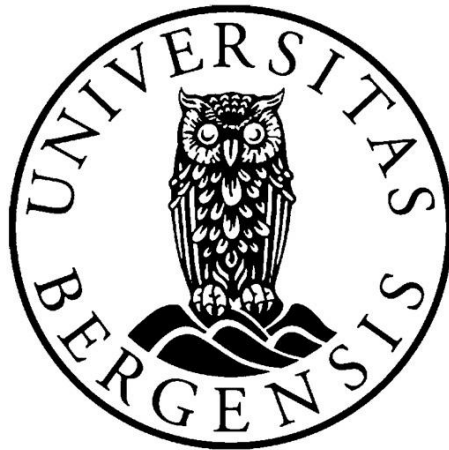


Detaljkartlegging av skredfare i Mobergslia, Os kommune, Hordaland



Torkjell Ljone

Masteroppgåve i geovitenskap

-kvartærgeologi og paleoklima

Institutt for geovitenskap

Universitetet i Bergen

Vår 2011

Forord

Takk til rettleiaren min Atle Nesje for gode råd og vink undervegs i masterprosessen.

Os kommune skal ha takk for å ha bidrege med kartmateriell.

Takk til Norges Geotekniske Institutt for at eg fekk vera med dei på skredundersøking i Arna.

Medstudentane mine Lise Våge Berge, Linn Hult og Caroline Halleraker skal ha takk for hjelp med oppgåva. Takk til desse og dei andre på 'hovedkvarteret' for å bidra til kjekke dagar på universitetet.

Spesielt takk til Sondre Smeland for god hjelp under feltarbeidet og til skredrelaterte diskusjonar.

Til slutt vil eg takka Torunn Hovland Ljone og Guro Ljone for gjennomlesing og kommentarar til oppgåva.

Bergen, juni 2011

Torkjell Ljone

Samandrag

Detaljert kartlegging av lausmassane, med hovudfokus på skredavsetjingar og kartlegging av skredfare er utført i området rundt Mobergslia, sør for Liafjellet i Os kommune, Hordaland. Det er laga eit lausmassekart og eit faresonekart for steinsprang for området. Faresonekartet viser at dei tre skredgrensene 1/100, 1/1000 og 1/5000 går ned mot flaten i Liadalen, og ned til E39 under Villelia. Grad av forvitring vart målt med å bruka ein Schmidthammar type N ved sju lokalitetar. Kalibrerte aldrar for tre ferske steinsprang i Villelia, Liadalen og Grønhaugen vart høvesvis 10700 ± 1600 år BP, 1500 ± 1500 år BP og 9250 ± 1500 år BP. Dei høge aldrane er hovudsakleg tolka til å vera på grunn av: (1) forvitring før utrasing, (2) enkeltblokker gjer lite datagrunnlag, (3) transport i fleire etappar, (4) skilnadar i litologien kan ha gitt signifikante skilnadar i R-verdi, og (5) å ikkje måla på brotflata gjer mykje større utslag ved få blokker, i høve til mange. Feltobservasjonar viser at i skråningar der det losnar små blokker (diameter < 0,5 m) vil mange og tynne tre fungera best til vern mot steinsprang. For korte skråningar (< 50 m) bør avstanden mellom kjeldeområdet og dei fyrste trea i skråninga, og avstanden mellom trea i skråninga, vera minst mogeleg. Grupper av små tre (DBH < 10 cm) fungerer bra til å stoppa store blokker (1 x 1 x 0,4 m), sjølv om dei ikkje har mista energi i eit samanstøyt like før.

Innhold

1	Innleiing.....	1
1.1	Bakgrunn for oppgåva og tema	1
1.2	Problemstillingar	2
1.3	Områdeintroduksjon	2
1.3.1	Lokalisering og topografi	2
1.3.2	Berggrunnsgeologi	4
1.3.3	Klima	6
1.3.4	Isavsmeltingshistorie	7
1.3.5	Skredkjeldeområde	9
1.3.6	Tidlegare skredhendingar	9
1.4	Termar	9
2	Skred og skredmekanisamar	10
2.1	Definisjon av skred	10
2.2	Skredtypar	10
2.2.1	Steinsprang og fjellskred.....	10
2.2.2	Jordskred.....	11
2.2.3	Jordsig.....	11
2.3	Utløysingsmekanisamar	12
2.3.1	Utløysingsmekanisamar for jordskred.....	12
2.3.2	Utløysingsmekanisamar for steinsprang og fjellskred.....	13
2.4	Stabiliserande faktorar	14
2.4.1	Vern mot jordskred/erosjon	14
2.4.2	Vern mot steinsprang.....	16
3	Metodar.....	18
3.1	Feltkartlegging og datainnsamling.....	18
3.2	GPS	18
3.3	Schmidthammar	18
3.4	Bestemming av utlaupsdistanse til steinsprang.....	20
3.5	Rockfor ^{NET}	21
3.6	Kompass (strøk og fall).....	22
3.7	Stereonett	22
3.8	Geografisk informasjonssystem (GIS).....	24
3.9	Metodar som ikkje er brukt	24
4	Datapresentasjon	25

4.1	Definisjon av kartsymbol.....	25
4.2	Feltobservasjonar	25
4.2.1	Område 1 Villelia	26
4.2.2	Område 2 Grønhaugen.....	43
4.2.3	Område 3 Liadalen.....	50
4.3	Schmidthammarresultat.....	60
4.4	Skog som vern mot steinsprang	68
5	Diskusjon	73
5.1	Schmidthammar	73
5.2	Skog som vern mot steinsprang	76
5.3	Utlaupsdistanse	80
5.4	Skredfare.....	82
5.5	Vidare arbeid	85
6	Konklusjon.....	86
	Referansar	87

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn for oppgåva og tema

Bakgrunnen for oppgåva er at Os kommune tok kontakt med Institutt for geovitenskap ved Universitetet i Bergen for å få kartlagd skredfare i kommunen. Denne oppgåva tar for seg detaljkartlegging av skredfare i Mobergslia. Dette området var vald ut då det var eit av områda kommunen ville ha grundig utgreiing om i samband med at det er foreslått utbygging i området. Risiko og sikkerheitsanalyse (ROS) vert nytta som mal for arbeidet. ROS-analyse er kartlegging av risiko for flaum, kraftig vind, høg vasstand, store bølger, ekstreme nedbørmengder og skred i utbygde område og i område der det er planlagt utbygging (bergen.kommune.no). Norges geologiske undersøkelse har laga eit forslag om å dela inn ROS-analyse for skred i tre fasar. Fase I omfattar grovkartlegging av skredfare der det vert vald ut område som treng grundigare undersøkingar. I Os kommune har denne type kartlegging vorte gjennomført av Berge (2011). Fase II inneheld detaljkartlegging og vurdering av skredfare i samsvar med *forskrift om tekniske krav til byggverk* (byggteknisk forskrift, TEK10) (Sletten et al., 2006). Her er det §7-3 *tryggleik mot skred* som dannar grunnlaget for skredfarekartlegginga. §7-3 seier at det ikkje skal byggjast der konsekvensen av skred er særleg stor, og at for byggverk i skredfareområde, skal det fastsetjast tryggleiksklassar for skred. Tryggleiksklassane vert lista opp i Tabell 1-1. Tilfredstillande tryggleik mot skred er gitt i nominelt årleg sannsyn for skred. Desto større konsekvensen for skred er desto lågare nominelt sannsyn kan akseptrast (Byggteknisk forskrift, 2010; Statens byggtekniske etat, 2010). Tryggleiksklassane frå Tabell 1-1 vert vist i faresonekart for området (NVE, 2011). Fase III inneheld forvaltning av resultatata i fase II (Sletten et al., 2006).

Tabell 1-1: Tryggleiksklassar ved plassering av bygg i skredfareområde (Byggteknisk forskrift, 2010)

Tryggleiksklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle sannsyn
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

I denne oppgåva er fokuset, som nemnt, detaljkartlegging av skredfare. Dette vert gjort i samsvar med fase II i ROS-analyse. Målet med oppgåva er å laga eit detaljert lausmassekart med fokus på skredavsetjingar, og faresonekart med innteikna tryggleiksklassar. Faresonekartet vert laga på bakgrunn av feltsynfaring og målingar frå felt og gjeld for steinsprang då det er den dominerande skredtypen i området.

Det er undersøkt om schmidthammarmetoden fungerer til denne typen skredfarekartlegging, med hovudfokus på om schmidthammar eignar seg til datering av

enkelte steinsprang. Schmidthammarmetoden har lenge vore brukt til datering av morenar og steinskred blant anna av: Nesje et al. (1994); Aa og Sjøstad (2000); Shakesby et al. (2006); Aa et al., (2007); Matthews og Winkler (2011). Til datering av steinsprangavsetjingar som er avsett i einskilde hendingar er det derimot ikkje gjort noko arbeid tidlegare.

Skogen sitt vern mot steinsprang er undersøkt og det er gjort målingar tre stadar med ulike skogbestand. Målet er å finna ut korleis skogen som vern mot steinsprang kan brukast til faresonekartlegging. Skog som vern mot steinsprang er det, forfattaren kjent, ikkje skrive noko om tidlegare i Noreg, og i denne oppgåva er det små (< 50 m) skråningar som er undersøkt.

Til estimering av utlaupsdistanse er det brukt ein metode frå Domaas (1994). Lengste utlaupsdistanse er der ei 30°-linja, ut frå øvste punkt i kjeldeområdet, kryssar skråninga. Metoden er basert på skrentar under 100 meter; i denne oppgåva vert den testa ut for små (<10m) skrentar.

1.2 Problemstillingar

Hovudproblemstilling

- Detaljkartlegging av skredfare i Mobergslia

Underproblemstillingar:

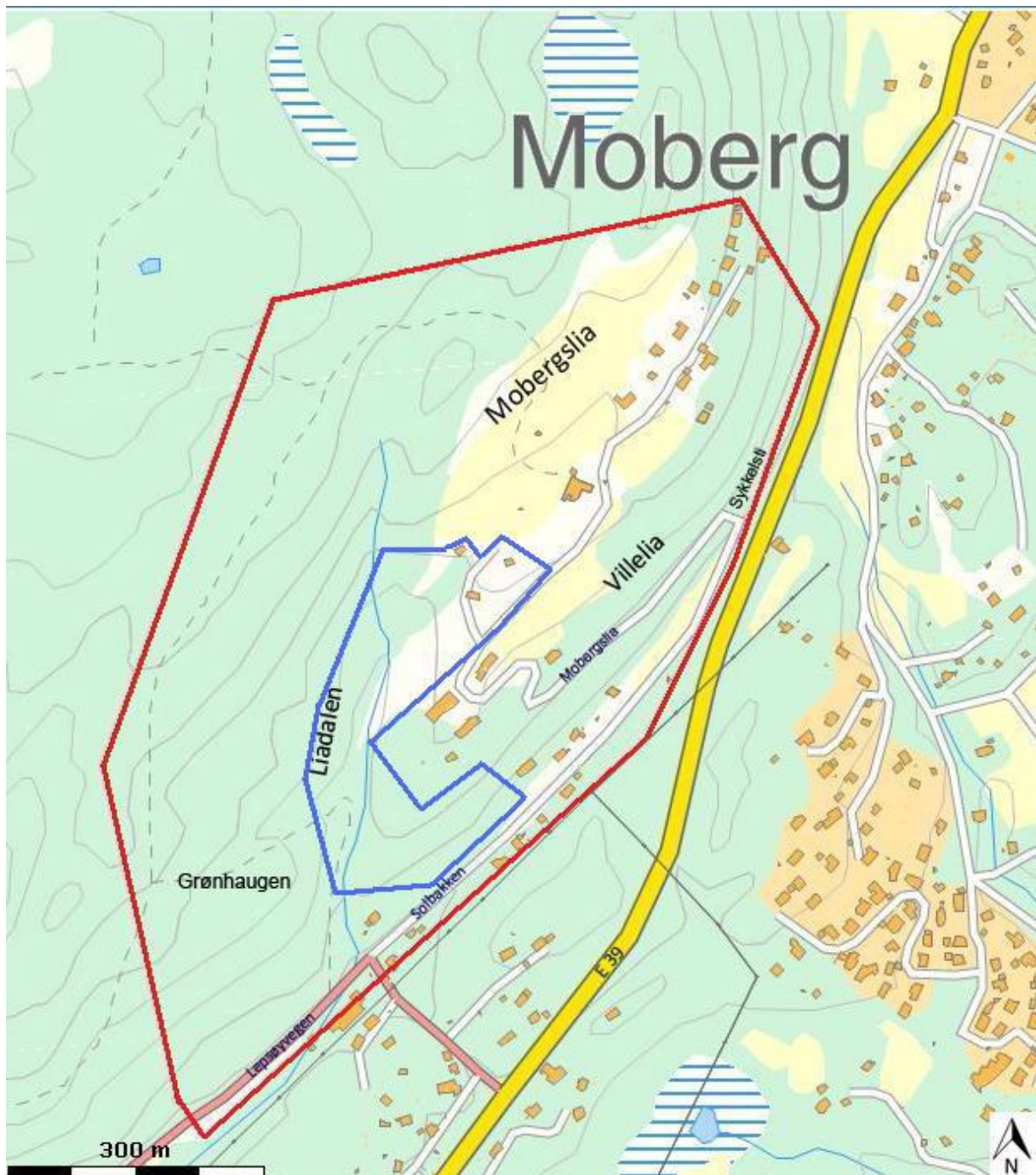
- Nøyaktig kartlegging av skredavsetjingar i feltområdet
- Fungerer schmidthammar som verkty til datering av enkelte steinsprangavsetjingar?
- Evaluera skog sitt vern mot steinsprang
- Evaluera metode for bestemming av lengste utlaupsdistanse for steinsprang

1.3 Områdeintroduksjon

1.3.1 Lokalisering og topografi

Feltområdet ligg i Os kommune i Hordaland. Os ligg sør på Bergenshalvøya, omtrent tre mil frå Bergen sentrum. I tillegg til å grensa til Bergen i nord grensar kommunen til Samnanger i nordaust, Fusa i aust, Tysnes i sør og Austevoll i vest. Kommunen sitt folketal er på omtrent 17 000. Feltområdet (Figur 1-1) ligg ved Mobergslia, på sørsida av Liafjellet, om lag 2 km vest frå Os sentrum. Stadnamn og vegnamn som vert brukte i denne oppgåva er: Villelia; Villelia naturreservat som er den del av Villelia med edellauvskog; sykkelstien som er forlenginga av *Solbakken* nordaust under Villelia; Liadalen som er dalen som går NA/SV gjennom feltområdet; Grønhaugen som er området vest for sørlege ende av Liadalen; *Lepsøyvegen* som går i det sørvestlege hjørna av feltområdet; *Solbakken* som er vegen som er ei nordaustleg vidareføring av *Lepsøyvegen*; *Mobergslia* som er ei vidareføring av *Solbakken* på veg opp mot dei øvste husa i Mobergslia og E39 som går gjennom Os. Namn på vegane vert

skrivne i kursiv i oppgåva for å unngå forveksling med stadnamna. Totalt areal på feltområdet er på omlag 500 000 m² (500 daa).



Figur 1-1: Feltområdet avmerka med raudt. Kommunen sitt høyringsutkast til nye bustadar er merkt i blått. Modifisert frå www.kartios.no

Dei lægste områda nede ved *Solbakken* ligg på om lag 60 m o.h. og dei høgste områda ligg på om lag 200 m o.h. Heile området er dermed under tregrensa. Vegetasjonen varierer i feltområdet. I Liadalen består den hovudsakleg av tett bjørkeskog og furu og gran, der eitt område med granskog har nyleg vorte hogd. Delar av Villelia er eit naturreservat på grunn av

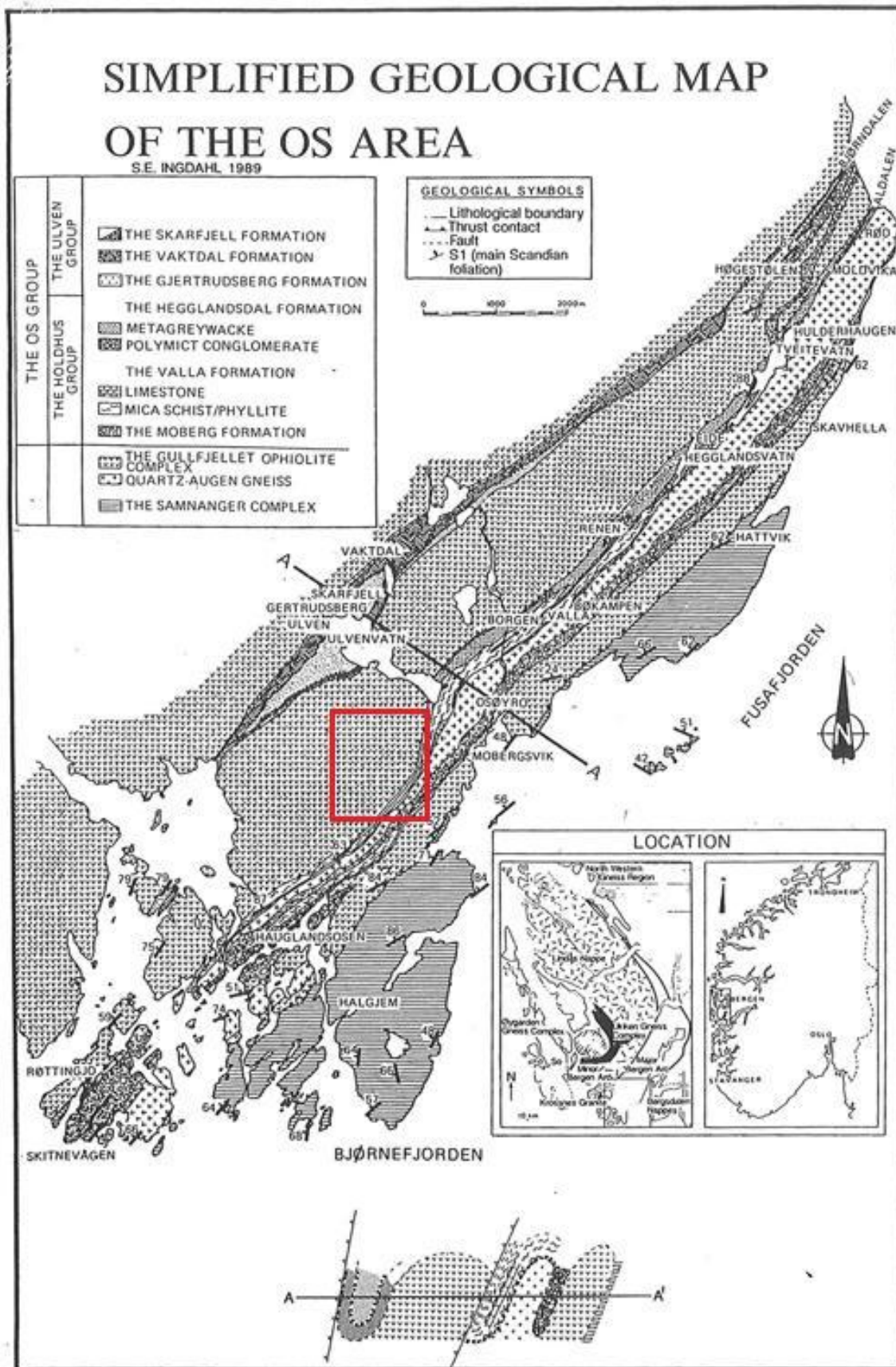
sin gamle edellauvskog beståande hovudsakleg av ask og alm. Sørvest i Villelia møter lauvskogen eit felt med tettplanta, vaksen granskog.

Det er hovudsakleg to lokale dreneringslaup i feltområdet; eitt for Liadalen og eitt for Villelia og området over. Nord i Liadalen er det tre bekkefar som møtast litt lengre sør og renn ut dalen. Frå bustadfeltet nordaust i feltområdet renn det fleire bekkar nedover Villelia.

1.3.2 Berggrunnsgeologi

Berggrunnen i Os er ein del av den store Bergensbogen ("Major Bergen arc") som er ein del av dei kaledonske skyvedekke (Sturt & Thon, 1978). Vesle og store Bergensbogen består av bergartar frå tidleg paleozoisk alder og fleire overlappende skyvedekke av prekambrisk gneis. Skyvedekke er eit resultat av lukkinga av Iapetushavet som starta ein gong i tidleg ordovicium, for om lag 450 millionar år sidan (Thon, 1985). Iapetus var eit hav som oppstod då Baltika og Laurentia bevegde seg frå kvarandre frå slutten av prekambrium og ut i kambrium. Då det vart platekonvergens mellom desse to kontinentalplatene vart havbotnskorpa til Iapetushavet skubba på land i Baltika, for om lag 425 millionar år sidan, der som Vest-Noreg er i dag. Gammal havbotnskorpa på land vert kalla ofiolitt og dannar gjerne ofiolittkompleks (Fossen et al., 2006). I den delen av Bergensbogen som Os er i finn ein eit slikt ofiolittkompleks; Gullfjellet ofiolittkompleks. I tidleg-midt til øvre ordovicium vart Gullfjellet ofiolittkompleks skubba over Sannagerkomplekset som er eldre. Ofiolitten vart seinare erodert og det vart suksessivt avsett to grupper avsetjingar inkonformt over: Holdhusgruppa og Ulvengruppa; som har fått fellesnamnet Osgruppa (Thon, 1985; Ingdahl, 1989). Holdhusgruppa er delt inn i: Mobergformasjonen, som er eit grovt polymiktisk konglomerat; Vallaformasjonen, som består av fyllitt/glimmerskifer, marmor og kalkstein; Hegglandsdalformasjonen, som er ein sandsteinssekvens med mindre delar konglomerat og glimmerskifer. Ulvengruppa er delt inn i: Gertrudsbergformasjonen, som består av gråvakke med polymiktisk konglomerat og fyllitt; Vaktdalformasjonen, som hovudsakleg består av fyllitt; Skarfjellformasjonen, som består av sandstein og konglomerat.

Feltområdet består hovudsakleg av ofiolittkomplekset (Figur 1-2) som er omdanna djup-, gang- og dagbergartar. Dels lagdelt dioritt/gabbro er den vanlegaste i denne gruppa. I tillegg er det bergartar frå Osgruppa, som er omdanna overflatebergartar. Av desse finn ein kalkstein, sandstein, konglomerat og fyllitt (Ingdahl, 1989).



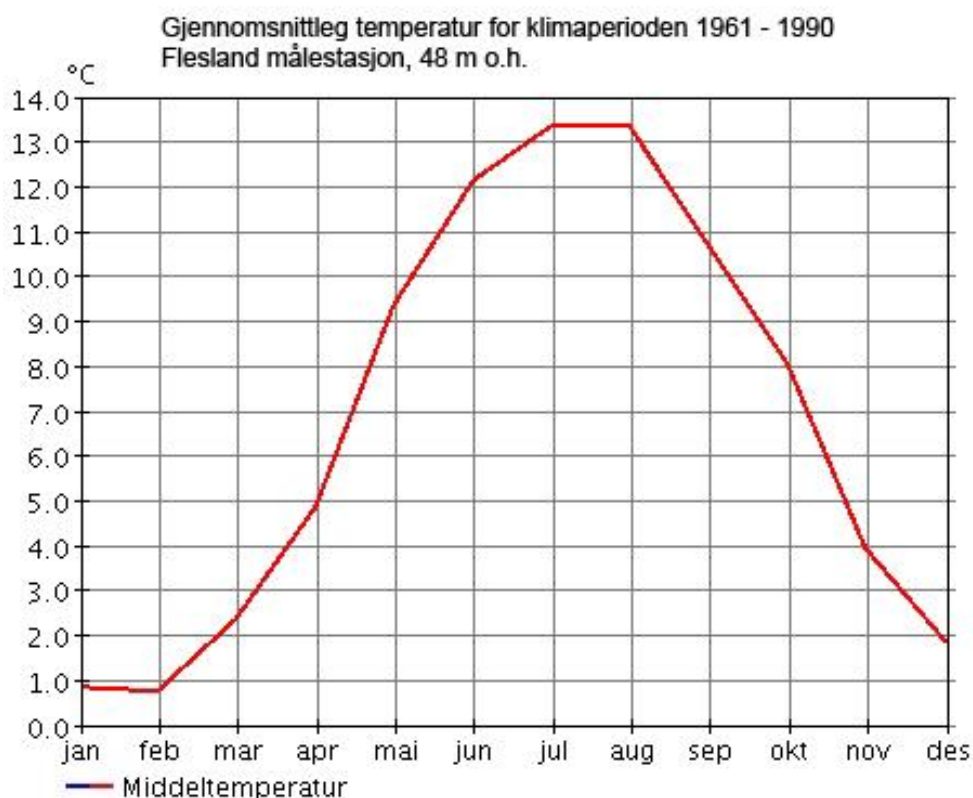
Figur 1-2: Forenkla geologisk kart over Osområdet. Feltområdet er merka i raudt. (Frå Ingdahl, 1989)

1.3.3 Klima

Klimaet i Os er kystklima (Peel et al., 2007) og er kjenneteikna med relativt kjølige somrar og milde vintrar. For vêrstatistikk vert målestasjonen på Flesland i Bergen nytta då det er den nærmaste som har vore operativ lenge nok til å registrera ein klimanormal. Flesland ligg om lag 18 kilometer i luftlinje frå feltområdet. Målestasjonen ligg 48 meter over havet. Denne målestasjonen er representativ for klima også i feltområdet.

Temperatur

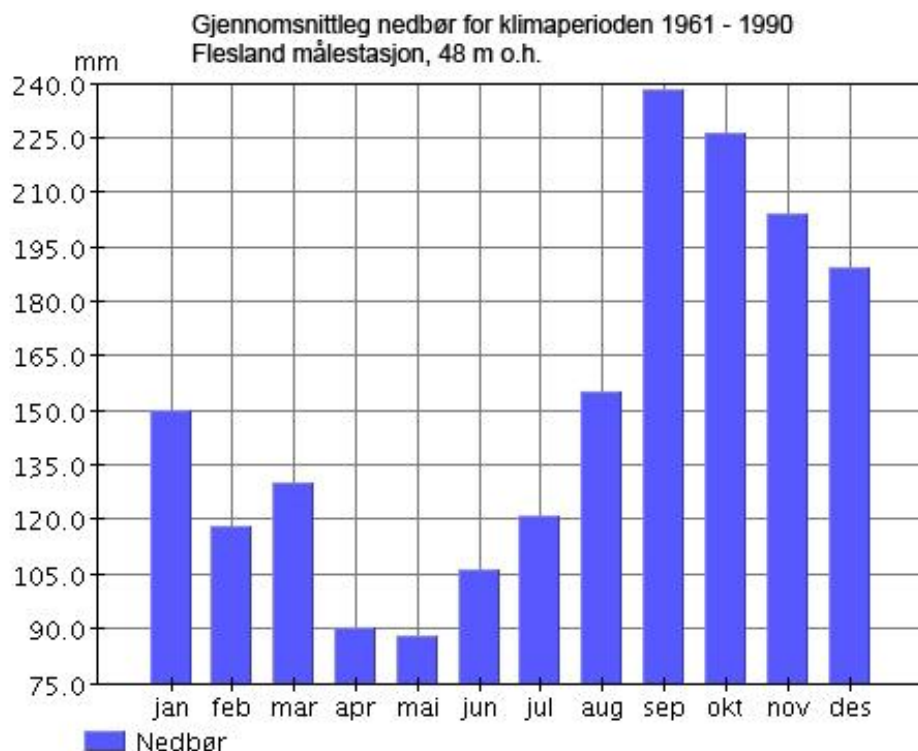
Snittemperaturen for Flesland ligg over 0 °C gjennom heile året (Figur 1-3). Antar at desse temperaturane er representative for feltområdet. I dei øvste områda vil nok snittemperaturen vera noko mindre enn dei er ved Flesland på grunn av at temperaturen fell med høgda over havet. Dersom ein går ut i frå at temperaturen fell med 0,65°C per 100 m vil snittemperaturen i januar og februar vera omkring 0°C i områda som ligg rundt 200 m o.h.



Figur 1-3: Gjennomsnittleg temperarurdata for klimaperioden 1961 - 1990. DNMMI 2011

Nedbør

Den årlege snittnedbøren i første normalperiode (1961 – 1990) er 1815 mm. Mesteparten av nedbøren kjem i månadane september til og med desember (Figur 1-4).

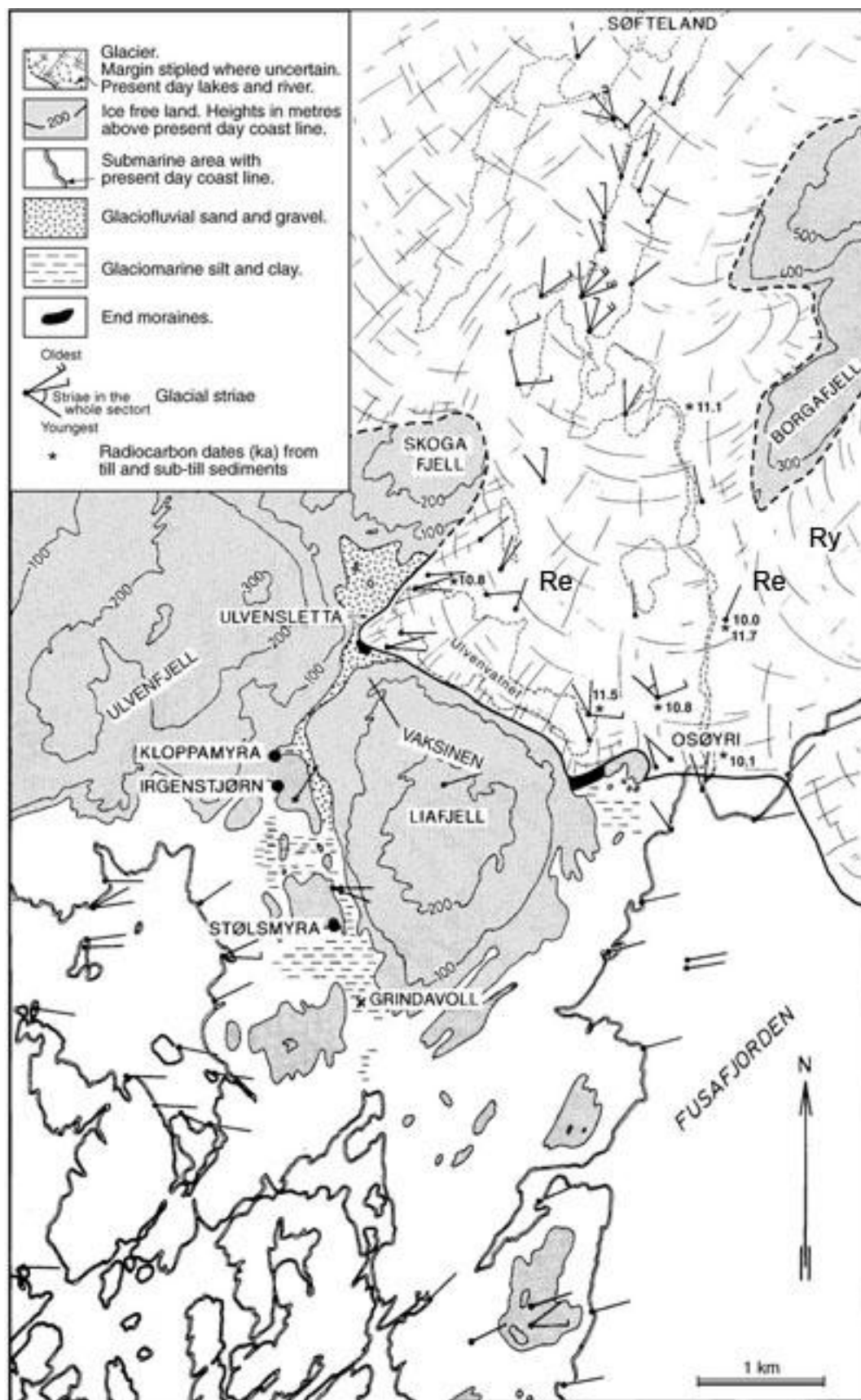


Figur 1-4: Gjennomsnittleg nedbørsverdi for klimaperioden 1961 - 1990. DNMI 2011

1.3.4 Isavsmeltingshistorie

Det største isframrykket etter starten på deglasiasjonen var under yngre dryasstadialen for om lag 12 800 – 11 500 kal år sidan. Ein studie av Bondevik og Mangerud (2002) viser at yngre dryas glasiale maksimum i Vest-Noreg fyrst vart oppnådd i slutten av yngre dryas mellom 11 600 og 11 700 kal år BP, og at isfronten starta på tilbaketrekkinga om lag 11 500 kal år BP. Det betyr at isfronten var ved sitt maksimum i 100 – 200 år. Dette er ulikt resten av Skandinavia der yngre dryas maksimum vart nådd tidlegare og tilbaketrekkinga var i gang før slutten av yngre dryas.

Dei kvartære avsetjingane er meir utstrakte i Os-området enn i dei fleste andre kystområde i Hordaland. Det har vorte utført fleire kvartærgeologiske undersøkingar i dette området blant anna av Undås (1963), Holvedahl (1964), Bondevik og Mangerud (2002) og Lohne et al. (2004)



Figur 1-5: Paleogeografisk rekonstruksjon av yngre dryas sitt maksimumsdekke i Os-området. Aarseth og Mangerud, 1974, noko modifisert av Bondevik og Mangerud, 2002.

Figur 1-5 viser ein rekonstruksjon av maksimum isdekke i yngre dryas i Os-området. Det var to brear som møttest i dette området. Ein i dalen nord mot Søfteland og ein i Fusafjorden. Det subglasiale smeltevatnet til breen i nord rann ikkje ut i sjøen ved Osøyri men vart ført ut i vest mot Ulvensletta og i passet mellom Ulvenfjell og Liafjell. Årsaka til dette kan vera at presset frå breen i sør gjorde at overflata til breen i nord hella mot vest (Bondevik og Mangerud, 2002). Ismarginavsetjingane ved Ulvensletta-Vaksinen markerer det glasiale maksimum under YD. Den horisontale avsetjinga ved Ulvensletta ligg på 58 m o.h. og vart avsett opp til eit relativt havnivå som var 58 m høgare enn i dag. (Aarseth og Mangerud, 1974; Bondevik og Mangerud, 2002) Marin grense ved Ulvensletta i Os er altså 58 m o.h.

1.3.5 Skredkjeldeområde

Kjeldeområda for steinsprang er hovudsakleg fjellskrentar med opptil 10 meter vertikal overflate. Andre stadar er skråningsgradienten så høg at fjellblotningar som sprekk opp kan fungera som kjeldeområde. Hovudkjeldeområda finn ein i Villelia, ved Grønhaugen og den vestlege skråninga i Liadalen.

1.3.6 Tidlegare skredhendingar

Frå skrednett sine sider er det ikkje registrert nokre tidlegare skredhendingar i feltområdet. Etter kort synfaring i området var det klart at steinsprang er ein aktiv prosess i store delar av feltområdet. Utanom steinsprang som har gått heilt ned mot bilvegane og jorda nedanfor Villelia, har steinsprangavsetjingane fått ligga i fred og vitnar såleis om tidlegare steinsprangaktivitet.

1.4 Termar

DBH = "Diameter Breast Height" eller diameter brysthøgde på norsk. Diameteren på utsida av barken ved brysthøgde som er definert som 1,37 m over bakken på den sida som vender mot eventuell skråning.

Talus = grove bergfragment som er akkumulert ved foten av ei klippe eller skråning; ur.

2 Skred og skredmekanismer

2.1 Definisjon av skred

I litteraturen finst det mange ulike definisjonar og namn på skred. Desse kan variera etter blant anna kva prosess som utløyser dei og kva materiale som er i rørsle. I denne oppgåva vert termen *skred* brukt som eit fellesuttrykk for raske masserørsler som opptrer i bratte skråningar med ulike typar kjeldemateriale i varierende grad og mengde, i samsvar med Blikra og Nemeč (1998) og Highland og Bobrowsky (2008).

2.2 Skredtypar

2.2.1 Steinsprang og fjellskred

Steinsprang er rørsle drive av gravitasjon av fragmentert bergart som er frigjort frå berggrunnen i ei skråning, i dei fleste tilfelle frå ein fjellskrent. Massen vert transportert nedover ved rulling, spretting eller gliding. Steinsprang er òg rørsle av eit isolert bergartsfragment som frå før er lausrive frå berggrunnen (Blikra og Nemeč, 1998; Dorren, 2003). Fragmenta flyttar seg ofte nedover i ein serie av samanstøytar med skråninga, noko som kan føra til deling av fragmentet, akselerasjon eller at den stoppar momentant (Blikra og Nemeč, 1998). Det er fleire faktorar som kontrollerer utlaupsdistansen til fragmentet, blant dei viktigaste er storleiken på fragmentet, forma og gradienten til skråninga (Parsons og Abrahams, 1987). Tunge bergartsfragment får høgare snøggleik, og flyttar seg dermed lengre enn mindre fragment. Dette fører til at avsetjingar frå steinsprang viser oppgroving nedover skråninga (Blikra og Nemeč, 1998). Steinsprang skjer oftast i skråningar med gradient $>45^\circ$ (Sletten et al., 2006) og snøggleiken på materialet som er i rørsle kan verta 5-30 m/s (Perret et al., 2004).

Fjellskred er utgliding langs eit underliggande plan av store fjellstykke som vert knust til grove blokker nedover fjellsida (Blikra et al., 1989; Braathen et al., 2004). Fjellskred kan nå snøggleikar på opptil 80 m/s (Voight, 1978) og kan frakta enorme blokker fleire kilometer vekk frå kjeldeområdet (Braathen et al., 2004). Det er desse skreda som har stått for dei verste naturkatastrofane ein kjenner til i Noreg. På det jamne har det vore 2-4 katastrofar knytt til fjellskred i Noreg kvart hundreår, dei fleste på Nordvestlandet (Furseth, 2006). Slike skred vert ekstra farlege når dei går ned i fjord eller vatn og dannar flodbølgjer (tsunami) som kan verta fleire hundre meter høge (Hyndmann og Hyndmann, 2006).

Norges Geotekniske Institutt (1977) definerer skilnaden mellom steinsprang og fjellskred ut i frå volumet på det utraste materialet. Steinsprang har volum opptil 100 m³ og fjellskred meir enn 10 000 m³. Skred med mellom 100 og 10 000 m³ utrast volum kallar dei for steinsprang. Braathen et al. (2004) derimot klassifiserer dei på bakgrunn av

utløysingsprosess. Oppsprekking i fjellet fører til at bergfragment vert heilt eller delvis fråskilt frå kjeldeområdet. Når drivkreftene overgår friksjonskreftene får ein steinsprang. Med denne klassifiseringa kan steinsprang ha volum på fleire millionar kubikkmeter. Fjellskred skjer i område med relativt låg gradient ($<45^\circ$) og med svakheitssoner. Overflateblokker glir ut langs reaktivererte underliggande plan.

2.2.2 Jordskred

Jordskred/grove massestraumar ("debris flows") er massar av stein, grus, sand og jord med varierende innhald av vatn som er i rørslé. Det høge vassinnhaldet gjer at jordskred har lågare friksjonskoeffisient og høgare mobilitet i forhold til andre skredtypar (Takahashi, 2007), og kan dermed ha mykje lengre utlaupsdistanse. Dersom vassinnhaldet er ekstra høgt vert det klassifisert som flaumskred. Flaumskred skjer oftast i nærleiken av små eller store bekkar/elver. For at det skal gå jordskred må normalt gradienten til skråninga vera over 30° , men i område utan vegetasjon kan det vera utløyst jordskred i skråningar ned mot 25° . Slike skråningar finn ein gjerne i fjellsider, og jordskred skjer gjerne dersom fjellsidene består av lausmassar i form av morene eller forvittringsjord (Sletten et al., 2006). Jordskred har ein tendens til å følgja kanalar nedover skråningane. Slike kanalar vert kalla skredbanar. Dersom det har gått fleire jordras vert det danna ei skredvifte i dalbotnen (Sletten et al., 2004).

2.2.3 Jordsig

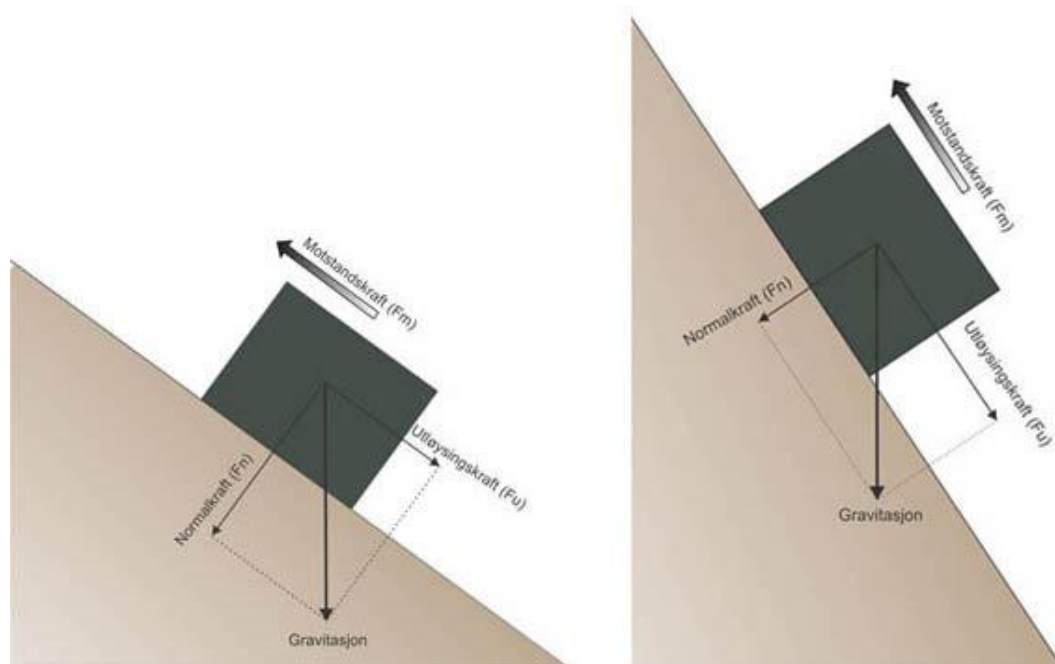


Figur 2-1: Jordsig i Liadalen

Jordsig eller kryp er jordmassar i veldig sakte rørslé, vanlegvis mindre enn 1 m i løpet av eit tiår (Highland og Bobrowsky, 2008), nedover ei skråning. Rørslé skjer på grunn av frysing og tining av vatn. Om vinteren frys dei øvste centimeterane med jord, for så å tine igjen om våren. Sidan vatn utvidar seg om lag 9% når det frys vil den vassfylte jordmassen bevega seg vinkelrett ut frå skråninga om vinteren. Når våren kjem tinar jordlaget og det vil søkka loddrett ned, og har dermed flytta seg noko nedover. Kryp kan føre til oppsprekking av grunnmur og vegar, eller skrånstille master og gjerder med meir. Kryp kan oppdagast ved at trestammer som veks i skråning med kryp får ei kurva form nedst (Figur 2-1) (Marshak, 2005).

2.3 Utløysingsmekanismer

Om ei skråning opplever skred eller ikkje, har med balansen mellom to krefter: krafta som verkar nedover, parallelt med skråninga (utløysingskraft), på grunn av tyngdekrafta og motstandskrafta som motverkar utgliding. Dersom utløysingskrafta overgår motstandskrafta vert det masserørsle. Figur 2-2 viser at utløysingskrafta aukar jo brattare skråninga er.



Figur 2-2: Kraftene som verkar på ei skråning

Når det gjeld utløysingsmekanismer er det viktig å skilja mellom naturlege og menneskeskapte utløysingsmekanismer. Her vert det fokusert på dei naturlege utløysingsmekanismene som er aktuelle for feltområdet.

2.3.1 Utløysingsmekanismer for jordskred

Når utløysingskreftene som verkar parallelt med skråninga vert sterkare enn motstandskreftene, begynner materialet å forskyva seg og flyta nedover som ei tett, viskøs veska (Blikra og Nemeč, 1998). For jordskred er det vatn som er viktigaste utløysingsmekanisme, og dette kjem anten frå nedbør eller snøsmelting. Når regnvatn infiltrerer jorda resulterer dette i auke i poretrykk og dermed forverring av skråningsstabiliteten (Wang og Sassa, 2001). I tillegg til høgare poretrykk, som er den viktigaste utløysingsfaktoren, fører vatn til: at mineral med bindande eigenskapar vert skylt vekk, auka forvitring, auke i vekta til jorda (Brunsdén, 1979) dessutan at kohesjon mellom

korna vert mindre når poreromma er heilt fylte (Marshak, 2005). I ei skråning innehaldande eit permeabelt lag øvst og eit mindre permeabelt lag under, vil vatn trengja inn i jorda til det når det mindre permeable laget og danna ei potensiell brotflata (Sandersen et al., 1996; Cornforth, 2005). Grunnvatnet bygger seg opp over det upermeable laget og renn ut ein stad lenger nede i skråninga. Denne kjelda vil kunne erodera seg bakover i skråninga og gjera massane over mindre stabile. Kraftig nedbør eller snøsmelting vil auka grunnvasspegelen og massane i skråninga kan verta så ustabile at dei flyt nedover som eit jordskred (Cornforth, 2005). Sandersen et al., samanlikna data frå vêrstasjonar opp mot registrerte skredhendingar i Noreg og fann at i kystklima, som på Vestlandet, kom dei fleste jordskreda i frå august til desember, som følgje av nedbør og av og til nedbør i kombinasjon med snøsmelting. Responstida til jordskred viste seg å vera typisk 4 – 10 timar.

Å fastslå kva som er kritisk nedbørsverdi for utløysing av jordskred er ikkje lett sidan tilhøva i skråningane varierer frå stad til stad. NGI har på bakgrunn av tidlegare skredhendingar komme fram til ein samanheng mellom nedbør og skred og meiner det er stor skredfare når eitt av desse krava er oppfylte:

- 5 % av gjennomsnitt årsnedbør fell i løpet av 12 timar
- 8 % av gjennomsnitt årsnedbør fell i løpet av 24 timar
- 24 % av gjennomsnitt årsnedbør fell i løpet av 48 timar

(Henta frå Bertelsen og Instanes, 2009)

I tillegg til vatn er det òg andre naturlege utløysingsmekanismer for jordskred; erosjon frå elvar og sjø, jordskjelv og reaktivering av gamle skred (Cornforth, 2005). Ofte vert jordskred utløyst av menneske. Vanlegaste feilen er at det vert laga ei fylling eller skjering i ei skråning. Ei fylling oppe i ei skråning vil gje ekstra vekt og drivkreftene vert difor større. Ei skjering i ei skråning vil ta vekk støtte frå skråninga og det vil difor lettare kunne skje utglidingar. Ein anna menneskeskapt utløysingsmekanisme kan vera flathogst av skog.

2.3.2 Utløysingsmekanismer for steinsprang og fjellskred

Som med jordskred er det vatn i lag med andre klimatiske faktorar som er viktigaste utløysingsmekanisme for steinsprang. Undersøkingar av Bjerrum og Jørstad (1966) og Sandersen et al. (1996) som inkorporerer skredhendingane til Bjerrum og Jørstad (1966), viser at dei fleste steinspranghendingane i Noreg skjer om våren og om hausten/tidleg vinter. Dei ulike klimatiske faktorane som har innverknad på steinsprang er frostsprenging, rennande vatn, porevasstrykk og temperaturvariasjonar (Bjerrum og Jørstad, 1966; Sandersen et al., 1996). I fylgje Bjerrum og Jørstad (1966) er dei to steinsprangmaksimuma vår og haust dei tidspunkta då temperaturen svingar rundt 0°C, og at frostsprenging er desidert den viktigaste årsaka til steinsprang. Sandersen et al. (1996) tileigner porevasstrykk òg ei viktig rolle som utløysingsmekanisme, i tillegg til frostsprenging, på bakgrunn av at om

våren er snøsmeltinga størst og om hausten/tidleg vinter er nedbørsmengda størst. Braathen et al. (2004) meiner òg det er porevasstrykk og frostsprenging som er dei viktigaste faktorane for steinsprang. Høgare porevasstrykk reduserer motstandskreftene i glideplanet i tillegg til at vekta av vatnet gir større utløysingskrefter (Carson og Kirby, 1972). I høve til jordskred har steinsprang oftast lengre responstid på nedbør. Sandersen et al. (1996) fann ut at det oftast var naudsynt med fleire dagar med vasstilførsel før vasstrykket hadde effekt på stabiliteten. Vidare var det ikkje alle steinspranga som kunne forklarast med nedbør og eller frostsprenging. Desse kan ha vorte utløyst av termisk ekspansjon av bergarten på grunn av høg temperatur, forvitring eller på grunn av rotsprenging. På verdsbasis er jordskjelv ein aktiv utløysingsmekanisme for steinsprang og fjellskred, men i Noreg er det ikkje målt jordskjelv som er kraftige nok til å utløysa skred.

Skilnaden på prosessane som utløysar fjellskred frå dei som utløysar steinsprang er at det er prosessar som verkar lenger ned i berggrunnen (Bjerrum og Jørstad, 1966; Sandersen et al., 1996). For fjellskred er det den langsame forverringa av glideplan i berggrunnen som er hovudutløysingsmekanismen. Fysisk og kjemisk forvitring i djuptgåande sprekkesystem vil over tid redusera friksjonskreftene. Dette i kombinasjon med høgt poretrykk og fryse/tineprosessar er avgjerande for utløysing av fjellskred (Braathen et al., 2004).

2.4 Stabiliserande faktorar

2.4.1 Vern mot jordskred/erosjon

Forvitring, vegetasjonsdekke og vatn er dei viktigaste faktorane som har innverknad på skråningsstabilitet i forhold til jordskred (Marshak, 2005). For at ei skråning skal vera sikrast mogeleg er det dermed viktig å ha kjennskap til desse faktorane.

Kjemisk forvitring løysar opp minerala og fysisk forvitring bryt bergfragmenta opp i fleire deler. Forvitring er ein kontinuerleg og saktegåande prosess. Ved å undersøka forvitringsgraden til berggrunnen i skråninga kan den fortelja om stabiliteten til skråninga (Hugget, 2009).

Vegetasjon kan ha både gunstig og ugunstig effekt på stabiliteten til ei skråning. Desse effektane kan delast inn i *hydrologiske* og *mekaniske* faktorar. Dei hydrologiske faktorane har med den hydrologiske syklusen å gjera, mens dei mekaniske faktorane har med dei fysiske mekanismane som oppstår mellom skråninga og blad og røter. Greenway (1987) listar opp desse ulike faktorane (Tabell 2-1).

Tabell 2-1: Effekten til vegetasjon på skråningsstabilitet. Frå Greenway (1987)

Hydrologiske faktorar	Effekt
1 Bladverk reduserer nedbøren som infiltrerer bakken ved absorbering og evaporasjon.	Gunstig
2 Røter gjer bakken meir ujamn og aukar permeabiliteten til jorda. Dette aukar infiltrasjonsevna.	Ugunstig
3 Røter trekk ut vatn frå jorda og fører det tilbake til atmosfæren ved transpirasjon. Fører til mindre porevasstrykk.	Gunstig
4 Tøming av vatn i jorda kan føra til utturkingsprekker som fører til høgare infiltrasjonsevne.	Ugunstig
Mekaniske faktorar	
5 Røter styrkar jorda og fører til aukande skjærstyrke.	Gunstig
6 Røter frå tre kan forankra i stabilt fjell og dermed betre halda jorda på plass.	Gunstig
7 Vekta til trea overlaster skråninga og aukar normal- og utløysingskrafta.	Ugunstig
8 Vegetasjon som vert påverka av vind overfører dynamiske krefter til skråninga.	Ugunstig
9 Røter bind jordpartiklar ved overflata og reduserer erosjon.	Gunstig

Alle faktorane som er lista opp i Tabell 2-1 gjeld ikkje i alle skråningar og dei ulike faktorane vil ikkje alltid bety lika mykje. Like viktig som å identifisera dei ulike faktorane er det dermed å kvantifisera dei. Tida det tek for vatn å renne gjennom ei skråning med vegetasjon er lengre i motsetnad til område utan vegetasjon. Der det er skog vert det mindre snø på bakken og snøsmeltinga går saktare enn på bar mark på grunn av skugge frå trea. I skråningar med bart fjell kan røter trenge inn i sprekker i bergarten og føre til steinsprang (Greenway, 1987). Vind og jordsig kan føra til at tre veltar og ein får rotvelt. Dette fører til auke i infiltrasjon av vatn og er ugunstig for skråningsstabiliteten i tillegg til at det kan utløyse jordskred og steinsprang (Rankka og Fallsvik, 2003). Bruk av vegetasjon i skråningar for å hindre erosjon og skred vert kalla ingeniørbiologi og vert meir og meir vanleg. I tillegg til å påverka stabiliteten til jorda i ei skråning kan skog verka som eit hinder mot steinsprang som losnar høgare oppe i skråninga, sjå avsnitt 2.4.2.

Sediment fylt med litt vatn aukar tiltrekkingskrafta mellom korna; større mengder vatn fyller poreromma fullstendig og held korna frå kvarandre (Marshak, 2005). Høgt grunnvatn er den vanlegaste årsaka til jordskred og god drenering er dermed det viktigaste ein kan gjera for å stabilisera ei skråning (Highland og Bobrowsky, 2008). Det er to ulike typar drenering; overflate- og undergrunnsdrenering. Overflatedrenering krev minimale inngrep og kostnadar og gjer markant auke i skråningsstabiliteten. Eit grøftesystem er enklaste måte å få overflatevatn raskt vekk frå det potensielt ustabile området. Undergrunnsdrenering er dyrare og meir krevjande å få til, vanlegaste metoden er å installera dreneringsrøyr i skråninga. God undergrunnsdrenering er viktig for å få

grunnvatnet effektivt vekk frå skråninga. Langsiktig drenering av grunnvatn frå snøsmelting og langvarig nedbør senkar grunnvasspegelen og gjer skråninga betre rusta for intense regnskurer (Rankka og Fallsvik, 2003) og aukar dermed skråningsstabiliteten.

2.4.2 Vern mot steinsprang

Fjellblotningar kan vera stabile i svært bratte skråningar. Det som er avgjerande for stabiliteten er avstanden og orienteringa til diskontinuitetar som sprekker, forkastingar og lagflater. Dersom hovudsprekkeretninga fell inn i skråninga er stabiliteten oftast bra. Dersom hovudsprekkeretninga derimot fell med skråninga er dette ugunstig for stabiliteten til blotninga (Cornforth, 2005)

At skog kan verka som vern mot steinsprang har vore kjent lenge. Fyrste skriftlege kjelda om dette stammar frå Alpane i 1333 der det var restriksjonar på bruk av skogen over ein landsby (Gerbore 1997 i Motta og Haudemand, 2000). Mesteparten av forskinga kjem frå Alpane og litteraturen er ofte på tysk, fransk og italiensk. I det siste er det publisert mykje om datamodellering av steinsprang, til dømes av Dorren et al. (2004b), Perret et al. (2004) og Bigot et al. (2009). Det er gjort fleire feltundersøkingar og modelleringar som har påvist at skråningar med skog har positiv effekt som vern mot steinsprang i forhold til skråningar utan skog. Perret et al. (2004) og Dorren et al. (2005) viser at ikkje berre stoppar fleire utløyste bergfragment i skogkledde skråningar, men at òg snøggleiken, energien og spretthøgda minkar betrakteleg. Skog i kjeldeområdet derimot har mest negative effektar mot vern av steinsprang. Røtene som veks inn i eksisterande sprekker i grunnfjellet vil utvida desse med å fungera som ein kile (Dorren et al., 2005) og i tillegg aukar kjemisk forvitring når det er røter tilstades (Jahn, 1988 i Dorren et al., 2005). Dorren et al. (2005) føreslår at alle tre som står over klipper i kjeldeområdet bør hoggast. I transport- og akkumulasjonsområdet er det litt ulike forslag til kor store trea bør vere for å effektivt stoppa steinsprang. Schwitter (1998) har som tommelfingerregel at DBH i gjennomsnitt bør vera $1/3$ av lengste avgjerande akse på det utraste bergfragmentet (Schwitter, 1998 i Dorren et al., 2005). Felteksperiment av Dorren et al. (2005) stadfestar dette. Eit sveitsisk forskingsprosjekt, NaIS-prosjektet, føreslår at dersom ein skog skal kunne verna mot rullande bergfragment med gjennomsnitt diameter på 0,95 m må skogen innehalda minst 200 tre per hektar med gjennomsnitt DBH på 36 cm (NaIS, 2003 i Dorren et al., 2005). Dorren et al. (2005) fann vidare ut at det var viktigare med tal på støyt enn effekten til samanstyten uttrykt i tapt energi. Eit stort bergfragment (t.d. $1,5 \text{ m}^3$) kan verta stoppa av eit lite tre med til dømes DBH på 10 cm, dersom den har treft eit større tre rett før. Det er difor viktigare med mange tre, enn berre store tre. Den optimale skogbestanden, som gjer mest vern mot steinsprang, inneheld tre i alle aldrar og ulike lag bestandar i skråninga (Dorren et al., 2004a). Felteksperimenta til Dorren et al. (2005) viste at bergfragment (snitt på 0,95 m) nådde destruktive snøggleikar etter 40 m i ei 38° skråning

utan skog. Dei føreslo at maksimum avstand mellom kjeldeområde og der skogen byrjar, i tillegg til mellom tre i skråninga burde vera 1,3 x gjennomsnitt trehøgde og ikkje meir enn 40 m. Sidan ein skog alltid er i kontinuerleg naturleg utvikling vil den ikkje alltid ha godt nok vern mot steinsprang. Når ein har fastslått at skogen sitt vern mot steinsprang er lågare enn det ein kunne ynskja, er det viktig å finna ut om den naturlege utviklinga vil forbetra eller forverra tilhøva (Motta og Haudemand, 2000).

3 Metodar

3.1 Feltkartlegging og datainnsamling

Det meste av feltarbeidet vart utført hausten 2010, men òg nokre dagar våren 2011. Sidan karta er ein viktig del av resultatet til oppgåva, er denne metoden særleg vektlagt. Metoden går ut på å gå grundig rundt i feltområdet for å registrera lausmassestypar med særleg fokus på skredavsetjingar. Avsetjingane vart skissert inn på kart i felt. For å vera mest mogeleg nøyaktig, er det nytta kart med UTM-koordinatar i lite rutenett i samband med GPS. På lokalitetar av større interesse er det notert grundig observasjon av lokaliteten. Fotografering er ein viktig del av kartleggingsdelen.

Til estimering av skogens sitt vern mot steinsprang er programmet Rockfor^{NET} nytta (sjå avsnitt 3.5). Programmet tar utgangspunkt i tal på tre per hektar. Sidan det aktuelle studieområdet for dette ikkje er 100 x 100 meter, og for enklare registrering vart det målt opp fleire område på 10 x 10 meter. For å få tal på tre per hektar er gjennomsnittet av desse områda gjort om til tre per hektar. Sidan alle tresortane som er observert i felt ikkje kunne setjast inn i programmet er tresortane sett i gruppa til tresorten dei slekta mest på. Følgjande vart registrert:

- Diameter på bergfragment som kan losna, alle dei tre aksane.
- Kva type form bergfragmenta som har losna har; sfærisk, disk, ellipse eller rektangel.
- Hellingsgrad til skråninga
- Lengd på skogen i skråninga
- Lengd på området utan skog mellom fjellveggen og toppen av skogen.
- Tal på tre per 10 x 10 meter i fleire uavhengige område
- Gjennomsnitt diameter brysthøgde. Rekna ut eit gjennomsnitt på bakgrunn av alle trea med DBH > 5 cm.
- Kva tresort dei ulike trea tilhøyrer.

3.2 GPS

Garmin GPSmap 60CSx vart nytta til feltarbeidet. Denne vart brukt til bestemming av UTM-koordinatar og høgde. I tillegg vart sporingsfunksjon brukt til å merka opp omrisset av ulike former i felt. På feltdagar vart altimeteret kalibrert mot havnivå i Os sentrum for mest nøyaktig avlesing.

3.3 Schmidthammar

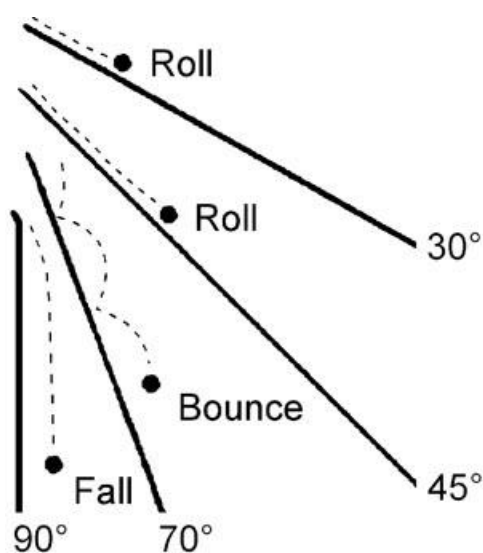
Schmidthammaren er eit verkty som opphavleg vart nytta til å testa hardleiken til betong (McCarroll, 1989). Det er eit lett (1 kg) og robust instrument som det er lett å ta med seg i felt.

Instrumentet målar rekylengda (R-verdi) til eit lodd, som er trekt opp av ei fjør, når den slår mot ei overflata. Resultatet har med hardleiken og dei elastiske eigenskapane til overflata. Hardare overflater gjev høgare avlesing på skalaen til schmidthammaren som går frå 10-100. Ser ein på holocen kan ein relatera hardleiken og elastisiteten til ein bergart med forvitring. Ein bergart som har gjennomgått forvitring over lang tid vil ha ei mjukare overflate enn ei fersk bergartsflate. Ved å gå ut i frå lineær forvittringsrate gjennom holocen, kan ein ved å måle med schmidthammar finna det relative alderstilhøvet mellom to bergartsoverflater av same litologi. Seinare vart metoden vidareutvikla til å gje kalibrert eksponeringsalder, dvs år sidan overflata var fersk, blant anna av Nesje et al. (1994), Aa og Sjøstad (2000), Shakesby et al. (2006) og Shakesby et al. (in press). For at dette skal vera mogeleg må ein ha nokre overflater av kjend alder som ein gjer målingar på. Sidan ein kan sjå på forvitringa gjennom holocen som lineær kan ein trekka ei linje mellom dei kjende overflatene. Når ein så gjer målingar på overflater med ukjend alder kan ein plote gjennomsnittslaget inn på linja og dermed lesa av alder. Nesje et al. (1994) brukte R-verdiar til fire overflater av kjend alder i Norangsdalen til å datera skredavsetjingar av ukjend alder. For mest mogeleg nøyaktig alder er det viktig å minimera dei faktorane som ikkje er aldersrelaterte (Shakesby et al., in press). Av desse faktorane er det litologien som er viktigast. Både McCarroll (1989) og Shakesby et al. (2006) fann at berre små variasjonar i litologi gav store skilnader i R-verdi. I tillegg er det viktig at hammaren vert helde vertikalt og brukt på horisontale overflater. Vidare bør ein unngå å ta målingar frå kanten av blokker, opne sprekker eller våte overflater (Shakesby et al., 2006).

Til feltarbeidet er det nytta ein schmidthammar type N. Dette er originalhammaren og det er vist at den er robust og krev minimalt med vedlikehald (Shakesby et al., 2006). Det vart gjort målingar på blokker av same litologi (dioritt, dels lagdelt med gabbro) i steinsprangavsetjingar. For å få aldersestimat til steinspranga vart det målt forvittringsgrad på overflater med 'kjend' alder: på overflater som har vore eksponert sidan slutten av yngre dryas (lokalitet 1, avsnitt 1.1); på ferske overflater frå Hjelle der det er sprengt vekk fjell (lokalitet 2 avsnitt 1.1). Avhengig av lokalitetane varierer talet på R-verdiar som er samla inn. Til høvesvis ung og gamal referanse vart det tatt 3 og 4 seriar på 50 R-verdiar. På enkeltblokker vart det målt så mange R-verdiar som gjekk an på overflater som oppfylte krava til god måling. R-verdiane vart målt på omtrentleg horisontale overflater som var mose- og lavfrie og av same litologi. Aldrane vart rekna ut ved å bruka gjennomsnitt R-verdi frå referanselokalitetane og å bruka 2x standardfeil (95% konfidensintervall) ved kvar lokalitet (sjå Figur 4-41).

3.4 Bestemming av utlaupsdistanse til steinsprang

Fleire faktorar spelar inn på kor langt eit steinsprang når før all energien er brukt opp, og blokka stoppar. Blokka si moglegheit til å nå langt ligg i utgangspunktet i den potensielle energien blokka har i kjeldeområdet ($E=mgh$) (Domaas, 1985). Massen og fallhøgda til blokka er difor avgjerande for utløpsdistansen til blokka. Ei blokk kan verta transportert vekk frå kjeldeområde ved fritt fall, spretting og rulling. Figur 3-1



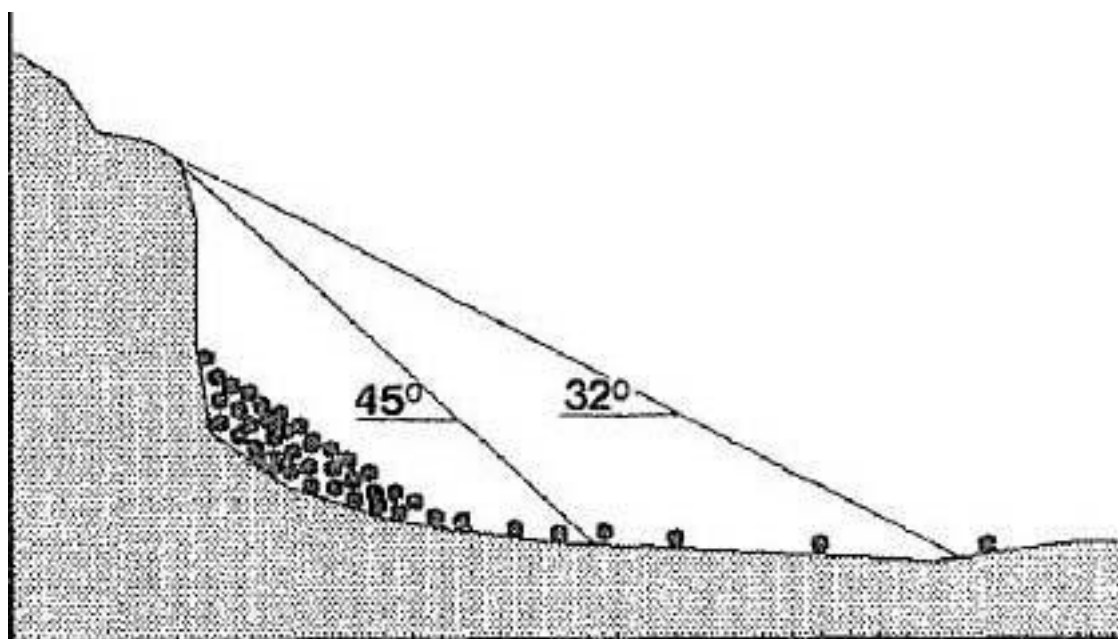
Figur 3-1: Dei ulike rørsletypene til bergfragment nedover ei skråning. Frå Dorren (2003)

viser dei ulike rørsletypene som stein og blokker kan ha nedover ei skråning. Ei blokk kan halda fram med å rulla heilt til skråningsgradienten vert under 30°. I tillegg til skråningsgradienten er materialet som dekker skråninga, t.d. jord, skredavsetjingar og vegetasjon viktig for snøggleiken til steinspranga. Små blokker vert bremsa opp tidlegare fordi dei har mindre kinetisk energi enn større blokker. I tillegg har dei større sjanse for å verta bremsa i holromma til større blokker og lar seg enklare stoppa av skog (Dorren, 2003). Domaas (1994) påpeiker at forma til steinen eller blokka òg er avgjerande

for kor langt den når. Runde bergfragment med diskform vil oftast flytta seg lengst. Dersom bergfragmentet er elliptisk, og den korte aksen er mindre enn halvparten av den lange aksen vil utlaupsdistansen òg vera lang, men noko mindre enn for bergfragment med diskform. Kanta bergartar fører til mange små energitap på grunn av samanstøyt med skråninga, noko som kortar ned utlaupsdistansen.

Det er laga fleire modellar til utrekning av utlaupsdistanse av steinsprang, men ingen for små skrentar. Domaas (1994) laga empiriske modellar som rekna ut maksimum utlaupsdistanse på bakgrunn av enkle topografiske parameter ut i frå 123 steinsprangobservasjonar. Seinare laga Keylock og Domaas (1999) fire nye modellar på bakgrunn av dei same steinsprangobservasjonane. Observasjonane er frå fjellveggar med mellom 50 og 750 meter fritt fall. Høgste fjellveggen i feltområdet er om lag 10 m høg. Modellane tar utgangspunkt i større fjellveggar og større talusskråningar enn det ein finn i feltområdet og kan difor ikkje brukast. Domaas (1985) fann at 90% av alle steinsprang vil stoppa innanfor punktet der ein vinkel (β) på 32°, ut frå øvste punkt på kjeldeområdet kryssar profilet (Figur 3-2). Dette var på bakgrunn av steinsprang frå fjellveggar under 100 meter. Domaas (1994) brukte $\beta = 30^\circ$ som eit estimat på lengste rekkevidde for steinsprang

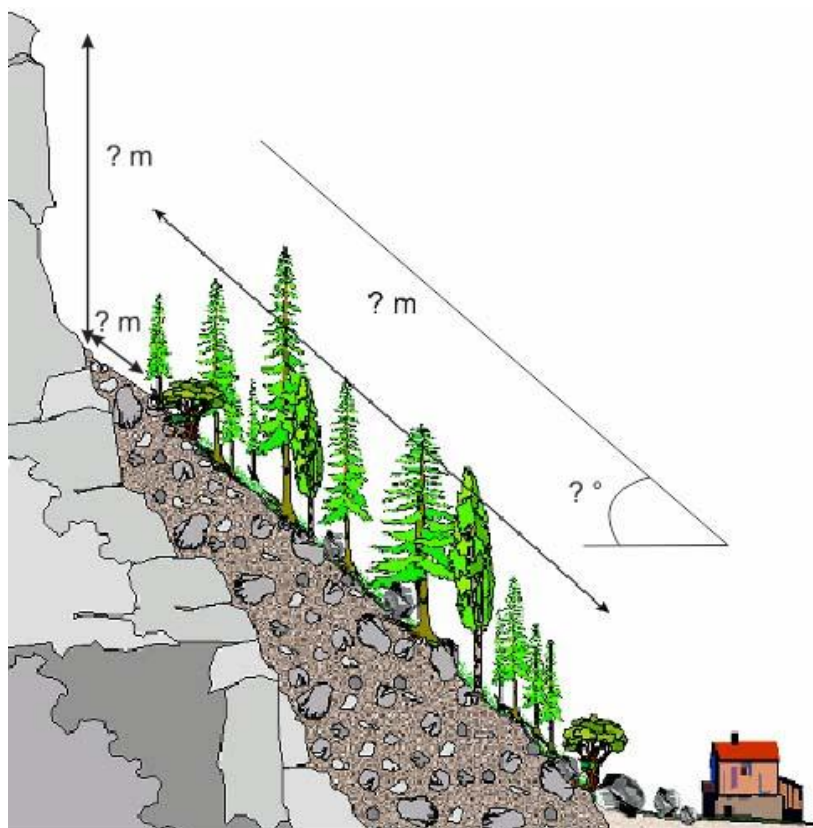
for fjellveggar under 100 m. Denne metoden er testa ut på lokalitetar i feltområdet og er med på å bestemma utlaupsdistansane frå dei ulike kjeldeområda.



Figur 3-2: Utlaupsdistanse for 50% (45°-linje) og 90% (32°-linje). Frå Toppe 1987

3.5 Rockfor^{NET}

Rockfor^{NET} (tilgjengeleg frå <http://www.ecorisq.org/en/rockfornet.php>) er eit program som er utvikla av Frédéric Berger og Luuk K.A. Dorren som begge har forska mykje på skog som vern mot steinsprang. Dei utvikla programmet fordi det tidlegare ikkje eksisterte eit program som kunne kalkulera denne vernande eigenskapen til skog på bakgrunn av eit lite og enkelt datasett, og som i tillegg er enkelt å bruka. For å kalibrera dei ulike parameterane som er brukt i utrekningane til programmet, vart det sett i gang ekte steinsprangeksperiment i dei franske Alpane. Grundig testing viste at det var areal okkupert av tre, storleiken til bergfragmenta, lengda på skogen, tresorten og den kinetiske energien, (som i stor grad avhenger av skråningsgradienten), som er avgjerande for skogen sitt vern mot steinsprang. Figur 3-3 forklarar dei ulike inndataparameterane som trengst. Programmet ser på den eksisterande skogen som fleire sekvensar med opne nett som inneheld rader med tre, kalla gardiner. Programmet reknar ut den totale energimengda som eit bergfragment i fri rørsle kan oppnå. Deretter vert det rekna ut kor mykje energi kvar gardin kan fjerna og kor mange gardiner som trengst for å fjerna all energien til bergfragmentet. Tal på gardiner som trengst for å stoppa bergfragmenta vert rekna om til kor mykje areal skogen må bruka, ved hjelp av DBH-registreringane. Ved å måle forskjellen på dette teoretiske arealet som trengst for å stoppa alle bergfragment og det faktiske arealet, får ein eit anslag på kor mykje skogen vil verna (Berger og Dorren, 2007).



Figur 3-3: Viser korleis ein målar dei ulike inndataa. Noko modifisert frå Berger og Dorren (2007)

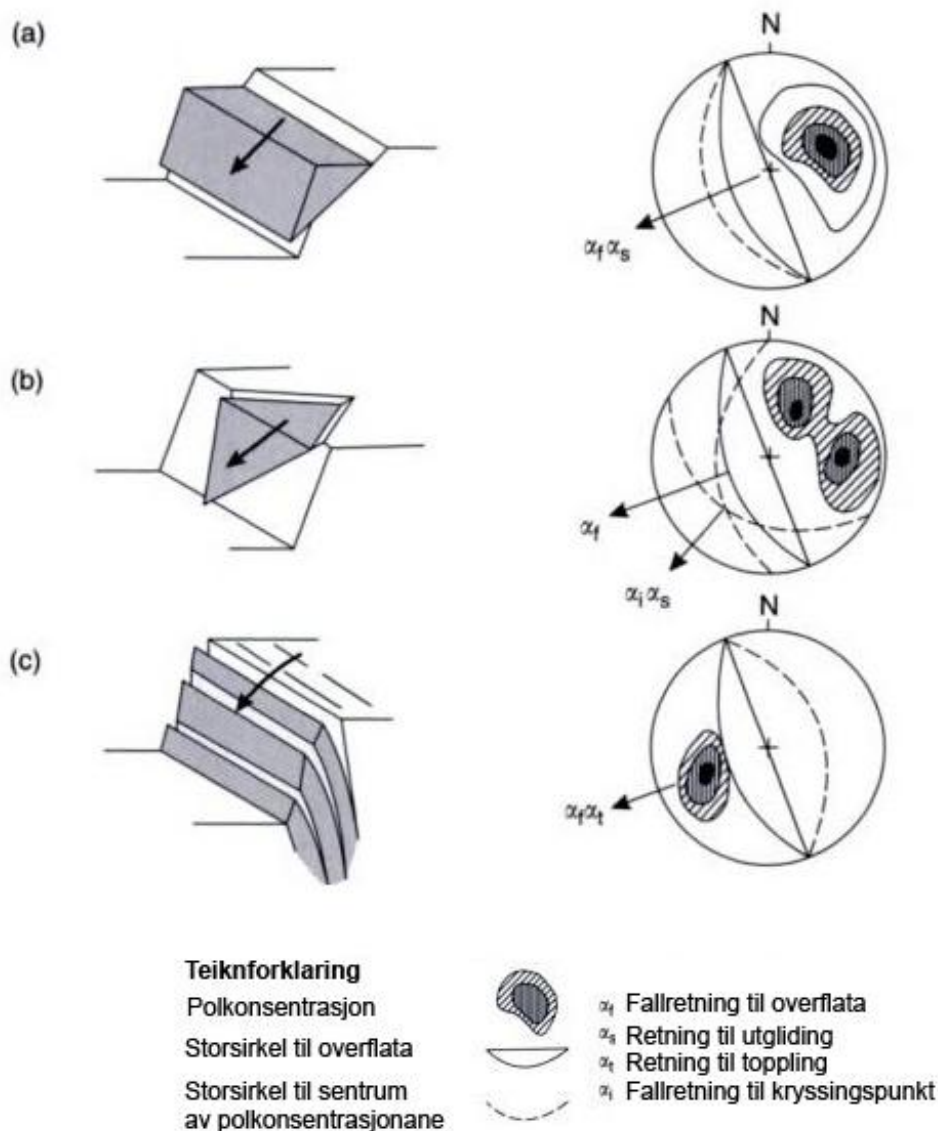
3.6 Kompass (strøk og fall)

Silva Expedition 15TDCL kompass vart brukt til strøk- og fallmålingar på potensielle kjeldeområde i feltområdet i tillegg til måling av skråningsgradient.

3.7 Stereonett

Stereografisk prosjektering går ut på at tredimensjonale data kan framstillast i to dimensjonar. Ved å fjerna ein dimensjon kan plan framstillast som linjer og linjer som punkt på stereonettet (Wyllie og Mah, 2004). Stereonett som viser ekvatorialt likt areal, kalla schmidtnett, vert brukt i oppgåva til å projeksjon diskontinuitetar i potensielle kjeldeområde for steinsprang. Ved å plotta storsirklar til diskontinuitetar i lag med bergoverflata kan ein finna forma til blokker og i kva retning dei kan gli ut (Wyllie og Mah, 2004). Figur 3-4 viser ei forenkla oversikt over dei ulike hovudtypane utgliding av blokker frå skråningar, og dei ulike strukturgeologiske tilhøva som er årsak til brota. For at det skal oppstå enten plan- eller kilebrot er det naudsynt at fallet til glideplanet, når det er snakk om planbrot, eller fallet til krysspunktet ved kilebrot, er mindre enn fallet til bergoverflata. Elles vil ikkje glideplanet koma ut i dagen ved bergoverflata (Wyllie og Mah, 2004). I tillegg til dette må fallet til

glideplanet vera større enn friksjonsvinkelen til bergarten (Dorren et al., 2004b). Friksjonsvinkelen er den høgste vinkelen som motverkar utgliding i eit glideplan og er lokalitetsavhengig (Hoek, 2007). Friksjonsvinkelen vert funne ved å testa skjerstyrke i laboratorieundersøkingar. Hoek (2007) har laga ein oversikt over målt skjerstyrke for ulike bergartar og for skifrig sandstein er den 32° . Dette vert brukt som eit estimat for friksjonsvinkel i dei stereonetta som er framstilt frå sandsteinsområda i felt. I stereonetta vert friksjonsvinkelen teikna inn som ein friksjonssirkel på 32° . Det kritiske området vert då området innanfor friksjonssirkelen avskore av overflata til fjelloverflata, sjå Figur 4-24-B for døme.



Figur 3-4: Hovudtypane av utgliding av blokker i skråningar og dei strukturgeologiske forholda som forårsakar brota: (A) Planbrot når sprekkesystemet fell ut frå skråningsoverflata og er parallell med overflata; (B) Kilebrot når to diskontinuitetar kryssar, og (C) topplingbrot når fjellet har diskontinuitetar som fell bratt inn i overflata. Noko modifisert frå Wyllie og Mah (2004)

3.8 Geografisk informasjonssystem (GIS)

Lausmassekartert er produsert i ESRI ArcMap 9.3.1. Os kommune stod for datagrunnlaget som kartet er bygd opp rundt. Dei data som vart nytta i denne oppgåva er 1 og 5 m kotar og oversikt over hus og veg. For overføring av GPS-punkt til ArcMap vart programmet DNR Garmin nytta. I tillegg til å teikna lausmasseavsetjingar er ArcMap nytta til å rekna ut skråningsgradientar, finna høgde over havet og til eksakte avstands- og arealmålingar.

3.9 Metodar som ikkje er brukt

Flyfoto er ikkje brukt til kartlegging fordi målestokken til bileta vert for liten til å kunna brukast til detaljkartlegging.

4 Datapresentasjon

I dette kapitlet vert det presentert feltobservasjonar, schmidthammarresultat og resultat frå skogen sitt vern mot steinsprang. Dette dannar grunnlaget for faresonekarta og diskusjonen i kapittel 5. Fyrst vert dei ulike kartsymbola definert.

4.1 Definisjon av kartsymbol

Til definering av lausmassar vert det tatt utgangspunkt i NGU-standarden for kvartærgeologisk kartlegging (Bergstrøm et al., 2001). Sidan lausmassetkartet (vedlegg 1) er i mindre målestokk enn kva NGU opererer med, er det ein del skilnadar. Der NGU brukar fargen for bart fjell berre der det er bart fjell av tilstrekkeleg storleik vert det i denne oppgåva teikna inn fargen for bart fjell i alle blotningar over nokre kvadratmeter. Symbolet for liten fjellblotning vert altså ikkje brukt. Årsaka til dette er at det er eit detaljkart i stor målestokk der fjellblotningar spelar ei viktig rolle som kjeldeområde.

Bart fjell er område med grunnfjell i dagen med ingen eller tynt usamanhengande lausmassedekke.

Forvittringsmateriale, usamanhengande/tynt dekke er lausmassar som er danna av kjemisk eller mekanisk nedbryting på flater eller svake skråningar. Mindre enn 0,5 m, men kan vera lokalt tjukkare.

Morenedekke, usamanhengande/tynt dekke er område med grunne moreneavsetjingar. Normalt mindre enn 0,5 m, men kan vera lokalt tjukkare.

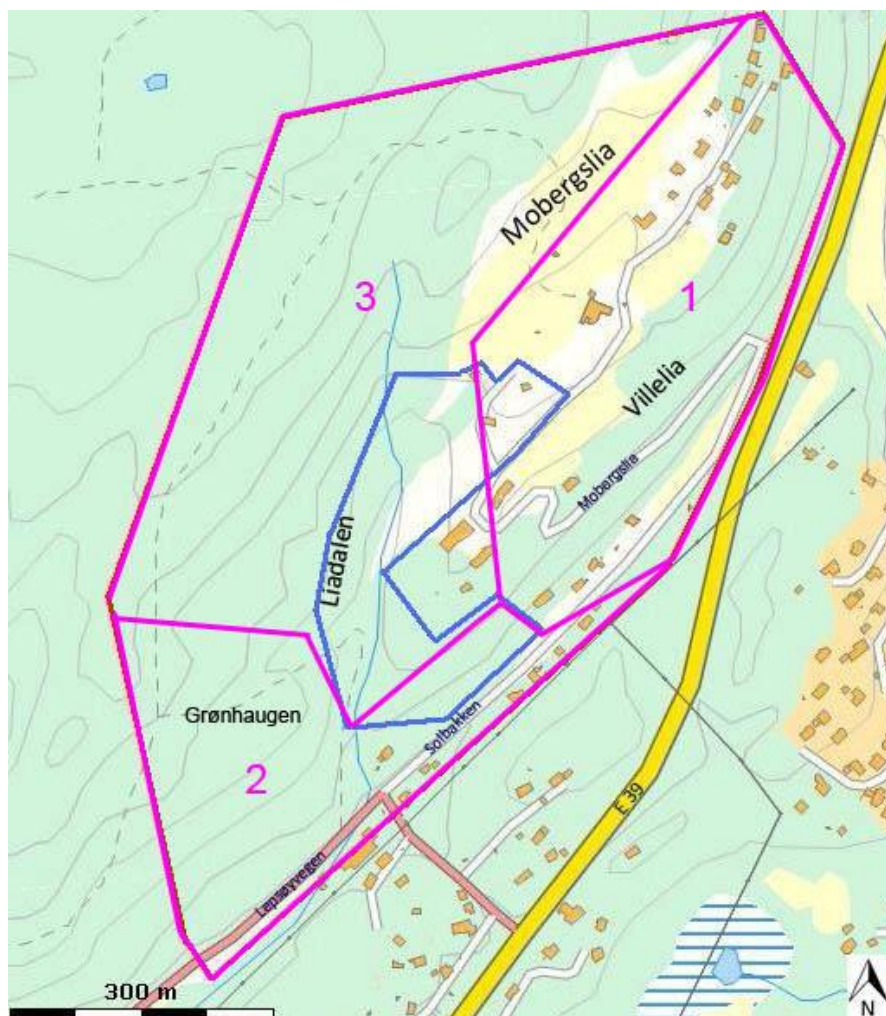
Skredmateriale, samanhengande/tynt dekke vert brukt på avsetjingar frå steinsprang, fjellskred, snøskred og lausmasseskred frå bratte dalsider. Eige symbol for skredtype.

Skredmateriale, usamanhengande/tynt dekke vert brukt på grunne avsetjingar frå steinsprang, fjellskred, snøskred og lausmasseskred. Eige symbol for skredtype.

4.2 Feltobservasjonar

Feltet er delt inn i tre område: Villelia, Grønhaugen og Liadalen. I mangel på andre stadnamn har områda noko større utbreiing enn kva stadnamna dekker. Figur 4-1 viser inndelinga til dei ulike områda. Lokalitetane er valde på bakgrunn av følgjande kriterium: få med lokalitetar som utgjer størst fare med tanke på skred; få med geografisk spreidde lokalitetar slik at heile feltområdet vert representert; få med eigne lokalitetar som vert brukt til schmidthammarresultat og til skogen sitt vern mot steinsprang; få med lokalitetar som

definerer lengste utlaupsdistanse for steinsprang; få med lokalitetar som er viktige for diskusjonen. Meterstokken som visast på nokre av bileta er 1 m lang, og dei svarte og kvite områda på meterstokken er alle 20 cm. For lokalitetane som viser profil er profilane laga i GIS basert på 1 m koteintervall. Topografien mellom kotane kjem difor ikkje fram i profilet og vertikale fjellveggar vert difor ikkje framstilt optimalt. Dei fleste fotografia er tatt av forfattaren, men nokre er tatt av Sondre Smeland.



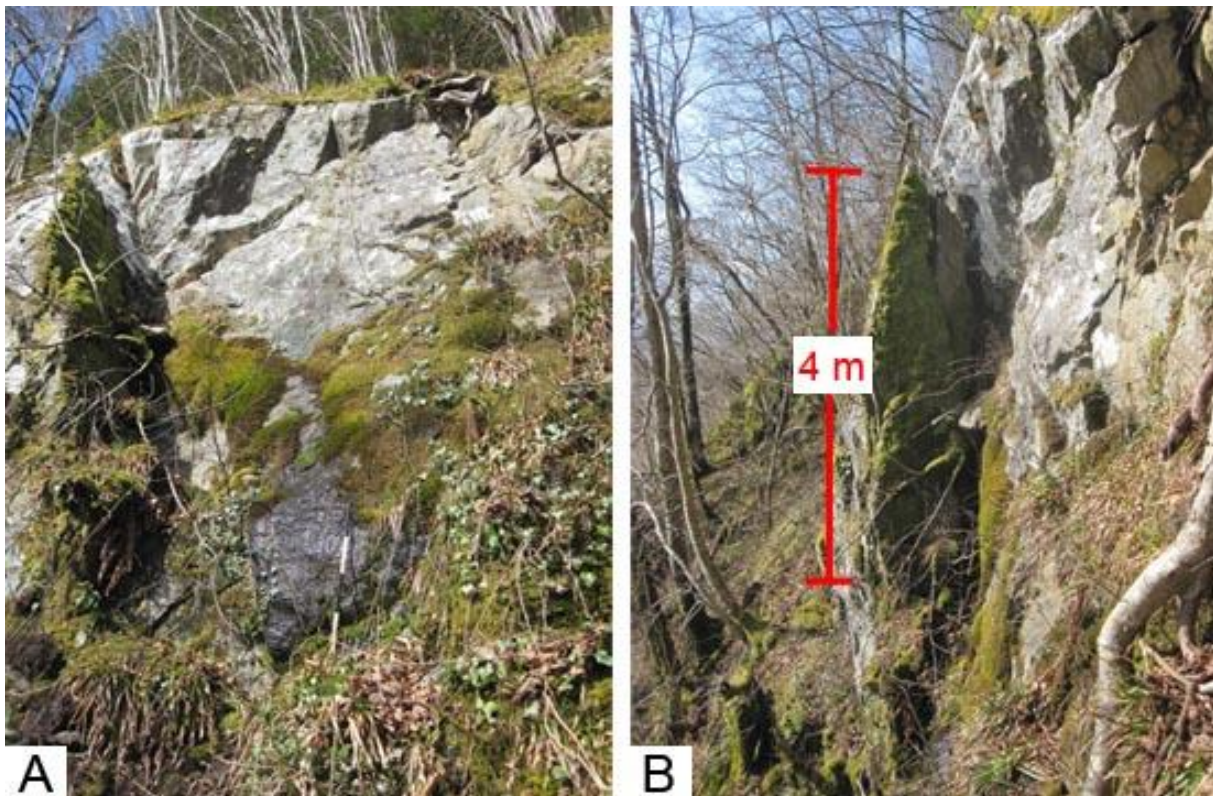
Figur 4-1: Feltområdet med inndelinga til dei ulike områda i lilla: 1 er Villelia; 2 er Grønhaugen; 3 er Liadalen. Høyringsutkastet er merkt i blått

4.2.1 Område 1 Villelia

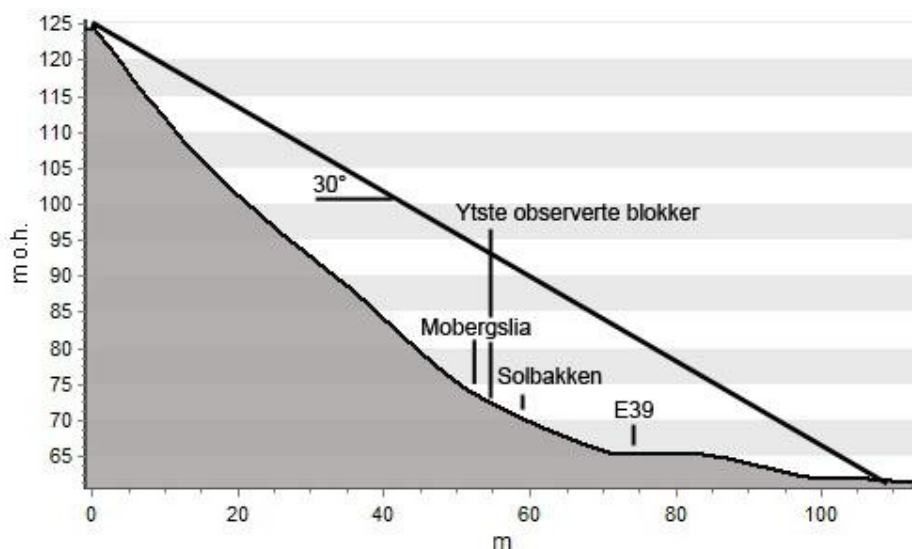
Villelia 1 UTM 0303050 6676500, 120 m o.h.

Lokaliteten er ein 7 meter høg fjellvegg. Figur 4-2-A viser øvste del av fjellveggen. Heilt øvst er det veldig friske flater og ujamn overflate. Lenger nede er overflata meir intakt og dekt av mose. Fjellveggen heller 17° innover i skråninga og det er 50 meter ned til *Mobergslia*. I kjeldeområdet er det eit fjellstykke som ser ut til å vera omtrent heilt laust frå resten av fjellet (Figur 4-2-B). Denne blokka er ca 4 x 2 x 1 m og har ein stor sprekk i bakkant inn mot

fjellveggen. Sprekken ser ut til å vera minst 4 meter lang, og blokka er truleg festa til grunnfjellet under dette. Skråninga under fjellveggen har tjukk vegetasjon av ask, alm, eik, or, hassel og rogn. Skråningsgradienten er i snitt 47° mellom kjeldeområdet og *Mobergslia*, men er enkelte stadar over 60° . Like under fjellveggen ligg det ingen lause blokker, men nedover i skråninga er det fleire stadar det ligg blokker som har stoppa i tre. Fleire av desse har ferske overflater og vert observert heilt ned til *Mobergslia*. Dei ytste blokkene ligg mellom *Mobergslia* og *Solbakken*. Figur 4-3 viser profilet frå kjeldeområdet og nedover skråninga.



Figur 4-2: (A) Kjeldeområde Villelia. Blokk med stor sprekk i bakkant til venstre. (B) Stor blokk med sprekk bak sett frå sida



Figur 4-3: Profil frå kjeldeområdet og nedover skråninga. 30°-linja er teikna inn som estimat for lengste utlaupsdistanse

Tolking:

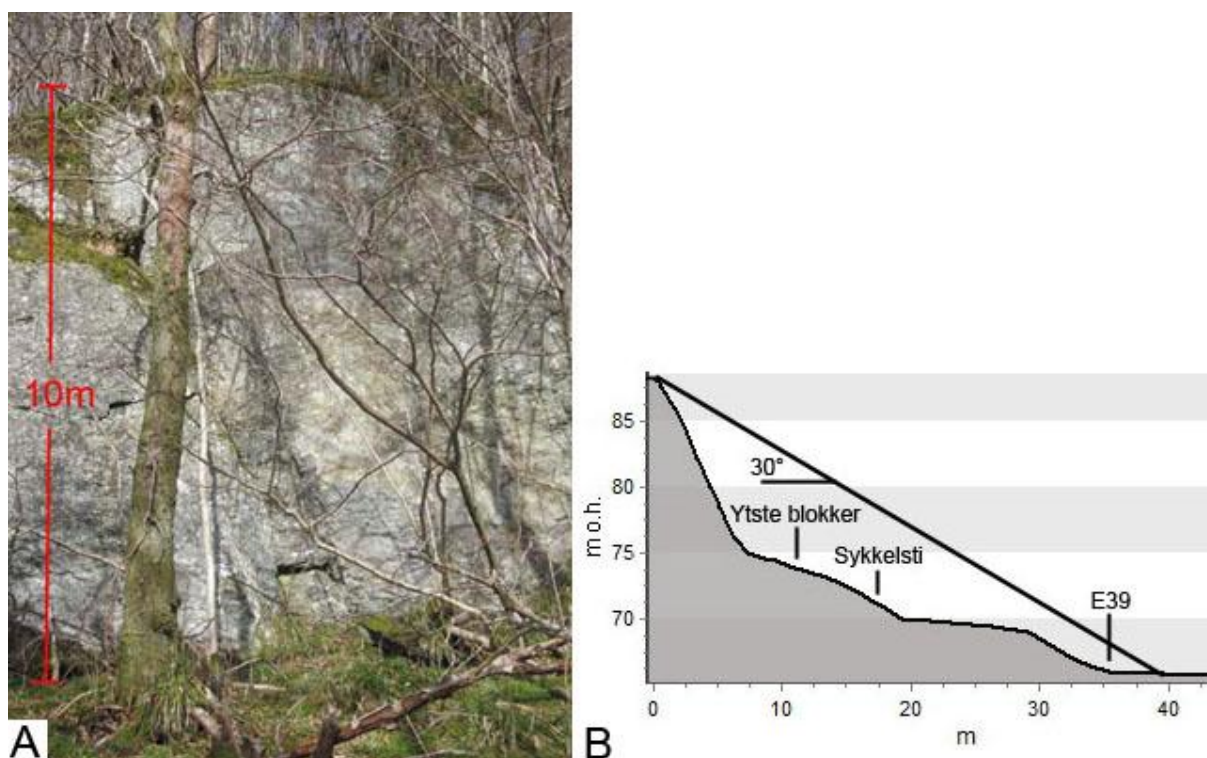
Fjellveggen er eit aktivt kjeldeområde for steinsprang i Villelia. Ferske overflater i fjellveggen og ferske blokker i skråninga under tyder på at det hyppig førekjem steinsprang. Skogen ser ut til å stoppa fleire av steinspranga, men mange vert transportert gjennom heile skogen. Den 4 meter høge blokka ser ut til å vera svært ustabil, og vil koma langt når den får fart nedover den bratte skråninga. Storleiken på blokka gjer at dei minste trea truleg ikkje vil kunna stoppa den. Lengste utlaupsdistanse er estimert til å vera om lag 30 m forbi E39. Dei ytste observerte blokkene ligg mellom *Mobergslia* og *Solbakken*, men blokker som har gått lengre kan ha vorte fjerna. På grunn av den høge skråningsgradienten vil blokker som har unngått kontakt med tre kunne spretta over *Mobergslia*. Lengste utlaupsdistanse er tolka til å vera ved E39.

Villelia 2 UTM 0303112 6676527, 79 m o.h.

Lokaliteten er ein 10 meter høg fjellvegg av skifrig sandstein (Figur 4-4-A) 30 m nord for der *Solbakken* svingar opp mot toppen av *Mobergslia*. Frå veggen er det om lag 15 meter til sykkelstien og 35 meter til E39. Under fjellveggen ligg det enkelte blokker opptil tre meter frå fjellveggen, der den største har måla 2,5 x 1,5 x 0,5 (1,9m³). Fjellveggen heller 20° ut frå skråninga og det vert tatt strøk- og fallmåling av dei to hovudsprekkesystema og lagdelinga til fjellet. Tabell 4-1 og Figur 4-5 viser resultatata frå strøk- og fallmålingane. Figur 4-4-B viser profilet frå toppen av fjellveggen til E39 med 30°-linja som estimat for lengste utlaupsdistanse. Gjennomsnitt skråningsgradient frå botnen av fjellveggen til flata før E39 er om lag 20°.

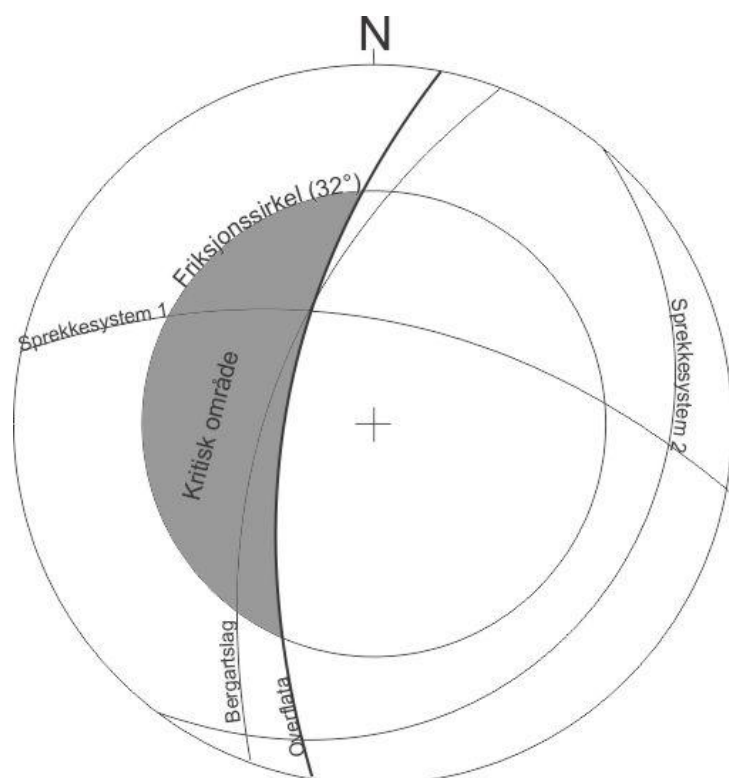
Tabell 4-1: Strøk- og fallmålingar frå dei viktigaste flatene i kjeldeområdet

Flatetype	Strøk	Fall
Overflata til fjellvegg	190°	70°
Bergartslag	200°	66°
Sprekkesystem 1	281°	68°
Sprekkesystem 2	038°	22°

**Figur 4-4: (A) 10 meter høg fjellvegg. (B) Profil frå topp av fjellveggen til E39***Tolking:*

Fjellveggen vert tolka til å vera eit potensielt kjeldeområde for steinsprang. Sidan det ligg enkelte blokker under fjellveggen, tyder det på at det har rast ut blokker her før. Figur 4-5 viser stereografisk prosjektering av hovudsprekkeretningane i lag med overflata og lagdeling til bergarten. Frå stereoplottet kan ein sjå at sprekkesystem 1 og bergartslag kryssar i eit punkt med fallvinkel som er akkurat mindre enn fallet til overflata til bergarten. Dette punktet ligg innanfor det kritiske området som er avgrensa av friksjonsvinkelen på 32° for bergarten. Dette krysspunktet vil føre til kilebrot. Når i tillegg sprekkesystem 2 fell 22° inn i skråninga vil dette fungera som tak for dei potensielle kileforma blokkene som vil detta ut. Profilet (Figur 4-4-B) viser at utlaupsdistansen for steinsprang går rett forbi E39 som ligg omtrent 30 meter aust for fjellveggen. Det er høgda på fjellveggen som gjer at estimert utlaupsdistanse vert så lang. Den reelle utlaupsdistansen vert tolka til å vera kortare enn den

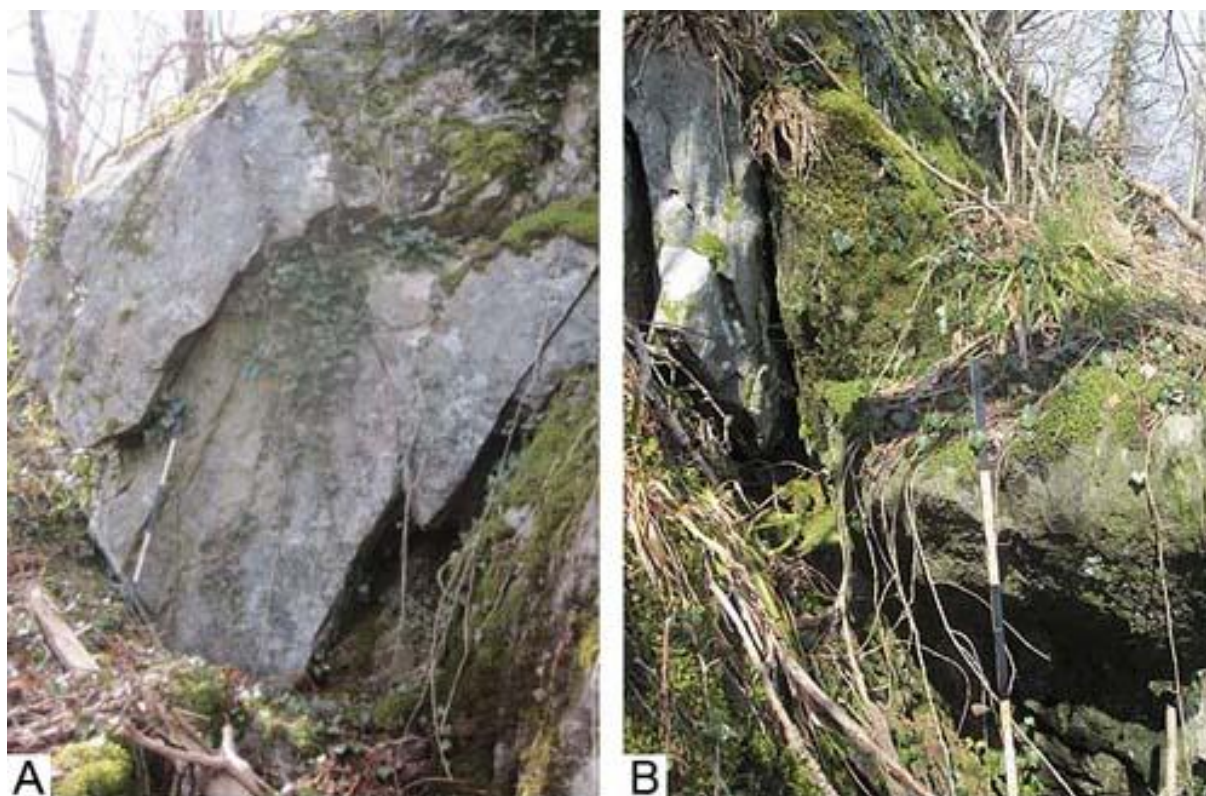
som 30°-linja viser. Dei ytste blokkene som er observert ligg 3 meter frå fjellveggen. Sjølv om blokker som har gått lengre kan vera rydda vekk, verkar det som at blokkene som losnar ikkje flyttar seg langt frå der dei losnar. Det at overflata på fjellveggen heller utover frå skråninga gjer at blokkene som losnar fell rett ned utan å treffa lågare delar av fjellveggen. Skråningsgradienten under fjellveggen er ikkje høg nok til at blokkene kan rulla, og når blokkene ikkje har fartsretning ut i frå skråninga vil dei ikkje nå langt. Lengste utlaupsdistanse frå dette kjeldeområdet vert tolka til å vera ved sykkelstien.



Figur 4-5: Stereoplott av dei viktigaste flatene i kjeldeområdet

Villelia 3 UTM 0303027 6676421, 97 m o.h.

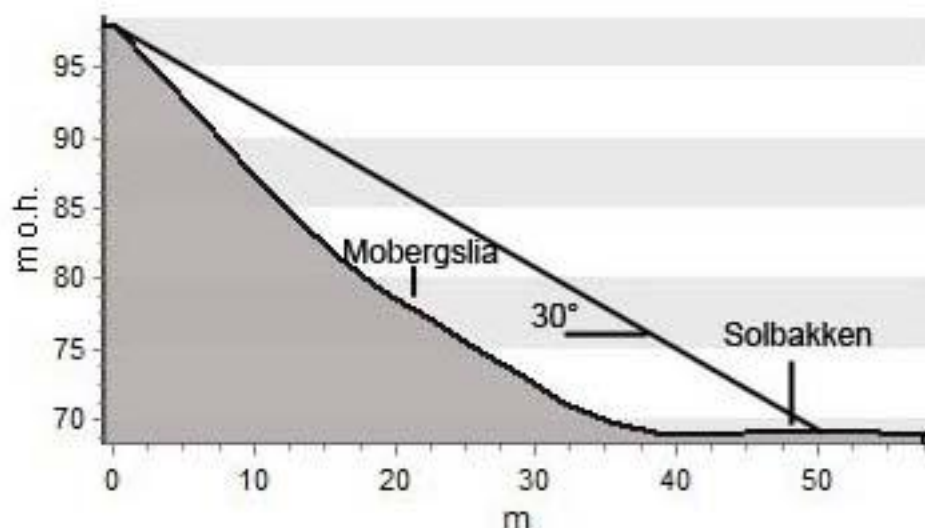
Lokaliteten er ein tre meter høg fjellblotning i Villelia naturreservat som har fleire store sprekker (Figur 4-6-A). Det ser ut til at to blokker er nesten totalt losna frå grunnfjellet på grunn av sprekkesystemet som går i fleire retningar. Bak blokka til venstre er det ei 7 cm brei sprekk som går over 1 meter inn bak blokka (Figur 4-6-B). Venstre blokk har måla 3 x 3 x 1 meter og høgre blokk har måla 2,5 x 2 x 1 meter. Fjellblotninga ligg ca 20 meter NV frå *Mobergslia* og skråningsgradienten mellom fjellblotninga og vegen er 57°. Skråningsgradienten mellom fjellblotninga og *Solbakken* er 32°. Området mellom fjellblotninga og *Mobergslia* har ung lauvskog og fleire eldre tre som har rotvelta (Figur 4-7). Figur 4-8 viser profilet frå kjeldeområdet og nedover skråninga.



Figur 4-6: (A) Fjellblotning som viser sprekker og to potensielle blokker for steinsprang. (B) Sprekker bak venstre blokk



Figur 4-7: Vegetasjonen i skråninga mellom kjeldeområdet og *Mobergslia*. Fotografi tatt frå *Mobergslia* og NV mot kjeldeområdet



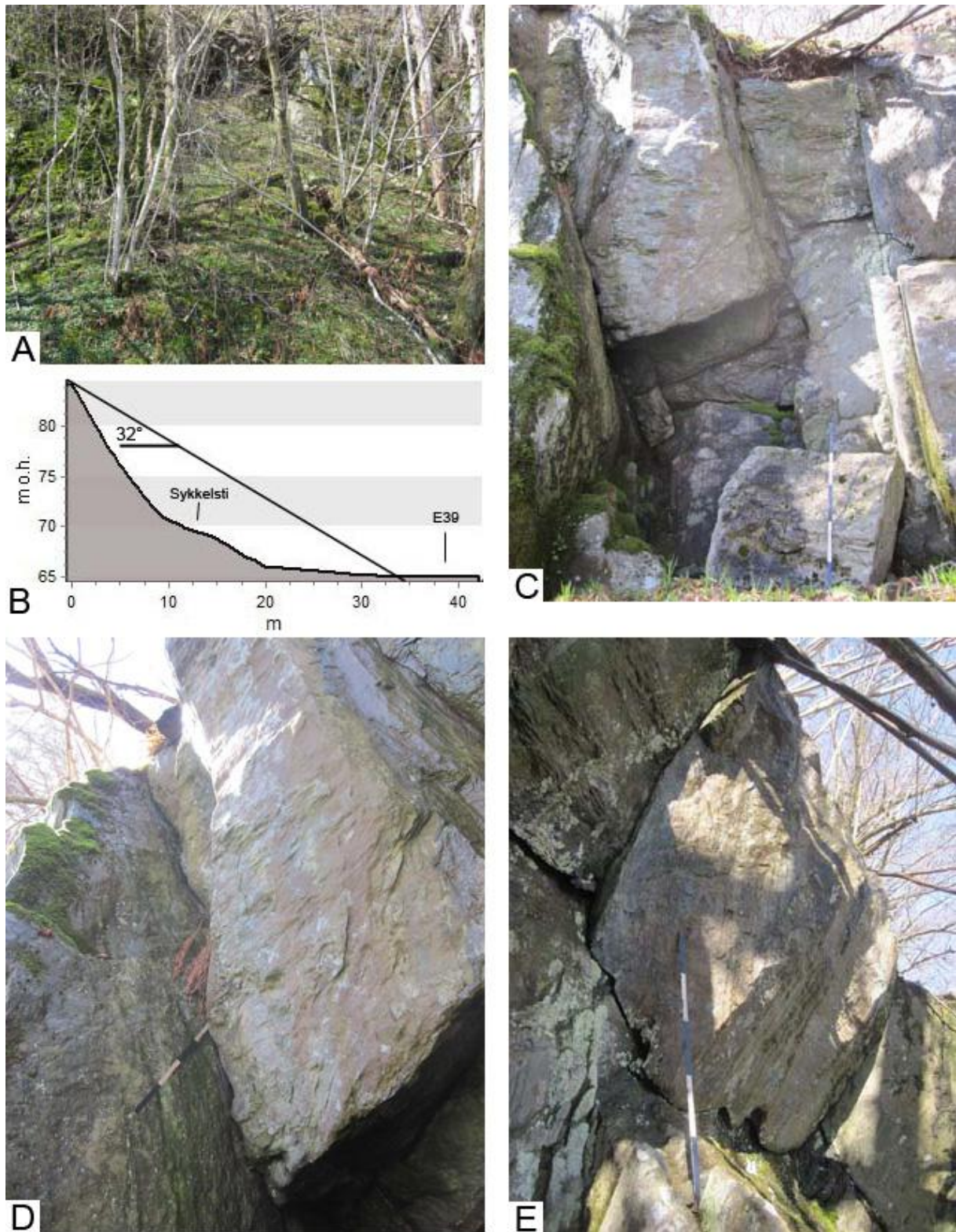
Figur 4-8: Profil frå kjeldeområdet og nedover skråninga. 30°-linja er teikna inn som estimat for lengste utlaupsdistanse for steinsprang

Tolking:

Fjellblotninga vert tolka til å vera eit ustabil kjeldeområde for steinsprang. Sprekkesystemet gjer at store blokker (9m^3) har losna frå grunnfjellet. Blokkene held seg truleg på plass ved at dei støttar seg på underlaget, og heller nokre grader innover skråninga. Kraftig regnvêr vil vera aktuell utløysingsmekanisme ved å vaska vekk noko av støtta, og dessutan gje høgare poretrykk i sprekkene. Profilet (Figur 4-8) viser at estimert lengste utlaupsdistanse er ved *Solbakken*. Dersom ei av blokkene losnar, vil blokkene starta å spretta nedover på grunn av den høge skråningsgradienten. Dei unge lauvtree vil ikkje vera sterke nok til å stoppa blokkene. Blokkene vil kunna stoppa i *Mobergslia*, men dersom dei treff riktig med samanstøyta sine, vil dei kunna hoppa over vegen. Den estimerte utlaupslengda ved *Solbakken* vert difor tolka til å gje eit godt estimat for lengste utlaupsdistanse.

Villelia 4 UTM 0303124 6676560, 80 m o.h.

Lokaliteten er ei 20 meter brei og 8 meter lang vifte som går heilt ned til sykkelstien (Figur 4-9-A). Det ligg mindre blokker ($<0,5\text{ m}$) spreidd utover på vifta og dei fleste er heilt dekt av mose. På vifta veks det tynn og ung lauvskog. Toppen av vifta er ved eit skar i ein 4-5 meter høg fjellskrent (Figur 4-9-C) med overheng og store vertikale sprekkar (Figur 4-9-D og E). Sprekkene går over ein meter innover i fjellet og har delt bergoverflata opp i fleire blokker som ser ut til å vera nesten heilt lause frå fjellet. Den største av desse blokkene har måla $2,5 \times 1,5 \times 0,5\text{ m}$. Det ligg ei blokk med måla $1 \times 0,8 \times 0,4\text{ m}$ heilt inne ved fjellskrenten. Over skaret er det ei 100 meter lang skråning med gradient på 45° og fleire fjellblotningar. Skråningsgradienten til vifta er 45° . På austsida av sykkelstien er det ei skråning på 27° ned mot ei flate før E39. Figur 4-9-B viser profilet frå kjeldeområdet og nedover skråninga.



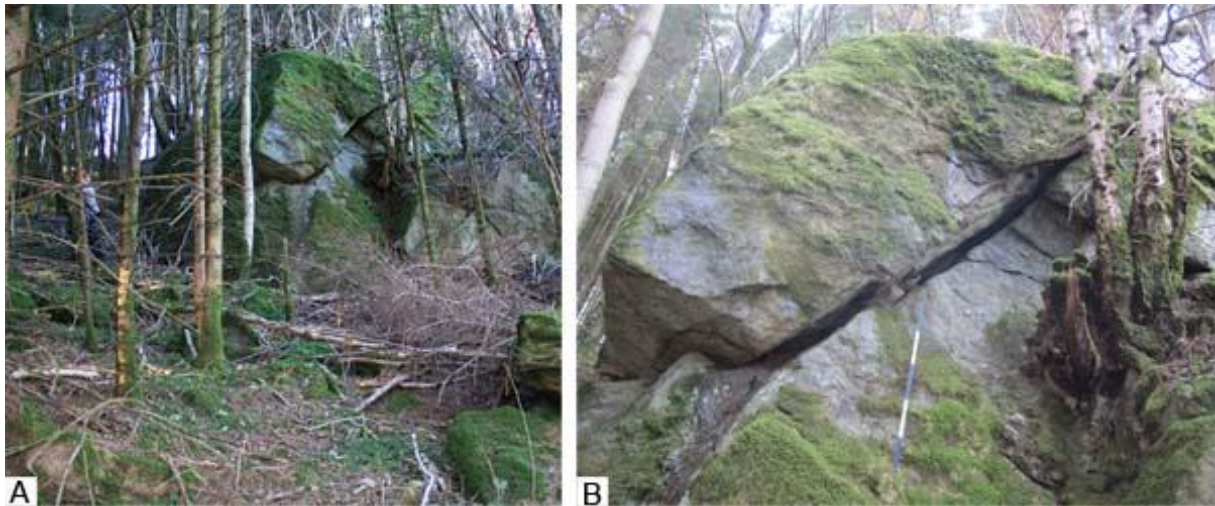
Figur 4-9: A) Oversikt over vifta tatt fra sykkelsti. (B) Profil fra kjeldeområde til E39 med 30°-linja for maksimum utlaupsdistanse. (C) Oversikt, skar over vifta. (D) og (E) viser blokker i overheng med store sprekker i bakkant.

Tolking:

Dette er ei vifte avsatt av steinsprang og jordskred gjennom holocen. Sprekkene og blokkene på vifta tyder på at steinsprang skjer regelmessig. Ved kraftige regnver vil det vera høg vassføring gjennom skaret og vatnet har truleg tatt med seg jord frå skråninga over. Fleire av steinsprangavsetjingane kan ha kjeldeområde frå skråninga over vifta sidan det er 45° helling og fleire mogelege kjeldeområde. Hellinga til vifta og hellinga til skråninga på austsida av sykkelstien tyder på at vifta truleg har hatt større utbreiing enn den har i dag. Sykkelstien som tidlegare har vore ein bilveg har truleg vorte lagd gjennom skredavsetjinga. Sidan det berre ligg mindre blokker på vifta kan det tyda på at større blokker har rulla ned på flaten. Desse kan ha vorte flytta sidan det vert slått gras her. Sprekkesystemet i skaret, i kombinasjon med overhenget, som gjer at det er ingenting som støttar blokkene nedanfrå, gjer at det er stor fare for utrasing. Ved eventuell utrasing av ei av dei potensielle blokkene vil den kunne skli eller rulla ned til sykkelstien og kanskje ned på flaten. Trea på vifta vil tappa blokka for energi, men mest sannsynleg ikkje nok til at den stoppar i skråninga. Figur 4-9-B viser at maksimum utlaupsdistanse vil vera på flata mellom sykkelstien og E39. Truleg vil blokkene mista så mykje energi på sykkelstien at dei stoppar der. Det at blokkene er kanta og avlange (Figur 4-9-D og E) gjer det vanskelegare for dei å rulla særleg lenger.

Villelia 5 UTM 0302974 6676378, 106 m o.h.

På denne lokaliteten har ei blokk på 1,5 x 3 x 1,5 m (6.8m³) losna fullstendig frå grunnfjellet, men kviler på ei lita berghylla som heller 8° inn mot skråninga (Figur 4-10). I tillegg kviler blokka på friksjonskreftene inn mot grunnfjellet. Berghylla som held blokka på plass dekker berre ein del av kontaktflata til blokka og er om lag 2 meter over skråninga. Sprekker mellom blokka og grunnfjellet er opptil 20 cm (Figur 4-11-A). På oppsida av blokka er det ei sprekk på ca 20 cm som er fylt med organisk materiale. Ut frå nokre av sprekkene veks det unge lauvtre. Skråninga under blokka er 40° og det er ca 30 meter ned til *Mobergslia*. Vegetasjonen under blokka inneheld granskog med gjennomsnitt DBH på 16 cm (Figur 4-11-B). Grantrea går heile vegen ned til bilvegen og det ligg blokker på 1,5 x 1,5 x 2 m som er stoppa av tre rett over skråninga ned til bilvegen. Det er om lag 10 meter mellom blokka og dei fyrste grantrea under. Figur 4-12 viser profilet frå blokka og nedover skråninga.



Figur 4-10: (A) Oversikt laus blokk, sjå (B) for målestokk. (B) Nærbilete av laus blokk, med den vesle berghylla som held den på plass

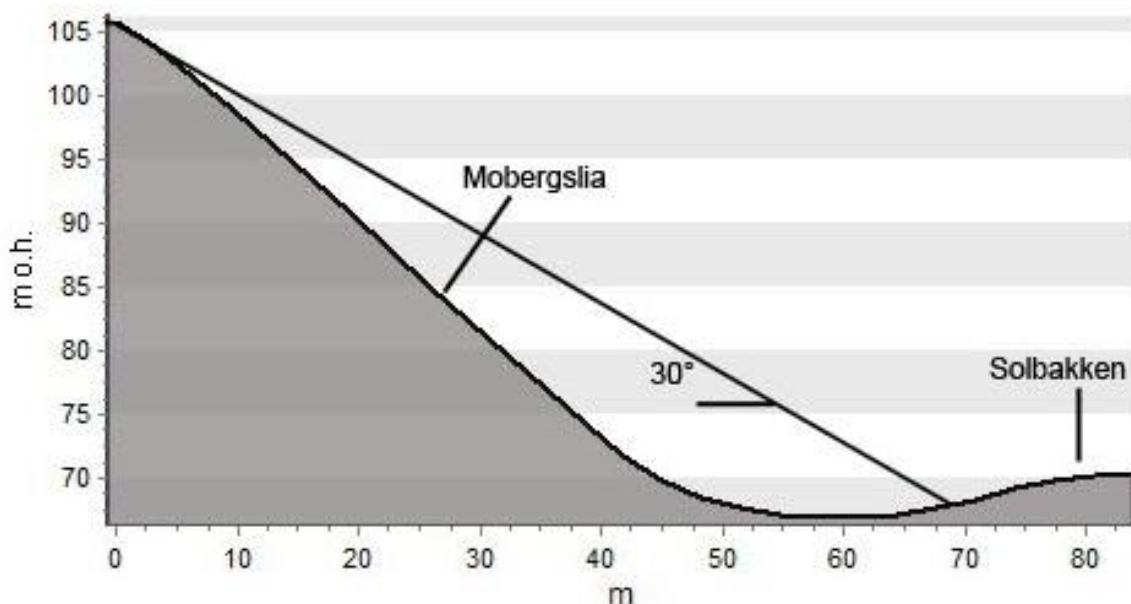


Figur 4-11: (A) Sprekker i bakkant av laus blokk. (B) Skråninga med tett granskog under blokka

Tolking:

Dette vert tolka til å vera ei veldig ustabil blokk. Storleiken på blokka gjer at det er nesten 20 tonn som kviler på ei lita berghylla. Dei store sprekkene gjer at frost- og rotsprenging vil kunna dytta blokka litt opp nedst slik at det vert eit endå mindre område av fjellhylla som må stå i mot kreftene til blokka. Dersom berghylla skulle gi etter for presset vil ikkje friksjonskreftene vera nok til å halda blokka på plass. Blokka vil då gli ut og nedover skråninga, sidan den er så bratt. Profilet (Figur 4-12) viser at estimert lengste utlaupsdistanse er på flaten mellom *Mobergslia* og *Solbakken*. Mindre blokker har klart å forsera omtrent heile skogen, men storleiken til denne blokka, og slik skogen er no vil, den måtta fella mange tre på vegen ned for å nå *Mobergslia*. Energien til blokka vil klara å knekka fleire av dei minste trea, men vil tapa mykje energi på vegen. Skråningsgradienten på 40° er nok til at

blokka kan skli eller rulla, men truleg ikkje spretta nedover. Forma på blokka gjer at det er mest sannsynleg at den vil skli nedover og dermed tapa mykje energi til underlaget. Dersom granskogen ikkje vert endra vil den truleg klara å stoppa blokka før den når *Mobergslia*. Utan skogen og vegen, er estimert utlaupsdistanse frå profilet tolka til å vera eit godt estimat til lengste utlaupsdistanse. Mindre og meir kvadratiske blokker er tolka til å kunne passera skogen og *Mobergslia* og landa på flaten ca 10 meter før estimert utlaupsdistanse.



Figur 4-12: Profilet frå kjeldeområdet og nedover skråninga. 30°-linja er teikna inn som eit estimat på lengste utlaupsdistanse.

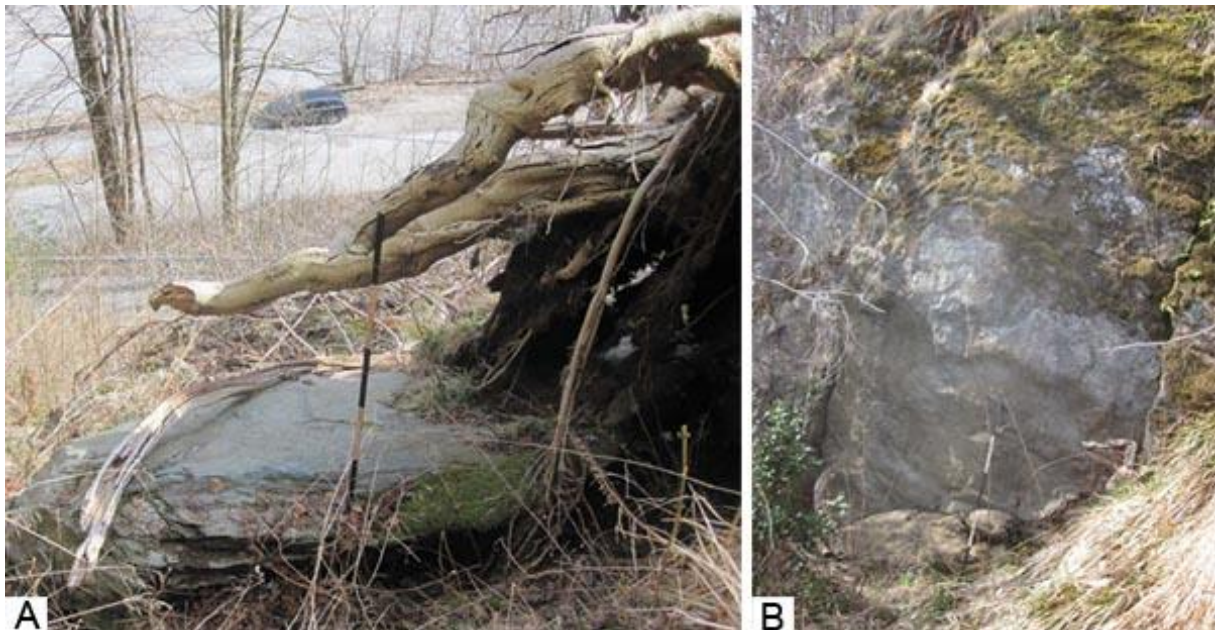
Villelia 6 UTM 0303060 6676440, 83 m o.h.

Lokaliteten er ei blokk på 2,5 x 2 x 1,5 m (7,5m³) som ligg og kviler mot ein rotvelt 9 meter over *Mobergslia* (Figur 4-13-A). 10 meter lenger oppe er det ein 3 meter høg fjellskrent. Øvste del av fjellskrenten er dekt av mose, men nedste delen er grå og frisk i fargen (Figur 4-13-B). Skråningsgradienten mellom fjellskrenten og blokka er 54° og mellom blokka og *Mobergslia* 40°. Det er ingen tre med DBH > 5cm i skråninga. Figur 4-14 viser profilet frå kjeldeområdet og nedover skråninga.

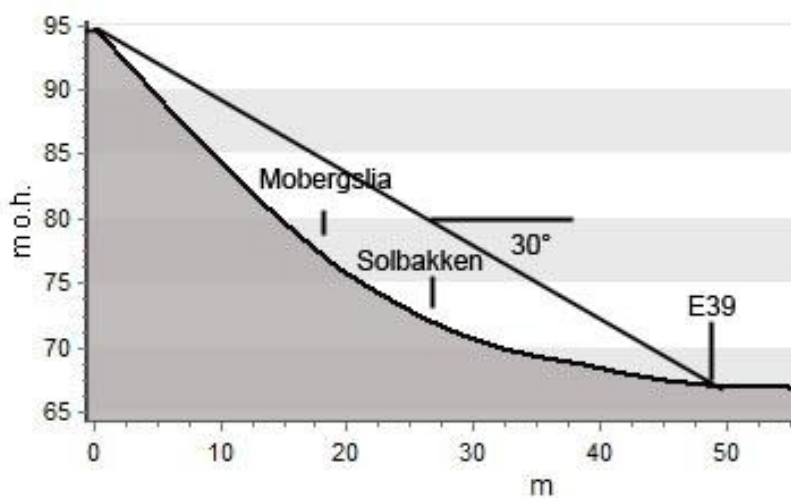
Tolking:

Dette er steinsprangavsetjing frå fjellskrenten over som viser tydeleg at det har losna ei blokk derfrå relativt nyleg. Steinspranget må ha skjedd etter at treet har velta sidan blokka stoppa når den trefte rota. Den bratte skråningsgradienten gjer det i tillegg unaturleg for blokka å stoppa der. Når tre velter kan dei ofte dra med seg blokker som kan verta utløyst. I dette

tilfellet har ikkje dette skjedd. Rota har fungert som ein skredvegg for blokka. Dersom dette treet vert fjerna, eller når det rotnar og jorda regnar vekk, vil det vera stor fare for at blokka skli vidare nedover skråninga. Då vil den treffa *Mobergslia* og viss den får stor nok fart gå gjennom rekkverket og heilt ned til *Solbakken*. Profilet viser at blokker som losnar i kjeldeområdet har potensiale til å nå heilt ned til E39. I realiteten vert lengste utlaupsdistanse frå dette kjeldeområdet tolka til å vera *Solbakken*. Dei fleste blokkene vil truleg stoppa i *Mobergslia*.



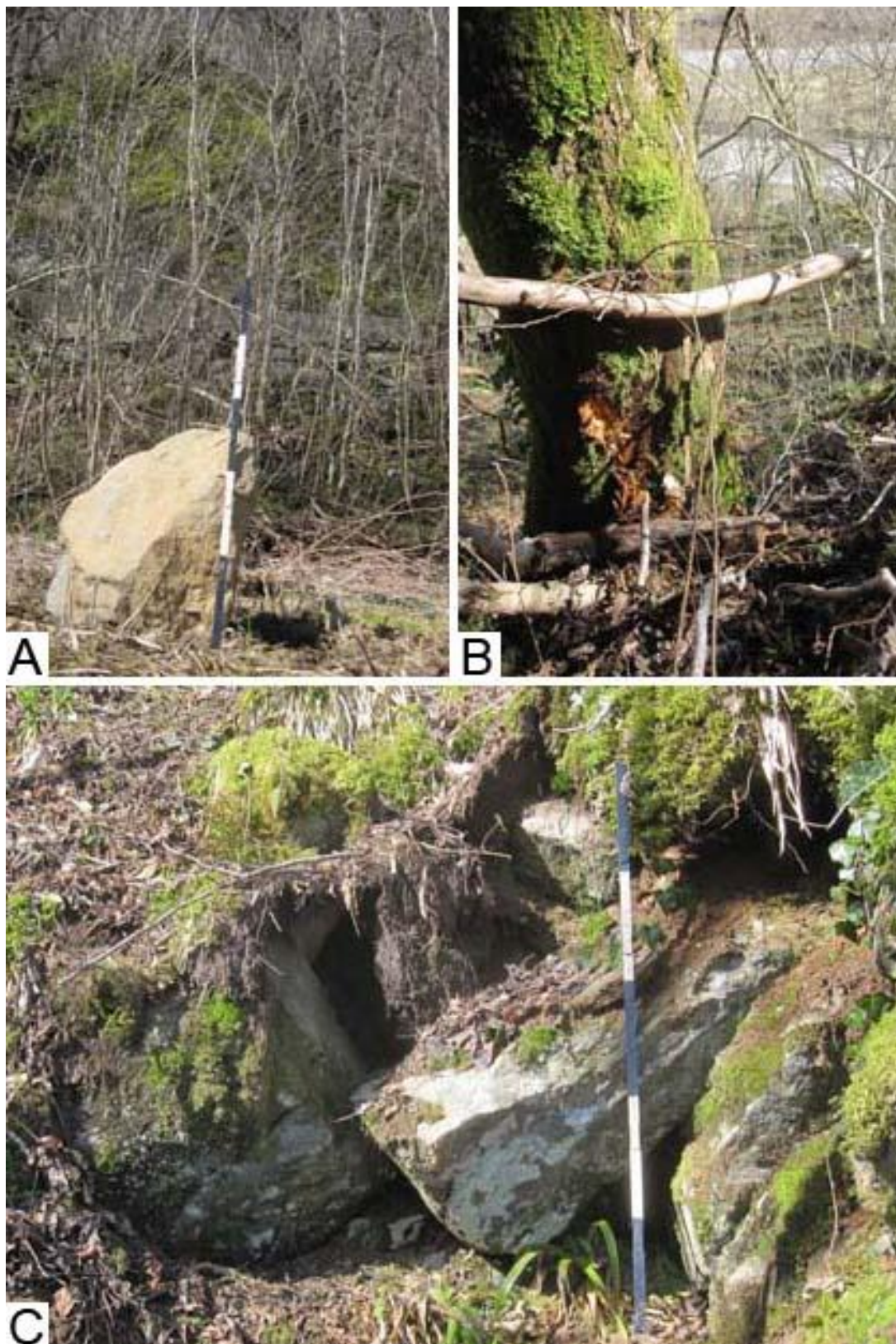
Figur 4-13: (A) Blokk som kviler på ein rotvelt i skråninga ned mot *Mobergslia*. *Mobergslia*, *Solbakken* og E39 kan sjåast. (B) Kjeldeområde til blokka i (A) 10 meter lenger opp i skråninga



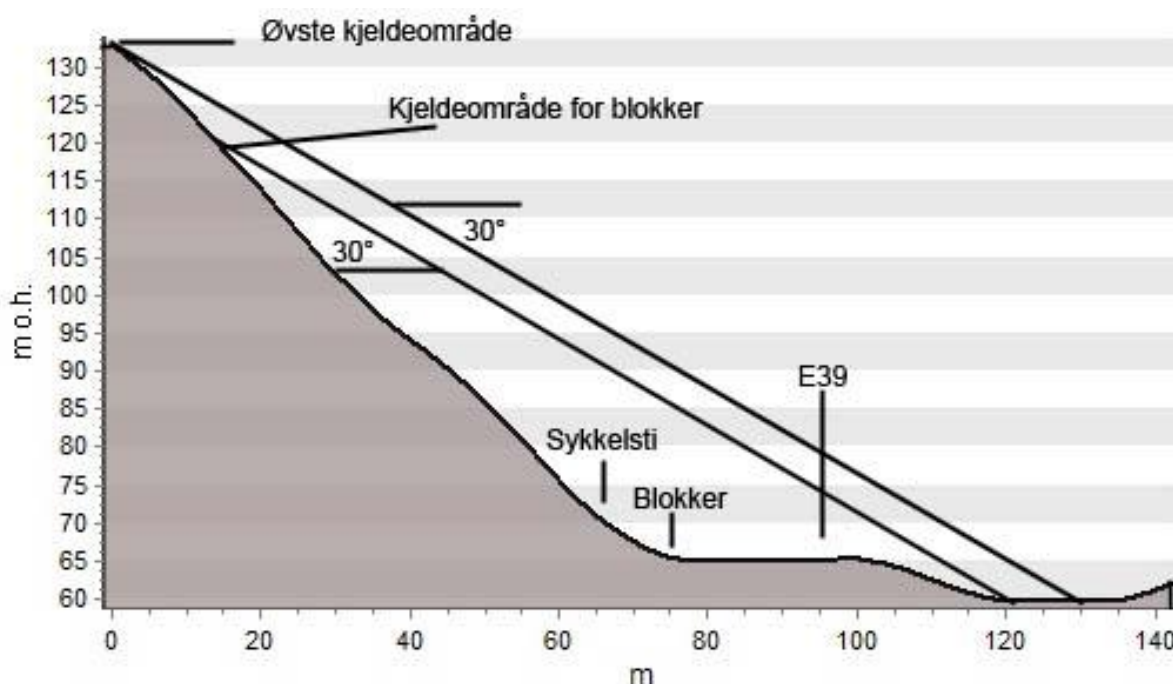
Figur 4-14: Profil frå toppen av kjeldeområdet og ned skråninga. 30°-linje er teikna inn som estimat for lengste utlaupsdistanse.

Villelia 7 UTM 0303143 6676567, 66 m o.h.

På denne lokaliteten er det to blokker av dioritt som ligg fem meter frå kvarandre på flata mellom sykkelstien og E39 nedanfor Villelia naturreservat. Frå den ytste blokka i sør er det 15 meter til E39. Den eine blokka har måla 0,6 x 0,5 x 0,4 m (Figur 4-15-A) og den andre har måla 0,5 x 0,4 x 0,4 m, begge blokkene er kanta og har relativt kvadratisk form. Blokkene har ljøs gul/grå farge og vart fyrste gong observert i mars 2011. Under tidlegare synfaringar er dei ikkje observert. 1,5 meter i retning skråninga frå den sørlegaste blokka er det ei 50 cm x 50 cm grop som er ca 15 cm djup. Mellom sykkelstien og blokka er det ei 4 meter lang skråning med skråningsgradient 33°, der det veks nokre tynne asketre. Sykkelstien har ein 20 cm høg betongmur på nedsida. Verken skråninga, betongmuren eller asfalten på sykkelstien viser teikn til kontakt med blokkene. På oppsida av sykkelstien er det ein 10-12 meter høg og 8 meter brei fjellblotning som stikk fram (sjå Figur 4-15-A). Over fjellblotninga er det ei 38° skråning som vert brattare lenger oppe, enkelte stader over 60°. Ved UTM 0303102 6667584, om lag 50 meter frå blokkene står det eit stort almetre (DBH=65 cm) med ferskt sår i stamma (Figur 4-15-B). 15 meter lenger oppe i skråninga stikk ein del av grunnfjellet fram (Figur 4-15-C). Berget har sprukke opp og det ligg fleire blokker her som er heilt lause. Området viser at det nyleg har rast ut noko her i frå då det heng røter med jord på framleis. Bergarten er dioritt og det vert observert like strukturar som i blokkene nede på flaten. Eit par meter nedover i skråninga, som har ein gradient på over 50°, ligg det 7 blokker på oppsida av to asketre med DBH på 8 og 10 cm. Blokkene har omtrent same volum som dei på flaten, men med flatare form. Figur 4-16 viser profil frå øvste kjeldeområdet og nedover skråninga.



Figur 4-15: (A) Sørlegaste blokk med sykkelstien og fjellveggen i bakgrunnen. (B) Almetre med fersk sår i skråninga over. (C) Kjeldeområdet til blokkene.



Figur 4-16 Profil frå øvste kjeldeområde og nedover skråninga. 30°-linjer frå øvste kjeldeområdet og kjeldeområdet til dei observerte blokkene er teikna inn for estimat til lengste utlaupsdistanse.

Tolking:

Dei to blokkene er tolka til å vera steinsprangavsetjingar. På bakgrunn av at det er same bergart med same struktur vert dei tolka til å vera frå området der berggrunnen stikk fram i skråninga 60 meter ovanfor. Det er heller ikkje funne andre kjeldeområde med teikn til fersk utrasing. I kjeldeområdet har berggrunnen sprukke opp, og på grunn av den bratte gradienten har blokkene starta å rulla nedover. Nokre av blokkene har vorte stoppa av tre alt i starten. Desse blokkene er meir flate og har truleg sklidd nedover i staden for å rulla. Dei har dermed hatt mindre fart og stoppa heilt opp ved samanstøyt med trea. Blokkene er tolka til å ha vore ei blokk heilt til dei trefte fjellveggen over sykkelstien. Dette er på bakgrunn av at dei ligg så nærme kvarandre. Dersom berre ei av blokkene trefte treet ville det vore meir sannsynleg at dei låg lengre frå kvarandre. Blokkane har sprutte nedover og treft almetreet, utan å mista all energien. Vidare har den sprutte nedover mot toppen av fjellveggen der den har delt seg i to. Sidan det ikkje er observert nokre teikn til samanstøyt med vegen, muren eller skråninga nedanfor vegen, har blokkene truleg sprutte over heile sykkelveggen og landa på jordet. Den sørlegaste blokkane har fyrst landa, og deretter sprutte 1,5 meter vidare. Dette betyr at blokkene har sprutte over 15 meter i horisontalen frå toppen av fjellveggen og til der dei landa. Den høge fjellveggen har verka som ein rampe for blokkane som kom nedover skråninga. Profilet (Figur 4-16) viser estimert utlaupsdistanse frå kjeldeområdet til dei ferske steinspranga og til øvste kjeldeområdet i skråninga. Desse estimata er høvesvis 20 og 30

meter forbi E39, noko som verkar langt. Blokkene er transportert så langt på grunn av rampeeffekten til fjellveggen rett over sykkelstien. På sidene av denne fjellveggen vil dermed utlaupsdistansen vera mykje kortare sidan eventuelle steinsprang ikkje får same rampeeffekten her. Større blokker enn dei som er observert vil kunna bli transportert endå lenger enn dei observerte blokkene. Lengste utlaupsdistanse for steinsprang i dette området er difor tolka til å gå om lag 10 meter forbi E39.

Villelia 8 UTM 0303067 6676482, 96 m o.h.

Denne lokaliteten er ei blokk på 1 x 1 x 0,40 meter som har stoppa i ei gruppa av hassel (Figur 4-17). Blokka står med lengste akse i same retning som skråninga og har så vidt kontakt med bakken i bakkant (Figur 4-17-B). Rett over blokka er skråningsgradienten 46°, men gradienten stig til over 60° opp til ein 8 meter høg fjellvegg om lag 25 meter lenger oppe i skråninga. Det vert målt DBH på alle stammene med DBH over 2 cm, totalt åtte stammer. Høgste DBH var 8 cm og gjennomsnittet er 5 cm.



Figur 4-17: Ei blokk på 1 x 1 x 0,4 m som er stoppa av ei gruppa med hassel

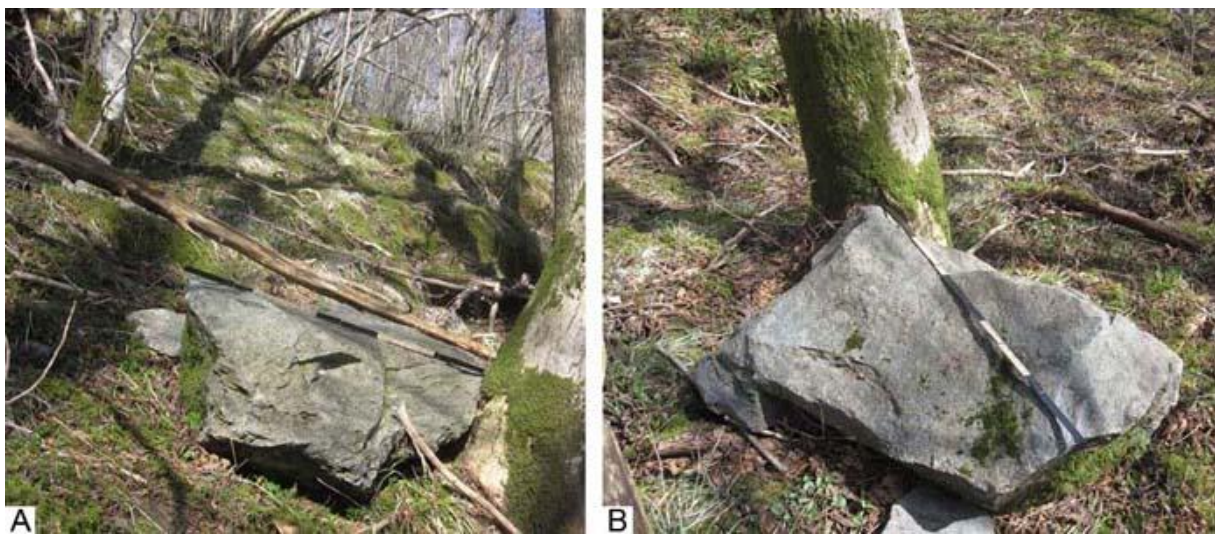
Tolking:

Dette er tolka til steinsprangavsetjing frå kjeldeområdet 25 meter lenger oppe i skråninga. Steinspranget må ha skjedd relativt nyleg sidan det har stoppa i den unge hasselen. Det at lengste aksa ligg langs fartsretninga, og blokka nesten ikkje har kontakt med bakken, tyder på at blokka har fått rotasjon og sprotte nedover skråninga. Når skråninga over er så bratt

som den er, tyder det på at blokka må ha hatt høg snøggleik i det den trefte hasselen. Hassel veks ofte i slike grupper med fleire stammer og truleg har energien til blokka vorte spreidd utover fleire av dei slik at blokka har stoppa utan at nokon av stammene har knekt.

Villelia 9 UTM 0303099 6676501, 75 m o.h.

Lokaliteten er ei blokk på 1 x 1 x 0,4 meter (0,4m³) som ligg inntil eit tre med DBH 30 cm (Figur 4-18). Blokka har lys grå farge og berre nokre få plassar som er dekt med mose. Kontaktflata mellom blokka og treet er på ca 15 cm og det er eit like stort sår i trestamma (Figur 4-18-B). Skråningsgradienten over blokka er 50° og det er ein 8 meter høg fjellvegg 40 meter lengre oppe i skråninga.



Figur 4-18: (A) Steinsprang stoppa av tre, sett frå sida. (B) Steinsprang stoppa av tre, sett ovanfrå

Tolking:

Dette er eit steinsprang som er stoppa av treet. Kjeldeområdet er fjellveggen 40 meter lengre opp i skråninga, og på grunn av den bratte skråningsgradienten er truleg blokka frakta ned i ein omgang. Storleiken på blokka og gradienten til skråninga tyder på at snøggleiken til blokka i det den trefte trestamma har vore høg. Sidan skråningsgradienten er 50° kan ein gå ut i frå at blokka har sprutte nedover (Dorren, 2003). Sjølv om berre ein liten del av blokka trefte stamma var det nok til at den stoppa.

Villelia 10 UTM 302991 6676333, 92 m o.h.

Lokaliteten er ei blokk på 1,5 x 0,5 x 0,5 m som er stoppa av eit tre på nedsida av *Moberglia* (Figur 4-19). Blokka er omtrent heilt dekt av mose og kviler på ein ask med DBH på 40 cm. Skråninga på oppsida av veggen varierer frå 40-45° og skråninga på nedsida av treet er 54°. Det er fleire små fjellblotningar i skråninga over.



Figur 4-19: Blokk stoppa av tre på nedsida av Mobergslia. Solbakken kan skimtast i bakgrunnen

Tolking:

Blokka er ei steinsprangavsetjing frå eit av kjeldeområda i skråninga over vegen. Ut i frå mosen på blokka kan det sjå ut til steinspranget har skjedd for veldig lenge sidan, men sidan det kviler på treet må det vera yngre enn det. Hadde ikkje treet vore der hadde ikkje blokka stoppa midt i den bratte skråninga. Alderen på steinspranget er tolka til å vera eldre enn bilvegen då dei fleste steinspranga stoppar her, i tillegg til at det er montert rekkverk langs bilvegen som òg ville ha stoppa blokka før treet. Når fjellblotningar i skråninga ovanfor sprekk opp, vil den høge gradienten vera nok til at dei separerte elementa rullar eller sklir nedover skråninga i enten ei eller

fleire omgangar. Mosen har vakse på før blokka losna frå grunnfjellet eller på ein mellombels stoppeplass før der den ligg no.

4.2.2 Område 2 Grønhaugen

Grønhaugen 1 UTM 0302588 6675988, 90 m o.h.

Lokaliteten er ei skråning i sørvestlege del av feltområdet. Skråninga går N-S og NA-SV rundt flaten på Grønhaugen. Heile skråninga består av blotningar av grunnfjell med tynt lausmassedekke rundt. Skråningsgradienten varierer frå ca 20° heilt nede ved traktorvegen til loddrette fjellveggar på 90°. Heile skråninga er dekt av stein og blokker. Dei største blokkene er ca 3 x 1,5 x 0,5 og er dermed ganske flate og lange. Desse ligg omtrent midt i det nedste partiet av skråninga, seks meter frå traktorvegen (Figur 4-20, UTM 0302592 6675968). Det ligg blokker forbi traktorvegen som går sør for skråninga, desse er mindre og har meir kubisk form. Fjellblotningane har sprekker i fleire retningar og det ligg blokker rett under fleire av dei. Det lause materiale i skråninga har relativt liten mosevekst på seg. Fleire stadar vert det observert blokker som ligg oppå daudt organisk materiale som ikkje er skikkeleg nedbrote.



Figur 4-20: Sørøstleige del av skråning. Dei største blokkene ligg midt i nedre del av skråninga. Raud strek ved målestokk på 1 m.

Tolking:

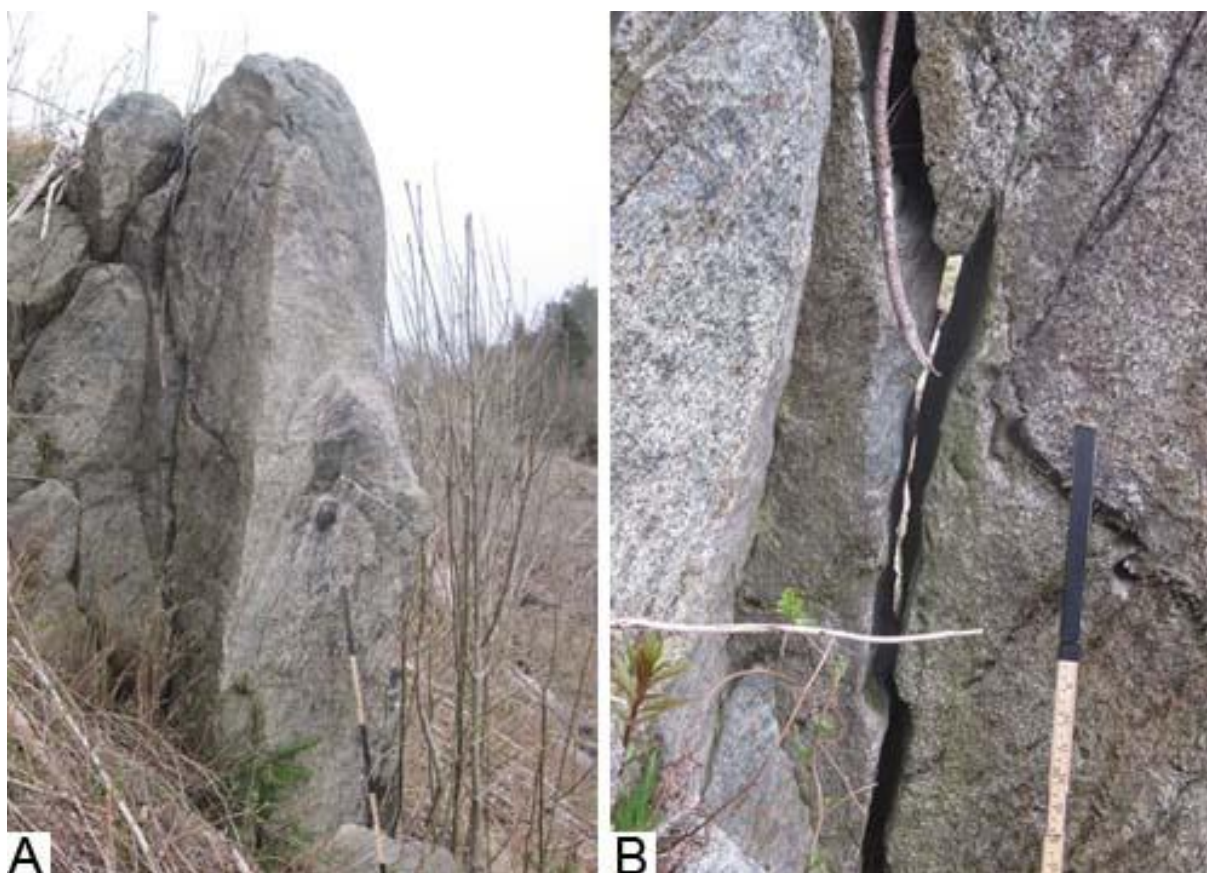
Avsetjingane i skråninga er avsett av steinsprang og dei ulike fjellblotningane fungerer som kjeldeområde. Skråningsgradienten vert mindre nedover i skråninga, dette gjer at dei avlange blokkene har stoppa i skråninga, då dei truleg har tippa og sklidd ut frå kjeldeområda. Blokker med meir kubisk form har større sjanse til å oppnå rulling og desse har vorte frakta lenger. Steinar og blokker som ligg oppå dødt organisk materiale tyder på at steinsprang er ein aktiv prosess. Ved å granska dei ulike kjeldeområda ser ein òg at det losnar stein og blokker herfrå ofte.

Grønhaugen 2 UTM 0302580 6675962, 82 m o.h.

Lokaliteten er ei blokk som er 3 x 1,5 x 0,4 m i skråninga ved Grønhaugen (Figur 4-21-A). Blokka har gjennomgåande sprekker i bakkant (Figur 4-21-B) og ser ut til å vera heilt laus frå grunnfjellet. Framfor blokka står det ei mindre blokk (1 x 1 x 0,5 m) som støttar den større blokka. Skråningsgradienten under blokka er på 30° og det er 18 meter ned til traktorvegen.

Tolking:

Blokka ser ut til å berre kvila på den vesle blokka som står framfor og må difor reknast som svært ustabil. Når blokka ein gong vil rasa ut, vil den mest truleg tippa framover. Den avlange forma på blokka og den relativt låge skråningsgradienten gjer at blokka vil skli eit stykke nedover før den taper for mykje energi til underlaget, slik som dei liknande blokkene på Figur 4-20.



Figur 4-21: (A) Blokk i skråninga ved Grønhaugen med gjennomgåande sprekk i bakkant. (B) Nærbilete av sprekk bak blokka

Grønhaugen 3 UTM 0302571 6675947, 89 m o.h.

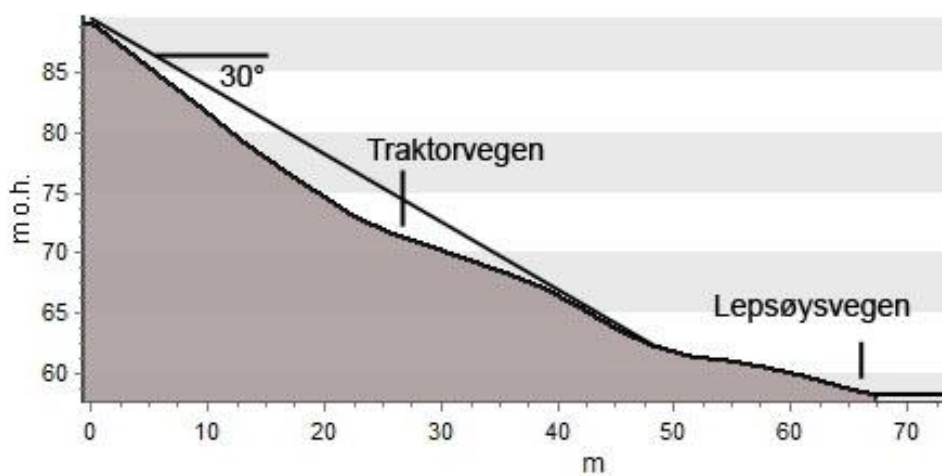
Lokaliteten er ein 4-5 meter høg fjellskrent av sandstein som strekker seg lateralt om lag 15 meter. Nedanfor fjellskrenten ligg det fleire blokker og den største har måla 4 x 2 x 1 m (Figur 4-22). Nokre av blokkene har lysare overflata enn dei kringliggjande blokkene. Under skrenten er det eit hylleparti med 38° helling før det brått stig til 60°. Blokkene strekker seg heilt bort til kanten, og det er observert liknande sandsteinsblokker mot botnen av skråninga. Fjellskrenten har fleire sprekker, hovudsprekkene er lista opp i Tabell 4-2 og vert vist i Figur 4-24. Figur 4-23 viser profil frå kjeldeområdet og nedover skråninga.



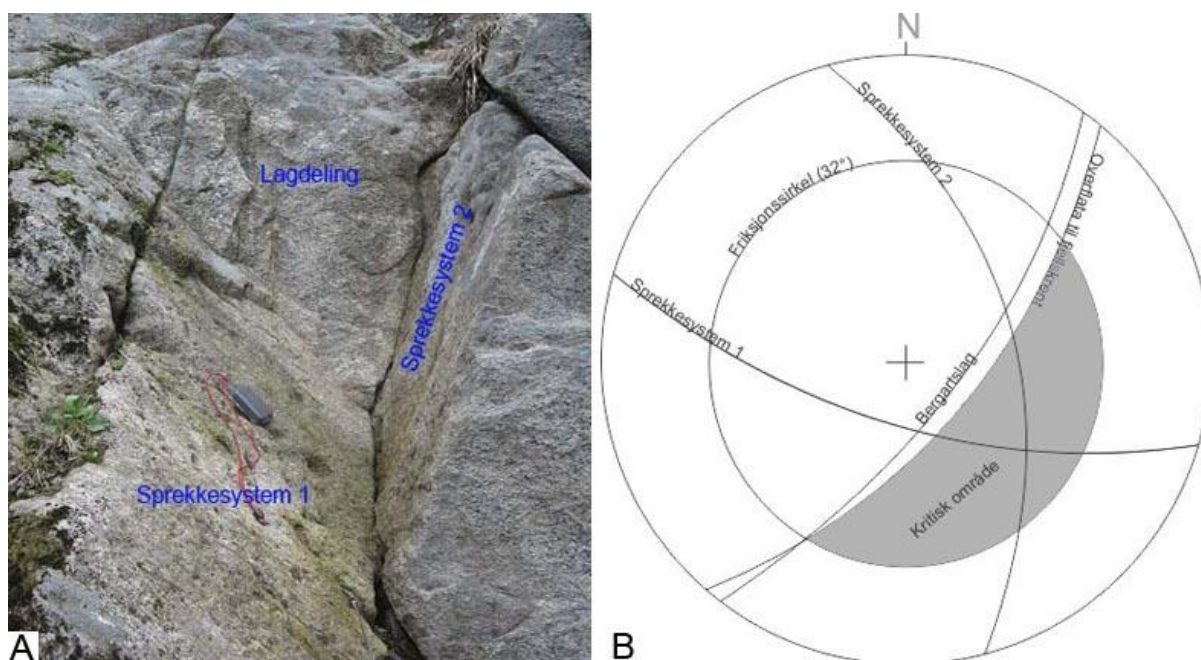
Figur 4-22: Kjeldeområde sandstein, med største blokkavsetjinga fremst i bildet.

Tabell 4-2: Strøk- og fallmålingar frå fjellskrenten

Flatetype	Strøk	Fall
Overflata til fjellskrent	040°	70°
Bergartslag	038°	74°
Sprekkesystem 1	106°	72°
Sprekkesystem 2	345°	61°



Figur 4-23: Profil frå kjeldeområdet og nedover skråninga. 30°-linja er teikna inn som estimat for lengste utlaupsdistanse



Figur 4-24: (A) Nærbilete som viser lagdelinga til bergarten og dei to hovudsprekkesystema. (B) Stereografisk prosjektering av lagdelinga, overflata og sprekkesystema til bergarten.

Tolking:

Blokkene er steinsprangavsetjingar frå fjellskrenten. Den relativt låge hellinga på 38° gjer at mange av blokkene stoppar etter få meter. Sidan det ligg blokker heilt utpå kanten må ein gå ut i frå at nokre av blokkene har rulla utfor tidlegare. Dette vert støtta opp av at det ligg liknande sandsteinsblokker i botnen av skråninga. Figur 4-24 viser at sprekkesystem 1 og sprekkesystem 2 møter kvarandre omtrent med 90° i det kritiske området og vil danna kileforma blokker. Lagdelinga til bergarten fell i same retning som overflata, men har større fall enn overflata og dannar difor ikkje planbrot. Lagdelinga vil danna bakkdelen av dei kileforma blokkene som losnar (sjå Figur 4-24-A). Profilet (Figur 4-23) viser at estimert utlaupsdistanse er 45 m frå kjeldeområdet i grøfta søraust for traktorvegen. Basert på observasjonar i felt verkar denne utlaupsdistansen litt lang. Det er ikkje observert blokker i dette området. Sidan skråninga flater ut nedover mot traktorvegen og dei ytste blokkene er observert her, vert traktorvegen tolka som lengte utlaupsdistanse frå kjeldeområdet.

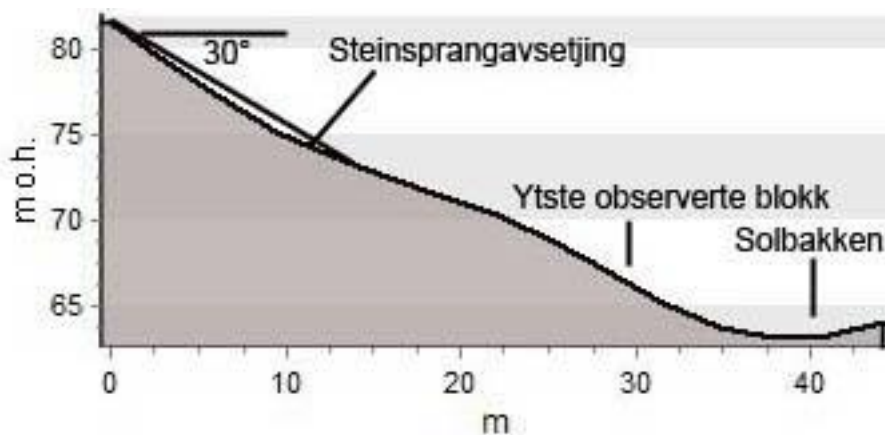
Grønhaugen 4 UTM 302743 6676052, 84 m o.h.

Lokaliteten består av fleire blokker der den største har måla $3,5 \times 3,5 \times 1,5$ meter (18,4 m³) som ligg på jordet om lag 30 meter nordvest for *Solbakken*. Blokkene er delvis dekkja av mose og viser ingen teikn til ferske brot. Blokkene ligg nedanfor fjellblotning som varierer frå 2-4 m i høgde. Dei minste blokkene ligg nærast fjellblotninga og dei største lengst vekk ned mot vegen. Mesteparten av blokkene ligg mellom 5 og 10 meter frå fjellveggen, men ein finn òg blokker 25 meter frå veggen, heilt ned mot bilvegen (Figur 4-25-B). Blokkene som ligg her er mindre, meir kvadratiske og har endå meir mose på seg. Nede ved bilvegen er det ingen teikn

til blokker. Fjellblotninga har nokre store vertikale sprekker (Figur 4-25-A) og det er ingen teikn til fersk utrasing. Skråningsgradienten er mellom $30\text{-}40^\circ$ under kjeldeområdet og ca 30° under der hovudparten av blokkene ligg. Skråningsgradienten minkar ned til 20° før skråninga ned mot bilvegen. Figur 4-26 viser profilet frå kjeldeområdet og nedover skråninga.



Figur 4-25: (A) Kjeldeområde med vertikale sprekker. (B) Ytste blokk nærmast, hovudavsetjing og kjeldeområde i bakkant.



Figur 4-26: Profil frå kjeldeområdet og nedover skråninga. 30° -linja er teikna inn for estimat av lengste utlaupsdistanse

Tolking:

Dette er steinsprangavsetjingar frå fjellblotninga over. Det vertikale sprekkemønsteret gjer at blokkene har velta ut og sklidd nedover. Figur 4-25-A viser tydeleg ei blokk som kjem til å tippa framover. Sidan hellinga på skråninga under fjellblotninga er relativt låg, ligg det utruste materialet trygt, og eventuelt nytt utrust materiale vil ikkje ha nok energi til å nå ned til vegen. Sidan det er lite spor til fersk utrasing verkar det som om fjellblotninga er stabil. Blokkane på Figur 4-25-A kjem til å tippa framover, men vil ikkje få rotasjon og vil dermed mista energi ganske fort. Truleg stoppar den ved kollisjon med dei andre større blokkene som ligg nedanfor. Mosen på dei ytste blokkene tyder det på at det er lenge sidan dei losna. Det at dei er mindre og meir kvadratiske, gjer at dei har lettare for å rulla i høve til dei meir avlange blokkene over. Profilet (Figur 4-26) viser at estimert utlaupsdistanse for steinsprang frå kjeldeområdet er ved enden av hovudavsetjinga. Sidan det er observert blokker lenger ut frå kjeldeområdet enn dette, må ein anta at det kan skje igjen. Blokker av same storleik og form som dei ytste vil framleis kunna rulla ned mot bilvegen, men ut i frå kjeldeområdet ser det ikkje ut til å vera fare for utløysing av slike blokker.

Grønhaugen 5 UTM 0302480 6676047, 135 m o.h.

Denne lokaliteten er ei skråning som nyleg er reinhogd for granskog med gjennomsnitt DBH på 35 cm (Figur 4-27). Området har ei helling på ca 27° og det ligg blokker enkeltvis her og der. Fleire stadar stikk grunnfjellet fram i dagen og det ligg losna materiale under. Desse blotningane er frå 1 – 3 meter høge. Blokkene som ligg nedst i skråninga ved traktorvegen er kantrunda og dei som ligg lengre oppe i skråninga er meir avlange. Det er to ulike bergartar i dette området: dioritt (dels lagdelt med gabbro) og sandstein, og på grunn av ulike kjenneteikn kan ein tydeleg sjå kvar bergartsgrensa er. For sandsteinen fell hovudsprekkesystemet og lagdelinga omtrent vertikalt aust (med skråninga). Under sandsteinsblotningane ligg det blokker like under til 10 meter frå med lengste akse nedover skråninga.

Under eine kjeldeområdet til dioritt vart det tatt schmidthammarmålingar på fire ulike diorittblokker, sjå avsnitt 1.1.

Tolking:

Området inneheld usamanhengande steinsprangavsetjingar frå dei ulike fjellblotningane til dioritt/gabbro og sandstein. Sprekkemønsteret til sandsteinen gjer at blokkene tippar framover og blir liggjande eller sklir nokre meter nedover skråninga. Blokkene som er meir runda har større sjanse for å rulla nedover mot flaten. Mest sannsynleg har dei fleste av blokkene som ligg nede ved flaten rulla ned før granskogen vart planta og vaks seg stor. Den relativt låge gradienten til skråninga (27°) og dei låge kjeldeområda gjer at det meste av

materiale som losnar vert liggjande rett under kjeldeområdet. Når skogen no er fjerna må ein anta at nokre av dei runda blokkene kan rulla heilt ned mot traktorvegen ved flaten.



Figur 4-27: Oversikt over Hogstskråning ved Grønhaugen. Piler og tal viser blokkene det vart tatt schmidthammarmåling på og kjeldeområdet.

4.2.3 Område 3 Liadalen

Liadalen 1 UTM 0302631 6676445, 170 m o.h.

Område der blokker av dioritt ligg samanhengande under ein 6-7 meter høg fjellvegg (Figur 4-28). Majoriteten av blokkene er dekt av mose og dei fleste har lengste akse under 0,5 m. Blokkene strekker seg frå fjellveggen og ned til bekken som renn nord-sør, søraust for avsetjinga, lengste utstrekning er 60 m. Dei største blokkene er lengst vekk frå fjellveggen, i bekken er dei største blokkene 2,5 x 1,5 x 1 m. Det ligg tre lyse blokker oppå dei mosedekte blokkene ca 8-10 meter frå fjellveggen. Den største av desse blokkene har måla 1 x 0,8 x 0,5 m (sjå Figur 4-28). Fjellveggen har nokre store sprekker og det er fleire blokker som ser ut til å vera nesten heilt lause frå grunnfjellet.

Tolking:

Dette vert tolka til å vera samanhengande steinsprangavsetjingar, talus, frå fjellveggen over. Avsetjinga viser normalfordeling ved at dei største blokkene ligg lengst vekk frå

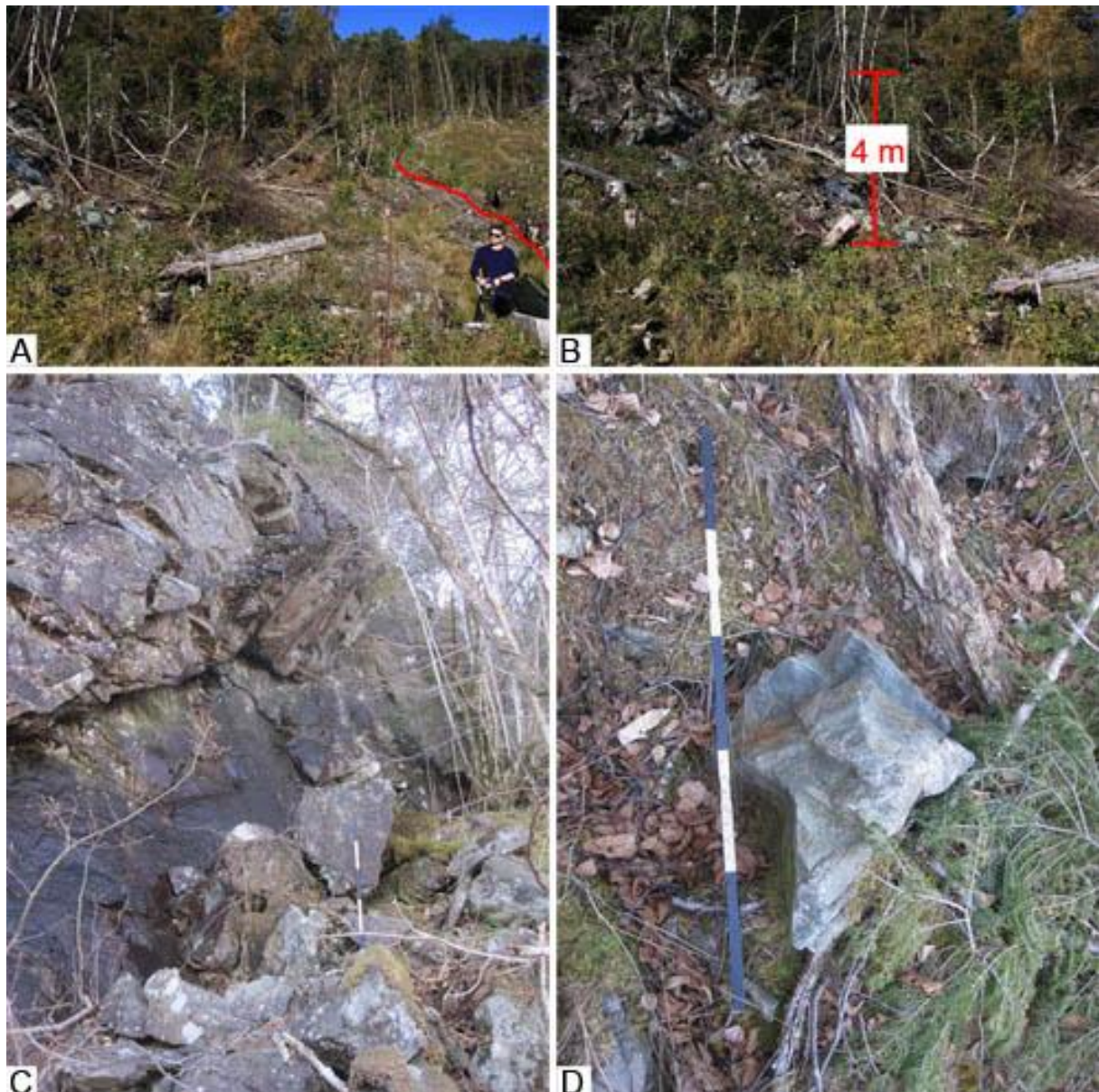
kjeldeområdet. Blokkene som har lysare farge stammer frå steinsprang som har skjedd seinare enn for dei fleste mosedekte blokkene som ligg rundt. Dette i lag med sprekkene og dei nesten lause blokkene i kjeldeområdet tyder på at steinsprang er ein aktiv prosess i dette området. Bekken som går i eit gjel med omtrentleg nord-sør-retning definerer lengste utlaupsdistanse for steinspranga.



Figur 4-28: Talus med kjeldeområde bak i bilete. Nyare steinsprang over raud strek

Liadalen 2 UTM 302631 6676331, 125 m o.h.

Lokaliteten består av kanta blokker og stein, dei fleste med lengste akse under 1 meter men òg nokre på 1-2 meter. Mesteparten av materialet er dekt av mose men det er òg stein og blokker utan, med ljøs farge (Figur 4-29-D). Avsetjinga ligg på vestsida av det vestlegaste bekkefaret som går nord-sør og følgjer ein om lag 2-8 meter høg fjellvegg som kan følgjast 130 meter sørover i Liadalen. Blokkene ligg tett frå 4-30 meter frå fjellveggen (Figur 4-29 A og B) og gradienten på skråninga er mellom 30° og 40° . Fjellveggen har fleire store sprekker og det ligg materiale utan mose over blokker som er heilt dekt av mose, like oppe ved fjellveggen (Figur 4-29-C). Over blokka i Figur 4-29-C er det eit overheng med sprekker i bakkant. Fjellveggen og blokka har same svarte farge. Dei største blokkene er lengst vekk frå fjellveggen. Lengst nord i ura stoppar blokkene i bekken.



Figur 4-29: (A) Oversikt over nordlegaste del av Ur. Raud stripa markerer ytste samanhengande avsetjing. (B) 4 meter høg fjellblotning rett sør for (A). (C) Kjeldeområde som viser sprekkemønster og fersk avsetjing, nordlege del av ura. (D) Fersk blokk 7 meter frå fjellveggen på (C).

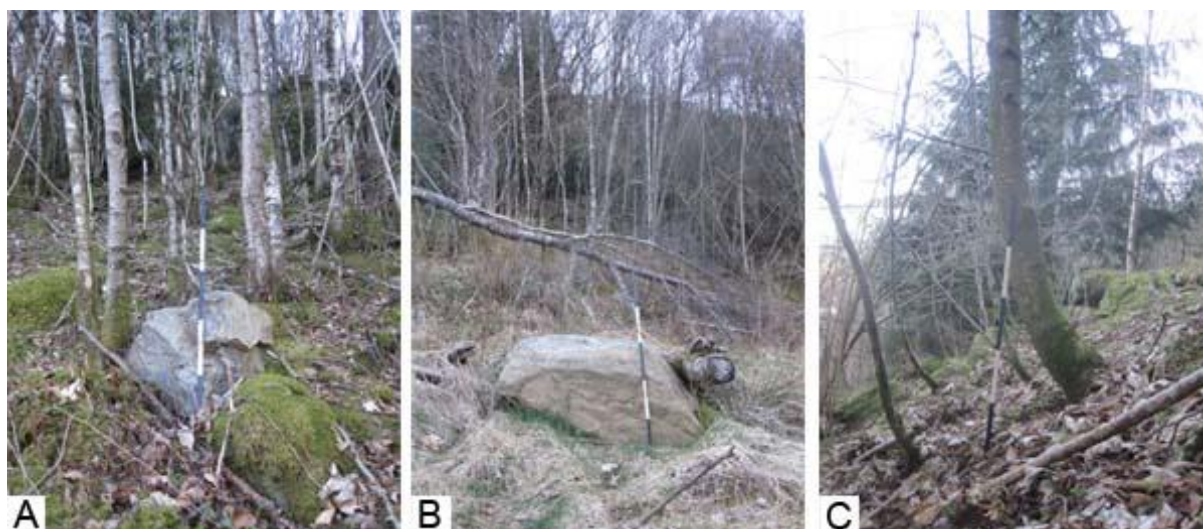
Tolking:

Dette er tolka til å vera ei samanhengande steinsprangavsetjing, talus, frå fjellveggen. Teikn på friske blokker tyder på at det er aktiv avsetjing i området. Sprekkene i fjellveggen viser òg at det framleis losnar blokker frå dette området. Figur 4-29-D viser ei blokk som har losna for relativt kort tid sidan då den ligg oppå eldre avsetjingar. Fargen på blokka vitnar om at den

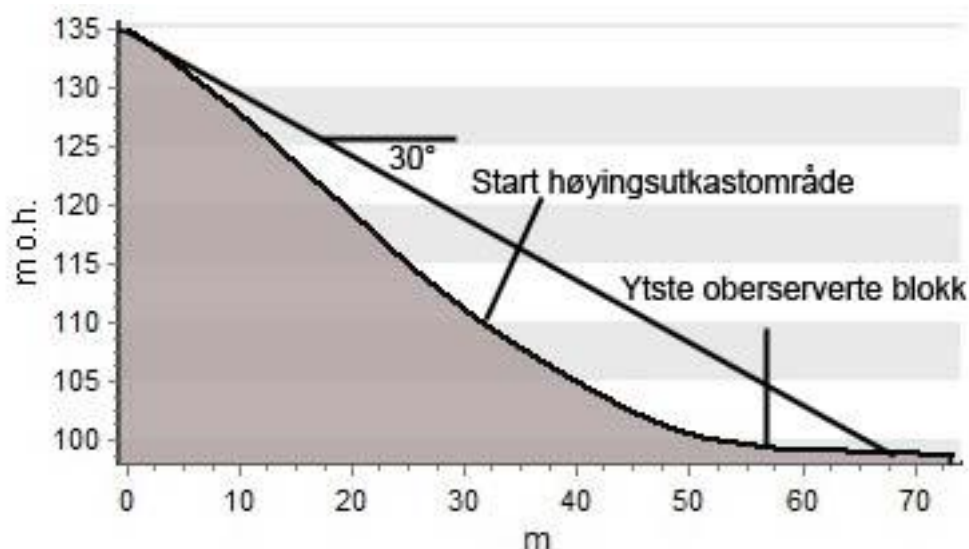
stammer frå overhenget rett over. Blokka ser ut til å ha gjennomgått ein del forvitring før den losna. Fleire av blokkene som losnar fell truleg rett ned og vert liggjande, men Figur 4-29-D viser at dei òg kan nå lenger ut frå fjellveggen. Det er ingen teikn til ferske avsetjingar ved yttergrensene til steinsprangavsetjinga. Lengst nord fungerer bekkefare, som går i eit lite gjel, som ein naturleg skredvoll for steinspranga. På det meste strekker den samanhengande avsetjinga seg 30 meter ut frå fjellveggen. Nedanfor dette, ned mot dalbotnen, er det berre usamanhengande steinsprangavsetjingar.

Liadalen 3 UTM 0302600 6667190, 108 m o.h.

Lokaliteten er ei skråning som fell nordaust ned mot dalbotnen av Liadalen. Skråningsgradienten varierer mellom 30° og 40°. I området er det to fjellskrentar som begge har horisontal utbreiing på om lag 40 meter. Fjellskrentane har vertikale overflater som varierer mellom 3 og 5 meter. Det ligg blokker i heile skråninga, dei fleste dekte av mose, men det er òg ljosare blokker som ikkje er mosedekt (Figur 4-30-A). Den største blokka har måla 2 x 1,5 x 0,5 m, men dei fleste har lengste akse under 0,5 m. Dei ytste blokkene ligg nokre meter aust for traktorvegen som går nedanfor skråninga (Figur 4-30-B). Blokkene har omtrentleg kubisk form. Frå desse blokkene er det 30 og 50 meter til dei ulike fjellskrentane. Fjellskrentane har sprekker i fleire retningar og det ligg blokker like under. Fleire av desse har ljøs overflate. Heile skråninga er dekt av tett lauvskog, for det meste innehaldande av hassel, bjørk og kristtorn. Fleire av trea har krumma stamme nedst (Figur 4-30-C). Figur 4-31 viser profilet frå øvste kjeldeområde og nedover til flaten i Liadalen. Dei 20 nedste metrane av skråninga kjem innanfor Os kommune sitt høyringsutkast (sjå Figur 4-31).



Figur 4-30: (A) Fersk blokk i skråninga. Kjeldeområdet kan skimtast i bakgrunnen. (B) Ytste blokk, aust for traktorvegen. (C) Tre som viser at det er jordsig



Figur 4-31: Profil fra øvste kjeldeområde og ned til flaten i Liadalen. 30°-linja er teikna inn for estimert lengste utlaupsdistanse

Tolking:

Blokkene i og nedanfor skråninga er avsett av steinsprang frå dei to ulike kjeldeområda. Ferske blokker ved foten av fjellskrentane og i skråninga viser at steinsprang er ein aktiv prosess. Skråningsgradienten på 30°-40° gjer at blokker som ligg i skråninga ligg rimeleg trygt. Blokkene er i rørsle nedover skråninga med rulling, og difor har dei med kubisk form lettast for å komma lengst. Figur 4-30-C visar at jordsig er ein aktiv prosess i denne skråninga, noko som kan utløysa blokker som har stoppa i skråninga. Profilet (Figur 4-31) viser at lengste utlaupsdistanse er på flaten i Liadalen, ca 10 meter lengre enn der ytste observerte steinsprang er registrert. Sidan det er observert ferske steinsprang som har passert heile skogen (Figur 4-30-A) må ein anta at det kan skje igjen. Estimert lengste distanse vert tolka til å vera for lang. Steinspranga vil mista mykje energi ved samanstøyt med trea i skråninga. Lengste utlaupsdistanse vert tolka til å vera ved ytste observerte steinsprang.

Liadalen 4 UTM 0302600 6667242, 118 m o.h.

Lokaliteten er ei fjellblotning som er 4-5 meter høg og har horisontal utbreiing på 15 meter. Fjellblotninga har vertikale sprekker og det ligg fleire lause blokker oppå blotninga. Nedanfor fjellblotninga ligg det blokker kontinuerleg ned mot flaten i botnen av dalen. I nedste del følgjer blokkene eit lite gjel ned mot flaten. Dei ytste blokkene ligg omtrent 45 meter frå fjellblotninga (Figur 4-32). Det er desse blokkene som er størst, og den største har måla 2 x 1,2 x 0,7 m. Omtrent alle blokkene er dekt av mose og vegetasjon, men enkelte stader ligg det ljosare blokker oppå dei andre. Gjennomsnittleg skråningsgradient i området med blokker er 30°, like under fjellveggen er det 45°. Figur 4-33 viser profilet til utlaupsområdet og 30°-linja

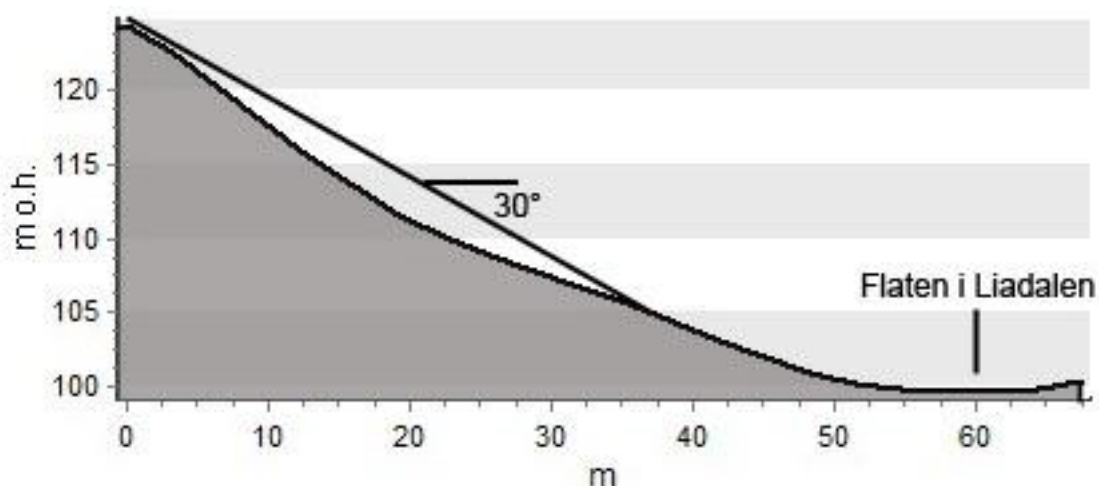
for estimering av lengste utlaupsdistanse. Denne linja kryssar profilet 36 m frå kjeldeområdet. Området over fjellblotninga er relativt flatt før det kjem ei ny skråning med omtrent 45° helling. Om lag 30 meter av blokkavsetjinga er innanfor området som høyringsutkastet til Os kommune dekker.

Tolking:

Dette er ein talus danna av steinsprang frå fjellblotninga. På grunn av all vegetasjonen kan ein anta at dei fleste steinspranga har skjedd for ei god tid sida, men det er òg teikn på nyare steinsprang, sjølv om det er færre av dei. Fjellblotninga viser at det kjem til å rase ut fleire blokker herfrå. Blokkene som ligg oppå fjellblotninga er tolka til å vera frå kjeldeområde i skråninga over. Desse og nye steinsprang frå skråninga over vil kunna trilla utfor kanten og nedover mot flaten i Liadalen. 30° linja i profilet (Figur 4-33) viser at estimert lengte utlaupslengd er 36 m. Avsetjingane frå fjellveggen ligg ca 45 meter frå fjellveggen, 9 meter lengre enn estimert utlaup. Dette kan skuldast at topografien var ulik slik den er i dag når dei ytste blokkene vart avsett. Det er ingen teikn til ferske blokker blant dei ytste. Blokker som losnar no må komma seg forbi ura utan å stoppa i holromma mellom blokkene. Lengste utlaupsdistanse vert difor tolka til å vera innanfor den samanhengande talusen og at 30°-linja gir eit godt estimat slik topografien er i dag. Topografien nedanfor fjellblotninga gjer at blokkene må fylgja eit gjel, noko som gjer at utbreiinga til talusen lengst nede ikkje vert så stor.



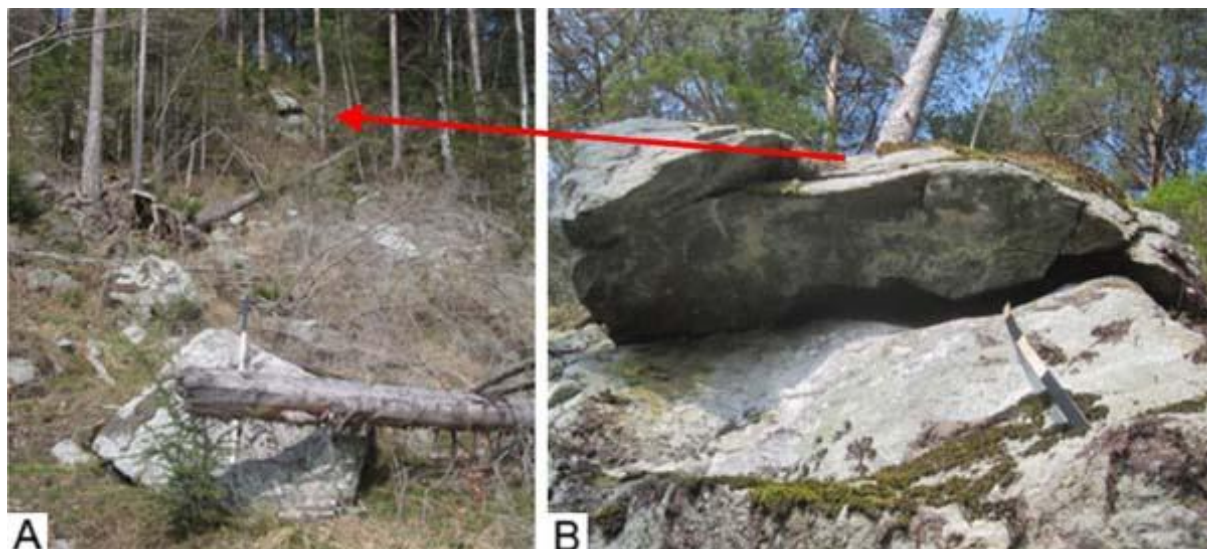
Figur 4-32: Dei ytste og største blokkene i framgrunnen og kjeldeområde bak i bilete



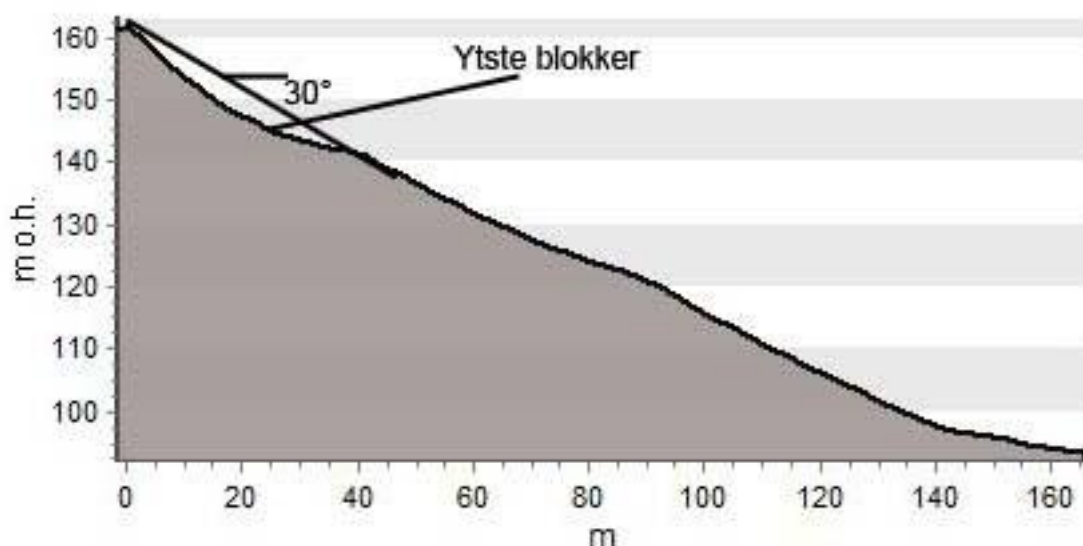
Figur 4-33: Profil fra toppen av kjeldeområdet og nedover utlaupsområdet med 30°-linje for estimering av lengste utlaupsdistanse.

Liadalen 5 UTM 0302501 6676179, 146 m o.h.

Lokaliteten inneholdt blokker av dioritt som ligg tett i ei skråning under ein 3 meter høg fjellskrent av dioritt (Figur 4-34-A). Blokkene er angulære og dei fleste har lengste akse under 1 m. Frå kjeldeområdet (UTM 0302490 6676192) er det 18 meter ut til talusfoten og herfrå er det 4 meter ned til ein traktorveg. Skråningsgradienten er i snitt 30° mellom kjeldeområdet og talusfoten. Herfrå er det om lag 20 meter med gradient 11° før det kjem ei ny skråning med helling på om lag 20° ned mot flaten i Liadalen. I kjeldeområdet er det ei blokk på 2 x 1 x 0,5 m som ser ut til å vera heilt losna frå grunnfjellet (Figur 4-34-B). Blokka ligg på ein liten (10 cm) kant av grunnfjellet som stikk ut. Fjellskrenten er omtrent vertikal og store delar av blokka stikk dermed rett ut frå fjellskrenten. Det er omtrent ikkje vegetasjon mellom kjeldeområdet og traktorvegen. Skråninga som går ned mot flaten i Liadalen har tett vegetasjon. Det vart gjort schmidthammarmålingar på nokre av dei ytste blokkene (avsnitt 1.1). Figur 4-35 viser profilet frå kjeldeområdet og nedover skråninga.



Figur 4-34: (A) Ei av dei fremste blokkene i talusen og kjeldeområdet i bakkant. (B) Laus blokk i kjeldeområdet.



Figur 4-35: Profil frå kjeldeområdet og nedover skråninga. 30°-linja er teikna inn som estimat for lengste utøpsdistanse

Tolking:

Dette er ein talus avsett av steinsprang frå fjellskrenten over. Den lause blokka over er veldig ustabil. Blokka kviler på friksjonskreftene til underlaget og hovudsakleg på den vesle kanten til grunnfjellet under blokka. Sidan store delar av blokka ikkje har noko støtte vil den lett kunne tippa framover og få rotasjon når det som held den på plass sviktar. Den låge gradienten ned mot traktorvegen og vidare gjer at den mest sannsynleg vil stoppa der skråninga flatar ut. Få teikn på ferskt skredmateriale i talusen og få sprekker i kjeldeområdet gjer at området elles er rimeleg stabilt. Profilet (Figur 4-35) viser at estimert lengste

utlaupsdistanse er rett forbi dei ytste observerte blokkene. Dette vert tolka som ytste utlaupsdistanse frå kjeldeområdet.

Liadalen 6 UTM 302601 6676259, 120 m o.h.

Lokaliteten består av kanta blokker med lengste akse på opp til 2 meter som ligg i eit lite gjel med retning S-SA ned mot botnen i Liadalen (Figur 4-36). Det er lite jordmassar i gjelet. Nokre av blokkene er dekt av mose, men det er fleire som er lyse i fargen. Fleire av blokkene ligg oppå hogstmateriale (Figur 4-37). Øvst i gjelet er det ein om lag 2 meter høg nærmast vertikal fjellvegg som har store vertikale sprekker. Hellinga til gjelet er på 27°.



Figur 4-36: Oversikt over stormlaup Foto: Sondre Smeland



Figur 4-37: Blokk som ligg oppå hogstmateriale Foto: Sondre Smeland

Tolking:

Dette vert tolka til å vera eit stormlaup der vatn spelar ei viktig rolle både til utløysing og transport av materialet. Hellinga på 27 grader er ikkje nok til at steinane og blokkene kan fraktast så langt vekk frå kjeldeområdet. Ved periodar med høg nedbør losnar det blokker frå fjellveggen og vatn i lag med gravitasjonen fraktar materialet nedover. Det at det ligg blokker oppå hogstmaterialet tyder på at det er eit aktivt transport av blokker av denne storleiken.

4.3 Schmidthammarresultat

Referansemålingar

Lokalitet 1 Vardafjellet og Lunden

Til eldre referanse er det gjort målingar på to lokalitetar: Vardafjellet og Lunden (1a-b i Tabell 4-3). Begge lokalitetane var dekt av is under yngre dryas (merkt med Re på Figur 1-5; Vardafjellet i vest og Lunden i aust.) Tilbaketrekkinga av yngre dryas-isfronten i dette området var for 11500 kalenderår sidan. Ved Vardafjellet (UTM 0303321 6678724) vart det målt R-verdiar på ei horisontal fjelloverflata på den austlege delen av fjellet. Det vart ikkje observert nokre tidlegare utrasing frå dette området. Ved Lunden (UTM 0304804 6678783) vart det målt R-verdiar frå ein horisontal fjellblotning ute på eit jorde. Det vart ikkje observert nokre skredavsetjingar frå dette området. Gjennomsnitt R-verdi for eldre referanse er $28,75 \pm 0,94$ (Tabell 4-3). Eit histogram over schmidthammarverdiane er vist i Figur 4-42.

Lokalitet 2 Hjelle

På Hjelle er det målt R-verdiar på to overflater: ei fersk overflate og ferske blokker (2a-b i Tabell 4-3). Den ferske overflata var ei horisontal overflate som var sprengt ut i samband med bygginga av dei nye bustadane øvst på Hjelle (UTM 0305154 6679208). Dei ferske blokkene var lokale blokker som var sprengt ut i samband med utbyggina på Hjelle (UTM 0305331 6679166). Blokkene var kubiske og skulle truleg brukast til å laga murar av. Det vart målt R-verdiar på tre av blokkene som låg horisontalt. Gjennomsnitt R-verdi for yngre referanse er $43,28 \pm 0,89$ (Tabell 4-3). Eit histogram over schmidthammarverdiane er vist i Figur 4-42.

Undersøkte steinsprang

Lokalitet 3 Villelia

Denne lokaliteten er to blokker frå steinsprang mars 2011, sjå **Villelia 7** i avsnitt 4.2.1. Det er målt R-verdi på begge blokkene (3a-b i Tabell 4-3). Blokkene vart velta slik at dei låg stødig og mest mogeleg horisontalt, og målingane vart gjort på overflata som såg ferskast ut. Gjennomsnitt R-verdi frå desse blokkene er $29,77 \pm 2,00$ (Tabell 4-3). Eit histogram over schmidthammarverdiane er vist i Figur 4-42.

Lokalitet 4 Talus i Liadalen

Denne lokaliteten er ei talusavsetjing under ein 6-7 meter høg fjellvegg nord i Liadalen (UTM 0302631 6676445) sjå Liadalen 1, avsnitt 4.2.3. Her vart det målt R-verdiar på tre blokker som ser ut til å vera avsett ganske nyleg då dei har friskare overflate og kviler oppå blokker med meir forvittra/mørkare overflate (4a-c i Tabell 4-3). I tillegg ligg eine blokka over eit velta tre (Figur 4-38). Blokkene er tolka til å ha vorte avsett samstundes, men det kan ikkje utelukkast at det kan vera i to eller tre omgangar. Blokkene vart flytta på til eine overflata var mest mogeleg horisontal. Blokk a og b hadde veldig glatte overflater og blokk c hadde meir ru overflate. Gjennomsnitt R-verdi for desse blokkene er $41,38 \pm 2,02$ (Tabell 4-3). Det vart òg målt R-verdi på 10 blokker omtrent 10 meter lenger nede i talusen (4d-m i Tabell 4-3). Sidan talusen er avsett av kontinuerlege steinsprang over lang tid, vil ikkje alle steinspranga vera avsette samstundes. Blokkene som er valde ut har omtrent lik storleik og vart tatt langs ein transvers til talusen med lik avstand frå fjellveggen. Gjennomsnitt R-verdi er $38,04 \pm 2,16$ (Tabell 4-3). Eit histogram over schmidthammarverdiane er vist i Figur 4-42.



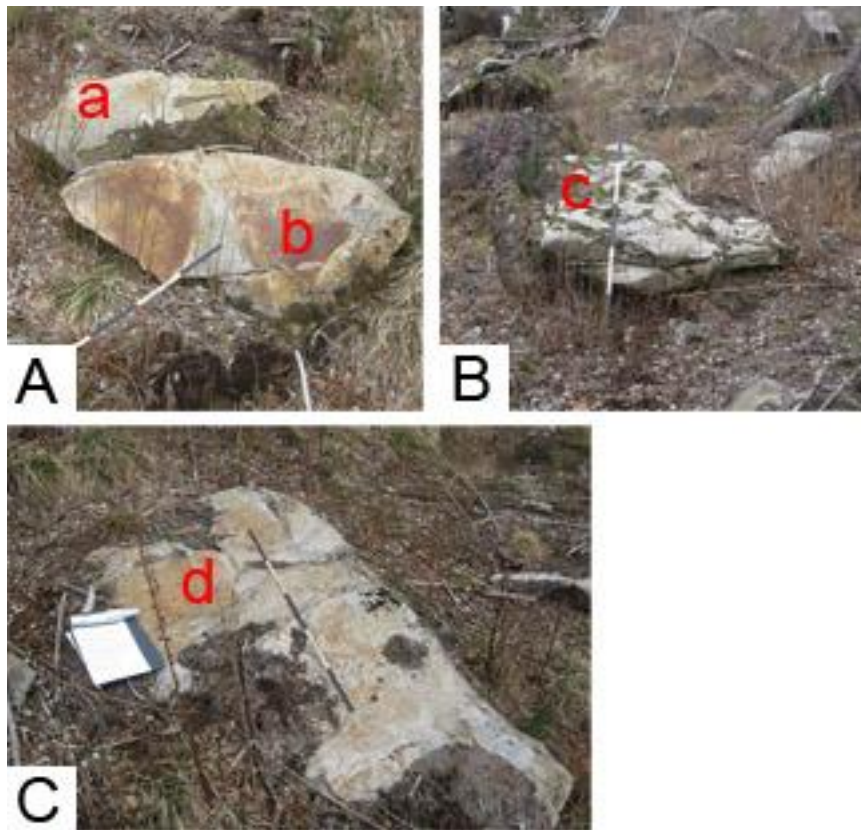
Figur 4-38: Tre ferske blokker som det vart målt R-verdi på. Blokk a ligg oppå eit velta tre

Lokalitet 5 Enkeltblokk i Liadalen

På denne lokaliteten ligg ei blokk, som stammar frå steinsprang, for seg sjølv på flaten i Liadalen, sjå Liadalen 3 og Figur 4-30-B (UTM 0302621 6676178). Blokka har ganske ljøs farge og det veks ikkje mose på den. Forma er relativt kubisk og det vart målt R-verdiar på flata som er mest horisontal. R-verdi for denne lokaliteten er $40,50 \pm 2,74$ (5a i Tabell 4-3). Eit histogram over schmidthammarverdiane er vist i Figur 4-42.

Lokalitet 6 Blokker over Grønhaugen

På denne lokaliteten ligg blokker i skråninga over Grønhaugen, sjå Grønhaugen 5, avsnitt 4.2.2 og Figur 4-27. Nedanfor eine kjeldeområdet til dioritt ligg det fleire blokker enkeltvis (UTM 0302459 6676054). To blokker ligg inntil kvarandre og viser ein gulaktig frisk farge på nokre av sidene (Figur 4-39-A). Andre sider av blokkene er delvis dekt av mose. Blokkene ligg oppå fleire kvistar, noko som tyder på at dei har stoppa der ganske nyleg. Kjeldeområdet har same gulfargen i eit område der det ser ut til å ha losna materiale nyleg, og gråare farge i dei stabile områda. Blokkene er tolka til å stamma frå same steinspranghending. Det vart målt R-verdi på begge blokkene (6a-b i Tabell 4-3) og gjennomsnitt R-verdi er $31,60 \pm 1,87$. I tillegg vart det målt R-verdi på to andre blokker like ved (Figur 4-39-B og C). Desse blokkene er mykje gråare i fargen og er meir dekte av mose og vegetasjon rundt. Blokkene ligg eit stykke frå kvarandre og er tolka til å vera einskilte steinspranghendingar. Blokk c gav R-verdi $30,16 \pm 2,02$ og blokk d gav R-verdi $28,90 \pm 1,77$. Alle blokkene er tolka til å vera frå det same kjeldeområdet og er avsette som steinsprang. Eit histogram over schmidthammarverdiane er vist i Figur 4-42 og Figur 4-43.



Figur 4-39: Dei fire blokkene det vart målt R-verdi på

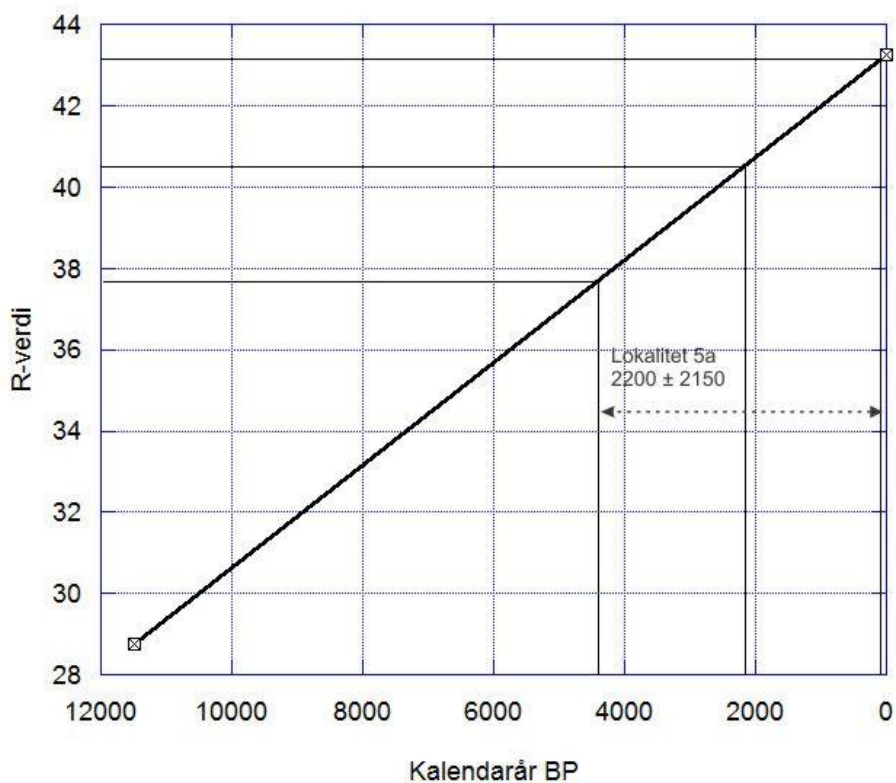
Lokalitet 7 Blokker vest for Liadalen

Denne lokaliteten består av tre blokker frå steinsprang som ligg under ein fjellskrent vest for Liadalen, sjå Liadalen 5, avsnitt 4.2.3 (UTM 0302501 6676179). Blokk a (7a i Tabell 4-3) har ei grå overflata som ser forvitra ut (sjå Figur 4-34). Det veks litt mose på den og nokre stader har den eit tynt jordlag frå delvis nedbrotne barnåler. R-verdi frå blokk a er $32,12 \pm 3,72$. Blokk b (7b i Tabell 4-3) ligg oppå kvistar og må difor ha stoppa der ganske nyleg (Figur 4-40). Fargen på blokka er ljøs grå og overflata ser forvitra ut. R-verdi frå blokk b er $32,72 \pm 3,26$. Blokk c (7c i Tabell 4-3) er ljøs grå og har ei overflata som ser ut til å vera godt forvitra, men er samtidig ganske glatt (Figur 4-40). Store delar av blokka er heilt omslynga av vegetasjonen rundt og det veks noko mose på blokka. R-verdi frå blokk c er $27,72 \pm 2,53$. På bakgrunn av observasjonane frå lokaliteten vert steinsprang c tolka til å vera eldst, deretter steinsprang a og at steinsprang b er yngst. Eit histogram over schmidthammarverdiane er vist i Figur 4-42 og Figur 4-43.



Figur 4-40: Blokk b og c som det vart målt R-verdi på

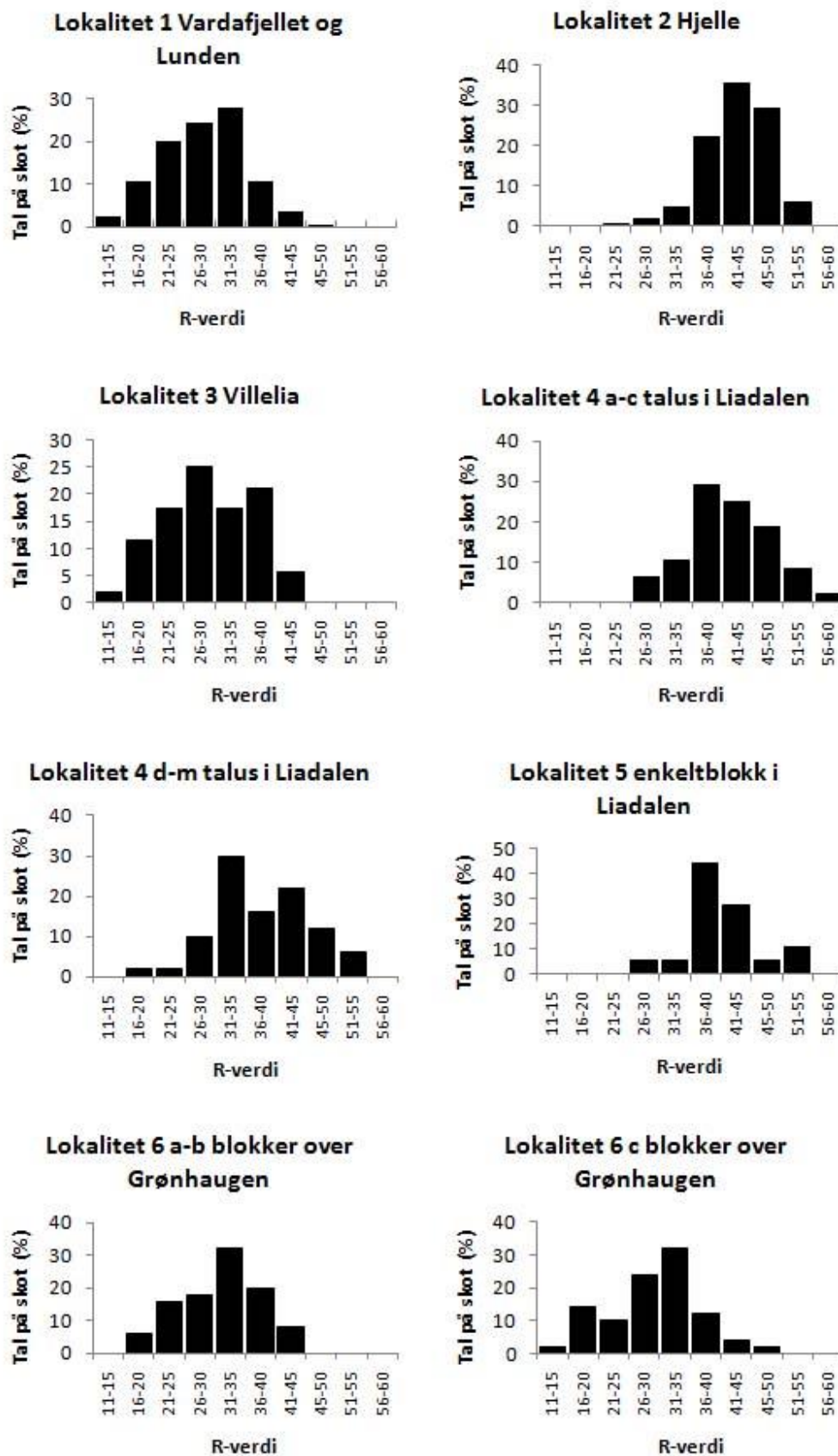
Figur 4-41 viser korleis aldrane til lokalitetane vert bestemt ut i frå 95 % konfidensintervall ved kvar lokalitet. Alle aldrane vert vist i Tabell 4-4 og vert diskutert i kapittel 5.



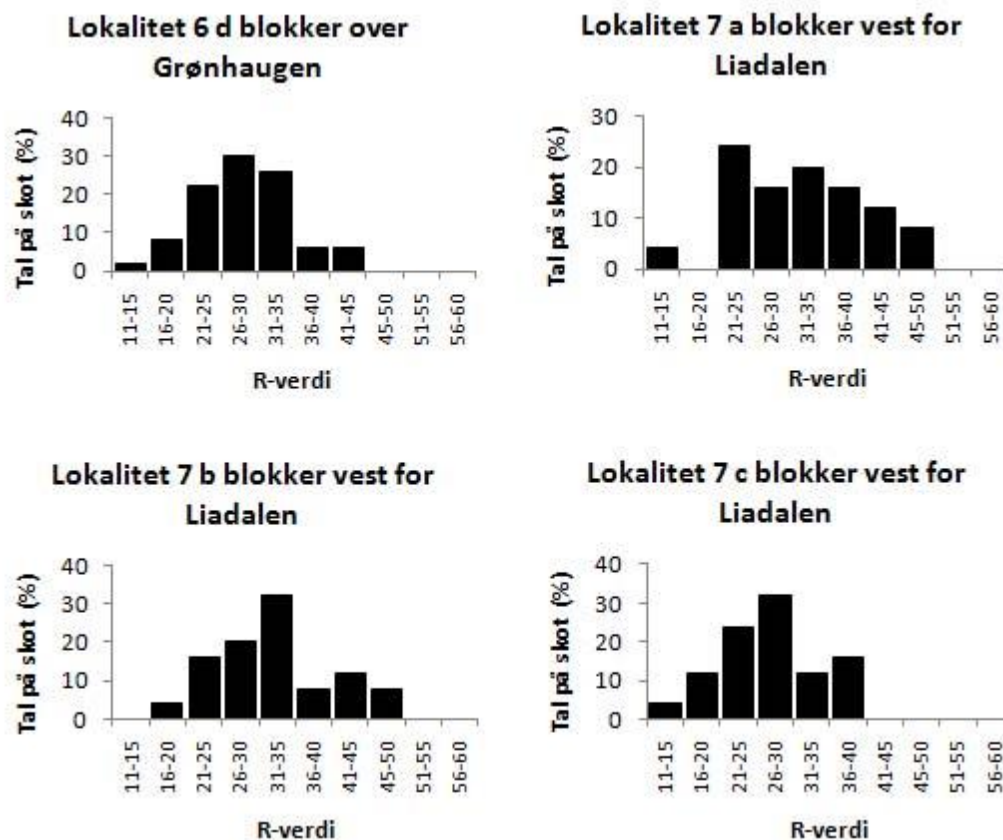
Figur 4-41: Alderskurva basert på gjennomsnitt R-verdi for eldre og yngre referanse (lokalitet 1 og 2). Avvika ved kvart estimat er basert på statistisk utrekna 2 x standardfeil (95% konfidensintervall) ved kvar lokalitet. Kalkulerte aldrar er gitt i Tabell 4-4 og er her vist for lokalitet 5a.

Tabell 4-3: Schmidthammar R-verdiar frå feltområdet. Feilmarginen er gitt ved ± 2 standardfeil

Lokalitet	m o.h.	Miljø	R-verdi	Gjennomsnitt R-verdi
1a Vardafjellet	100	Yngre dryas-overflate	29,77 \pm 1,31	28,75 \pm 0,94
1b Lunden	81	Yngre dryas-overflate	27,72 \pm 1,32	
2a Hjelle	140	Fersk overflate	44,03 \pm 0,89	43,28 \pm 0,89
2b Hjelle	122	Ferske blokker	41,78 \pm 1,78	
3a Villelia	66	Ferskt steinsprang	30,54 \pm 2,97	29,77 \pm 2,00
3b Villelia	66	Ferskt steinsprang	29,11 \pm 2,72	
4a Talus i Liadalen	170	Ferskt steinsprang	46,12 \pm 3,24	41,38 \pm 2,02
4b Talus i Liadalen	170	Ferskt steinsprang	40,53 \pm 3,22	
4c Talus i Liadalen	170	Ferskt steinsprang	37,13 \pm 2,44	
4d Talus i Liadalen	170	Steinsprang	39,60 \pm 3,32	38,04 \pm 2,16
4e Talus i Liadalen	170	Steinsprang	38,00 \pm 9,27	
4f Talus i Liadalen	170	Steinsprang	48,80 \pm 4,71	
4g Talus i Liadalen	170	Steinsprang	34,00 \pm 2,83	
4h Talus i Liadalen	170	Steinsprang	43,40 \pm 5,54	
4i Talus i Liadalen	170	Steinsprang	38,00 \pm 7,88	
4j Talus i Liadalen	170	Steinsprang	32,80 \pm 3,76	
4k Talus i Liadalen	170	Steinsprang	38,60 \pm 5,89	
4l Talus i Liadalen	170	Steinsprang	31,00 \pm 4,43	
4m Talus i Liadalen	170	Steinsprang	36,20 \pm 6,43	
5a Enkeltblokk i Liadalen	100	Steinsprang	40,50 \pm 2,74	31,60 \pm 1,87
6a Blokker over Grønhaugen	135	Ferskt steinsprang	31,88 \pm 3,00	
6b Blokker over Grønhaugen	135	Ferskt steinsprang	31,32 \pm 2,31	
6c Blokker over Grønhaugen	135	Steinsprang	30,16 \pm 2,02	28,90 \pm 1,77
6d Blokker over Grønhaugen	135	Steinsprang	28,90 \pm 1,77	
7a Blokker vest for Liadalen	146	Steinsprang	32,12 \pm 3,72	27,52 \pm 2,53
7b Blokker vest for Liadalen	146	Steinsprang	32,72 \pm 3,26	
7c Blokker vest for Liadalen	146	Steinsprang	27,52 \pm 2,53	



Figur 4-42: Histogram over R-verdi for schmidthammarlokalitet 1-6c i feltområdet



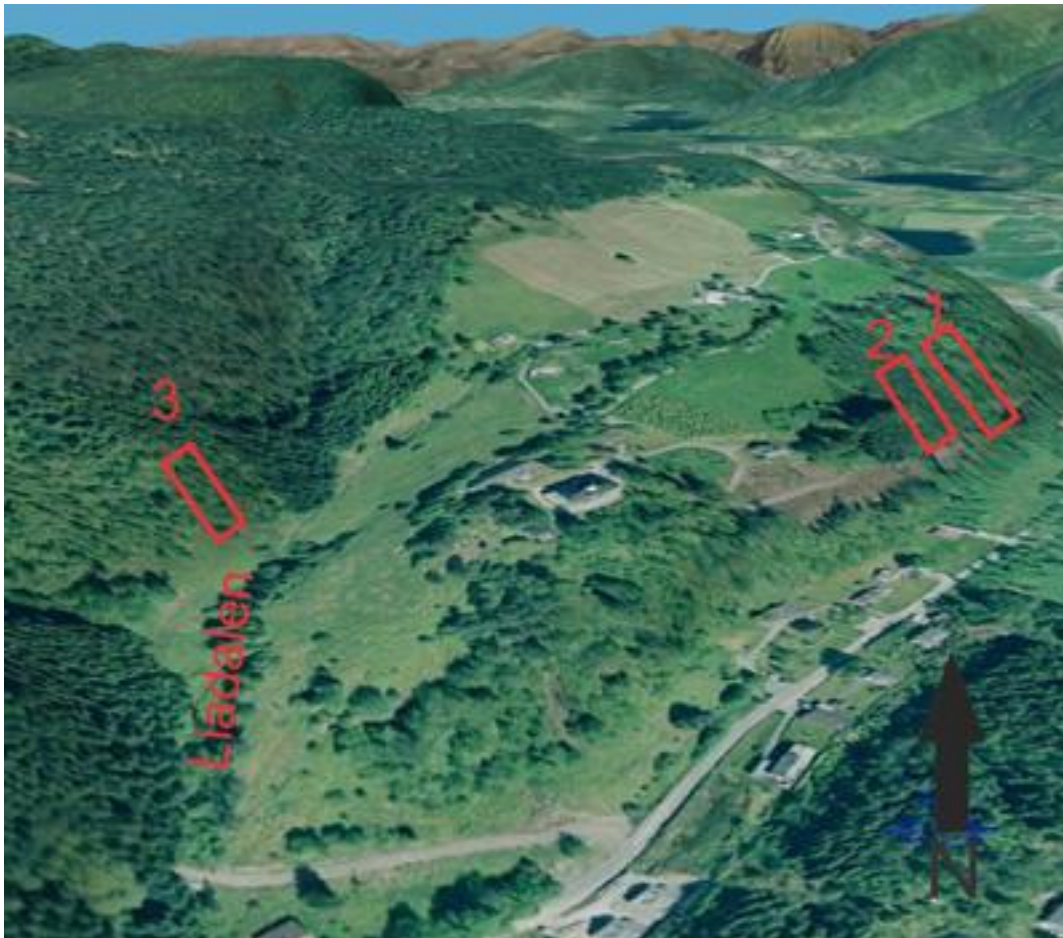
Figur 4-43: Histogram over R-verdi for schmidthammarlokalitet 6d-7c

Tabell 4-4: Aldersestimat til dei ulike blokkene basert på schmidthammar R-verdiar og lineær interpolasjon mellom referansepunkta

Lokalitet	Miljø	Gjennomsnitt R-verdi	Alder kal. år BP
3a-b Villelia	Ferskt steinsprang	29,77 ± 2,00	10700 ± 1600
4a-c Talus i Liadalen	Ferskt steinsprang	41,38 ± 2,02	1500 ± 1500
4d-m Talus i Liadalen	Steinsprang	38,04 ± 2,16	4150 ± 1700
5a Enkeltblokk i Liadalen	Steinsprang	40,50 ± 2,74	2200 ± 2150
6a-b Blokker over Grønhaugen	Ferskt steinsprang	31,60 ± 1,87	9250 ± 1500
6c Blokker over Grønhaugen	Steinsprang	30,16 ± 2,02	10400 ± 1600
6d Blokker over Grønhaugen	Steinsprang	28,90 ± 1,77	11400 ± 1400
7a Blokker vest for Liadalen	Steinsprang	32,12 ± 3,72	8850 ± 2950
7b Blokker vest for Liadalen	Steinsprang	32,72 ± 3,26	8350 ± 2600
7c Blokker vest for Liadalen	Steinsprang	27,52 ± 2,53	> 11 500

4.4 Skog som vern mot steinsprang

Tre stadar vart det gjort målingar av skogen (Figur 4-44). Til utrekning av sannsynleg steinsprangfare i enden av skråningane er det brukt same storleik (1 x 1 x 1 m) på blokkene frå dei ulike kjeldeområda. Dette er storleikar som er observert i alle dei ulike testområda og har størst sjanse for å rulla langt. Det er òg denne storleiken som gir resultat som lettast let seg samanlikna. Samtidig er det vist at RockFor^{NET} fungerer dårlegare for mindre blokker (Wehrli et al., 2006).



Figur 4-44: Feltområdet med dei tre stadane det vart gjort målingar av skogen. Bilete frå Norge i 3D

Område 1 lauvskog i Villelia UTM 0303050 6676500, 120 m o.h.

Lauvskogen under kjeldeområdet i Villelia (sjå **Villelia 1** i avsnitt 4.2.1). Vegetasjonen inneheld alm, ask, eik, hassel, or og rogn (Figur 4-45). Skråninga er definert frå kjeldeområdet og ned til *Mobergsli*. I skråninga er det mange eksempel på blokker som har stoppa på grunn av tre (sjå t.d. Figur 4-13-A; Figur 4-17; Figur 4-18). Samtidig er det fleire eksempel på blokker som passerer heile skogen (Figur 4-15-A). Mange av steinspranga som forserer heile skogen vert truleg fjerna då det flate området nedst vert brukt til jordbruk. I grøfta til *Mobergsli*, under testområdet, er det observert fleire blokker. Dette er truleg

blokker som har landa på asfalten og vorte dytta ut i grøfta etterpå. Tabell 4-5 viser inndataparametrar og sannsynleg steinsprangfare i enden av skråninga.



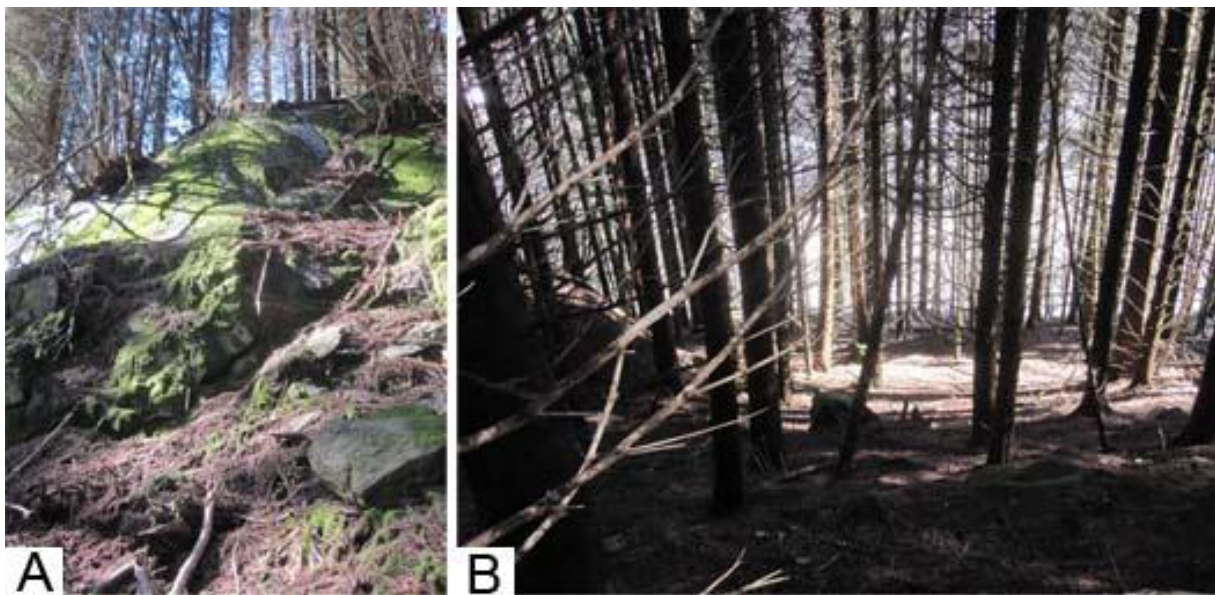
Figur 4-45: Vegetasjonen sett frå kjeldeområdet (UTM 0303050 6676500) Bilete tatt mot søraust

Tabell 4-5: Inndataparametrane og sannsynleg steinsprangfare i enden av skråning for område 1 lauvskog i Villelia

Parametrar:	Verdi:
Skråningsgradient	45°
Høgd på klippe	7 m
Lengd på område utan skog	2 m
Lengd på skog i skråning	45 m
Tre per hektar	1550
Gjennomsnitt DBH	16,8 cm
Bøketre	63 %
Eiketre	37 %
Resultat:	
<i>Sannsynleg steinsprangfare i enden av skråning</i>	<i>62 %</i>

Område 2 granskog i Villelia UTM 0302951 6676354, 104 m o.h.

Denne lokaliteten er eit område med granskog under eit 6 m høgt kjeldeområde i Villelia (Figur 4-46-A). Kjeldeområdet består av ei blotning av grunnfjellet i skråninga. Nokre stadar er overflata tilnærma vertikal, men andre stadar heller overflata omtrent som skråninga. Skråninga er definert frå kjeldeområdet og ned til *Mobergslia*. Det er observert blokker som har stoppa i skråninga og blokker som har stoppa i *Mobergslia* og i tre på nedsida av vegen (Figur 4-19). Grantrea veks så tett at dei skuggar for det meste av sollyset (Figur 4-46-B). Tabell 4-6 viser inndataparametrane og sannsynleg steinsprangfare i enden av skråninga.



Figur 4-46: (A) 6 m høgt kjeldeområde. (B) Skråninga sett frå kjeldeområdet, bilete tatt mot søraust

Tabell 4-6: Inndataparametrane for område 2 granskog i Villelia

Parametrar:	Verdi:
Skråningsgradient	39°
Høgd på klippe	6 m
Lengd på område utan skog	2 m
Lengd på skog	30 m
Tre per hektar	1667
Gjennomsnitt DBH	25,5
Grantre	100 %
Resultat:	
<i>Sannsynleg steinsprangfare i enden av skråning</i>	<i>16 %</i>

Område 3 lauvskog i Liadalen UTM 0302600 6667190, 108 m o.h.

Skråning som fell ned mot flaten i Liadalen (sjå **Liadalen 3** i avsnitt 4.2.3). Kjeldeområdet (Figur 4-47-A) varierer frå 3 til 7 m. Vegetasjonen inneheld hassel, kristtorn og bjørk (Figur 4-47-B). Skråninga er definert frå det nedste kjeldeområdet i skråninga og ned til traktorvegen under skråninga. I skråninga er det fleire steinsprangavsetjingar, fleire av dei ser ut til å ha stoppa på grunn av tre. Den relativt låge skråningsgradienten på 35° gjer at blokker som har dårlege rulleegenskapar gjerne stoppar av seg sjølv utan kontakt med tre. Fleire blokker er observert ved traktorvegen og på flaten forbi (Figur 4-30-A og B). Tabell 4-7 viser inndataparametrane og sannsynleg steinsprangfare i enden av skråninga.



Figur 4-47: (A) 3 meter høgt kjeldeområde. (B) Vegetasjonen i skråninga sett frå kjeldeområdet. Bilete tatt mot søraust

Tabell 4-7: Inndataparametrane for område 3 lauvskog i Liadalen

Parametrar:	Verdi:
Skråningsgradient	35°
Høgd på klippe	7 m
Lengd på område utan skog	2
Lengd på skog	20 m
Tre per hektar	4900
Gjennomsnitt DBH	7 cm
Bøketre	100%
Resultat:	
<i>Sannsynleg steinsprangfare i enden av skråning</i>	69 %

Sidan dei ulike testområda ikkje har like inndataparametrar for kjeldeområde og skråning, vert skogtypane til område 2 og 3 testa ut med område 1 sine verdiar (Tabell 4-8). Område 1 er valt sidan det er her skråningsgradienten er størst.

Tabell 4-8: Område 1 sine inndataparametrar for skråninga og kjeldeområdet, og dei ulike områda sine inndataparametrar for skogen i lag med sannsynleg steinsprangfare i enden av skråning for dei ulike skogtypane

Parametrar:	Verdi:
Skråningsgradient	45°
Høgd på klippe	7 m
Lengd på område utan skog	2 m
Lengd på skog i skråning	45 m
Resultat:	
<i>Sannsynleg steinsprangfare i enden av skråning:</i>	
Område 1 lauvskog i Villelia	62 %
Område 2 granskog i Villelia	49 %
Område 3 lauvskog i Liadalen	86%

Resultata vert diskutert i kapittel 5.

5 Diskusjon

5.1 Schmidthammar

Lokalitetane der det vart gjort målingar på ferske steinsprang, gav alle mykje høgare aldrar enn forventta (sjå tabell Tabell 4-4): Steinspranget ved E39 (3a-b i Tabell 4-4) gav ein alder på 10700 ± 700 år; Dei ferske steinspranga i talusen i Liadalen (4a-c i Tabell 4-4) gav ein alder på 1500 ± 1500 år; Dei ferske steinspranga over Grønhaugen (6a-b i Tabell 4-4) gav ein alder på 9250 ± 1500 år. Sidan desse tre lokalitetane er tolka til å vera ferske steinsprang, vert dei brukt i vidare diskusjon av schmidthammar som metode for datering av steinsprang. Dersom metoden kan brukast, kan ein forventta verdiar nært opptil ung referanse ($43,28 \pm 0,89$) på desse lokalitetane. Årsaker til at verdiane er lågare (sjå Tabell 4-3), dessutan vidare diskusjon av schmidthammarmetoden til datering av steinsprang, vert diskutert under.

Litologi

Berggrunnen i feltområdet består som nemnt tidlegare hovudsakleg av dioritt (dels lagdelt med gabbro) og gabbro (dels lagdelt med dioritt). Desse bergartane inngår i ein blandingsserie der dioritt og gabbro er endepunkta. Bergartane har med andre ord varierende samansetjing av diorittmineral og gabbromineral. I felt er det mogleg å skilja bergartar som er nærmare ein endebergart, frå bergartar som er nærmare den andre. Schmidthammarmålingane er utført på dioritt (dels lagdelt med gabbro), men det kan ikkje utelukkast at innhaldet av diorittmineral og gabbromineral varierar på dei ulike målestadane. McCarroll (1989) og Shakesby et al. (2006) fann at sjølv små variasjonar, i høvesvis, litologi og i bergartstypen kan gje signifikante skilnadar i R-verdi. Valet av dioritt som bergart til målingane vart gjort då det er den bergarten det er mest av i feltområdet, i tillegg til at det vart funne gode referansar for bergarten. Dei ulike samansetjingane til bergartane, og det at feltområdet bestod av fleire ulike bergartar (kalkstein, sandstein, konglomerat og fyllitt), gjorde arbeidet med å finna referansepunkt i Os vanskeleg.

Forvitring før utrasing

Det er ingen tvil om at steinspranga ved E39 (*lokalitet 3*, avsnitt 1.1) er frå 2011. Gjennomsnittleg R-verdi frå denne lokaliteten er 29,77 som er over 13 poeng lågare enn ung referanse. Kjeldeområdet (Figur 4-15-C) til blokkene viser at blokkene har losna frå ei blotning heilt i overflata av skråninga. I same kjeldeområde er det lause blokker som ikkje har rulla ut endå. Det at kjeldeområdet er så grunt gjev at ein kan anta at det har føregått forvitring i sprekkene i lang tid før blokkene til slutt raste ut. Sidan kjeldeområdet ikkje er ein skrent eller vegg kan ein òg anta at blokker som losnar frå grunnfjellet kan liggja lenge før dei til slutt rasar ut. I desse tilfella vil forvitring skje òg på brotflatene til blokkene.

Dei tre ferske blokkene i talusen i Liadalen (*Lokalitet 4*, avsnitt 1.1) gjev ein alder på 1500 ± 1500 år. Figur 4-38 viser at blokkene har frisk farge, og at blokk a ligg oppå eit tre, noko som tyder på at dei er avsette ganske nyleg. Kjeldeområdet til denne lokaliteten har store sprekkessystem og det er fleire blokker som ser ut til å vera omtrent heilt lause frå fjellveggen. Dette tyder òg på at brotflatene vil vera eksponert for forvitring i ein periode før dei rasar ur. Dei tre ferske blokkene er tolka til å stamma frå same steinspranghending, då dei ligg nær kvarande og alle har overflater som ser ferske ut. R-verdiane frå dei ulike blokkene varierer frå $37,13 \pm 2,44$ for den lægste og $46,12 \pm 3,24$ for den høgste. Basert på observasjonane frå felt vert blokkene framleis tolka til å vera ferske steinsprang og differansen i R-verdi vert tolka til å vera hovudsakleg på grunn av forvitring før utløysing. Blokk c som fekk den minste verdien ($37,13 \pm 2,44$) hadde meir ru overflate enn blokk a og b, noko som kan ha gitt lågare R-verdi.

Transport i fleire etappar

I område der det ikkje er definert kjeldeområde med talusavsetjing under, må ein anta at blokker kan vera transportert i meir enn ein etappe. Blokker kan stoppa i skråningar der gradienten ikkje er høg nok for vidare transport. Seinare kan til dømes jordsig, rotvelt eller ekstremvêr utløysa blokkene på ny. I slike tilfelle vil blokka vera eksponert for forvitring i perioden den ligg mellom kjeldeområdet og endeleg avsetjing. Dei to ferske steinspranga over Grønhaugen (*lokalitet 6*, avsnitt 1.1) låg på hogstmateriale, men er datert til 9250 ± 1500 år. R-verdiane frå kvar av blokkene var så like ($31,88 \pm 3,00$ og $31,32 \pm 2,31$) at dei støttar antakinga om at dei stammar frå same steinsprang. Sidan blokkene er datert til over 9000 år, er dei truleg transportert i fleire etappar, og/eller eksponert for forvitring før utløysing. Det kan heller ikkje utelukkast at dei har vorte flytta på under hogstarbeid.

Låge R-seriar

Når ein skal 'skyta' på einskilde steinsprangblokker er det overflata som avgjer kor mange skot (R-verdiar) som kan målast på blokka. Dersom blokkene er for store til å flyttast på er det opp til operatøren å bestemma om ei av overflatene er horisontal nok for målingar. Når berre ei blokk vert analysert, vert tal på skot relativt låge. Dette fører til at standardavviket og dermed standardfeilen vert relativt høg. Tabell 4-3 viser at "2 x standardfeil" er ein god del høgare for enkeltblokker i forhold til der det er gjort fleire målingar. *Lokalitet 2 Hjelle* har "2 x standardfeil" lik 0,89 (2a-b i Tabell 4-3) og *Lokalitet 5, enkeltblokk i Liadalen* har "2 x standardfeil" lik 2,74 (5a i Tabell 4-3). Dette utgjer for *lokalitet 2*, eit avvik i år på ± 704 år og for *lokalitet 5*, eit avvik i år på ± 2150 år. Ved *lokalitet 5* vart det gjort 18 målingar, noko som er ganske mykje på berre ei overflate. Ser ein på blokkene i Liadalen som det berre vart gjort fem skot på kvar, varierer "2 x standardfeil" frå 2,83 til 9,27. I år vert dette høvesvis ± 2250

og ± 7350 år. For å få avvika lågast mogeleg må ein ta fleire målingar på blokka enn det lar seg gjera i praksis.

I tillegg til feilkjeldene som er nemnt over, er det fleire feilkjelder for målingar på enkeltblokker i forhold til målingar på steinskred. Dersom ein ikkje målar på brotflata vil R-verdiane verta lågare på grunn av at overflata har vore eksponert for forvitring før utrasing. Ved mange blokker vil dette gje mindre utslag. Få blokker gjer det i tillegg vanskelegare for operatøren å finna overflater som oppfyller krav til gode målingar. Feilkjeldene som er kjent for metoden frå før, vil òg gjelda til denne bruken.

Gjennomsnittsalder

På talusen i Liadalen er det gjort 5 målingar på kvar av 10 blokker i ein transvers i ytste del av talusen, med lik avstand frå kjeldeområdet (4d-m i Tabell 4-3). Ved å leggja saman verdiane frå kvar av blokkene, vert tal på målingar høgare, og standardavviket dermed lågare. Blokkene i talusen er avsett som steinsprang som har skjedd kontinuerleg etter siste istid. Ved å måla på fleire blokker, slå saman verdiane og deretter kalibrera til kalenderår, får ein dermed berre ein gjennomsnittsalder for blokkene der vart målt på. Den kalibrerte alderen til blokkene 4d-m er 4150 ± 1700 . Sidan dei ferske blokkene i same talusen var eksponert for forvitring før dei rasa ut frå fjellveggen, må ein anta at dette kan ha skjedd tidlegare òg. I så tilfelle er gjennomsnittsalderen for blokkene for høg.

Potensiale for schmidthammarmetoden til bruk på steinsprang

Dei uriktige aldrane og høge standardavvika som er viste i Tabell 4-4 skuldast hovudsakleg forvitring før utrasing, låge R-seriar og skilnad i litologi. Når dei ferske avsetjingane varierer i kalibrerte aldrar frå 1500 til 10700 år må ein anta at dei andre resultata kan vera like misvisande. Ut i frå målingane som er gjort i feltområdet er det klart at schmidthammarmetoden ikkje eignar seg til korkje relativ eller absolutt datering av steinsprang i dette området. Det er nærliggande å tru dette vil gjelda for andre liknande område. I område der det går steinsprang i større skala enn i feltområdet, kan resultata verta betre. Større steinsprang, med fleire blokker som rasar ut samstundes vil mogleggjera målingar på fleire blokker og dermed minska standardavvika. Ved djupare steinsprang vil det i tillegg vera mindre fare for at det har føregått forvitring før utrasing. Større kjeldeområde vil i tillegg auka sjansen for at blokker knuser når dei treff bakken. Dette vil gje betre overflater til å måle på. Gjennomsnittdatering av steinsprangblokker i talus vil gje betre resultat på grunn av større datagrunnlag. Å slå saman verdiane til blokker som ikkje er avsette samstundes fører derimot til ei ny feilkjelde som ikkje lett let set kvantifisera, då ein ikkje veit kor lang tid det har gått mellom kvart steinsprang. I tillegg vil dei same feilkjeldene som er diskutert over, gjelda for kvar enkelt av blokkene.

Sidan schmidthammarresultata er så misvisande som dei er, er dei ikkje medrekna ved fastsetjing av grensene til faresonekartet (vedlegg 2).

5.2 Skog som vern mot steinsprang

Rockfor^{NET}

Resultata frå programmet viste at sannsynleg steinsprangfare i enden av skråningane er høvesvis 62%, 16% og 69 % (Tabell 4-5; Tabell 4-6; Tabell 4-7) for blokker på 1 x 1 x 1 i dei tre testområda. Dette er ikkje absolutte verdiar og vert difor brukte som ein indikator på kor sannsynleg det er at steinsprang med denne storleiken passerer dei ulike testområda. Den viktigaste avgrensinga til programmet er at det ikkje vert tatt omsyn til andre stoppeårsaker enn samanstøyt med tre. Dette er særleg utslagsgjevande for små blokker som har lettare for å stoppa på grunn av ujamn overflata. At nokre blokker ikkje byrjar å rulla i heile tatt er heller ikkje tatt med i programmet (Berger og Dorren, 2006). På bakgrunn av dei avgrensingane vert resultata frå programmet sett på som grove overslag. Resultata byggjer på at det er blokker på 1 x 1 x 1 m som losnar.

For område 1, lauvskog i Villelia med DBH på 16,8 cm, kalkulerer programmet at 62% av blokkene som losnar vil treffe *Mobergslia*. Ser ein på dette som eit overestimat passar det godt med observasjonane frå felt. Sjølv om ein må gå ut i frå at mange av blokkene som når *Mobergslia*, eller lenger, vert fjerna, ser det ut til at mesteparten av blokkene stoppar før dei kjem så langt.

I område 2, granskog i Villelia, kalkulerer programmet at 16% av steinspranga vil nå *Mobergslia*. Med andre ord vil omtrent alle blokkene stoppa i den skogkledde skråninga. I skråninga er det observert ferske blokker, og blokkene som ligg forbi skråninga er mosedekt og forvitra, og dermed mest sannsynleg eldre enn granskogen (som er planta). Observasjon av blokker stoppa av tre rett ovanfor *Mobergslia*, gjer at det er tolka å vera steinsprangfare forbi bilvegen.

Sannsynleg steinsprangfare i enden av skråninga i område 3, lauvskog i Liadalen er estimert til 69%. Skogen i denne skråninga er kjenneteikna av veldig tettveksande (4900 tre per hektar) tre med gjennomsnitt DBH lik 7 cm. Basert på feltobservasjonane verkar dette resultatet for høgt. Sjølv om det er observert ei fersk blokk i enden av skråninga (Figur 4-30-A), ligg det fleire ferske blokker høgare opp, mange av dei like under kjeldeområdet. Den relativt låge skråningsgradienten (35°) medfører at blokker ofte kan stoppa av seg sjølv. At trea står så tett gjer det vanskeleg for blokker å passera skråninga utan eitt eller fleire samanstøyt. Det kan verka som at Rockfor^{NET} underestimerer effekten mange tynne tre har til å stoppa steinsprang av denne storleiken. Denne effekten vert diskutert seinare i kapitlet.

Sannsynleg steinsprangfare i enden av skråninga vert difor tolka til å vera mindre enn estimatet til Rockfor^{NET}.

Ved å testa ut dei ulike skogtypane med dei andre parametrane til område 1 er resultatata for sannsynleg steinsprangfare i enden av skråninga 58%, 49% og 86%, for høvesvis område 1, område 2 og område 3. Granskogen vil altså hindra flest steinsprang frå å passera skråninga. Hovudårsaka til at granskogen får best resultat ligg i at gjennomsnitt DBH til granskogen er 25,5 cm mot 16,8 og 7 cm i dei to andre områda (Tabell 4-8).

Skog som vern mot steinsprang ut i frå feltobservasjonane

Av dei tre ulike testområda for steinsprang er det klart at det er i område 1 at frekvensen av steinsprang er størst. Heile lauvskogdelen i Villelia er prega av høg steinsprangaktivitet på grunn av stort kjeldeområde med mykje sprekker og høg skråningsgradient, enkelte stadar opp mot 60°. Sidan det er i dette området det går flest steinsprang er det òg dette området som er mest studert. Mesteparten av forskinga rundt skog som vern mot steinsprang, er som nemnd tidlegare, utført i Alpane. Skråningane det er gjort ekte steinsprangundersøkingar på, har større mål enn skråningane i feltområdet. Dorren et al. (2006) brukte ei over 300 meter lang skråning til sine undersøkingar. Sidan forskinga har skjedd på relativt lange skråningar, er hovudsynspunkta at skog med høg gjennomsnitt DBH fungerer best: NaIS-prosjektet føreslo at ein skog med 200 tre per hektar, med gjennomsnitt DBH på 36 var eit minimum for å stå imot blokker på 0,95m³, Schwitter (1998) føreslo som tommelfingerregel at gjennomsnitt DBH bør vera 1/3 av lengste akse på utløyste bergfragment. Dorren et al. (2005) meiner derimot at det er viktigare med mange tre enn med berre store tre. Eit stort bergfragment (t.d. 1,5 m³) kan stoppa i eit lite tre med DBH på til dømes 10 cm, dersom den har treft eit større tre rett før. Observasjon frå felt viser at grupper av små tre (gjennomsnitt DBH <10 cm) har evna til å stoppa blokker på 1 x 1 x 0,4 m (0,4 m³) som har høg snøggleik (sjå **Villelia 8**, avsnitt 4.2.1). Området over blokka er 46° men stig til 60° og det veks få tre rett over. Ingen av trea over viste teikn på sår etter samanstyrt med steinspranget som er tolka til å vera relativt ungt. Dorren et al. (2004a) og Perret et al. (2004) fann at i skogkledde skråningar med gjennomsnittsgradient på 33° og 40° kan snøggleiken til utløyste blokker vera mellom 15 og 25 m/s, og spretthøgda mellom 1 og 2 meter. Sidan skråninga er brattare ved denne lokaliteten kan ein anta at snøggleiken kan ha vore endå høgare enn dette før blokka trefte hasselbusken. Dette viser at grupper av tre (i dette tilfellet hassel) med gjennomsnitt DBH på 5 cm, har evna til å stoppa blokker utan at blokkene har mista energi i eit samanstyrt like før. Energien til blokka er i dette tilfellet fordelt utover på dei ulike stammene. Grupper av hassel vil i tillegg ha stor horisontal utbreiing på grunn av alle stammene. Dette gir høgare sannsyn for samanstyrt med blokker.

I steinsprangmodellane som er utvikla av Dorren og Seijmonsbergen (2003) og Dorren et al. (2004b) er det tatt utgangspunkt i at trea absorberer mest energi dersom midten av blokka treff midten av stamma. For blokker med høg snøggleik er slike samanstøyt dermed naudsynt for at blokka skal stoppa momentant. Desse antakingane stemmer bra med resultatane til Dorren og Berger (2006) frå ekte eksperiment i dei franske Alpane. I feltområdet er det fleire stadar observert blokker som har stoppa momentant, sjølv om berre ein liten del av sida til blokka har vore i kontakt med treet (sjå til dømes Figur 4-18). Sjølv om det ikkje er nok observasjonar til å trekka konkret konklusjon ut i frå, kan det verka som at det ikkje er naudsynt at senteret av blokka treff trestamma for å stoppa momentant.

Det er fleire teoriar på kva skogbestand som fungerer best som vern mot steinsprang. For område der det losnar små blokker (diameter < 0.5 m) er tettleiken til trea viktigare enn DBH for å auke sjansen for samanstøyt (NaIS 2003 i Perret et al. 2004; Dorren et al. 2005; Wehrli et al. 2006). Dette vert støtta av feltobservasjonane frå *område 3 lauvsog i Liadalen* der det er 4900 tre per hektar med gjennomsnitt DBH på 7 cm (målt på tre med DBH > 5 cm). Dei fleste av blokkene som losnar frå dette området har lengste akse under 0.5 m. Det er observert fleire ferske blokker i skråninga, men berre ei på nedsida av skråninga. Dette tyder på at denne typen skogbestand fungerer godt til mindre blokker. Sjølv om det er mangel på blokker med lengste akse over 0.5 meter i skråninga vert det antatt at denne typen skogbestand vil fungera godt òg mot større blokker. Dette er basert på observasjonar andre stader der små tre har stoppa store blokker (lengste diameter > 1 m) med høg snøggleik. Når det er liten avstand mellom kjeldeområdet og skogen, og trea i skogen står tett, vil kontinuerlege samanstøyt hindre blokkene i å oppnå høg snøggleik. I område der det losnar større blokker (diameter > 0.8 m) ser det ut til at det er ein kombinasjon av tre i alle aldrar som fungerer best. Denne teorien vert støtta opp av Dorren et al. (2004a) som òg påpeiker at slike skogar har best grunnlag for regenerasjon. Tre som har potensiale til å verta store, vil frå naturen si sida, ikkje veksa tett då dei krev ei viss utbreiing. Difor er det viktig at mellomromma mellom trea med høg DBH vert fylt inn med tre som ikkje vert like store. I *område 2 granskog i Villelia* er grantrea planta for tett. Dette fører til at lite sollys kjem inn og det vert vanskeleg for nye tre å vekse. Det gode vernet som desse trea sørgjer for vil med andre ord ikkje vare evig. Frå naturen si side vil slike planta skogbestandar etter kvart verta invadert av andre tresortar (Gobakken og Næsset, 2002). I Villelia som er eit verna område, ser ein tydeleg fleire tresortar som veks i lag. Dei store trea har potensiale til å stoppa dei største blokkene. Trea som er mindre vil ha potensiale til å stoppa små og mellomstore blokker. Dersom det vert liten avstand mellom trestammene vil blokkene her òg verta hindra i å oppnå høge snøggleikar. Sidan massen til blokkene er avgjerande for kor stor snøggleik dei kan oppnå, er avstanden mellom kjeldeområdet og skogen avgjerande, i tillegg til avstanden mellom tre i skråninga. Dersom denne avstanden vert for stor vil snøggleiken raskt verta høg.

I alle dei tre testområda er avstanden mellom kjeldeområde og skogen 1-2 m, og lengste avstand mellom tre i skråningsretninga er 4 m. Dette er godt innanfor Dorren et al. (2005) sitt forslag om at denne avstanden burde vera maks 1,3 x gjennomsnitt trehøgde og ikkje meir enn 40 meter. Desse forslaga er gitt frå felteksperiment i ei skråning på over 300 meter. For mindre skråningar (< 50 m) fungerer ikkje desse forslaga. Avstandane mellom kjeldeområde og dei fyrste trea i skråninga, og avstanden mellom tre i skråninga bør vera så liten som mogeleg. Ulike trefypar i ulike aldrar ser ut til å fungere best til dette.

I Villelia og Liadalen er det fleire stadar observert rotvelter i bratte skråningar. Fleire av desse rotveltene har fungert som mur for steinsprang som har skjedd seinare (sjå **Villelia 6**, avsnitt 4.2.1). Rotvelter er kjent for å kunna vera utløysingsmekanisme for steinsprang i tillegg til å føra til høgare infiltrasjon av vatn, noko som igjen kan auke faren for jordskred (Rankka og Fallsvik, 2003). Feltobservasjonane viser at dei kan ha gunstig effekt mot steinsprang ved å stoppa store blokker (observert opptil 7.5 m³). Blokker som har stoppa i slike rotvelter har potensiale til å på ny verta sett i rørsle når rotvelta til slutt rotnar og/eller regnar vekk. Sidan blokka ligg på bakken er den potensielle energien lågare enn før den losna fyrste gongen. Dette i tillegg til at blokkene allereie er frakta eit stykke nedover skråninga gjer at utløpsdistansen til blokka vil vera kortare enn dersom den ikkje hadde stoppa i rotvelta. I område med god drenering der det er lite jordskredaktivitet vil dermed rotvelt ha gunstig effekt som vern mot steinsprang.

Potensiale til faresonekartlegging

Ut i frå observasjonane frå felt er det ingen tvil om at skogen i feltområdet har positiv effekt når det gjeld vern mot steinsprang. Sjølv om mange av blokkene som losnar frå dei ulike kjeldeområda vert stoppa av tre, er det i alle tre testområda registrert ferske blokker nedanfor skogsfeltet. I så korte skråningar som det er i testområda vil skogen aldri kunna fungera som eit 100% vern mot steinsprang. Lengre skråningar vil auka tal på samanstøyt med tre. I alle tre testområda må ein anta at ei blokk kan verta transportert gjennom heile skråninga utan kontakt med tre. Difor kan ikkje skogen gjera maksimum utlaupsdistanse kortare. Blokkene som landa like ved E39 (**Villelia**, avsnitt 4.2.1) viste at sjølv om blokka trefte omtrent midt på eit stort almetre (DBH =65 cm) vart utlaupsdistansen lang. Sjølv om ikkje skogen kan gjera maksimum utlaupsdistanse kortare, vil den minke sannsynet for at blokker når så langt, ved at mange av blokkene mistar fart ved kontakt med tre i skråninga. Dorren et al. (2005) fann at snøggleiken til blokker i skråning med skog var 26% lægre enn i skråning utan skog. Sidan mange av blokkene enten stoppar eller har lågare fart når dei kjem ut av skråninga, vil dette kunna brukast når faresonegrensene til faresonekartert skal bestemast.

Resultata frå Rockfor^{NET} er brukt i den vidare tolkinga av skogen sitt vern mot steinsprang i dei ulike områda. Den totale vurderinga av skogen sitt vern mot steinsprang er det tatt omsyn til ved bestemming av faresonene i faresonekartet (vedlegg 2).

5.3 Utlaupsdistanse

Dei fleste geometriske metodane for estimering av utlaupsdistanse for steinsprang tar for seg fjellveggar som er mykje større enn dei som er i området. Eine metoden til Domaas (1985; 1996) er laga for fjellveggar under 100 m. Metoden seier at utlaupsdistansen for steinsprang vil vera innanfor der ei 30°-linja frå øvste del av kjeldeområdet treff bakken nedanfor. Denne metoden er testa ut i eigna kjeldeområde i feltområdet. Tabell 5-1 viser estimert og tolka distanse frå dei ulike områda, og skilnaden mellom desse to.

Tabell 5-1: Estimert og tolka lengste utlaupsdistanse frå kjeldeområda til lokalitetane i kapittel 4.2. Estimert distanse er basert på 30°-linja ut frå toppen av kjeldeområdet.

Lokalitet	Estimert distanse	Tolka distanse	Skilnad (estimert – tolka)
Villelia 1	108 m	75 m	33 m
Villelia 2	39 m	17 m	22 m
Villelia 3	50 m	50 m	0 m
Villelia 4	33 m	13 m	20 m
Villelia 5	68 m	58 m	10 m
Villelia 6	48 m	27 m	21 m
Villelia 7	130 m	105 m	25 m
Grønhaugen 3	47 m	26 m	21 m
Grønhaugen 4	13 m	36 m	-23 m
Liadalen 3	67 m	56 m	11 m
Liadalen 4	35 m	35 m	0 m
Liadalen 5	40 m	40 m	0 m

Ut i frå Tabell 5-1 kan ein sjå ein trend i at estimert distanse i dei fleste tilfeller er lengre enn tolka distanse. Dette har med at estimert utlaupsdistanse ut i frå 30°-linja ikkje tar omsyn til lokale tilhøve i overflata, menneskepåverka endringar i overflata eller skog. NVE (2011) seier at utrekningar og vurderingar som òg tek med synfaring i felt vil oftast føra til at utlaupsdistanse vert mindre mellom anna ved å ta omsyn til lokale faktorar som avgrensar utlaupsdistansen. Dette stemmer godt overeins med observasjonane som vart gjort om utlaupsdistansane i feltområdet. Frå låge skrentar som i feltområdet, der blokker vil få låge fallhøgder verkar det som at det er skråninga under, i lag med rulleegenskapane til blokka som er avgjerdande for kor langt den vil nå. Dette vert støtta opp av Domaas (1994) og

Erismann og Abele (2001) som seier at forma til blokka er avgjerande for kor langt den vil rulla. Erismann og Abele (2001) seier at blokker som har gravitasjonssenter i sitt geometriske senter har størst sjanse for å rulla lengst. I tillegg vil blokker kunne halda fram med å rulla under tilhøve som ikkje støttar start av rulling. Det tydelegaste dømet på dette frå feltområdet er lokaliteten **Grønhaugen 4** (avsnitt 4.2.2). Her er det observert blokker som har rulla 17 meter forbi den estimerte utlaupsdistansen. Desse blokkene har aksar som er like lange, og har dermed ganske gode rulleegenskapar. Blokkene har rulla i parti der skråninga har helling ned mot 20° for å verta transportert ned der dei ligg. Det at kjeldeområdet ikkje er høgare enn mellom 2-4 meter, og skråningsgradienten rett under skråninga er mellom 30° og 40° , gjer at den estimerte utlaupsdistansen, basert på 30° -linja ut frå toppen av kjeldeområdet, vert relativt kort. Kjeldeområde som har ei bratt skråning ($>45^\circ$) som møter flatare terreng under, og kjeldeområde der det er omtrent heilt flatt rett under, vil få lange estimerte utlaupsdistansar med denne metoden. **Villelia 1** og **Villelia 2** er døme på dette. For **Villelia 1** er estimert distanse 33 meter lengre enn den tolka lengste distansen. Den estimerte distansen er tolka til å vera for lang då blokkene må kryssa to vegar og eit jorde for å nå så langt. Samtidig er det døme frå felt som viser at relativt små blokker kan nå langt ut på det flate området (sjå **Villelia 7**, avsnitt 4.2.1). Figur 5-1 viser blokker som har rulla/sprotte ut på flat mark etter å ha forsert ei skråning med talusavsetjing. For **Villelia 2** (avsnitt 4.2.1) er området like under kjeldeområdet relativt flatt. Sidan kjeldeområdet er 10 meter høgt vert den estimerte utlaupsdistansen her lang. Observasjonane frå felt viste at dei fleste blokkene låg inntil nokre meter frå fjellveggen. Med slike karakteristikkar på kjelde- og utlaupsområde vil metoden estimera for lang utlaupsdistanse.



Figur 5-1: Eksempel på større blokker som har forsert ei ur og rulla/sprotte ut på flat mark. Frå Ljøsne, Lærdal kommune. Henta frå NVE (2011) Foto: NGI

Tabell 5-1 viser òg område der den estimerte utlaupslenga og den tolka utlaupslenga er like lang. Dette er i område som har relativt låge kjeldeområde (<5 m) og der skråninga under flatar ut relativt tidleg (innan 50 m).

Potensiale til faresonekartlegging

Ved å bruka metoden til å estimera lengste utlaupsdistanse frå små skrentar vil den i dei fleste tilfelle gje for lang distanse. Dette er logisk då den ikkje tar omsyn til lokale faktorar som kan avgrensa utlaupsdistanse. Dersom ein har litt kjennskap til kva tilfelle metoden vil gje mykje lengre, eller mykje kortare utlaupsdistanse, enn det som er realistisk, fungerer metoden som ein god indikator for skrentar av denne storleiken. Faresonekartlegging bør ikkje åleine basera seg på metoden, men den kan hjelpa til med å indikera kor ytste faregrensa for skred med frekvens 1/5000 skal teiknast.

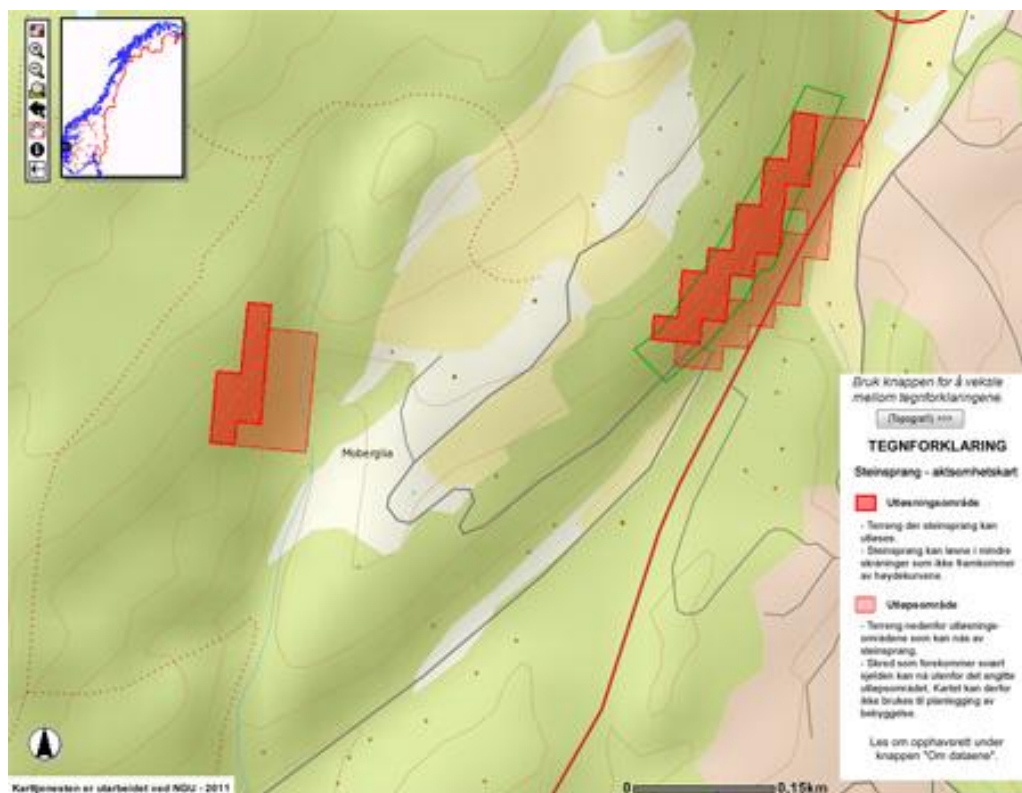
5.4 Skredfare

Av eksisterande kart frå området, med fokus på skred, er det berre aktsemdkart for steinsprang frå skrednett.no (Figur 5-2) som eksisterer. Aktsemdkarta til skrednett.no er basert på ein datamodell, som ut i frå terrengdata og geologisk informasjon kjenner igjen område der det kan gå skred. Utlauksområda vert rekna ut automatisk, og tek ikkje omsyn til sannsyn. Det er ikkje utført feltarbeid ved utarbeidinga av aktsemdkarta. Ein svakheit ved desse karta er at dei ikkje fangar opp isolerte skrentar under 20 meter og dei er basert på kart

med 20 meters kotar (skrednett.no). Frå Figur 5-2 ser ein at det berre er dei brattaste områda i Villelia over sykkelstien og det brattaste området i Liadalen som er registrert som fareområde. Ingen av desse områda har skrentar over 20 m, men på grunn av det er tatt utgangspunkt i 20 meters kotar vil dei brattaste områda sjå ut som skrentar. Utlaupsdistansane til aktsemdkartet er i dei fleste tilfella estimerte lengre enn ved faresonekartet (vedlegg 2). Sidan aktsemdkartet er basert på terrengdata, er det ikkje tatt omsyn til lokale faktorar som kan endra utlaupsdistansen til steinspranga.

Lausmassekartet (vedlegg 1) er basert på synfaring i feltområdet der dei ulike lausmassane er bestemt i felt. Den største potensielle feilkjelda med bestemminga av lausmassane er at skredblokker som ligg for seg sjølv, kan verta forveksla med korttransportert morenemateriale, då dei ofte er like kanta. Feltområdet ligg utanfor utbreiinga til yngre dryas-isen, og har generelt veldig tynt morenemateriale med få blokker. Skredblokkene som er teikna inn på kartet og brukte som ytste observerte blokker, er difor med stort sannsyn skredblokker. Nokre stadar kan dei ytste skredblokkene ha vorte fjerna i samband med jordbruk og vegbygging. Observerte ytste blokker er ikkje brukte åleine til å bestemma utlaupsdistansen til steinsprang, så dette vil ikkje ha så mykje å seia for korkje lausmassekartet eller faresonekartet.

Utanom to jordskredvifter i Villeliaområdet er det ikkje registrert avsetjingar for andre skredtypar enn steinsprang. Jordskredviftene utgjer ikkje nokon direkte fare og er difor valt å utelatast frå faresonekartet, som berre gjeld for steinsprang. Faresonekartet er basert på grundig synfaring og målingar i feltområdet. Før feltarbeidet tok til vart GIS brukt til å identifisera dei brattaste områda. Frå kjeldeområda der dei utløyste bergfragmenta kan verta transportert vekk, er lengste utlaupsdistanse bestemt ut i frå observasjonar om tidlegare avsetjingar, lokal topologi, estimert utløypsdistanse og til slutt fagleg skjøn. Kjeldeområde som opplever meir vatn (til dømes skar) vil kunna gje hyppigare steinsprang såframt det eksisterer sprekker i kjeldeområdet. Skredgrensene med årleg sannsyn er til sjuande og sist basert på fagleg skjøn på grunnlag av tolka utlaupsdistanse i lag med kor ofte det går skred og blokkstorleiken i kjeldeområdet. I område der losna bergfragment sprett/rullar utfor ein ny fjellskrent/fjellvegg vil, i dei fleste tilfelle, utlaupsdistansen verta lenger. NVE (2011) sine *retningslinjer for flaum og skredfare i arealplanar*, som kom i april, seier at: "faresonekart for skred er utarbeidde på grunnlag av undersøkingar av grunnforhold (stabilitet), topografi, klimatiske forhold, statistiske og dynamiske modellar for utløysing og rekkjevidda av skred samt opplysningar om tidlegare skredhendingar (både historiske opplysningar og spor i terrenget)." Såleis samsvarar arbeidet som er utført godt overeins med retningslinjene til NVE.



Kjeldeområda i faresonekartet er basert på skråningsgradient og tilgjengelege kjeldeområde. Sjølv om det ikkje er fjellblotningar i heile det avmerka området, er det bratt nok til at tidlegare avsett materiale kan starta å rulla på ny. Det er ikkje sjølvsagt at materiale som losnar frå kjeldeområdet faktisk når utlaupsområdet, og materialet kan dermed verta avsett i kjeldeområdet.

I feltområdet er det fleire område der det går steinsprang relativt ofte. Det mest aktive området er i lauvskogområdet i Villelia. Steinspranga her vil nå store delar av *Mobergslia* og delen av *Solbakken* som er nærmast *Mobergslia*. I området med sykkelstien er utlaupsdistansen to stadar tolka til å nå E39. Fjellskrentar rett over sykkelstien, gjer at i desse områda kan blokker som har losna lenger oppe få lengre utlaupsdistanse. I Liadalen er store delar av den vestlege skråninga til dalen potensielt kjeldeområde for steinsprang. Alle dei tre skredgrensene er fleire stadar trekt inn i det området som høyringsutkastet til Os kommune dekker. Skråninga ved Grønhaugen er kjeldeområde for steinsprang. Topografien nedanfor gjer at blokkene ikkje vil stoppa før dei når ned til *Lepsøyvegen og Solbakken*. I den austlege delen av Liadalen er det òg små blotningar som det losnar blokker frå. Ingen av blokkene har utlaupsdistanse lenger enn ned i bekken, og står difor ikkje for noko stor fare. Ingen av dei eksisterande husa er plassert i område der det er tolka å vera skredfare.

5.5 Vidare arbeid

Forfattaren kjent er det ikkje forska på skogen som vern mot steinsprang tidlegare i Noreg. Det vil vera interessant å gjera vidare undersøkingar i større skråningar, og med fleire ulike skogtypar. I ei grundigare undersøking av skog som vern mot steinsprang, kan det òg vera interessant å bruka programmet Rocykfor3D som er utvikla av Luuk Dorren. Her kan ein implementera ein digital terrengmodell i tillegg til meir nøyaktig registrering av trea i skråninga, noko som vil gje betre resultat.

6 Konklusjon

- Schmidthammarresultata frå feltområdet viser at gjennomsnittleg R-verdi for dei ferske steinspranga ved lokalitet 3, 4 og 6 er høvesvis, $29,77 \pm 2,00$, $41,38 \pm 2,02$ og $31,60 \pm 1,87$. For at metoden skal fungera burde desse verdiane vore nærare $43,28 \pm 0,89$, som er gjennomsnittleg R-verdi for ung referanse.
- Årsaker til avvika mellom forventa og observert R-verdi, er tolka til å vera hovudsakleg på grunn av: (1) Grunne steinsprang og det at bergfragment losnar fullstendig *før* dei rasar ut, gjer at brotflatene kan forvitra før utrasing. (2) Å analysere enkeltblokker fører til avgrensing av R-verdiar og dermed høgare standardavvik. (3) Bergfragmenta kan ha vore transportert i fleire etappar. (4) Små skilnadar i litologien i feltområdet, kan ha gitt signifikante skilnadar i R-verdi. (5) Å ikkje måla på brotflata gjer mykje større utslag ved få blokker, i høve til mange.
- Ved å gjere målingar på fleire blokker frå same talus vil datagrunnlaget verta større, men sidan blokkene ikkje er avsette samstundes, gjer dette berre ein gjennomsnittsalder til dei målte steinspranga.
- Feltobservasjonane viser at i skråningar der det losnar store blokker (lengste akse > 0,8 m), fungerer skog i alle aldrar best til å stoppa steinspranga.
- I skråningar der det losnar små (lengste akse < 0,5 m) blokker, vil mange og tynne tre (t.d. gjennomsnitt DBH = 7 cm) fungera best til vern mot steinsprang.
- For korte skråningar (< 50 m) bør avstanden mellom kjeldeområde og dei fyrste trea i skråninga, og avstanden mellom tre i skråninga, vera minst mogleg.
- Grupper av små tre (DBH < 10 cm) fungerer bra til å stoppa store blokker (1 x 1 x 0,4 m), sjølv om dei ikkje har mista energi i eit samanstøyt like før.
- Metoden med 30°-linja ut frå toppen av kjeldeområde, fungerer godt som ein indikator til lengste utlaupsdistanse så langt ein kjenner til dei lokale tilhøva.
- Villelia, vestlege del av Liadalen og skråninga opp mot Grønhaugen, er områda der det går oftast steinsprang.
- Alle dei tre skredgrensene til faresonekartet, er innanfor den vestlegaste delen av området som høyringsutkastet dekkjer i Liadalen.
- Ingen av dei eksisterande husa står i område der det er tolka å vera skredfare.

Referansar

- Aa, A.R., Sjøstad, J.A., 2000. Schmidt hammer age evaluation of the moraine sequence in front of Bøyabreen, western Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 80, 27-32.
- Aa, A.R., Sjøstad, J.A., Sønstegaard, E., Blikra, L.H., 2007. Chronology of Holocene rock-avalanche deposits based on Schmidt-hammer relative dating and dust stratigraphy in nearby bog deposits, Vora, inner Nordfjord, Norway. *The Holocene* 17, nr 7, 955-964.
- Aarseth, I., Mangerud, J., 1974. Younger Dryas end moraines between Hardangerfjorden and Sognefjorden, Western Norway. *Boreas* 3, nr 1, 3-22.
- Berge, L.V., 2011. Kartlegging av område med potensiell skredfare i Os kommune, Hordaland. Upublisert masteroppgåva. Institutt for geovitenskap, Bergen. Universitetet i Bergen.
- Berger, F., Dorren, L.K.A., 2006. Rockfor^{NET}: A New Efficient Tool for Quantifying the Residual Rockfall Hazard of a Forested Slope. I: Marui, H. et al. (red.) *Disaster Mitigation of Debris Flows, Slope Failures and Landslides vol 1*. Universal Academy Press, Inc. Tokyo. 229-235.
- Berger, F., Dorren, L.K.A., 2007. Principles of the tool Rockfor.net for quantifying the rockfall hazard below a protection forest. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 158, 157-165.
- Bergstrøm, B., Reite, A., Sveian, H., Olsen, L., 2001. Feltrutiner, kartleggingsprinsipper og standarder for kvartærgeologisk kartlegging/løsmassekartlegging ved NGU. Intern rapport nr.: 2001.018. 23 s.
- Bertelsen, G., Instanes, A., 2009. ROS II –Skredfare / Pilot II – Fjellsiden, Svartediket, Munkebotn. Samenfattende rapport. Sweco-rapport 96793001/3/10.
- Bigot, C., Dorren, L.K.A., Berger, F., 2009. Quantifying the protective function of a forest against rockfall for past, present and future scenarios using two modelling approaches. *Natural Hazards* 49, 99-111.
- Bjerrum, L., Jørstad, F., 1966. Stabilitet av fjellskråninger i Norge. *NGI-Publikasjon* 67, 59-78.
- Blikra, L.H., Hole, P.A., Rye, N., 1989. Skred i Norge. Hurtige massebevegelser og avsetningstyper i alpine områder, indre Nordfjord. *Norges Geologiske Undersøkelse, Skrifter* 92, 1-17
- Blikra, L.H., Nemeč, W., 1998. Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and paleoclimatic record. *Sedimentology*, 45, 909–959.

- Bondevik, S., Mangerud, J., 2002. A calendar age estimate of a very late Younger Dryas ice sheet maximum in western Norway. *Quaternary Science Reviews* 21, 1661-1676
- Braathen, A., Blikra, L.H., Berg, S.S., Karlsen, F., 2004. Rock-slope failures in Norway; type, geometry, deformation mechanisms and stability. *Norwegian Journal of Geology*, 84, 67-88.
- Brunsdon, D., 1979. Mass movements. I: Embleton, C., Thornes, J. (red.) *Process in Geomorphology*. Edward Arnold, London. 130-186.
- Byggteknisk forskrift, 2010. Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk. Fastsatt ved kgl. Res. 26. mars 2010 nr 489 med hjemmel i lov 27. juni 2008 nr 71. Tilgjengeleg frå: <http://lovdata.no/for/sf/kr/tr-20100326-0489-009.html#7-1> Lest: 20.05.2011
- Carson, M.A., Kirby, M.J., 1972. *Hillslope form and process*. Cambridge University Press, Cambridge. 475 s.
- Cornforth, D.H., 2005. *Landslides in Practice – Investigations, Analysis, and Remedial/Preventative Options in Soils*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Domaas, U., 1985. *Rekkevidden av steinsprang*. NGI-rapport 58500-1.
- Domaas, U., 1994. *Geometrical methods of calculating rockfall range*. NGI-rapport 585910-1.
- Dorren, L.K.A., 2003. A review of rockfall mechanics and modeling approaches. *Progress in Physical Geography* 27, 1, 69-87.
- Dorren, L.K.A., Seijmonsbergen, A.C., 2003. Comparison of three GIS-based models for predicting rockfall runout zones at a regional scale. *Geomorphology* 56, 49-64.
- Dorren, L.K.A., Berger, F., Imeson, A.C., Maier, B., Rey, F., 2004a. Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. *Forest Ecology and Management* 195, 165-176.
- Dorren, L.K.A., Maier, B., Putters, U.S., Seijmonsbergen, A.C., 2004b. Combining field and modeling techniques to assess rockfall dynamics on a protection forest hillslope in the European Alps. *Geomorphology* 57, nr 3, 151-167.
- Dorren, L.K.A., Berger, F., le Hir, C., Mermin, E., Tardif, P., 2005. Mechanisms, effects and management implications of rockfall in forests. *Forest Ecology and Management* 215, 183-195.
- Dorren, L.K.A., Berger, F., Putters, U.S., 2006. Real-size experiments and 3-D simulation of rockfall on forested and non-forested slopes. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6, 145-153.
- Erismann, T.H., Abele, G., 2001. *Dynamics of Rockslides and Rockfalls*. Springer, Berlin.

- Fossen, H., Pedersen, R-B., Bergh, S., Andresen, A. 2006. En fjellkjede blir til. I: Ramberg, I.B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. (red.) Landet blir til -Norges geologi. Norsk Geologisk forening. 178-229
- Furseth, A., 2006. Skredulykker i Norge. Tun Forlag, Oslo. 207 s.
- Gobakken, T., Næsset, E., 2002. Spruce diameter growth in young mixed stands og Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth B. pubescens Ehrh.) Forest Ecology and Management 17, 297-308.
- Greenway, D.R., 1987. Vegetation and slope stability. I: Anderson M.G., Richards K.S. (red.) Slope stability. Wiley, New York. 187-230
- Highland, L.M., Bobrowsky, P., 2008. The landslide handbook—A guide to understanding landslides. U.S. Geological Survey Circular 1325. Reston, Virginia, 129 s.
- Hoek, E., 2007. Practical Rock Engineering. Ikkje publisert. Tilgjengeleg frå http://www.roscience.com/education/hoek_corner Lest 01.04.2011
- Holtedahl, H., 1964. An Allerød fauna at Os, near Bergen. Norsk Geologisk Tidsskrift 44, 315-322.
- Hugget, R.J., 2009. Fundamentals of Geomorphology, second edition. Routledge, Abingdon.
- Hyndman, D., Hyndman, D., 2006. Natural Hazards and Disasters. Brooks/Cole, Belmont.
- Ingdahl, S.E., 1989. The Upper Ordovician-Lower Silurian rocks in the Os area, Major Bergen Arc, western Norway. Norsk Geologisk Tidsskrift 69, 163-175.
- Keylock, C., Domaas, U., 1999. Evaluation of Topographic Models of Rockfall Travel Distance for Use in Hazard Applications. Arctic, Antarctic and Alpine Research 31, nr 3, 312-320.
- Lohne, Ø.S., Bondevik, S., Mangerud, J., Schrader, H., 2004. Calendar year age estimates of Allerød-Younger Dryas sea-level oscillations at Os, western Norway. Journal of Quaternary Science 19, 443-464.
- Marshak, S. 2005 Earth Portrait of a Planet Second edition. W.W. Norton & Company, Inc., New York.
- Matthews, J.A., Winkler, S., 2011. Schmidt-hammer exposure-age dating (SHD): application to early Holocene moraines and a reappraisal of the reliability of terrestrial cosmogenic-nuclide dating (TCND) at Austanbotnbreen, Jotunheimen, Norway. Boreas 40, 256-270.
- McCarroll, D., 1989. Potential and limitations of the schmidt hammer for relative-age dating: field tests on neoglacal moraines, Jotunheimen, Southern Norway. Arctic and Alpine Research 21, nr 3, 268-275.

- Motta, R., Haudemand, J.C., 2000. Protective Forests and Silvicultural Stability. *Mountain Research and Development* 20, nr 2, 180-187.
- NaIS, 2003. Nachhaltigkeit im Schutzwald. Rapport frå the Swiss Agency for the Environment, Forest and Landscape, SAEFL, Bern.
- Nesje, A., Blikra, L.H., Anda, E., 1994. Dating rockfall-avalanche deposits from degree of rock-surface weathering by Schmidt-hammer tests: a study from Norangsdalen, Sunnmøre, Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 74, 108-113.
- Noregs vassdrag- og energidirektorat, 2011: side 15. Retningslinjer nr 2/2011 Flaum og skredfare i arealplanar. Tilgjengeleg frå <http://www.nve.no/no/Flom-og-skred/Arealplaner-i-fareomrader/> Lest 01.05.2011.
- Norges geotekniske institutt, 1977. Prøveprosjekt vedrørende kartlegging av skred. Statens Naturskadefond. Rapport 76421-1.
- Parsons, A.J., Abrahams, A.D., 1987. Gradient-particle size relations on quartz monzonite debris slopes in the Mojave Desert. *The Journal of Geology*, 95, 423-452.
- Peel, M.C., Finlayson, B. L., and McMahon, T. A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, *Hydrology and Earth System Sciences* 11, 1633-1644
- Perret, S., Dolf, F., Kienholz, H., 2004. Rockfalls into forests: Analysis and simulation of rockfall trajectories – considerations with respect to mountainous forests in Switzerland. *Landslides* 1, 123-130.
- Rankka, K., Fallsvik, J., 2003. Förstärkningsåtgärder för slänter och raviner i morän och annan grov sedimentjord. FoU rapport, Rådningverket, Karlstad, 64 s.
- Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestnes, E., Lied, K., 1996. The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rockmass stability. I: Senneset, K. (red.) *Landslides : proceedings of the Seventh International Symposium on Landslides : 17-21 June 1996, Trondheim*. Balkema, Rotterdam. 97-114.
- Schwitzer, R., 1998. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen, i Schwitzer, R. (red.) *Dokumentation der 14. Arbeitstagung der Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe mit der FAN 1998, Grafenort/Engelberg*. s 1-5.
- Shakesby, R.A., Matthews, J.A., Owen, G., 2006. The Schmidt hammer as a relative-age dating tool and its potential for calibrated-age dating in Holocene glaciated environments. *Quaternary Science Reviews* 25, 2846-2867.
- Shakesby, R.A., Matthews, J.A., Karlén, W., Los, S.O., in press. The Schmidt hammer as a Holocene calibrated-age dating technique: Testing the form of the R-age relationship and defining the predicted-age errors. *Holocene*.

- Sletten, K., Blikra, L.H., Dahlgren, S., Sandersen, F., 2004. Skredfarekartlegging i Vestfjorddalen. NGU rapport 2004.02, 41 s.
- Sletten, K., Follestad, B., Stalsberg, K., Sveian, H., Derron, M.H., 2006. Potensielt skredfarlige områder i Bergen kommune. Delrapport 1. NGU rapport 2006.043. 94 s.
- Statens byggtekniske etat, 2010. Veiledning om tekniske krav til byggverk. Tilgjengeleg frå: <http://byggeregler.be.no/dxp/content/tekniskekrav/kap-07/3/> Lest 20.05.2011
- Sturt, B.A., Thon, A., 1978. Caledonides of southern Norway. Geological Survey of Canada, ICGP Project 27, 39-47.
- Takahashi, T., 2007. Debris flow, Mechanics, Predictions and Countermeasures. Taylor & Francis Group, London. 448 s.
- Thon, A., 1985. The Gullfjellet ophiolite complex and the structural evolution of the Major Bergen Arc, west Norway Caledonides. I: Gee, D. G. & Sturt, B. A. (red.) The Caledonide Orogen – Scandinavia and related areas. John Wiley & Sons, Chichester. 671-677
- Toppe, R., 1987. Terrain models – A tool for natural hazard mapping. International Association Of Hydrological Sciences 162.
- Undås, I., 1963. Ra-morenen I Vest-Norge. J.W. Eide, Bergen.
- Voight, B., 1978. Rockslides and Avalanches, 1. Natural Phenonema. Elsevier, Amsterdam.
- Wang, G., Sassa, K., 2001. Factors affecting rainfall-induced flowslides in laboratory flume tests. Géotechnique 51, nr 7, 587-599.
- Wehrli, A., Dorren, L.K.A., Berger, F., Zingg, A., 2006. Modelling the long-term impacts of forest dynamics on the protective effect against rockfall. Forest Snow and Landscape Research 80, nr 1, 57-76.
- Wyllie, D.C., Mah, C.W., 2004. Rock Slope Engineering Civil and Mining 4th edition. Spoon Press, London. 431 s.

Nettsider:

bergen.kommune.no. Kartlegger konsekvenser av ekstremvær. Tilgjengeleg frå http://www3.bergen.kommune.no/info_/ekstern/kunngjoringer/Kommunetorget260406.pdf Lest 20.05.2011

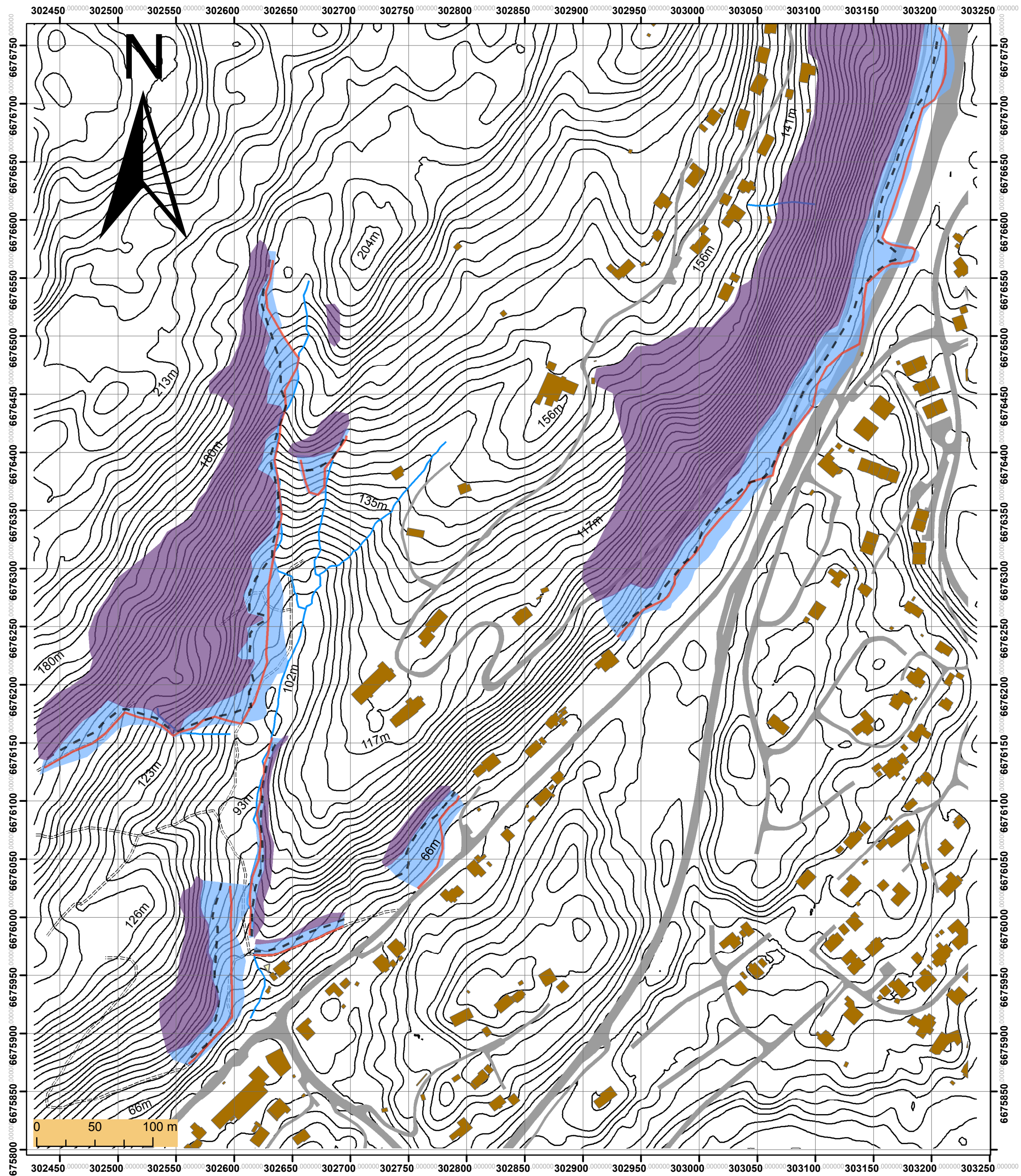
www.kartios.no

www.norgei3d.no

www.skrednett.no

Vedlegg 1

Vedlagt lausmassekart.



Vedlegg 2
 Faresonekart steinsprang for Moberg, Os

Kartlagd av Torkjell Ljone
 Målestokk: 1:3000
 Projeksjon: UTM WGS1984, 32V
 Ekvidistanse: 3m

Teiknforklaring

- Kjeldeområde
- Utlupsområde, sannsyn > 1 skred pr 5000 år
- Utlupsområde, sannsyn > 1 skred pr 1000 år
- Utlupsområde, sannsyn > 1 skred pr 100 år

Vedlegg 3

Schmidthammar R-verdiar

Lokalitet 1 Vardafjellet UTM 0303321 6678724

32	40	30	18	25	18	33	37	28	33
30	47	22	19	34	35	27	33	31	31
26	22	32	34	26	30	32	36	29	39
26	42	18	30	28	32	27	35	33	20
42	26	22	25	24	32	23	28	32	24
38	32	20	20	34	25	33	32	32	33
32	38	24	23	29	30	28	42	40	28
33	29	16	30	28	40	27	29	33	32
31	36	32	30	35	41	40	34	20	33
28	28	12	31	38	27	22	31	20	20

Lokalitet 1 Lunden UTM 0304804 6678783

23	20	24	37	37	25	35	28	35	25
43	31	22	15	19	27	23	37	23	22
28	26	33	34	32	28	25	13	33	31
29	27	20	28	29	35	23	27	22	39
26	24	23	27	29	28	22	32	32	14
22	35	19	36	25	15	24	24	28	31
33	40	23	42	32	25	25	25	27	37
36	30	25	34	41	29	19	29	29	19
22	32	27	31	28	37	25	24	21	32
20	31	32	35	16	21	18	38	33	20

Lokalitet 2 Hjelle UTM 0305154 6679208

38	45	39	51	52	49	41	48	41	42
32	50	46	52	47	37	48	38	40	45
44	45	49	45	48	36	45	47	36	38
50	47	44	46	49	39	43	50	46	44
38	45	45	45	48	41	41	45	47	37
49	49	48	48	43	47	36	45	43	41
47	44	50	36	43	42	40	38	34	38
44	49	48	39	46	54	37	44	34	48
42	50	41	55	44	35	40	47	40	45
50	44	51	47	38	44	44	49	42	47

Lokalitet 2 Hjelle UTM 0305331 6679166

42	46	38	41	51
48	40	40	47	40
53	45	44	25	43
41	48	45	42	45
40	48	44	41	30
46	47	48	43	41
35	43	49	41	40
34	54	45	39	39
40	44	38	27	28
34	44	37	37	49

Lokalitet 3 Villelia UTM 0303143 6676567

Blokk a			Blokk b		
33	29	35	24	23	27
30	26	33	29	18	36
28	20	38	27	34	32
20	25	15	23	17	36
38	39		19	23	24
38	41		19	26	35
25	37		22	30	34
25	36		38	30	42
42	26		35	38	
26	28		40	34	

Lokalitet 4 Talus i Liadalen UTM 0302631 6676445

Blokk a		Blokk b		Blokk c	
42	45	46	36	41	42
48	47	31	40	29	30
52	32	49	43	26	29
50	54	44	42	31	36
50	40	44	30	34	43
38	37	31		38	30
52	51	49		37	
48		44		48	
56		37		37	
42		42		38	

Blokk d	Blokk e	Blokk f	Blokk g	Blokk h	Blokk i	Blokk j	Blokk k	Blokk l	Blokk m
34	42	51	38	42	49	39	30	24	34
43	20	52	36	35	45	34	43	31	49
39	46	46	34	49	32	33	44	31	33
39	39	54	30	41	36	28	43	31	33
43	43	41	32	50	28	30	33	38	32

Lokalitet 5 Enkeltblokk i Liadalen UTM 0302621 6676178

34	43
36	40
39	30
40	42
37	51
38	37
42	36
42	41
54	
47	

Lokalitet 6 Blokker over Grønhaugen UTM 0302459 6676054

Blokk a			Blokk b		
40	25	45	23	34	27
37	34	45	33	37	44
29	19	20	18	31	31
23	21	37	39	32	31
29	30	43	31	34	24
37	38		25	25	
30	27		25	37	
33	28		34	31	
39	31		34	35	
29	28		31	37	

Blokk c					Blokk d				
31	13	20	33	30	27	19	25	25	21
20	35	32	30	30	26	38	26	31	24
26	39	40	30	20	28	41	19	20	29
33	19	34	23	28	34	23	30	35	25
42	33	28	30	35	35	23	29	37	36
20	30	18	35	32	29	29	24	31	30
29	31	29	32	31	30	19	23	35	25
43	25	32	39	26	14	31	31	28	33
25	34	48	20	40	42	31	25	35	26
25	24	38	36	32	34	30	33	44	27

Lokalitet 7 Blokker vest for Liadalen UTM 0302501 6676179

Blokk a			Blokk b			Blokk c		
34	25	12	40	30	43	35	23	32
49	29	43	35	21	26	20	21	39
37	23	27	34	32	41	29	25	35
41	40	26	47	28	31	27	23	29
25	31	21	29	32	34	25	36	26
22	34		50	43		30	23	
31	39		30	35		15	36	
50	34		38	21		20	29	
24	26		19	24		20	26	
37	43		24	31		37	27	

Vedlegg 4

Resultat frå målingar i skog

Kvart delområde er 10x10 m, og alle tal er DBH (cm).

Område 1, lauvskog i Villelia UTM 0303061 6676488

Delområde A		Delområde B			Delområde C				Delområde D			
Alm	Eik	Alm	Ask	Hassel	Alm	Hassel	Or	Rogn	Alm	Ask	Hassel	Or
38	40	11	8	8	48	8	5	9	23	17	16	8
26	30	10		14	44	6	10	8	5	16	5	8
40	22	15		11		7	6	8	8		5	
33	8	18		8		6			7		7	
	34	54				7			50		10	
	45	33				4			15		6	
		44				6			23		16	
		10				8			9		20	
		7				7						
						7						

Område 2, granskog i Villelia

Delområde A		Delområde B			Delområde C			
Gran		Gran			Gran			
22	44	21	36	21	38	22	10	30
38	19	37	21	36	26	23	20	15
24	33	10	23	37	14	16	32	20
26	12		34	33	19	19	28	13
37	41		22	53	14	14	45	22
28	35		23		10	10	19	31

Område 3, lauvskog i Liadalen

Delområde A									
Hassel			Kristtorn				Bjørk		
5	8	5	6	4	5	12	6	15	
7	5	5	7	10	5	6	5	8	
5	6	6	7	10	8	7	9	6	
5	6	6	6	7	14	6	12		
5	5	5	7	7	5	6	6		
6	5	5		6	15		9		