 5.april 2016.



Figur 9 viser et skjermdump av www.ida-wyssen.com. Den oransje trekanten viser IDAs plassering i Grasdalen. Den øverste grønne pilen viser en hendelse med sannsynlighet 50 %. De fire pilene med mange «pilhoder» viser hendelser med sannsynlighet 100 %. Kartet er satt til å vise registrerte hendelser fra 16.mars til 5.april 2016. Dette er de samme hendelsene som er vist i figur 8.

3.4.2 Sannsynlighet (Prob.)

Sannsynligheten er ment for å si om et signal nesten sikkert er, eller kanskje kan være et snøskred. Det er to mulige utfall, 100 % og 50 %. For å bestemme mellom 100 % og 50 % brukes apparent velocity (a_c).

Ved en hendelse vil apparent velocity sjekkes opp mot hva det er forventet at a_c skal gi i verdi, hvis det faktisk er en snøskredhendelse som er registrert. Er a_c større enn 400m/s vil en hendelse ikke bli regnet som snøskred, da dette betyr at γ vil være mindre enn 60° og lydkilden sannsynligvis er et fly eller noe annet i himmelen (avsnitt 3.4.7).

I tillegg må lydkilden ha en bevegelse nedover, for eksempel et snøskred som beveger seg ned en fjellside. Dette vises i rådataene ved at apparent velocity synker underveis i hendelsen. Typisk for et snøskred vil apparent velocity i starten av en hendelse være rundt 360m/s, noe som gir $\gamma \approx 70^\circ$. Går skredet helt ned til samme høyde som IDA befinner seg på, vil apparent velocity være ca 340m/s noe som gir $\gamma \approx 90^\circ$ (Marchetti E, 2015) (figur 10).

Ved en hendelse med sannsynlighet satt til 100 % vil pilen få mange «pillhoder» langs pilen, en hendelse med sannsynlighet satt til 50 % vil bestå av en linje med et «pillhode» i enden (figur 9).

3.4.3 Peak pressure (mPa)

Peak pressure er den maksimale amplituden på signalet til en hendelse IDA registrerer.

3.4.4 Back azimuth

Back azimuth er den gjennomsnittlig himmelretningen til signalet, målt i antall grader fra nord, sett ut fra IDA. Det vil si at back azimuth peker mot midten av skredbanen til en hendelse. Dette er samme som retningen pilen til en hendelse har i figur 9. Som nevnt er lengden på pila 3km som standard, og det er dermed slik at vi må se på retningen til pila, og ikke hvor pilspissen ender i terrenget. Back azimuthverdien har en feilmargin på $\pm 2^\circ$.

3.4.5 Azimuth migration

Antall grader forflytting fra første lyd IDA oppdaget, til signalet slutter. Sett fra IDA og mot lydkilden. Det angir himmelretning fra IDA til start og stopp for lydkilden, men ikke hva som skjer i mellomtiden. Azimuth migration kan være både positiv og negativ avhengig av bevegelsesretningen til skredet i forhold til IDA. Hvis bevegelsen er med klokka vil az.mig. være positiv, og tilsvarende negativ for bevegelse mot klokka.

3.4.6 Duration (s)

Duration forteller antall sekunder fra første signal ble gjenkjent av IDA til siste signal. Fra lyden starter til den slutter.

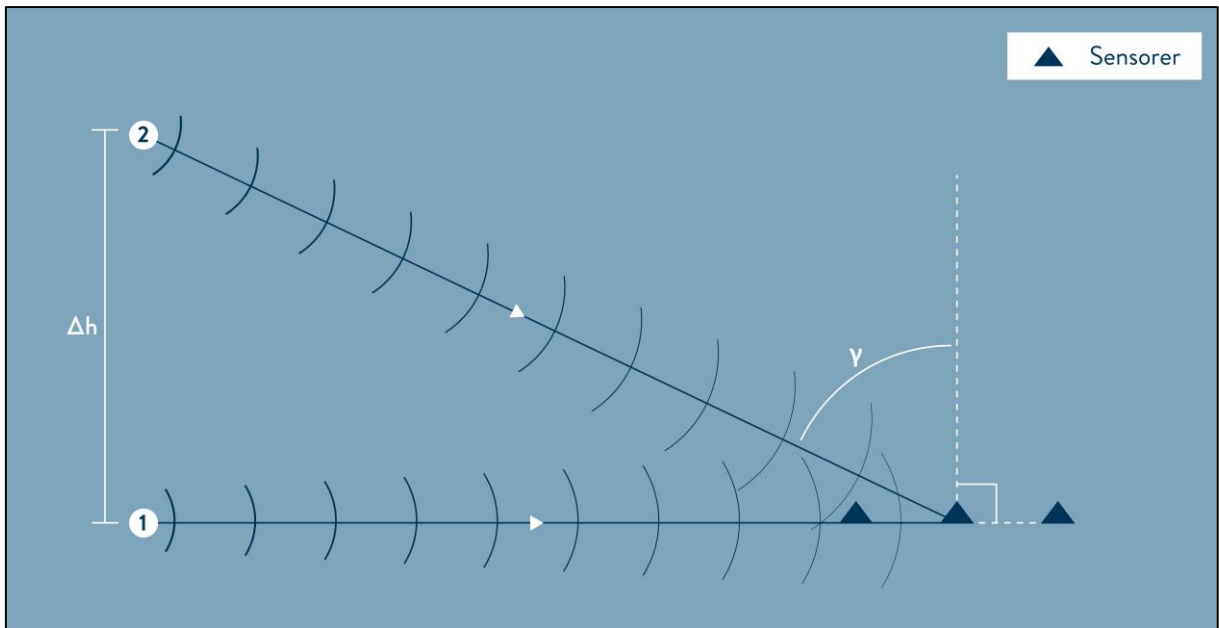
3.4.7 Rådata

Da snøskred beveger seg er det også forventet at vinkelen mellom IDA og lydkilde (snøskred) forandrer seg gjennom hendelsen. For å regne ut back azimuth tas målinger av signalet hvert halve sekund, av disse målingene blir gjennomsnittet regnet ut og gir back azimuthverdien som vises på nettsiden. Figur 11 viser rådata, hvert punkt på back azimuth viser en måling av retningen. Samme metode er brukt for trykk (Pressure), det maksimale trykket samsvarer med den største målte amplitude på signalet og gir «Peak Pressure».

I rådataene vises også «apparent velocity». Defineres et plan laget av sensorenes plassering, vil apparent velocity være relatert til høydeforskjellen mellom dette planet og lydkilden. Infralyd beveger seg som nevnt ved lydens hastighet, hvis lydkilden befinner seg på det samme planet som sensorene vil apparent velocity være lik lydens hastighet. Er lydkilden plassert høyere enn planet vil tiden det tar fra signalet blir plukket opp av første sensor til den blir registrert av de andre være kortere på grunn av vinkelen. Dermed vil det tilsynelatende virke som at lydbølgene beveger seg fortere enn lydens hastighet, denne nye hastigheten er apparent velocity (figur 10). Forholdet mellom lydens hastighet (c), apparent velocity (c_a) og vinkelen mellom normalen til planet og retningen på signalet (γ) er gitt ved ligning 2.

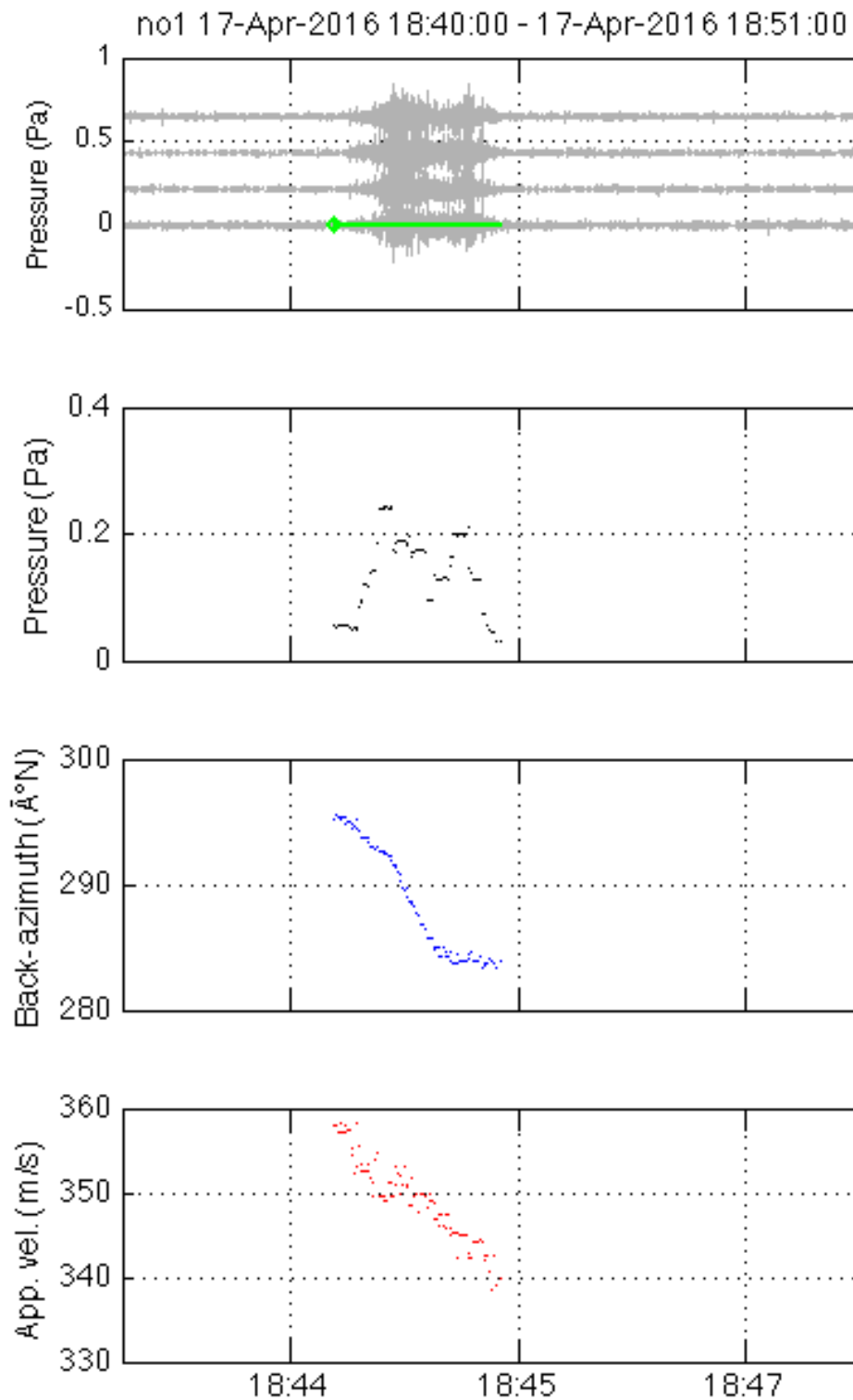
$$c_a = \frac{c}{\sin(\gamma)} \quad (2)$$

Blir γ mindre enn 60° vil man gå ut i fra at lyden kommer fra en kilde i himmelen og dermed kan den ikke komme fra snøskred. I tillegg antas det at for en lydkilde som beveger seg så vil også apparent velocity forandres underveis i hendelsen. For et snøskred som beveger seg nedover vil apparent velocity reduseres utover i hendelsen. På denne måte kan en verifisere at lydkilden beveger seg som man forventer at snøskred skal (Marchetti E, 2015).



Figur 10 Viser en grafisk fremstilling av «apparent velocity». I tilfelle 1, vil apparent velocity tilsvare lydens hastighet (340 m/s), mens i tilfelle 2, vil apparent velocity tilsvare en høyere hastighet enn 340 m/s, definert av «ligning 1». Desto mindre vinkelen γ er, jo høyere vil apparent velocity være på grunn av at tiden fra første lydbølge treffer den nærmeste sensoren til den treffer neste, vil bli kortere og kortere desto mindre γ er.

Kalkuleringer for å regne ut både back azimuth og apparent velocity er gjort med antagelsen om at lyden brer seg utover med en plan bølgefront. I følge Ulivieri er dette en grei antagelse å gjøre i vårt tilfelle med sensorer med ca. 150meter mellomrom dersom lydkilden ligger mer enn 700meter fra IDA. For kortere distanser kan signaler likevel bli oppdaget og verifisert ved hjelp av flere sensorer, men apparent velocity vil være feil (Ulivieri G, 2011).








Figur 11 viser rådata fra en hendelse 17.4.2016. Øverst vises signalet som registreres av IDA. For å finne Pressure, Back azimuth og Apparent velocity tas det målinger av signalet hvert halve sekund, disse målingene vises som prikker. Prikkene beskriver hvert enkelt parameters verdi ved en gitt tid.

3.5 Statistisk analyse

Vi ønsker å bruke data samlet inn av IDA til å utføre analyser som kan gi svar på om dagens snøskredvarsel stemmer over ens med hva IDA registrerer. Dette datagrunnlaget kan gi en indikasjon på de faktiske snøskredforholdene i Grasdalen. For å gjøre dette har vi på grunnlag av tilgjengelig data valgt å fokusere på problemstillingen: «Er det sammenheng mellom varslet faregrad og antall naturlig utløste skred?»

Ved høyere faregrad er det forventet flere og større naturlig utløste skred (tabell 1).

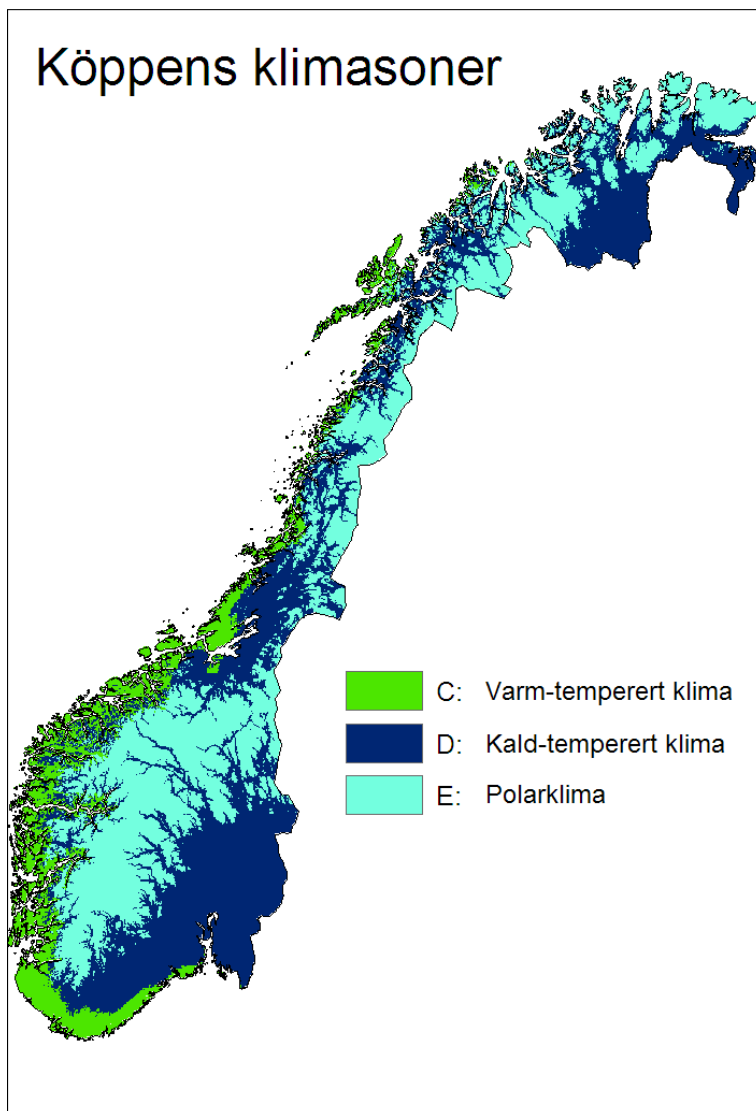
Tabell 1 viser en modifisert snøskredfareskala, hvor snøstabilitet og naturlig skredutløsning er tatt med. (NVE, 2013)

Faregrad	Snøstabilitet	Skredutløsning
	Omfattende ustabile forhold. Svake bindinger i de fleste brattheng.	Under spesielle forhold forventes det mange middels store og noen store naturlig utløste skred.
	Generelt ustabile forhold. Moderat til svake bindinger i mange brattheng.	Under spesielle forhold kan det forekomme noen middels store og enkelte store naturlig utløste skred.
	Lokalt ustabile forhold. Moderate bindinger i noen brattheng, for øvrig sterke bindinger.	Store naturlig utløste skred forventes ikke.
	Generelt stabile forhold. Gode bindinger.	Kun små naturlig utløste skred er mulig.
	Ekstremt ustabile forhold. Generelt svake bindinger og svært ustabil.	Mange store, også svært store skred forventes, selv i moderat bratt terreng.

Forhåpentligvis er disse hendelsene registrert av IDA. Hvis det er en korrelasjon mellom antall registrerte hendelser og faregrad vil det indikere at både IDA og varslingen til NVE fungerer. På grunn av lite friluftslivsaktivitet i Grasdalen kan det forventes at de fleste hendelser registrert av IDA er naturlig utløst.

Naturlig utløste skred er et tydelig tegn på ustabile forhold og blir ofte regnet som det sikreste tegnet på at flere skred vil utløses. Tradisjonelt gjøres observasjoner av skred av mennesker ute i felt, eller ved hjelp av webkamera. For at et kamera skal kunne fange opp en skredhendelse kreves god sikt. Også ved observasjoner gjort av personer i fjellet, gjør ofte værforhold og skredfare ferdsel vanskelig. Gjerne blir observasjoner gjort i ettertid av selve skredhendelsen, og det er dermed ikke mulig å fastsette tidspunkt for hendelsen helt nøyaktig. Ved bruk av IDA får vi en kontinuerlig registrering av hendelser, også når det er tåke, natt eller andre forhold som begrenser sikt og fremkommelighet (Marchetti E, 2015).

Grasdalen ligger innenfor regionvarslingen til Sunnmøre, det er dermed naturlig å ta utgangspunkt i dette varselet. Vi har også sett på et par andre varslingsnorer for å teste ut om disse eventuelt passer bedre med hva IDA registrerer i Grasdalen. Problemstillinger som kan føre til at NVE ikke treffer godt på varslingen er for eksempel at Grasdalen ligger lengre inn i landet enn hva resten av Sunnmøre gjør (figur 12). I tillegg ligger bunnen av dalen på 500 moh. Dette fører til at klimaet i Grasdalen ligner mer på et typisk innlandsklima enn det ytre deler av Sunnmøre har. Skredproblem som oppstår i Grasdalen trenger dermed ikke å ha utbredelse i resten av regionen, og motsatt (NVE, 2015-2016).

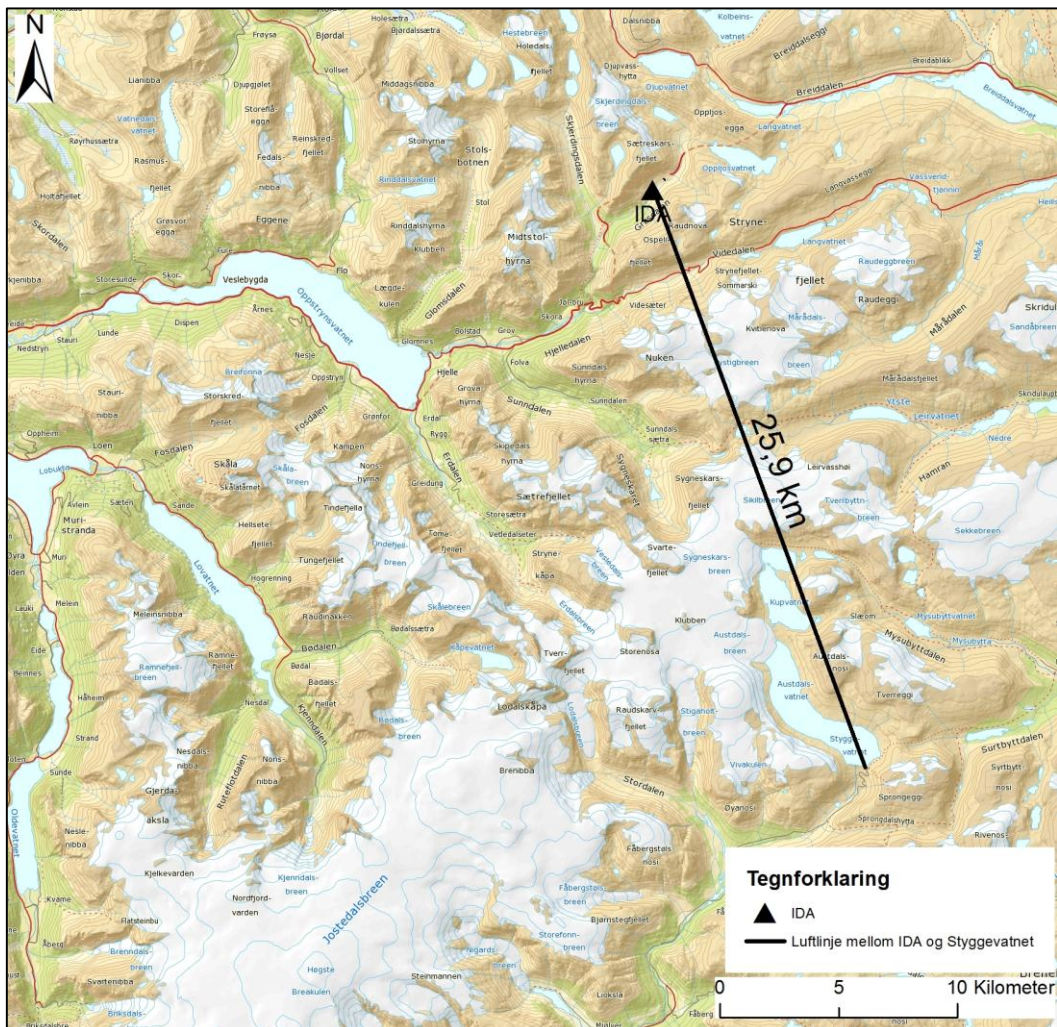


Figur 12 viser Köppens klimasoner. Grasdalen ligger ikke i samme sone som resten av Sunnmøre. (Meteorologisk institutt, 2010)

Tabell 2 viser utklipp av klassifisering av Köppens klimasoner. Grasdalen ligger i grenseområdet mellom alle tre klimasonene (C, D og E) vist i tabellen (Meteorologisk institutt, 2010).

C	Varmtemperert klima	Temperaturen i årets kaldeste måned er mellom +18 og -3°C. Nedbørmengden ligger over grensene for tørt klima (B).
D	Kaldtemperert klima	Temperaturen i årets kaldeste måned er under -3°C, i den varmeste over +10°C.
E	Polarklima	Middeltemperatur under +10°C i årets varmeste måned.

Avstanden er ikke veldig stor fra plasseringen av IDA i Grasdalen til varslingsregion Sogn, for eksempel er det bare 25,9 km i luftlinje til demningen ved Styggevatnet (figur 13). Vi kommer frem til at det er interessant å se på om det er korrelasjon mellom antall registrerte hendelser og faregrader NVE har varslet for Sogn.



Figur 13 viser luftlinje mellom IDA i Grasdalen og Styggevatnet i Jostedal. Avstanden er 25,9 kilometer.

Dermed kan det hende at forholdene i Grasdalen er likere innlandsklimaet som finnes i Sogn enn i de ytre delene av Sunnmøre (Meteorologisk institutt, 2010).

Tilgjengelig har vi i tillegg NGI sitt lokale snøskredvarsel for Strynefjellet. Her er ikke kyst- eller innlandsklima en problemstilling da det er en lokal varsling. Vi ønsker å undersøke om det lokale varselet (NGI) stemmer bedre enn det regionale (NVE).

3.5.1 P-verdi og null hypotese (H0)

Når vi utfører en statistisk analyse må vi være helt sikre på at de trendene vi tror at vi ser, faktisk er der, da utformes en såkalt nullhypotese (H0). Denne går ut i fra at en endring i variabel ikke vil påvirke resultatet. Statistiske analyser utformes på en måte som gjør det mulig å forkaste nullhypotesen og dermed sannsynliggjøre at en alternativ hypotese (H1) er sann (Braut, 2015). I analysen av antall snøskredhendelser mot faregrad blir nullhypotesen: Det er ingen signifikant sammenheng mellom antall snøskredhendelser IDA registrerer og hvilken faregrad som er meldt for denne dagen. Alternativ hypotese som sannsynliggjøres om H0 ikke stemmer er: Ved økt faregrad vil IDA registrere flere snøskredhendelser.

For å teste nullhypotesen valgte vi før analysen startet en signifikansverdi (p-verdi). Signifikansverdien kan forklares som sannsynligheten for at resultatet er blitt som det er blitt ved en tilfeldighet gitt at nullhypotesen er sann. For analysen av skredhendelser mot faregrad vil det forenklet si, sannsynligheten for at det ikke er noen sammenheng mellom antall hendelser og faregrad.

Vanligvis brukes en p-verdi på 0,05 i naturvitenskaplige fag, og det er verdien vi har brukt i denne oppgaven for å fastslå om H0 skal forkastes. Blir p-verdien lavere enn 0,05 betyr det at det er mindre enn 5 % sannsynlighet for at resultatet er blitt som det er blitt gitt at H0 stemmer (Pripp A H, 2015). Vi velger dermed å forkaste den. Er den høyere enn 0,05 beholdes H0, vi ønsker ikke å se sammenhenger der det ikke er sikkert at det er noen.

4. Metode

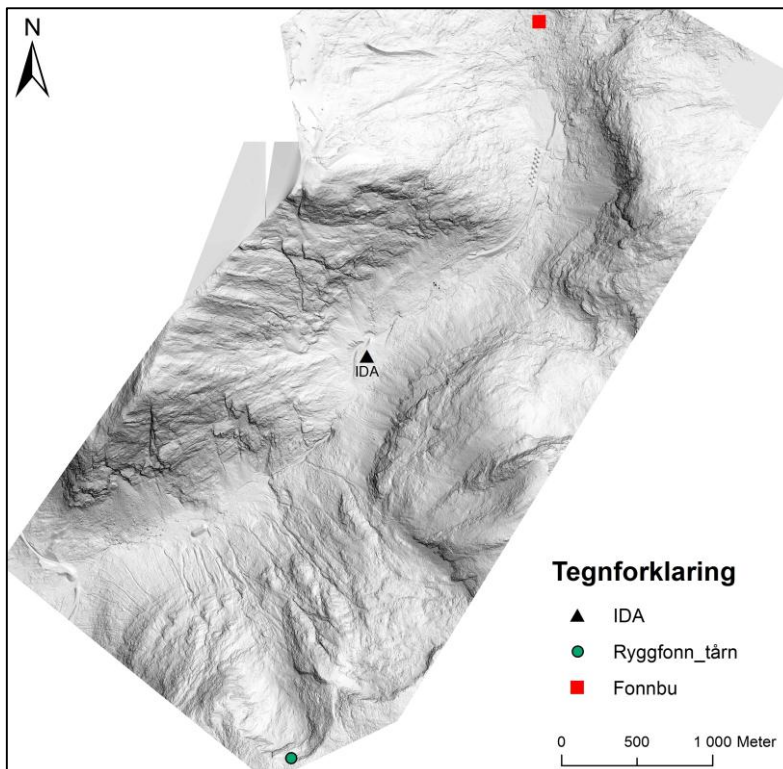
4.1 GIS

GIS er en forkortelse for geografiske informasjonssystemer og den programvaren som er brukt i oppgaven er ArcMap 10.3.

4.1.1 Kartgrunnlag

Kartgrunnlaget i denne oppgaven er en LiDAR-scan av Grasdalen eid av NGI. Denne er bearbeidet og omgjort til et rasterkart. Et rasterkart er en punktsky hvor hvert punkt har egenskaper, for eksempel tallverdier for høyde over havet. Hvert slikt punkt fungerer som en pixel i et bilde og oppløsningen avhenger derfor av pixelstørrelsen. Rasterkartet brukt i oppgaven har pixelstørrelse på 0,5 x 0,5 meter som var tilstrekkelig for gjennomføring av oppgavens problemstillinger. (Grinderud K, 2010)

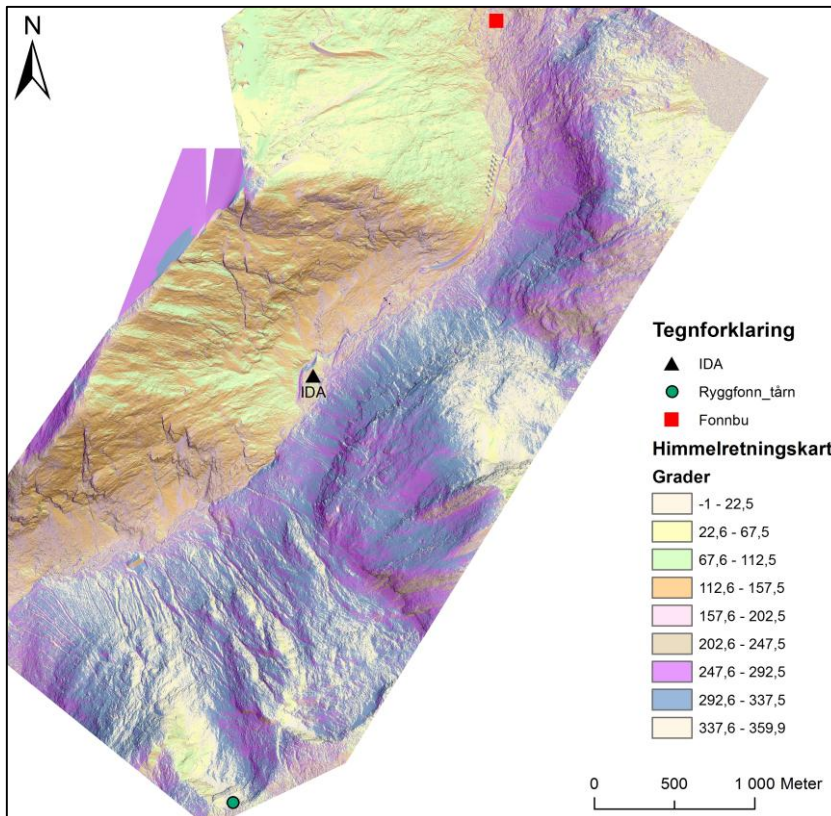
Med denne rasteren som grunnlag har vi laget helningskart (verktøyet Slope (spatial analyst)), himmelretningskart (verktøyet Aspect (spatial analyst)) og et verktøy som viser terrengkonturer ved hjelp av skyggeeffekt (verktøyet Hillshade (spatial analyst)) (figur 14). Vi brukte verktøyet Hillshade for å få best mulig skyggeeffekt i Grasdalen, og vi bestemte at sola skulle stå 65° på horisonten og 45° fra nord mot øst. (ESRI, u.d.)



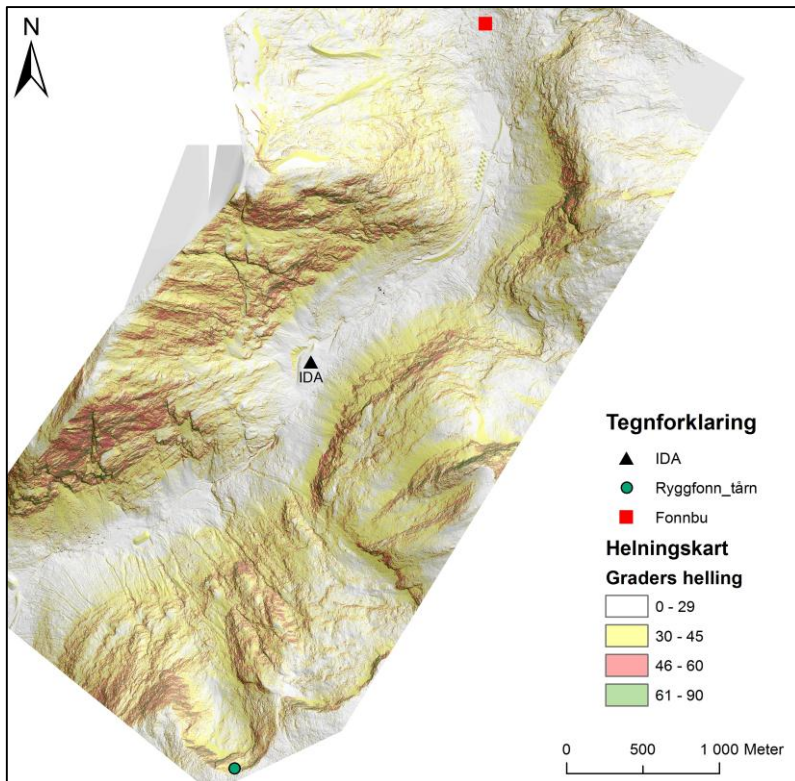
Figur 14 viser Grasdalen fremvist med Hillshade. På dette hillshadepart er sola 65° på horisonten og 45° fra nord mot øst.

4.1.2 Soneinndeling

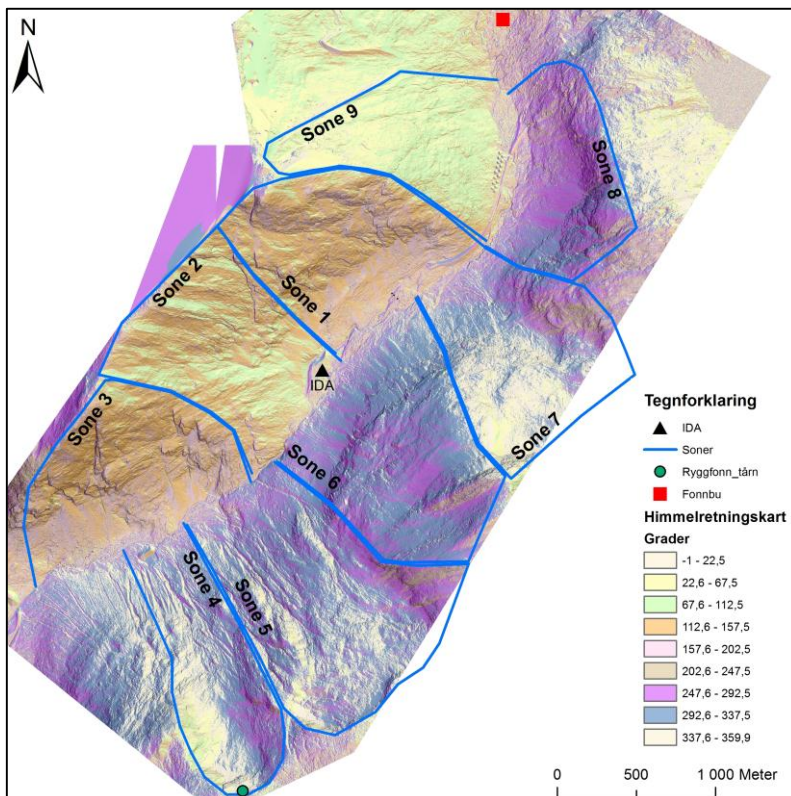
Soneinndelingen i Grasdalen er basert på tre faktorer, himmelretning, terrenghelning og høyde over havet til løsneområder. Inndelingen er gjort på bakgrunn av himmelretningskartet (Aspect (spatial analyst)) (figur 15), helningskartet (Slope) (figur 16), vurdering av terrengform og hva vi på forhånd vurderte som realistisk i forhold til enkelt å kunne knytte et signal til en sone.



Figur 15 viser himmelretningskart (aspect) over Grasdalen. Hver farge representerer 45° himmelretning.



Figur 16 viser helningskart (slope) over Grasdalen. Gul viser hening fra 30-45°, rød viser helling fra 45-60°, og grønn viser helling over 60°



Figur 17 viser Grasdalen inndelt i soner på et himmelretningskart. Hver farge representerer 45° himmelretning.

I forhold til terrengform har rygger i terrenget vært naturlige delingslinjer mellom soner. Dette fordi en ryggformasjon for de fleste tilfeller vil være skille mellom to himmelretninger, og i tillegg vil en slik rygg være et naturlig sted å skille mellom skredløp. For eksempel ryggen mellom sone 2 og 3 (se figur 17).

En skålformasjon som Ryggfonn (sone 4) har skredterreng i flere himmelretninger, men det vil ikke være hensiktsmessig å dele i flere soner. På grunn av at et skred av en viss størrelse utløst i hvilken som helst himmelretning vil ende i samme utløp, vil ikke disse skredene skilles ved hjelp av IDA.

Samtidig kan man ved prosessering i ettertid gå inn i enkelthendelser og analysere endring i back azimuth underveis i hendelsesforløpet. For eksempel at back azimuth i starten av en hendelse er negativ for så å bli positiv senere i samme registrering (figur 11). Det kan enten bety at en hendelse utløser en ny, eller at samme hendelse følger et skredløp som både har en positiv og negativ azimuth migration. Dette kan være tilfellet for et skred som løsner i sone 4a (figur 20).

Det er vesentlig at sonenes egenskaper skiller seg fra hverandre slik at når hendelser knyttes til en sone, kan man basert på det være oppmerksomme på tilsvarende soner.

4.1.3 Hvordan knytte IDA-signal til sone?

For hver sone er det beregnet en maksimal azimuth migration, samt at yttergrensene for back azimuth er bestemt. For å knytte IDA-signal til en sone settes signalets verdier (back azimuth og azimuth migration) opp mot sonenes egenskaper (tabell 3). Det betyr at om et signal har både back azimuth og azimuth migration innenfor de verdiene satt for en sone, kan signalet knyttes til respektive sone.

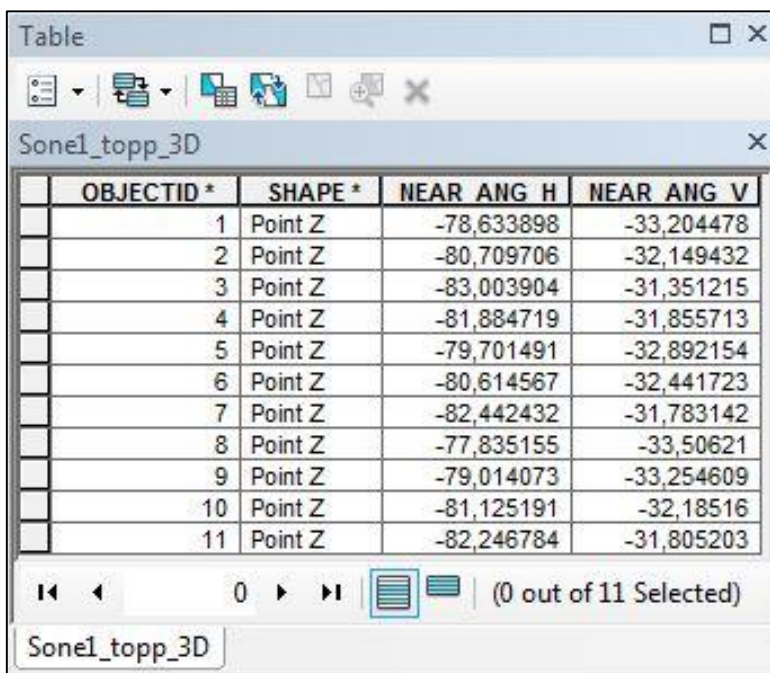
Tabell 3 viser sonenes back azimuth spekter og maksimale azimuth migration.

Sone	Back aziimuth	Azimuth migration (max)	Negativ Az.mig (max)
1	328 - 50	58	-8
2	241 - 330	19	-58
3	229 - 279	--	-50
4	193 - 231	38	-5
5	175 - 224	49	--
6	66 - 203	73	-74
7	54 - 122	8	-67
8	35 - 57	--	-16
9	351 - 33	41	--

For sone 1 og 9, samt 4 og 5 er det et spekter av overlapp i back azimuth. På grunn av at det i begge tilfellene med overlapp kun er en av sonene som har potensiell negativ azimuth migration (sone 1 og sone 4), vil en negativ azimuth migration bety at hendelsen kan knyttes til en av disse. Om back azimuth ligger i overlappspekteret, og hendelsen har positiv azimuth migration, vil man ikke kunne si hvilken av de to aktuelle sonene som er gjeldende for hendelsen.

4.1.4 Near 3D

Near 3D et verktøy i ArcMap som beregner vinkler og tredimensjonale lengder mellom punkter definert som "input feature" og "near feature". I verktøyboksen bestemmer man «Input feature» og «Near feature», det vil si hvilken feature som skal beregnes mot den andre. Input beregnes mot near. I oppgaven vår er plassering av IDA near feature, og de punktene som er brukt for vinkelanalyser input feature. Det er punktene som bestemmes å være input feature som får verdiene i sin attributtavbll. Den verdien i attributtavbll som vi har hatt bruk for i oppgaven er *NEAR_ANG_H* (Near angle horizontal)(figur 18) som gir ut en horisontal aritmetisk vinkelverdi fra input feature til near feature. (ESRI, u.d.)



OBJECTID *	SHAPE *	NEAR_ANG_H	NEAR_ANG_V
1	Point Z	-78,633898	-33,204478
2	Point Z	-80,709706	-32,149432
3	Point Z	-83,003904	-31,351215
4	Point Z	-81,884719	-31,855713
5	Point Z	-79,701491	-32,892154
6	Point Z	-80,614567	-32,441723
7	Point Z	-82,442432	-31,783142
8	Point Z	-77,835155	-33,50621
9	Point Z	-79,014073	-33,254609
10	Point Z	-81,125191	-32,18516
11	Point Z	-82,246784	-31,805203

Figur 18 viser skjermbilde av attributtavbll med *NEAR_ANG_H*. *OBJECTID** er navnet til punktet i en «feature class», og *SHAPE** er type punkt. At *SHAPE** er *Point Z* betyr at punktet inneholder z-verdier som trengs for å beregne tredimensjonale lengder og vinkler.

Aritmetiske vinkler har rotasjon mot klokka og vinkelen 0° i det som ved grafisk vinkelrotasjon er 90°, eller øst på et kompass (nord med vinkelen 0°) (Buckley A, 2007).

Near 3D ble brukt til å finne sonenes back azimuth spekter og maksimale azimuth migration. Back azimuth ble beregnet ved at vi tegnet punkter i sonenes yttergrenser, altså laveste og høyeste vinkelverdi (N=0°). Eksempelvis har sone 4 back azimuth spekter fra 193° til 231°. Near 3D-analyse ble gjort for hver sones ytterpunkter mot IDA. Azimuth migration ble beregnet ved å se på hvilket skredløp i hver sone som vil gi størst vinkelforandring (azimuth migration). Samme prosess som for back azimuth ble brukt, men ytterpunktene for azimuth

migration var skredløp i stedet for sone og differansen mellom høyeste og laveste (moh.) azimuth migration.

I og med at verktøyet oppgir vinkler i det aritmetiske rotasjonssystemet måtte alle vinklene omgjøres til å gjelde for grafisk vinkelrotasjon. (ESRI, u.d.)

Sone 2

Back azimuth

Ytterpunkt 1: 241°

Ytterpunkt 2: 330°

Back azimuth spekter: 241°-330°

Positiv azimuth migration

Ytterpunkt 1: 275°

Ytterpunkt 2: 294°

Positiv azimuth migration: $294^{\circ}-275^{\circ}=19^{\circ}$

Negativ azimuth migration

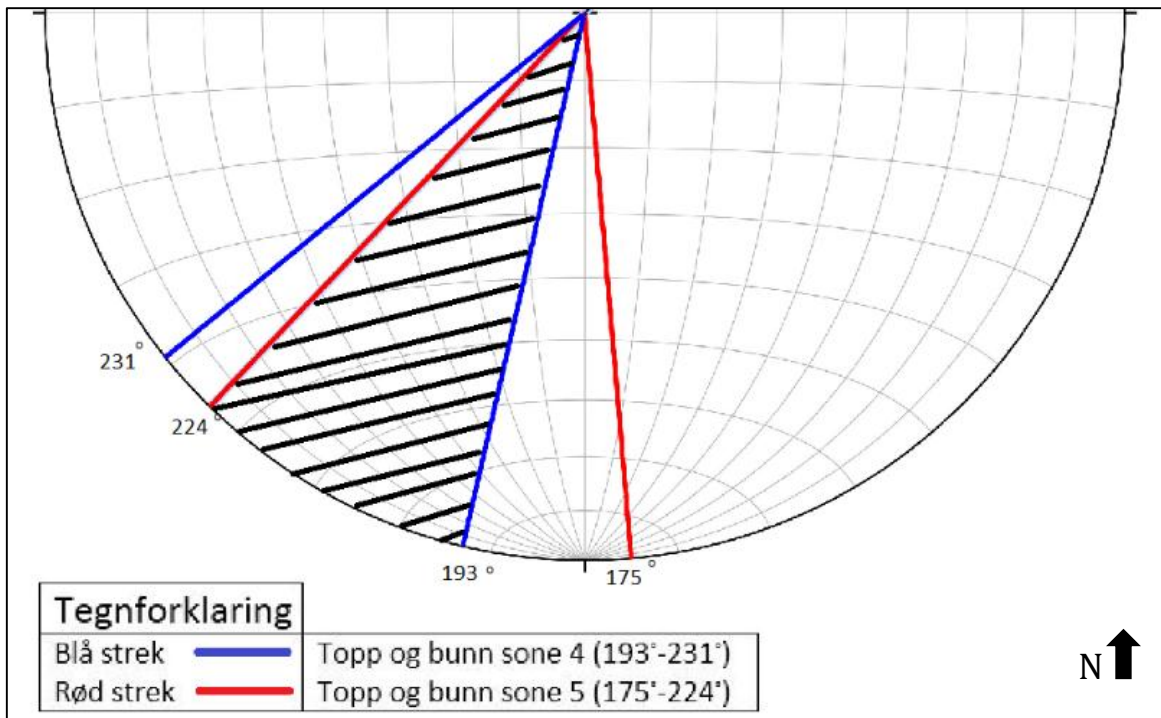
Ytterpunkt 1: 217°

Ytterpunkt 2: 275°

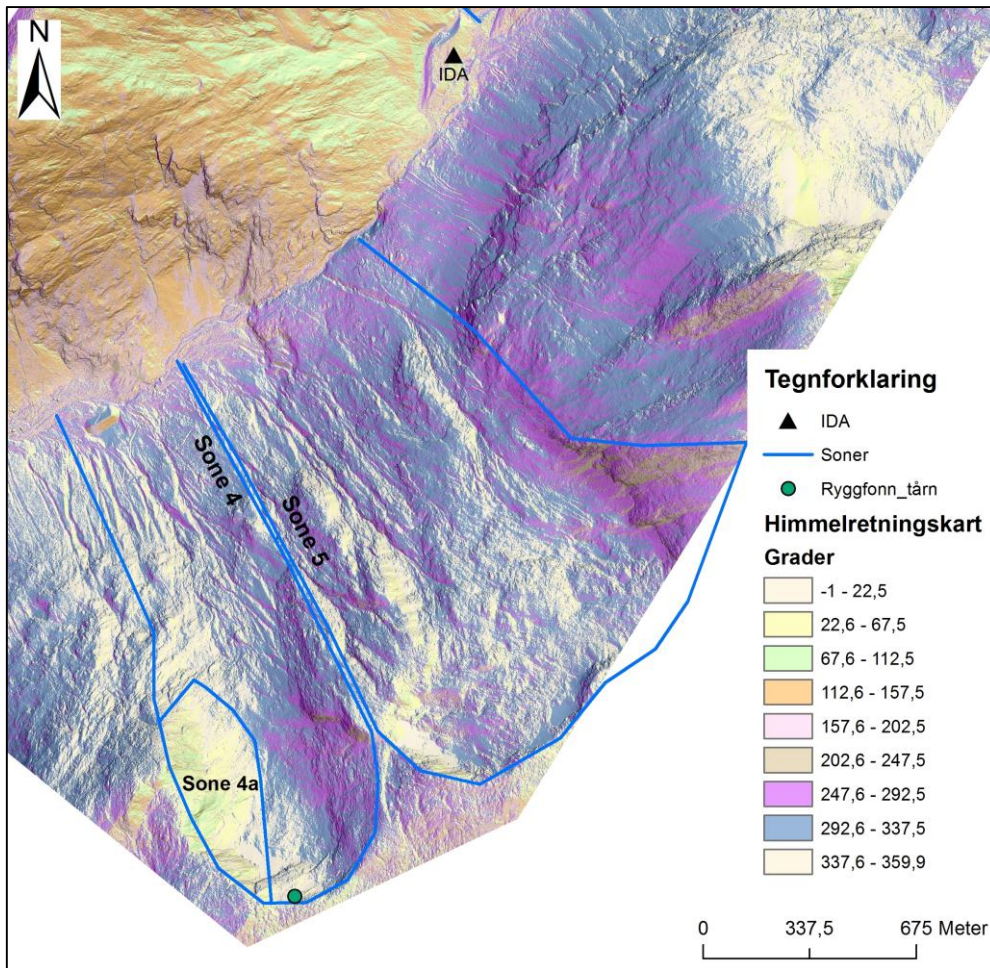
Negativ azimuth migration: $217^{\circ}-275^{\circ}=-58^{\circ}$

4.1.5 Bruk av Near 3D i vurdering av inndeling av soner

For å avgjøre om hvorvidt det ville være hensiktsmessig å ha sone 4 og 5 som to individuelle soner, eller å samle de til én sone ble Near 3D brukt. I oppgaven bruker vi azimuth migration og back azimuth til å bestemme hvilken sone signalet kommer fra, derfor er det nødvendig at det på enkelt vis er mulig å skille mellom de aktuelle sonene. I nettopp dette tilfellet ligger sone 4 og 5 slik til at det var tvil om det var mulig å skille mellom de to. Sone 4 har et back azimuth spekter mellom 193° og 231° , som gir en maksimal azimuth migration på 38° . Sone 5 har et back azimuth spekter mellom 175° og 224° , som gir maksimal azimuth migration på 49° (figur 19). I tillegg er det et område i sone 4, markert 4a, hvor skred kan løsne og gi negativ azimuth migration (figur 20). Den største negative forflytningen Near 3D-analyse gir er -5° , men i og med at det blant sone 4 og 5 kun er i sone 4 at negative forflytninger kan forekomme, vil enhver negativ azimuth migration innebære at signalet har opphav i sone 4.



Figur 19 viser back azimuth spekter til sone 4 (blå strek) og sone 5 (rød strek) og overlappen mellom disse markert med skravur. Overlappen tilsvarer 55 % av begge sonenes back azimuth spekter, dette gjør det vanskelig å skille mellom sonene.



Figur 20 viser sone 4, 5 og løsneområdet med mulig negativ azimuth migration (sone 4a) vist på himmelretningskart.

Totalt er det en overlapp på 31° mellom sonene, noe som utgjør 55 % av begge sonenes samlede back azimuth spekter. De hendelsene registrert med back azimuth i retning sone 4 og 5 er alle innenfor spekteret i overlapp, men halvparten av disse har negativ azimuth migration og kan knyttes til sone 4 av den grunn.

4.2 Statistikk

For å utføre statistiske analyser har vi benyttet oss av programmet RStudio. Rstudio er også brukt til å lage figurer og grafer.

For å finne ut om det er en statistisk sammenheng mellom antall skredhendelser IDA har registrert og hvilken faregrad som er varslet den aktuelle dagen, har vi benyttet flere forskjellige tester. Felles for disse testene er at vi har sett på antall hendelser som en respons av faregrad. Det er viktig å huske at skredhendelser ikke kommer av faregrad, men at faregraden er varslet for å forutsi mulige skredhendelser.

4.2.1 Datagrunnlag

Vi har brukt data fra vintersesongen 2015/2016 da det i sesongen 2014/2015 var flere problemer som gjorde at IDA i store deler av vinteren ikke fungerte optimalt. Dette resulterte i få registrerte hendelser. Derfor har vi valgt å se helt bort fra denne vinteren da det ikke gir et representativt utvalg av dager og snøskredhendelser.

Dataene starter den 02.12.2015, når NVE starter sin snøskredvarslingstjeneste (varsom.no), og varer til 28.3.2015, dagen disse dataene er hentet ned. I perioden 5.1.2016-14.2.2016 var det problemer med brenselcellen som gir IDA strøm, vi har derfor ingen data fra denne perioden. Totalt har IDA registrert 52 skredhendelser på disse 77 dagene. Vi har hentet inn faregraden som er varslet hver dag fra NVE, region Sunnmøre og region Sogn. Vi har også sett på NGI sin varsling av faregrad lokalt for Strynefjellet, her er mange observasjoner som er brukt til vurdering gjort i Grasdalen. Datasettet er utformet slik at ved ingen registrerte hendelser vil det i tabellen stå 0, ved én hendelse 1, ved to hendelser på samme dag vil det stå 2 osv. (se utklipp av datagrunnlaget i vedlegg)

Antall hendelser er «telldata» med en stor overvekt av 0 registrerte hendelser per dag. Antall hendelser er ikke normalfordelt og ikke-parametriske analyser har dermed blitt brukt. At det er en stor overvekt av 0 registrerte hendelser fører også til at de fleste vanlige modeller som brukes til å forutsi trender ikke kunne vise til «sunn» modelldiagnostikk. Disse modellene krever en spesiell fordeling av registrerte skred for å kunne gi en korrekt p-verdi. Mer data over flere år vil kunne rette opp i dette (Nelder J A, 1972).

For å kunne forutsi antall skredhendelser ved ulike faregrader har vi prøvd ulike varianter av analysen GLM (General Linear Model). Vi har prøvd med flere forskjellige fordelingsmodeller, blant annet poissonfordeling og quasipoissonfordeling. I tillegg har vi sett bort fra antall skred per dag for å se om det er større sannsynlighet for at det løsner skred

i det hele tatt ved høyere faregrad. På denne måten kan vi bruke analysemodeller som benytter binære tall. Ingen av modellene nevnt over har kunnet vise til en sunn modelldiagnostikk, og vi har dermed valgt å utelate de fra oppgaven (Nelder J A, 1972).

Under følger fremgangsmåte for de ulike testene vi har utført for å se om det er en sammenheng mellom antall skredhendelser IDA registrerer en spesiell dag og hvilken faregrad som er meldt denne dagen.

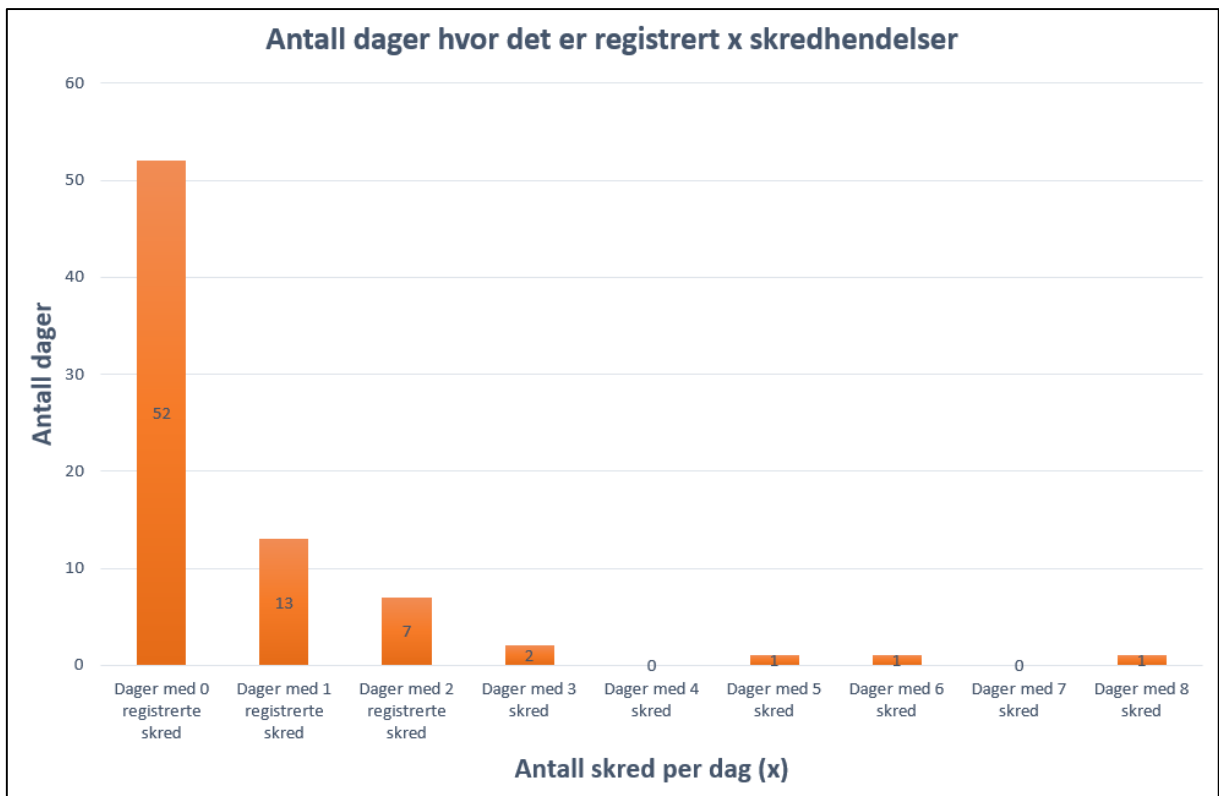
4.2.2 Spearman Rank korrelasjonstest

«Spearman Rank Correlation Test» brukes ved ikke-parametriske data for å se om det er en korrelasjon mellom en numerisk forklaringsvariabel og en numerisk respons. I denne analysen vil forklaringsvariabel være faregrad og responsen vil være antall skred (Zar J H, 1972). Med andre ord, vil en endring i faregrad føre til endring i antall skred som blir registrert?

Testen er relativ enkel å utføre i RStudio og utføres ved å kjøre kommandoen «*cor.test(respons,forklaringsvariabel,method = "s")*».

Dette gir oss en p-verdi som forteller sannsynligheten for at nullhypotesen (H_0) stemmer. Nullhypotesen i «Spearman Rank Correlation Test» sier at det ikke er en sammenheng mellom forklaringsvariabel og respons (RStudio Rhelp, 2016).

For at «Spearman» skal være riktig valg av analyse er det en forutsetning at vi har såkalt ikke-parametriske data. I parametriske data er responsen normalfordelt. Ved å se på et histogram av antall skred IDA har registrert (figur 21) kommer det tydelig frem at vi ikke har den typiske klokkeformen som er vanlig ved normalfordelte data.



Figur 21 viser histogram av fordelingen av antall skredhendelser per dag. Legg merke til at dataene er forskjøvet til venstre, det er tydelig ingen normalfordeling. Den store overvekten av dager der det er 0 registrerte hendelser gjør at de fleste modeller brukt til å forutse trender ikke kan vise til god modelldiagnostikk.

4.2.3 Wilcoxon rank sum test

Faregrad blir vurdert ut fra bestemte forhold en forventer å finne i fjellet. Varslingen er utformet slik at forskjellen på antall naturlig utløste skred det forventes mellom grad 2 og 3 er ikke lik som det man forventer mellom grad 3 og 4. Ved «Wilcoxon Rank Sum Test» setter vi faregrad som en kategorisk forklaringsvariabel i stedet for numerisk og analyserer om det er forskjell på responsen (antall skred) ved de ulike kategoriske forklaringsvariablene (faregrad) (Wilcoxon F, 1945).

For ikke-parametriske data med én kategorisk forklaringsvariabel med to nivåer kan man bruke «Wilcoxon Rank Sum Test». Testen er en analyse som kan benyttes i stedet for den noe mer kjente «Student's T-test» når en ikke har normalfordelte data. «Wilcoxon Rank Sum Test» rangerer resultatene og tar utgangspunkt i medianen, «Student's T-test» tar utgangspunkt i gjennomsnittet.

4.2.3.1 Antagelser og forutsetninger vi har satt

For at «Wilcoxon Rank Sum Test» skal gi korrekte svar må en anta at dataene er uavhengig fra hverandre. I vår analyse av faregrad mot antall skred betyr dette at vi er nødt til å anta at alle skredhendelser er uavhengig av hverandre. Dette er de sannsynligvis da skred som løser ut andre skred vil bli registrert som én hendelse (Wilcoxon F, 1945).

Vinteren 2015/2016 ble det i perioden IDA var operativ, på Sunnmøre, kun meldt faregrad 1 tre dager, og én dag med faregrad 4. I Sogn var det fire dager med faregrad 1 og én dag med faregrad 4. Det ble ikke varslet faregrad 5 denne vinteren. Dette er så lite data at vi ikke kan forvente å få resultater vi kan stole på (NVE, 2015-2016).

På grunn av få dager med faregrad 1 eller 4 har vi valgt å dele inn i dager med «moderat eller lavere skredfare» (faregrad 1 og 2), og i dager med «betydelig eller høyere skredfare» (dager med faregrad 3 og 4). For analysen av varslingen for Sunnmøre og Sogn førte dette til «sunne» tester og dermed resultater vi kan stole på. Med datagrunnlaget vi har, er det i realiteten grensen mellom grad 2 og 3 vi har mulighet til å si noe sikkert om (tabell 4).

Tabell 4 viser en oversikt over antall dager med ulike faregrader for hver varsling.

	Antall dager for varslinger		
Faregrad	Sunnmøre	Sogn	NGI
1	3	4	0
2	49	38	49
3	24	34	28
4	1	1	0
5	0	0	0

4.2.4 Utføring av analysen

«Wilcoxon Rank Sum Test» tar utgangspunkt i at det ikke er en sammenheng mellom respons (antall skred) og forklaringsvariabel (faregrad). Nullhypotesen (H0) er altså at det ikke er sammenheng. Alternativ hypotese (H1) blir da at det er en sammenheng mellom faregrad og antall registrerte snøskredhendelser denne dagen (RStudio help, 2016).

4.2.4.1 Varsel Sunnmøre, NVE (varsom.no)

Med «Wilcoxon Rank Sum Test» får vi en p-verdi på 0,6696. P-verdi $> 0,05$, H_0 beholdes og det er ingen signifikant sammenheng mellom antall registrerte skredhendelser i Grasdalen og varsom sitt varsel for Sunnmøre (moderat og lavere eller betydelig og høyere).

«Wilcoxon Rank Sum Test» forutsetter at det er konstant varians i dataene og for at vi kan stole på testen må dette stemme. Konstant varians kan vi i dette tilfellet sjekke ved hjelp av en «F-test» og utføres ved å kjøre kommandoen «`var.test(skred[Sunn2e3=="To"],skred[Sunn2e3=="Tre"])`» i Rstudio. Resultatet her er at vi får p-verdi på 0,3475, altså $> 0,05$. Dette betyr at H_0 beholdes, det er konstant varians og testen er «sunn» (vedlegg 3) (RStudio Help, 2016).

4.2.4.2 Varsel Sogn, NVE (varsom.no)

Når vi kjører «Wilcoxon Rank Sum Test» med faregradene fra Sogn som forklaringsvariabel får vi en p-verdi på 0,1243. P-verdi $> 0,05$, H_0 beholdes og det er ingen signifikant sammenheng mellom antall registrerte skredhendelser i Grasdalen og det NVE har varslet for Sogn. Og at varsom har varslet for Sogn (moderat og lavere eller betydelig og høyere).

Som i analysen for Sunnmøre må det sjekkes om det er konstant varians. Vi kjører kommandoen

«`var.test(skred[Sogn2e3=="To"],skred[Sogn2e3=="Tre"])`», resultatet er en p-verdi på 0,0522 (vedlegg 3), altså er den akkurat over grenseverdien på 0,05. H_0 beholdes, vi har konstant varians og vi kan stole på resultatet fra analysen vi har utført (RStudio Help, 2016).

4.2.4.3 Varsling Strynefjellet (NGI)

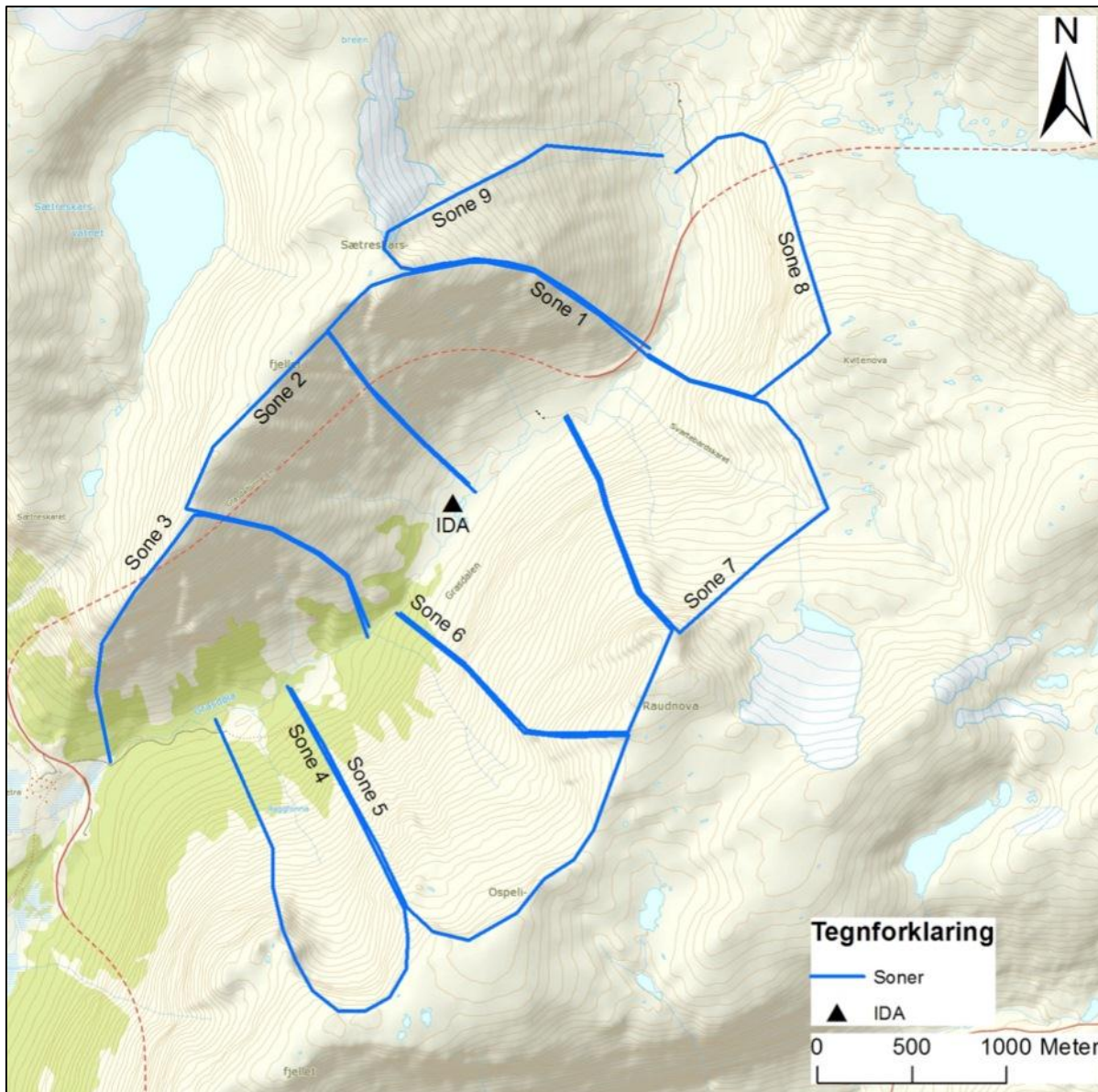
«Wilcoxon Rank Sum Test» gir oss her en p-verdi på 0,002353, dette er under grenseverdien på 0,05, H_0 forkastes og vi benytter oss i stedet av H_1 . Det er en forskjell mellom antall skred som blir registrert ved faregrad 2 eller lavere og ved 3 eller høyere ved NGI sitt lokale varsel for Strynefjellet.

Tester vi for konstant varians får vi en p-verdi på $6,2 \cdot 10^{-9}$, altså under 0,05 og vi kan ikke konkludere med at resultatene fra denne testen er helt nøyaktige. Resultatet er derimot det samme som vi får ved av «Spearman Rank Correlation Test». Vi stoler derfor likevel på konklusjonen, det er sammenheng mellom antall skred IDA registrerer i Grasdalen og faregraden NGI varsler for Strynefjellet (RStudio Help, 2016) (vedlegg 3).

5. Resultat

5.1 Soneinndeling

Under er det et kart over Grasdalen hvor sonene vi har kommet frem til er tegnet inn (figur 22).



Figur 22 viser resultatet av soneinndelingen i Grasdalen laget for å forenkle lokalisering av snøskredhendelser registrert av Infrasound Detection Analysis (IDA).

5.1.1 Near 3D-analyse

Verktøyet Near 3D er benyttet for å beregne back azimuth spekter, maksimal azimuth migration. Under er verdiene samlet i tabell 5.

Tabell 5 viser sonenes back azimuth spekter og maksimale azimuth migration, beregnet med verktøyet Near 3D.

Sone	Back azimuth	Azimuth migration (maks)	Negativ Az.mig (maks)
1	328 - 50	58	-8
2	241 - 330	19	-58
3	229 - 279	--	-50
4	193 - 231	38	-5
5	175 - 224	49	--
6	66 - 203	73	-74
7	54 - 122	8	-67
8	35 - 57	--	-16
9	351 - 33	41	--

5.1.2 Hendelser knyttet til soner

Vi har kunnet knytte alle hendelsene i tidsrommet vi har brukt data fra til en eller flere soner. Av 62 hendelser i tidsrommet 26.11.15 til 17.04.16 har vi basert på back azimuth og azimuth migration kunnet knytte 48 hendelser til en bestemt sone. De resterende 14 hendelsene kan ha opphav i to soner (tabell 6).

Tabell 6 viser utvalg av hendelser knyttet til sone. Tabellen viser tidspunkt for hendelse, back azimuth, azimuth migration. Samt plassering i sone basert kun på back azimuth og på både back azimuth og azimuth migration.

Dato	Back azimuth (°N)	Azimuth migration (°N)	Potensiell sone basert på back azimuth	Sone basert på back azimuth og azimuth migration
18.12.15 09:35	291.5	-8.65	2	2
18.12.15 16:06	353.8	12.95	1/9	1/9
19.12.15 07:58	34.4	-45.51	1	1
20.12.15 00:47	216.1	-0.57	4/5	4

5.1.3 Sonebeskrivelse

5.1.4.1 Sone 1

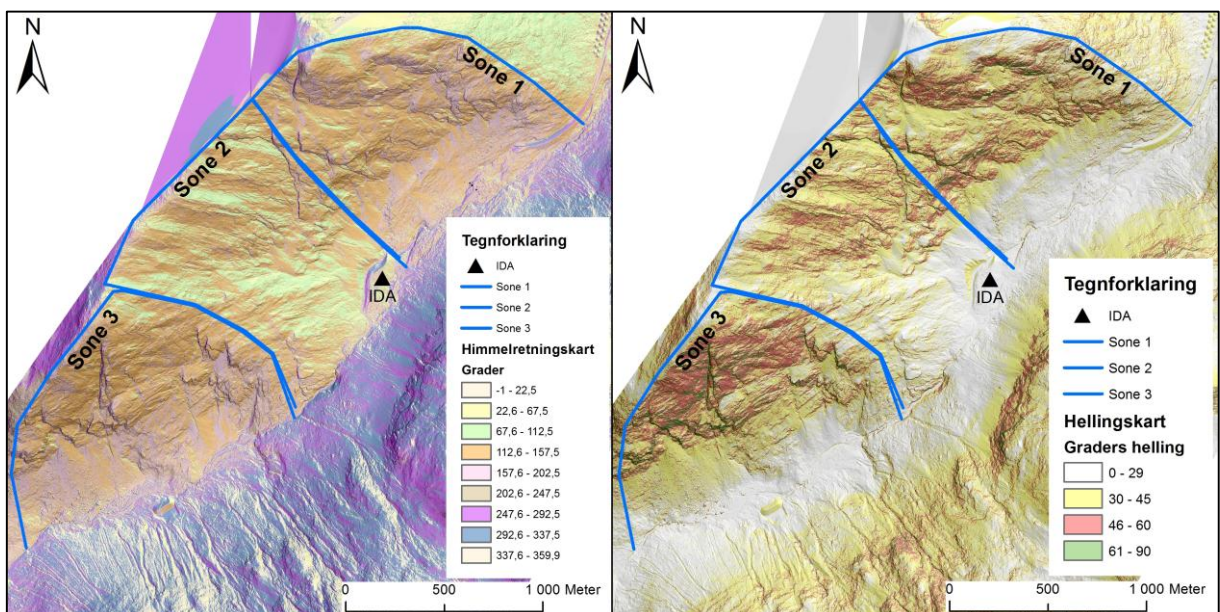
Sone 1 befinner seg rett nord for IDA og har back azimuth spekter fra 328° til 50° . Sonen har maksimal azimuth migration på 58° i positiv retning, og -8° i negativ retning. Sonen er sørøstvendt med løsneområde på opptil 1606 moh. Terrenget er en svakt konkav side med mye bart berg og flere flanker adskilt av brattere terreng ($>45^{\circ}$). Sone 1 har overlappende back azimuth spekter med sone 9. Av 62 hendelser knyttes 11 til sone 1. (figur 23)

5.1.4.2 Sone 2

Sone 2 er vest for IDA og har et back azimuth spekter fra 241° til 330° . Sonen har maksimal azimuth migration på 19° i positiv retning, og -58° i negativ retning. Sonen er østvendt med løsneområde på opptil 1580 moh. Terrenget består av flere parallelle flanker med bart berg som gjerne fungerer som skredløp. Sonen har overlapp i back azimuth spekter med sone 3. Av 62 hendelser knyttes 37 til sone 2. (figur 23)

5.1.4.3 Sone 3

Sone 3 er sør-vest for IDA og har et back azimuth spekter fra 229° til 279° . Sonen har maksimal azimuth migration på -50° , og kan ikke ha positiv azimuth migration.. Sonen er sør-sørøstvendt med løsneområde på opptil 1452 moh. Terrenget består av mye bratt bart fjell i øvre del av sonen. Det er overlapp i back azimuth spekter med sone 2. Av 62 hendelser knyttes 7 til sone 3. (figur 23)



Figur 23 viser himmelretningskart og hellingkart for sone 1, 2 og 3.

5.1.4.4 Sone 4

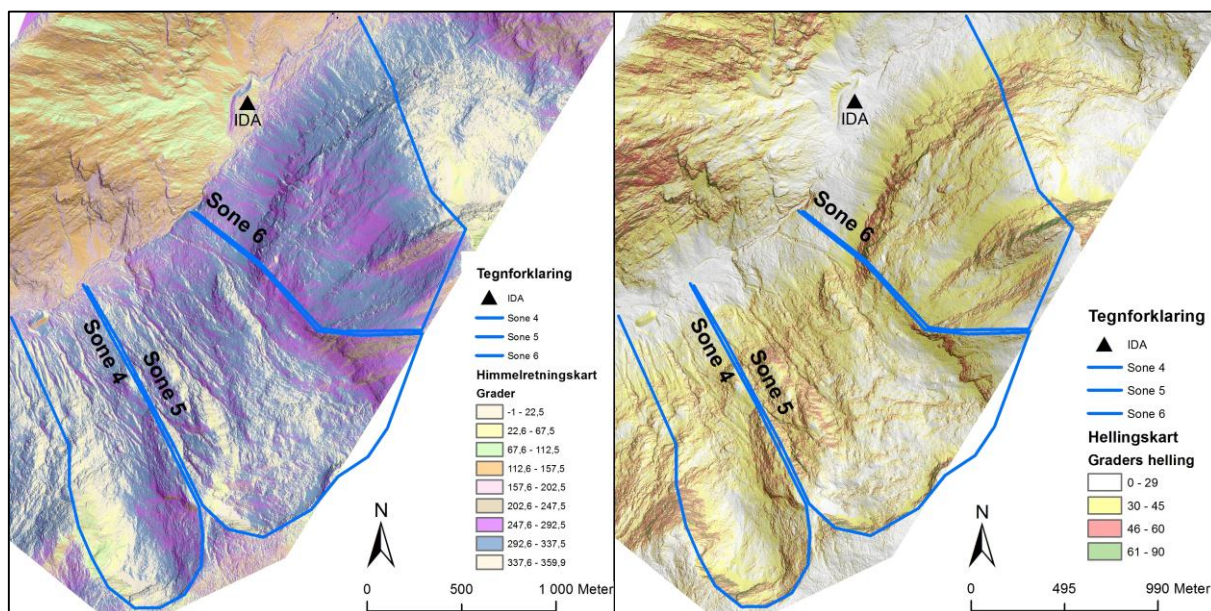
Sone 4 er sørvest for IDA og har back azimuth spekter fra 193° til 231°. Sonen har maksimal azimuth migration på 38° i positiv retning, og -5° i negativ retning. Den negative vinkelen for azimuth migration kommer av at sone 4 innehar en skålformasjon med flere himmelretninger (Ryggfonn). I hovedsak er sonen nordvestvendt med løснеområde på opptil 1580 moh. Sonen har overlapp i back azimuth spekter med sone 5. Av 62 hendelser knyttes 11 til sone 4 (figur 24).

5.1.4.5 Sone 5

Sone 5 er sør for IDA og har back azimuth spekter fra 175° til 224°. Sonen har maksimal azimuth migration på 49°. Sonen er nordvestvendt med løснеområde på opptil 1600 moh. Terrenget består av flere mulige skredløp. Sonen har overlapp i back azimuth spekter med sone 4. Av 62 hendelser knyttes 5 til sone 5. (figur 24)

5.1.4.6 Sone 6

Sone 6 er øst for IDA og har back azimuth spekter fra 66° til 203°. Sonen har maksimal azimuth migration på 73° i positiv retning og -74° i negativ retning. Sonen er vestvendt med løснеområde på opptil 1640 moh. Terrenget er i hovedsak konvekst med mye bart fjell. Svært ofte er denne siden avblåst vinterstid. Av 62 hendelser knyttes 1 til sone 6. (figur 24)



Figur 24 viser himmelretningskart og hellingskart for sone 4, 5 og 6.

5.1.4.7 Sone 7

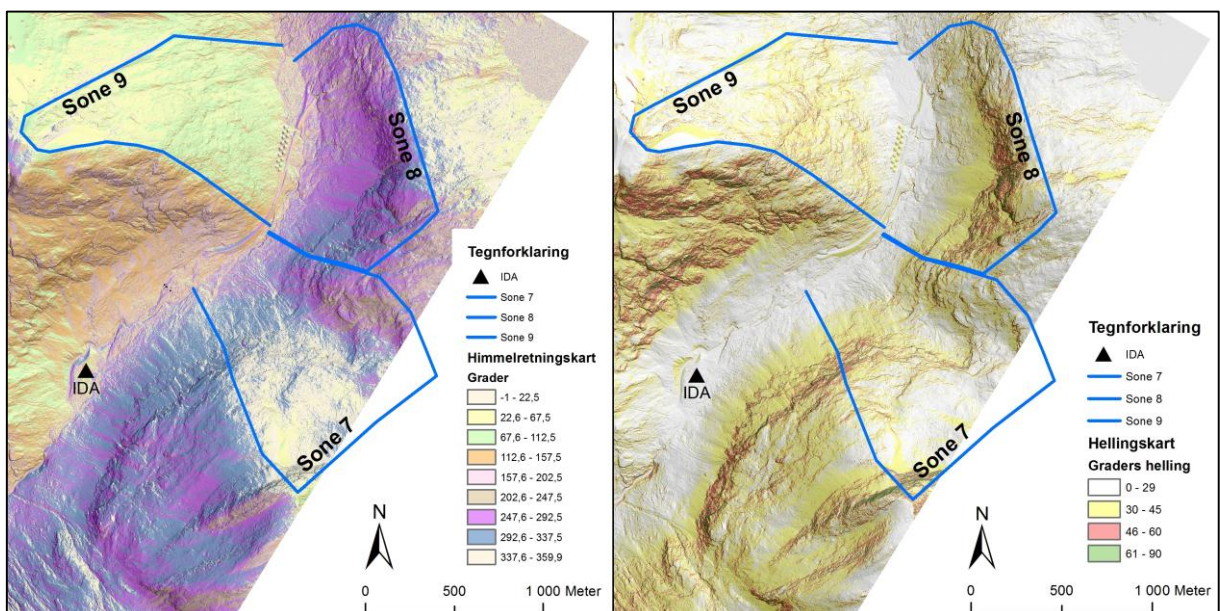
Sone 7 er øst for IDA og har back azimuth spekter fra 54° til 122° . Sonen har maksimal azimuth migration på 8° i positiv retning og -67° i negativ retning. Sonen er i hovedsak nordvestvendt med løснеområde på opptil 1640 moh. Terrenget i sonen er todelt, på vestsiden er en konveks fortsettelse på siden i sone 6 som går over i en konkav form mot øst. Dermed har vi løснеområde i flere himmelretninger, fra nordøst til sørvest i vestlig sektor. Av 62 hendelser knyttes 1 til sone 7 (figur 25).

5.1.4.8 Sone 8

Sone 8 er nordøst for IDA og har et back azimuth spekter fra 35° til 57° . Sonen har maksimal azimuth migration på -16° i negativ retning. Sonen er vestvendt med løснеområde på opptil 1420 moh. Skred i denne sonen kan nå Riksvei 15. Av 62 hendelser knyttes 1 til sone 8 (figur 25).

5.1.4.9 Sone 9

Sone 9 er nord for IDA og har back azimuth spekter fra 351° til 33° . Sonen har maksimal azimuth migration på 41° i positiv retning. Sonen er østvendt med løснеområde på opptil 1500 moh. Sone 9 har overlapp i back azimuth spekter med sone 1. Skred i denne sonen kan nå Riksvei 15. Av 62 hendelser knyttes 3 til sone 9 (figur 25).



Figur 25 viser himmelretningskart og hellingskart for sone 7, 8 og 9.

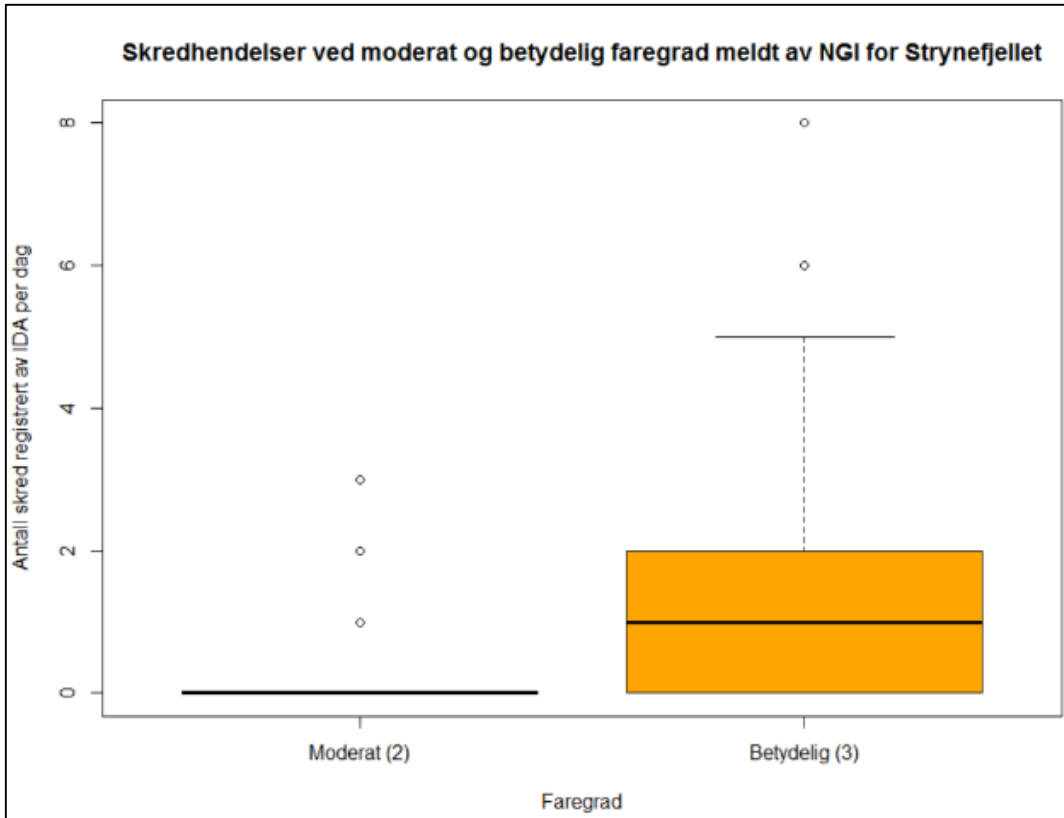
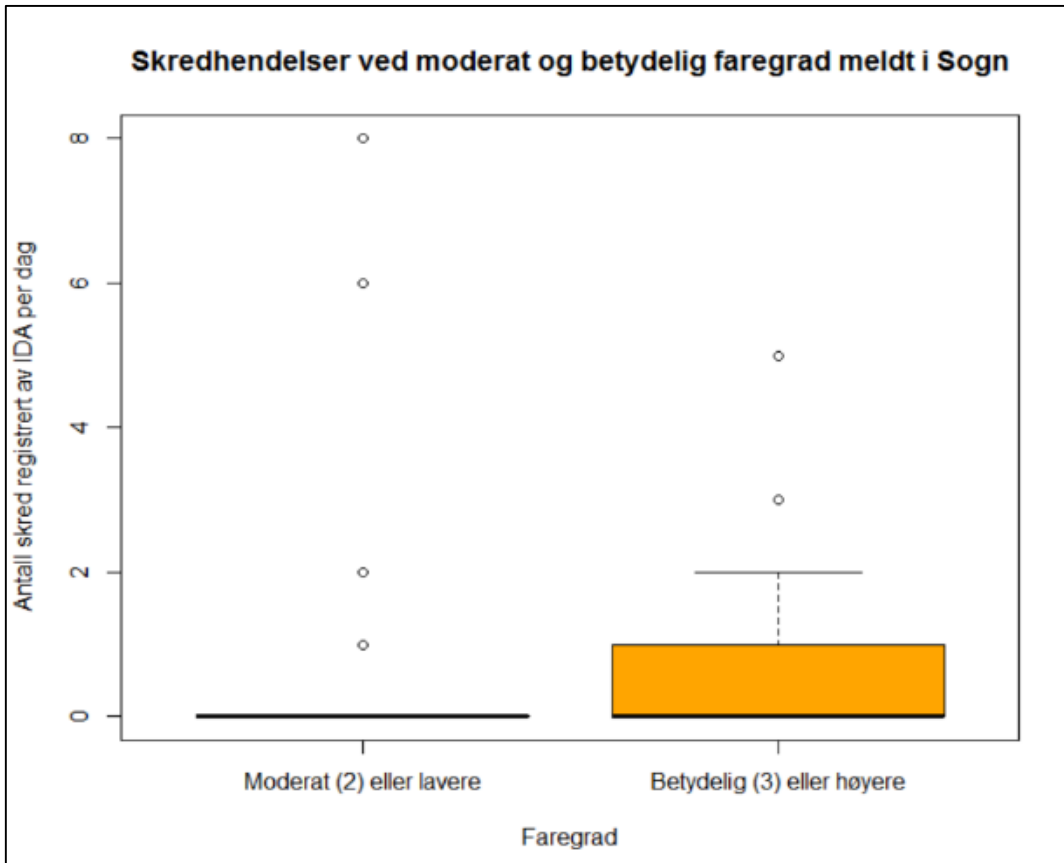
5.2 Statistikk

Ved å bruke «Spearman Rank Correlation Test» og «Wilcoxon Rank Sum Test» har vi analysert om det finnes en signifikant sammenheng mellom hvilken faregrad NVE (varsom.no) har meldt for regionen Sunnmøre og antall skredhendelser IDA har registrert ved de ulike faregradene. I tillegg har vi brukt samme tester for å se om det er en korrelasjon mellom antall skred og varslingen for region Sogn samt NGI sitt lokale snøskredvarsel for Strynefjellet.

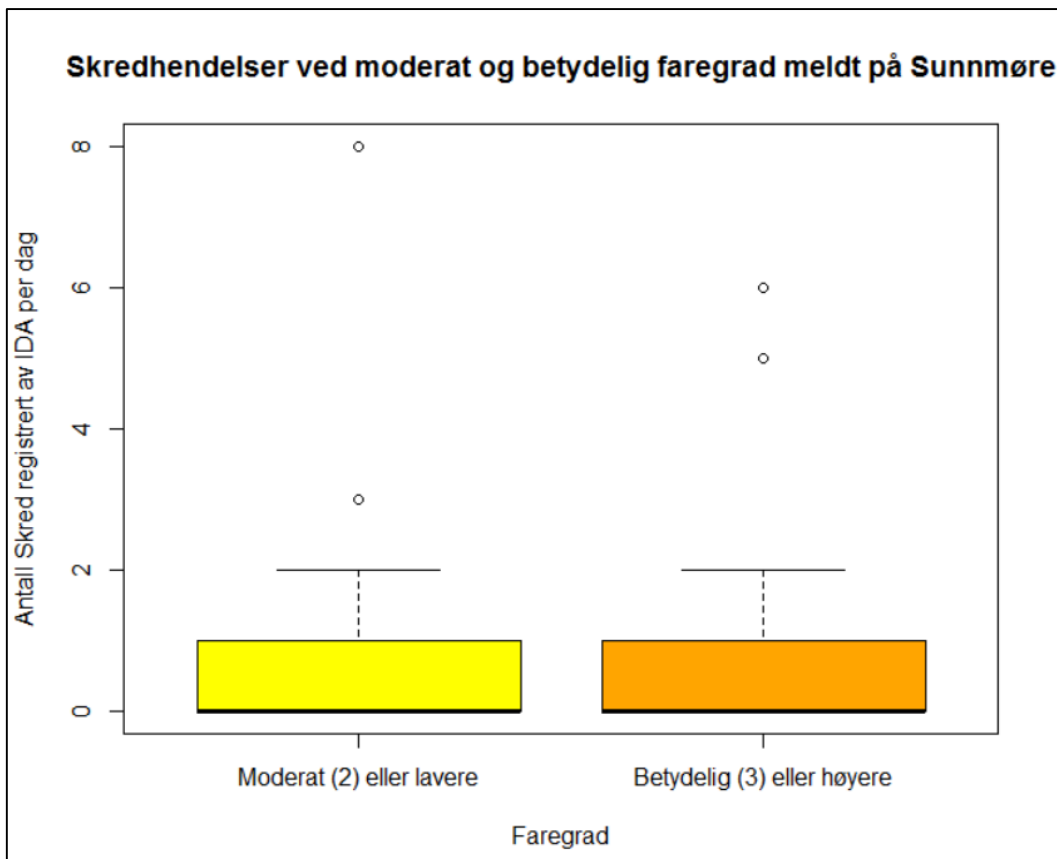
5.2.1 Regionalt varsel for Sunnmøre (NVE, varsom.no)

På Sunnmøre er det ikke en signifikant sammenheng mellom faregrad som er varslet og hvor mange hendelser IDA har registrert. P-verdien for om det er korrelasjon ved bruk av «Spearman Rank Correlation Test» er 0,3995.

I realiteten er det forskjellen mellom faregrad 2 og 3 det har vært mulig å analysere da det vinteren 2015/2016 var svært få dager med faregrad 1 eller 4 og ingen dager med faregrad 5. Vi har derfor valgt å slå sammen faregrad 1 med 2, og 3 med 4 for å kunne bruke «Wilcoxon Rank Sum Test». Dette for å finne ut om det er endring i antall skred som blir registrert ved «betydelig eller høyere faregrad» i forhold til «moderat eller lavere faregrad». Ved bruk av «Wilcoxon Rank Sum Test» får vi etter en slik sammenslåing av faregradene en p-verdi på 0,6696. Dermed konkluderer vi med at det ikke er en statistisk sammenheng mellom antall skred registrert i Grasdalen og faregrad meldt for Sunnmøre. Figuren under (figur 26) viser en grafisk fremstilling av antall skredhendelser i Grasdalen ved de ulike faregradene som er meldt for Sunnmøre vinteren 2015/2016.



Figur 26 (figurtekst side 51)



Figur 26 viser fordeling av skredhendelser ved ulike faregrader varslingene vinteren 2015/2016. Tykk sort strek i den fargede boksen er medianen av antall skred. Den fargede boksen inneholder 50 % av alle hendelser, på grunn av at boksen går helt ned til 0 hendelser per dag for faregraden «betydelig» inneholder den i dette tilfellet 75 % av alle hendelser registrert av IDA. Over boksen ligger 25 % av hendelsene. Den horisontale streken man når ved å følge den stiplede linjen opp står for 95 % konfidensintervall. Prikkene over er «outliers» som viser registrerte hendelser som ikke ligger innenfor konfidensintervallet på 95 %.

5.2.2 Regionalt varsel for Sogn (NVE, varsom.no)

Heller ikke i Sogn viser analysene en statistisk sammenheng mellom faregrad som er varslet og antall registrerte hendelser. Ved bruk av «Spearman Rank Correlation Test» får vi p-verdi på 0,3995 dermed beholdes H_0 , det er ingen korrelasjon mellom faregrad varslet i Sogn og antall registrerte skredhendelser.

Som for Sunnmøre slår vi sammen faregrad 1 med 2, og 3 med 4 for å analysere om «betydelig eller høyere faregrad» eller «moderat eller lavere faregrad» samsvarer med antall skred IDA registrerer. Heller ikke her er det en statistisk sammenheng. «Wilcoxon Rank Sum Test» gir en p-verdi på 0,1243 som er $> 0,05$, dermed beholdes nullhypotesen. Det ikke er en statistisk sammenheng mellom registrerte skredhendelser i Grasdalen og om NVE melder «moderat eller lavere» eller «betydelig eller høyere» skredfare i Sogn.

Figur 26 viser grafisk fremstilling av antall skredhendelser i Grasdalen ved de ulike faregradene som er meldt for Sogn vinteren 2015/2016.

5.2.3 Lokalt varsel for Strynefjellet, NGI

Det er en statistisk sammenheng mellom faregrad NGI har varslet for Strynefjellet denne vinteren og antall registrerte skredhendelser IDA har gjort i Grasdalen.

«Spearman Rank Correlation Test» gir en p-verdi på 0,001828, dette er under grenseverdien på 0,05 og nullhypotesen (ingen sammenheng) forkastes.

Ved bruk av «Wilcoxon Rank Sum Test» får vi ikke konstant varians i antall skred som er gått ved de ulike faregradene. Det betyr at vi ikke kan stole helt på resultatet. P-verdien er 0,002353, noe som likevel gir oss samme konklusjon som ved «Spearman Rank Correlation Test». NGI har kun meldt faregrad 2 eller 3 i tiden IDA har vært operativ, dermed har vi ikke måtte slå sammen faregrad 1 med 2, og 3 med 4 for å kunne utføre en «Wilcoxon Rank Sum Test».

Figur 26 viser grafisk fremstilling av antall skredhendelser i Grasdalen ved de ulike faregradene som er meldt for Strynefjellet vinteren 2015/2016.

6. Diskusjon

6.1 Soneinndeling og IDA

6.1.1 Soneinndeling

I utgangspunktet er det ønskelig å ha en så detaljert inndeling som mulig. Samtidig er det essensielt at det er praktisk mulig å bestemme potensielt riktig sone ut fra signal. Hovedkriteriet for å skille mellom to soner er back azimuth spekter. På grunn av overlapp i back azimuth spekter mellom soner er det viktig at azimuth migration er ulik for de aktuelle sonene. Med dette som grunnlag er sonene delt inn ved hjelp av helningkart og himmelrettningskart, slik at hver sone også kan vise til særegne egenskaper. Totalt har vi endt opp med å dele Grasdalen inn i 9 soner.

Soneinndelingen kan brukes av de som jobber på veien til å knytte observasjoner til en sone, noe som vil kunne gjøre kommunikasjonen mellom observatører og varslere bedre. I tillegg kan man, i og med at sonene er gitt egenskaper på grunnlag av terreng, sammenligne skredutsatt terreng i nærliggende områder med de egenskapene gitt sonene. Det vil gjøre at man kan forvente skredaktivitet i disse områdene hvis det registreres hendelser i tilsvarende soner i Grasdalen.

6.1.1.1 Validering av inndeling

For å validere soneinndelingen kan observasjoner være et viktig hjelpemiddel. Observasjoner av skred gjør at man med sikkerhet kan plassere hendelser i en sone. Ved å sammenligne observert og estimert sone kan man dermed validere estimeringen.

Med observasjonshistorikk av skred, kan man etter hvert justere back azimuth spekter til sonene. For eksempel kan man muligens observere at i det øverste partiet i sone 9 svært sjelden går skred. Dermed fører lokal kunnskap til at man kan justere back azimuth spekteret til sone 9, noe som fører til at overlappen med sone 1 blir mindre. I tillegg kan man teste sonene ved å manuelt generere infralyd, for eksempel ved bruk av eksplosiver. Manuelt generert infralyd vil kunne gjøre at man kan knytte registreringer til helt bestemte punkter.

6.1.2 Sonebestemmelse

Hvis en hendelse har back azimuth innefor et spekter med overlapp mellom to soner, vil begge oppgis som aktuelle, gitt at ikke azimuth migration kan skille mellom dem. Hvis back azimuth peker på ytterkanten av en av sonene, kan man med skjønn allikevel anta hvilken sone hendelsen har opphav i.

Back azimuth-verdien IDA gir har en feilmargin på 2°. Det er lite sannsynlig at dette har særlig betydning for sonebestemmelse, men i noen tilfeller kan det føre til at hendelser havner like utenfor en satt vinkelverdi. Det er gjerne i de tilfellene hvor azimuth migration er en lav vinkelverdi at betydningen er størst. For eksempel er den negative azimuth migration i sone 4 satt til -5°, men en hendelse 24.2.2016 har azimuth migration på -5,78°. Denne blir likevel tolket til å kunne ha opphav i sone 4.

For å supplere kunne vi og ha tatt med vinkelen mellom IDA, topp av sone og bunn av sone (downhill angle). Som egenskap til sone kan denne enkelt beregnes ved bruk av Near 3D, men på grunn av at denne vinkelen ikke er en del av standard data output (som blir tilgjengelig på www.ida-wyssen.com), vil ikke dette være hensiktsmessig i første omgang. Dersom man går inn i enkelthendelser og analyserer hendelsesforløpet, vil downhill angle kunne være et godt tillegg i sonebestemmelsen. Downhill angle regnes ut ved hjelp av apparent velocity.

6.1.3 Unøyaktigheter

Når man tegner på et kart vil det alltid medføre en viss usikkerhet rundt nøyaktighet. Vi regner ikke med at dette er den begrensende faktoren i sonebestemmelsen.

En feilmargin på $\pm 2^\circ$ vil ikke ha samme betydning for en registrering i en sone som er nær IDA, som for en sone som er lengre unna. Årsaken er at i en nærliggende sone vil 2° kunne tilsvare 10 meter, mens for en sone lengre unna kanskje tilsvare 100 meter.

Den begrensende faktoren etter vårt syn er usikkerheten rundt lydkildens opphav og hvordan terrenget endrer lydutbredelsen. Hvis det er terreng som hindrer en fri linje mellom lydkilden og IDA, vil lyden følge dette terrenget og kunne gi en annen back azimuth-verdi. For å minske denne begrensende faktoren kan man gjøre en lydutbredelsesanalyse for å se på de lokale forholdene i Grasdalen. Vi ønsket å gjøre dette selv, men mangel på verktøy tilpasset frekvensen til infralyd gjorde det ikke hensiktsmessig. En annen begrensende faktor i forhold til terreng kan være refleksjoner fra fjellsidene rundt lydkilden.

Det kan være at hendelser som ikke er skred, for eksempel vind, blir registrert av IDA. Tilsvarende kan det gå skred som ikke registreres. Dette er gjerne løssnøskred som ikke er store nok til å generere tilstrekkelig infralyd. Denne usikkerheten kan ha betydning for observasjonshistorikken og medføre mangler ved den. I tillegg vil usikkerheten medføre manglende datagrunnlag til bruk i statistiske analyser (3.4.1, siste avsnitt).

6.2 Statistikk

6.2.1 Varsel

Den statistiske analysen ble gjort på grunnlag av snøskredvarsel fra NVE (varsom.no Sogn og Sunnmøre), samt et lokalt varsel for Strynefjellet gjort av NGI. Denne vinteren var det svært få dager med faregrad 1 og 4. For eksempel kun en dag med faregrad 4 (i tidsrommet IDA har vært operativt), noe som ikke med sikkerhet kan gi et svar på hva som er typisk skredaktivitet for faregrad 4. Det er ikke normalt med mange dager der 4 er meldt, men ved å hente inn data fra flere år vil det gi et bedre grunnlag for å analysere skredaktiviteten ved denne graden.

Flere forskjellige faktorer kan ha spilt inn når det regionale varselet til Sunnmøre ikke gir en statistisk sammenheng med skredaktiviteten registrert i Grasdalen. Særlig bør det vektlegges at varsom.no melder skredvarsel for hele regioner og ikke lokalt for en enkelt dal.

Skredproblem vil ikke ha en utbredelse i hele regionen, noe som fører til at faregraden bare gjelder i noen deler av regionen. For eksempel kan mildvær i lavereliggende områder på Sunnmøre føre til økt eller redusert skredfare, noe som ikke påvirker snødekket i Grasdalen som kan unnsnippe det samme mildværet.

Varselet fra NVE er i tillegg til infrastruktur og samferdsel rettet mot friluftsliv. Dermed tar det hensyn til både fare for naturlig utløste skred, samt fare for skred utløst som følge av tilleggsbelastning. For eksempel kan et skredproblem som krever tilleggsbelastning bli vurdert som avgjørende når faregrad settes.

Varslingen for Sogn tar egentlig ikke med Strynefjellet, så at vi ikke finner en korrelasjon her er ikke nødvendigvis så rart, men det gir heller ikke et bevis for at teorien om at Strynefjellet burde høre med region Sogn på grunn av likere klimatiske forhold.

Problemstillingen med at skredproblem oppstår i deler av regionen er ikke relevant ved et lokalt varsel. Vi ser at det lokale varselet lykkes vesentlig bedre med å forutse snøskredforholdene i Grasdalen.

Derimot er hensikten med NGI sitt varsel for Strynefjellet blant annet rettet mot sikring av vei. Uten å kunne si det sikkert kan noen vurderinger ha blitt gjort ved utarbeiding av varselet, slik at skredproblem som ikke er relevant for veien ikke har kommet med i vurderingen av faregrad.

6.2.2 Datagrunnlag

Generelt kan det argumenteres for at datagrunnlaget er noe tynt for å lage modeller som både kan forutsi antall skred ved en gitt faregrad og vise til sunn modelldiagnostikk. Likevel får man tydelige svar på om det i år var en korrelasjon eller ikke. Senere kan vi ved å bruke data fra flere år forutsi trender med sikkerhet. Større datagrunnlag vil gi bedre og sikrere resultater.

Feilkilder i datagrunnlaget kan være at hendelser som ikke er skred er registrert som skred. Det kan også ha forekommet skred som av ulike grunner ikke er registrert av IDA.

6.2.3 Analyser med større datagrunnlag

Analysene som er utført i oppgaven er i stor grad avhengig av en viss datamengde for å gi korrekt p-verdi. På grunnlag av figur 26 er det gjort en ny analyse med større datamengde. Figuren kan tyde på en mulighet for korrelasjon mellom antall skred registrert og faregrad meldt i Sogn. Wilcoxon Rank Sum Test gir ikke en p-verdi under 0,05 og vi kan ikke konkludere med en signifikant sammenheng.

Ved å anta at fordelingen vil holde seg lik hvert eneste år, kan man enkelt doble dataene og simulere at registreringene har vart ett ekstra år. Ved å kjøre Wilcoxon Rank Sum Test med samme metode som beskrevet i avsnitt 4.2.3 (forklaringsvariablene moderat eller lavere faregrad og betydelig eller høyere faregrad) vil det for Sogn gi en p-verdi på til 0,0287 noe som vil si at det er en signifikant sammenheng. Gjøres det samme for Sunnmøre blir p-verdien 0,5403 noe som betyr at det fremdeles ikke er signifikant sammenheng. Hvis datamengden tidobles for Sunnmøre (simulering av ti år med like registreringer) er p-verdien 0,1682. Det er altså fortsatt ikke signifikant sammenheng selv om datagrunnlaget er betydelig større.

Dette kan tolkes som at snøskredforholdene i Grasdalen faktisk ligner mer på de som finnes i Sogn enn de som finnes andre steder på Sunnmøre. Resultatene av analysen tyder også på at det muligens bør gjøres en vurdering av hvorvidt NVE bør beholde Grasdalen og Strynefjellet innunder region Sunnmøre. Et alternativ kan være Strynefjellet som egen region, eller som en del av Sogn. Samtidig er det viktig å ta i betraktning at fordelingen ikke nødvendigvis vil være den samme fra år til år.

6.3 Videre arbeid

6.3.1 Sonebestemmelse

6.3.1.1

For å forbedre bestemmelsen av sone for en hendelse, kan man i videre arbeid inkludere vinkelen mellom IDA, topp av sone og bunn av sone. Denne vinkelen kalles «Downhill angle». På samme måte som for back azimuth kan man gi en sone et vinkelspekter som en hendelse må være innenfor. I motsetning til back azimuth som er en horisontal vinkel, vil dette være en vertikal vinkel fra topp til bunn av sone. Vinkelen kan enkelt beregnes ved bruk av Near 3D (outputverdien «NEAR_ANG_V» i attributt Tabellen i ArcMap), men sanntidsprosesseringen av signal fra IDA ble for tidkrevende å ta fatt på for denne oppgavens tidsramme.

6.3.1.2 Automatisering av sonebestemmelse

Slik det er nå er sonebestemmelsen manuell, det vil si at for å bestemme sone for en hendelse må man gå gjennom tabellen med soneegenskapene (tabell 5). Ved å lage en automatisering slipper man dette. Dette kan gjøres i excel, eller kode en ny programvare (for eksempel i Java eller Python).

6.3.1.3 Lydutbredelsesanalyse

Terrenget i Grasdalen fører til at lyd ikke bres utover på samme måte som det ville gjort i tomt rom. Ved å gjøre en lydutbredelsesanalyse i Grasdalen kan vi plassere lydkilder enda mer nøyaktig ved å ta hensyn til terrenget.

6.3.1.4 Analyse av enkelthendelser

Ved å analysere enkelthendelser kan man få en bedre forståelse av utviklingen til back azimuth (azimuth migration) og apparent velocity gjennom registreringen. Dette kan gi en beskrivelse av skredets bevegelse. Med en god analyse kan man i noen tilfeller i tillegg til å bestemme sone, kanskje også bestemme skredløp basert på forkunnskap om terrenget.

6.3.2 Endring av antall probability-bolker

Etter planen skal sannsynligheten endres fra å være to bolker (50 % og 100 %) til å omfatte flere. Slik det er nå vil alle hendelser som ikke er 100 % få verdien 50 %, selv om en hendelse i realiteten er 90 %. Ved å øke antallet sannsynlighetsbolker, vil man bedre skille mellom hva som er skred og ikke.

6.3.3 Statistikk

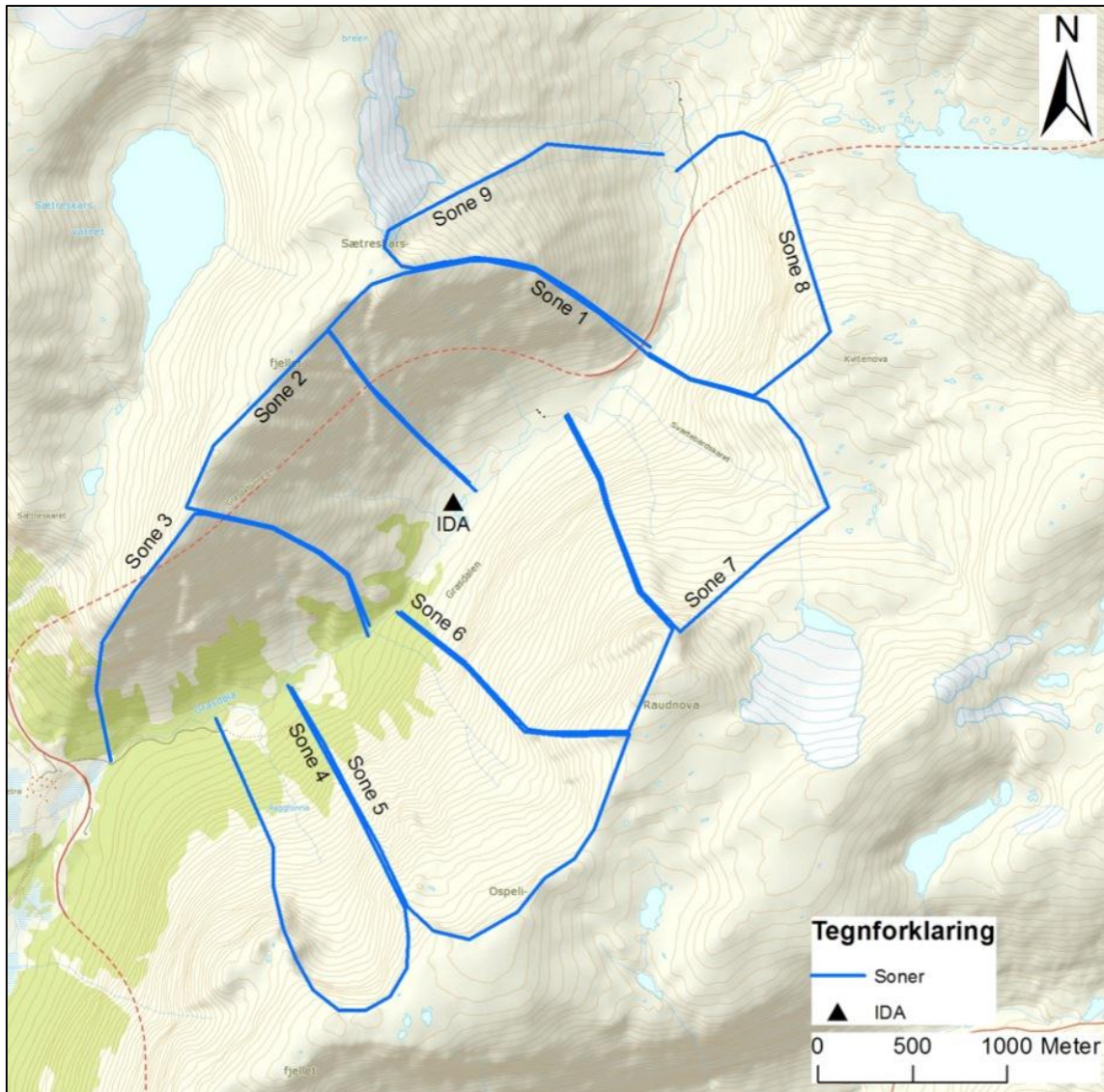
Om det gjennomføres volumestimeringer av skredhendelser, kan det gjøres statistiske analyser som sjekker om det faktisk går større skred ved høyere meldt faregrad. En metode for volumestimering som kan gjøres med dataene vi har tilgjengelig nå, er å korrigere peak pressure i forhold til avstand fra IDA til hendelsen. Dette tar forbehold om større skred vil generere større peak pressure (amplitude).

Videre kan det analyseres våte mot tørre skred ved å ta utgangspunkt i dager med hendelser hvor vi med sikkerhet kan si om de er tørre eller våte. Disse hendelseme kan vi bruke til å finne statistiske sammenhenger med IDA-signal. Hvis dette lykkes kan det kombineres med sonebestemmelsen, og ved fremtidige hendelser kan man si for eksempel «Vått skred i Sone 1».

For å oppnå best mulig datagrunnlag er det svært viktig at man i fremtiden unngår nedetid med IDA-systemet. Lykkes man med dette vil man gjennom flere år med registreringer opparbeide et større datasett, som vil kunne gi et bedre grunnlag for fremtidige analyser.

7. Konklusjon

Resultatet av inndelingen har ført frem til 9 soner hvor det er mulig å knytte hendelser til hver av disse. Av totalt 62 hendelser kan 48 knyttes til en bestemt sone, de resterende 14 hendelsene kan ha opphav i to soner. Bestemmelsen av sone til hendelser er basert på back azimuth og azimuth migration. Sonene er vist i figur 27.



Figur 27 viser soneinndeling i Grasdalen laget for å forenkle lokalisering av snøskredhendelser registrert av Infrasound Detection Analysis (IDA).

Den statistiske analysen viser at det ikke er en signifikant sammenheng mellom antall snøskredhendelser IDA registrerer og hvilken faregrad som er meldt denne dagen for varsel publisert av varsom.no. Det er både analysert for region Sunnmøre, hvor Grasdalen hører inn under, og for region Sogn. Derimot kommer det frem at det er en signifikant

sammenheng mellom antall snøskredhendelser og NGI sitt lokale varsel for Strynefjellet. For å få sunne testresultater er faregrad 1 slått sammen med 2, og 3 slått sammen med 4, slik at det er grensen mellom 2 og 3 som har blitt analysert. Generelt er datagrunnlaget for statistiske analyser noe tynt.

8. Referanseliste

Bakkehøi S, 1986. Snow avalanche prediction using a probabilistic method. *Proceedings of the Davos Symposium*.

Bedard A j, G. m., 2000. Atmospheric Infrasound. *Acoustics Australia*, Volume 28.

Braut, G. S., 2015. *Store Norske leksikon*. [Online]

Available at: <https://snl.no/nullhypotese>

[Accessed 15 Mai 2016].

Buckley A, 2007. *Using rotation angles for markers, lines, or polygon fills*. [Online]

Available at: <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2007/11/17/using-rotation-angles-for-markers-lines-or-polygon-fills/>

[Accessed 13 05 2016].

Christie D R, 2007. *Recent developments in infrasound monitoring technology: application to CTBT verification*, s.l.: CTBTO Spectrum.

Dr Christie D.R, 2007. Recent developments in infrasound monitoring technology. *CTBTO Spectrum*, Issue 10, pp. 18-24.

ESRI, n.d. [Online]

Available at: <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2007/11/17/using-rotation-angles-for-markers-lines-or-polygon-fills/>

[Accessed 13 05 2016].

ESRI, n.d. *Hillshade funktion*. [Online]

Available at: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/hillshade-function.htm>

[Accessed 10 02 2016].

ESRI, n.d. *How Aspect works*. [Online]

Available at: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-aspect-works.htm>

[Accessed 15 02 2016].

ESRI, n.d. *How Slope works*. [Online]

Available at: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-slope-works.htm>

[Accessed 20 02 2016].

ESRI, n.d. *Near 3D*. [Online]

Available at: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/3d-analyst/near-3d.htm>

[Accessed 27 02 2016].

Gjesltand, T., 2009. *Store Norske Leksikon*. [Online]

Available at: <https://snl.no/infralyd>

[Accessed 9 Mai 2016].

Grinderud K, R. H. N. S. L. A. H. A. S. Ø., 2010. *GIS Geografiens språk i vår tidsalder*. 2. ed. s.l.: Tapir Akademiske forlag.

- Havens Scott, M. H. J. B. N. B., 2014. *Calculating The Velocity of a Fast Moving Snow Avalanche Using an Infrasound Array*, Bnaff: Proceedings, International Snow Science Workshop.
- Jaedicke C, 2014. *Store norske leksikon*. [Online]
Available at: <https://snl.no/snøskred>
[Accessed 25 3 2016].
- Kristensen K, G. P., n.d. *Norwegian Geotechnical Institute*. [Online]
Available at: <http://www.ngi.no/no/Prosjektnett/Snoskred-FoU/Fullskala-forsoksfeltet-Ryggfonn/>
[Accessed 18 Mai 2016].
- Lato M, 2010. *Norwegian Geotechnical Institute*. [Online]
Available at: <http://www.ngi.no/upload/48594/1%20What%20Is%20Lidar.pdf>
[Accessed 9 Mai 2016].
- Leventhall G, 2007. What is infrasound?. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93(1-3), pp. 130-137.
- Lied K, B. S., 1980. Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters. *Journal of Glaciology*, vol.26, Issue 94, pp.165-177.
- Lilleeng M S, 2015. *Classical Tests*. Sogndal: HiSF.
- Marchetti E, R. m. U. G. K. A., 2015. Infrasound array criteria for automatic detection and front velocity estimation of snow avalanches: towards a real-time early-warning system. *Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union*.
- Meteorologisk institutt, 2010. *Køppens klimaklassifisering*. [Online]
Available at: [https://metlex.met.no/wiki/K%C3%B6ppens klimaklassifisering](https://metlex.met.no/wiki/K%C3%B6ppens_klimaklassifisering)
[Accessed 27 Mars 2016].
- Meteorologisk institutt, 2010. *Snø*. [Online]
Available at: <https://metlex.met.no/wiki/Snø>
[Accessed 26 3 2016].
- Nelder J A, W. R. W. M., 1972. Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society*, Issue 135, pp. 370-384.
- NVE, 2013. *Faregradskalaen*. [Online]
Available at: <http://varsom.no/Snoskred/Skredskolen/Om-faregradene1/>
[Accessed 13 Mai 2016].
- NVE, 2013. *Våte flakskred*. [Online]
Available at: <http://varsom.no/Snoskred/Skredskolen/Hva-er-et-snoskred/Snoskredtyper1/Vate-flakskred/>
[Accessed 02 04 2016].
- NVE, 2015-2016. *varsom.no Snøskred*. [Online]
Available at: <http://varsom.no/Snoskred/>
[Accessed 28 Mars 2016].
- NVE, 2015-2016. *varsom.no Snøskredvarsel Sunnmøre*. [Online]
Available at: <http://varsom.no/Snoskred/Sunmore/>
[Accessed 28 Mars 2016].

- NVE, n.d. *Ryggfonn- fullskala forsøksfelt*. [Online]
Available at: <http://www.ngi.no/no/Prosjektnett/Snoskred-FoU/Fullskala-forsoksfeltet-Ryggfonn/>
[Accessed 19 Mai 2016].
- Pripp A H, 2015. Hvorfor er p-verdien signifikant. *Tidsskrift for norske legeforening*, 8 September.
- RStudio Help, 2016. *F Test to Compare Two Variances*. [Online]
Available at: <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/var.test.html>
[Accessed 1 April 2016].
- RStudio help, 2016. *Wilcoxon Rank Sum an Signed Rank Tests*. [Online]
Available at: <http://stat.ethz.ch/R-manual/R-patched/library/stats/html/wilcox.test.html>
[Accessed 1 April 2016].
- RStudio Rhelp, 2016. *Test for Association/ Correlation Between Peired Samples*. [Online]
Available at: <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/cor.test.html>
[Accessed 1 April 2016].
- Scott E. D, H. T. K. F. H. J. C. J. W. C. B. M. T., 2007. Single and multiple sensor identification of avalanche-generated infrasound. *Cold Regions Science and Technology*, Issue 47, pp. 159-170.
- Staten vegvesen (Breidalen), 2016. *xgeo NVE*. [Online]
Available at:
<http://www.xgeo.no/graphapp/index.html?X=98691&Y=6896621&searchT=10000&stationId=58705.17.1&app=xgeo>
[Accessed 26 05 2016].
- The Physics Classroom, n.d. *The Wave Equation*. [Online]
Available at: <http://www.physicsclassroom.com/class/waves/Lesson-2/The-Wave-Equation>
[Accessed 25 Mai 2016].
- Tremper B, 2008. *Staying Alive in Avalanche Terrain*. 2. ed. s.l.:Mountaineers Books.
- Olivieri Giacomo, 2016. *E-post korrespondanse* [Interview] (April -Mai 2016).
- Olivieri G, M. E. R. M. C. D. R. G. S. V., 2011. Monitoring snow avalanches in Northwestern Italian Alps using an infrasound array. *Cold Regions Science and Technology*, 10 September, Issue 69, pp. 177-183.
- Olivieri G, M. E. R. M. C. I. D. R. G. S. V., 2012. Infrasonic Monotoring of Snow Avalanches in the Alps. *International Snow Science Workshop, Anchorage Alaska*.
- Wilcoxon F, 1945. Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*, pp. 80-83.
- Zar J H, 1972. Significance Testing of the Spearman Rank Correlation Coefficient. *Journal of the American Statistical Association*, Issue 67, pp. 578-580.

9. Vedlegg

9.1 Vedlegg 1 Sonebestemmelse

Tabell 7 viser sonebestemmelsen for alle hendelsene i det tidsrommet vi har registreringer fra.

Dato	Back azimuth (°N)	Azimuth migration (°N)	Potensiell sone basert på back azimuth	Sone basert på back azimuth og azimuth migration
26.11.15 19:02	299	-4.4	2	2
26.11.15 21:58	305.3	1.86	2	2
26.11.15 23:28	326.7	9.36	2	2
26.11.15 23:30	309.9	1.89	2	2
27.11.15 00:29	15.6	8.52	1/9	1
01.12.15 09:27	288	-12.19	2	2
02.12.15 11:19	14.1	5.64	1/9	1
06.12.15 05:46	306.5	-3.51	2	2
06.12.15 06:07	317.6	-15.82	2	2
08.12.15 17:48	233.7	-5.82	3	3
10.12.15 17:46	311.8	0.88	2	2
10.12.15 23:58	232.6	8.73	3	3
11.12.15 11:48	334.6	-4.19	1	1
13.12.15 10:18	287.1	-8.34	2	2
13.12.15 12:03	275.9	-4.08	2	2
14.12.15 12:17	242.4	-35.89	2/3	2/3
15.12.15 12:54	237.7	-11.95	3	3
17.12.15 07:05	310.9	-0.15	2	2
17.12.15 19:35	281.7	3.52	2	2
17.12.15 19:34	279.7	-1.63	2/3	2/3
18.12.15 09:37	280.6	5.36	2	2
18.12.15 09:35	291.5	-8.65	2	2
18.12.15 16:06	353.8	12.95	1/9	1/9
19.12.15 07:58	34.4	-45.51	1	1
19.12.15 10:05	296.8	-1.79	2	2
20.12.15 00:47	216.1	-0.57	4/5	4

20.12.15 03:33	209.9	9.47	4/5	4/5
20.12.15 08:39	213.1	-3.47	4/5	4
20.12.15 09:04	213.9	4.06	4/5	4/5
20.12.15 11:49	215.1	4.45	4/5	4/5
20.12.15 15:42	215	-5.59	4/5	4
20.12.15 16:04	216	10.2	4/5	4/5
20.12.15 17:08	297.1	-5.09	2	2
21.12.15 00:43	214.3	5.68	4/5	4/5
21.12.15 02:07	210.5	-0.02	4/5	4
25.12.15 23:19	13.4	18.74	1/9	1/9
16.02.16 22:52	305.6	-4.39	2	2
23.02.16 17:50	331	22.58	1	1
23.02.16 18:03	320.1	-11.28	2	2
23.02.16 17:57	278.3	-4.06	2/3	2/3
23.02.16 17:51	307.9	-2.98	2	2
23.02.16 18:04	305.2	-14.17	2	2
24.02.16 15:11	201.5	-5.78	4/5/6	4/6
25.02.16 10:09	321.4	-17.61	2	2
25.02.16 12:02	308.8	-11.44	2	2
26.02.16 06:33	334.5	9.92	1	1
26.02.16 09:13	350	8.36	1	1
26.02.16 11:17	307	-11.89	2	2
26.02.16 11:49	10.4	10.79	1/9	1/9
26.02.16 11:39	318.6	-13.09	2	2
26.02.16 12:40	292	-23.89	2	2
04.03.16 12:12	38.9	-4.92	1	1
15.03.16 11:40	300.4	-10.54	2	2
16.03.16 03:50	278.9	-17.04	2/3	2/3
17.03.16 22:53	291.1	-19.82	2	2
17.03.16 23:57	293.4	4.81	2	2
18.03.16 01:40	301	-3.48	2	2
28.03.16 15:59	312.2	-0.3	2	2
09.04.16 10:07	54.8	-1.28	7/8	7/8

13.04.16 20:38	306.3	3.22	2	2
16.04.16 15:42	289.5	-9.21	2	2
17.04.16 18:44	288	-14.47	2	2

9.2 Vedlegg 2 Datagrunnlag statistikk

Tabell 8 viser datagrunnlaget brukt i de statistiske analysene.

Dato	Antall skred	Faregrad Sunnøre (NVE)	Faregrad Sogn (NVE)	Faregrad Strynefjelet (NGI)
02.12.2015	1	3	3	3
03.12.2015	0	2	3	2
04.12.2015	0	2	2	2
05.12.2015	0	3	4	3
06.12.2015	2	3	3	3
07.12.2015	0	3	3	3
08.12.2015	1	2	3	3
09.12.2015	0	2	3	2
10.12.2015	2	2	3	3
11.12.2015	1	3	3	3
12.12.2015	0	3	3	3
13.12.2015	2	2	2	2
14.12.2015	1	2	2	2
15.12.2015	1	2	2	2
16.12.2015	0	2	2	2
17.12.2015	3	2	3	2
18.12.2015	3	2	3	2
19.12.2015	2	2	2	3
20.12.2015	8	2	2	3
21.12.2015	2	2	2	3
22.12.2015	0	2	2	2
23.12.2015	0	2	2	2
24.12.2015	0	2	3	3
25.12.2015	1	3	3	3
26.12.2015	0	3	3	2
27.12.2015	0	3	2	2
28.12.2015	0	3	2	2
29.12.2015	0	2	2	3
30.12.2015	0	2	2	2
31.12.2015	0	2	3	2
01.01.2016	0	2	2	2
02.01.2016	0	1	2	2
03.01.2016	0	1	2	2
04.01.2016	0	1	2	2
15.02.2016	0	2	2	2
16.02.2016	1	3	3	3
17.02.2016	0	3	3	3
18.02.2016	0	3	3	2
19.02.2016	0	2	3	2
20.02.2016	0	2	3	2
21.02.2016	0	3	3	2

22.02.2016	0	3	3	2
23.02.2016	5	3	3	3
24.02.2016	1	3	3	3
25.02.2016	2	4	2	3
26.02.2016	6	3	2	3
27.02.2016	0	3	2	3
28.02.2016	0	3	2	2
29.02.2016	0	3	2	3
01.03.2016	0	3	3	3
02.03.2016	0	2	3	3
03.03.2016	0	2	3	2
04.03.2016	1	2	2	2
05.03.2016	0	2	2	2
06.03.2016	0	2	2	2
07.03.2016	0	2	2	2
08.03.2016	0	2	2	2
09.03.2016	0	2	2	2
10.03.2016	0	2	2	2
11.03.2016	0	2	2	2
12.03.2016	0	2	2	2
13.03.2016	0	3	2	3
14.03.2016	0	3	3	3
15.03.2016	1	2	2	3
16.03.2016	1	2	2	2
17.03.2016	2	2	2	2
18.03.2016	1	2	2	2
19.03.2016	0	2	2	2
20.03.2016	0	2	1	2
21.03.2016	0	2	1	2
22.03.2016	0	2	1	2
23.03.2016	0	2	1	2
24.03.2016	0	2	2	2
25.03.2016	0	2	2	2
26.03.2016	0	2	2	3
27.03.2016	0	2	3	2
28.03.2016	1	2	2	2

9.3 Vedlegg 3 P-verdier Wilcoxon Rank Sum analyse

```
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: skred by Sunn2e3
W = 617, p-value = 0.6696
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Figur 28 viser utklipp av resultat i RStudio etter at «Wilcoxon Rank Sum Test» er kjørt. H0 er at det ikke er en korrelasjon mellom faregrad meldt på Sunnmøre og antall skred IDA registrerer i Grasdalen.

```
F test to compare two variances
data: skred[Sunn2e3 == "To"] and skred[Sunn2e3 == "Tre"]
F = 0.73272, num df = 51, denom df = 24, p-value = 0.3475
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.3483156 1.4108325
sample estimates:
ratio of variances
 0.7327196
```

Figur 29 viser resultat av F-test som forteller at vi har konstant varians i dataene fra Sunnmøre, noe som er en forutsetning for at vi kan stole på Wilcoxon Rank Sum Test. H0 i denne testen er at det er konstant varians.

```
wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: skred by Sogn2e3
W = 610, p-value = 0.1243
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Figur 30 viser utklipp av resultat i RStudio etter at Wilcoxon Rank Sum Test er kjørt. H0 er at det ikke er en korrelasjon mellom faregrad meldt i Sogn og antall skred IDA registrerer i Grasdalen.

```
F test to compare two variances

data: skred[Sogn2e3 == "To"] and skred[Sogn2e3 == "Tre"]
F = 1.9282, num df = 41, denom df = 34, p-value =
0.0522
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.9936387 3.6675627
sample estimates:
ratio of variances
 1.928243
```

Figur 31 viser resultat av F-test som forteller at vi har konstant varians i dataene fra Sunnmøre, noe som er en forutsetning for at vi kan stole på Wilcoxon Rank Sum Test. H0 i denne testen er at det er konstant varians.

```
wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Skred by FareNGI
W = 447.5, p-value = 0.002353
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Figur 32 viser utklipp av resultat i RStudio etter at Wilcoxon Rank Sum Test er kjørt. H0 er at det ikke er en korrelasjon mellom faregraden NGI har meldt for Strynefjeller og antall skred IDA registrerer i Grasdalen.

```
F test to compare two variances

data: Skred[FareNGI == "To"] and Skred[FareNGI == "Tre"]
F = 0.14247, num df = 48, denom df = 27, p-value =
6.221e-09
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.06997455 0.27185035
sample estimates:
ratio of variances
 0.142471
```

Figur 33 viser resultat av F-test som forteller at vi ikke har konstant varians i dataene fra NGI sin varsling for Strynefjellet. Det betyr at vi ikke kan stole på resultatene fra Wilcoxon Rank Sum Test. H0 i denne testen er at det er konstant varians.