

# Geologiske og hydrogeologiske forhold som gjev fare for jordskred

*Med eksempel frå Øverkil i Nord-Trøndelag*

**Agathe Alsaker Hopland**

Tekniske geofag

Innlevert: desember 2014

Hovedveileidar: Terje Harald Bargel, IGB

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet  
Institutt for geologi og bergteknikk



# MASTERKONTRAKT

- uttak av masteroppgave

## 1. Studentens personalia

Etternavn, fornavn <b>Alsaker Hopland, Agathe</b>	Fødselsdato [REDACTED]
E-post <b>agatheah@hotmail.com</b>	Telefon [REDACTED]

## 2. Studieopplysninger

Fakultet <b>Fakultet for ingeniervitenskap og teknologi</b>	
Institutt <b>Institutt for geologi og bergteknikk</b>	
Studieprogram <b>Tekniske geofag</b>	Studieretning <b>Miljø- og hydrogeologi</b>

## 3. Masteroppgave

Oppstartsdato <b>02. aug 2014</b>	Innleveringsfrist <b>19. des 2014</b>
Oppgavens (foreløpige) tittel <b>Geologiske og hydrogeologiske forhold som gjev fare for jordskred.</b>	
Oppgavetekst/Problembeskrivelse Masteroppgåva skal omfatte: • Litteraturstudium av utløysingsmekanismar for grunne overflateskred (jordskred med varierende vassinnhald). • Detaljstudiar av kva geologiske, hydrogeologiske og klimatiske forhold som fører til kritisk reduksjon av stabiliteten i potensielle skredområde. • Gjennomføre kartlegging av eit område i Stjørdal kommune i Nord-Trøndelag der det i 2012 oppsto to hendingar med påfølgjande bygningskadar. Årsaka til hendingane skal gjerast greie for (geologisk, hydrologisk, topografisk, meteorologisk), og tiltak for å redusere og avgrense skadeområdet ved eventuelle seinare hendingar skal vurderast.	
Hovedveileder ved institutt <b>Førsteamanuensis II Terje Harald Bargel</b>	Medveileder(e) ved institutt
Merknader	

## 4. Underskrift

**Student:** Jeg erklærer herved at jeg har satt meg inn i gjeldende bestemmelser for mastergradsstudiet og at jeg oppfyller kravene for adgang til å påbegynne oppgaven, herunder eventuelle praksiskrav.

Partene er gjort kjent med avtalens vilkår, samt kapitlene i studiehåndboken om generelle regler og aktuell studieplan for masterstudiet.

Trondheim 24.06.2014  
Sted og dato

Agathe A. Hopland  
Student

Terje H. Bargel  
Hovedveileder



## Masterskildring

**Kandidaten sitt namn:** Agathe Alsaker Hopland

### Oppgåvetittel:

Geologiske og hydrogeologiske forhold som gjev fare for jordskred.

### Utfyllande tekst:

#### 1. Mål:

Dei globale klimaendringane kan føre til større nedbørsmengder og nedbørsintensitet, samtidig som vi sannsynlegvis får hyppigare temperatursvingingar rundt 0°C om vinteren. Desse forholda gjev det sannsynleg at frekvensen for vassrelaterte skred vil auke, og at ein kan forvente at skred av denne typen vil bli utløyst på stadar der dei til i dag har vore ukjent.

Med denne bakgrunnen vil målet for masteroppgåva være å utvide våre kunnskapar om vassrelaterte jordskred, med spesiell vekt på dei geologiske og hydrogeologiske forholda som påverkar faren for skred. I tillegg skal ei vurdering av aktuelle sikringstiltak for enkelte parti på skredramma områder føreligge.

#### 2. Oppgåva:

Masteroppgåva skal omfatte:

- Litteraturstudium om utløysingsmekanismar for grunne overflateskred (jordskred med varierende vassinnhald).
- Detaljstudiar av kva geologiske, hydrogeologiske og klimatiske forhold som fører til kritisk reduksjon av stabiliteten i potensielle skredområde.
- Gjennomføre kartlegging av eit område i Stjørdal kommune i Nord-Trøndelag der det i mars 2012 oppsto to hendingar med påfølgjande bygningskadar. Årsaka til hendingane skal gjevast greie for (geologisk, hydrologisk, topografisk, meteorologisk), og tiltak for å redusere og avgrense skadeomfanget ved eventuelle seinare hendingar skal vurderast.



Framsidedbildet viser skredhendinga på Øverkil 28. mars 2012 (*Foto: Leif-Arvid Fremstad*).

## Samandrag

Denne masteroppgåva ser teoretisk nærmare på faktorar som påverkar stabilitet i skredområde, og utløysingsmekanismar for grunne jordskred og flaumskred. To hus på Øverkil i Stjørdal kommune i Nord-Trøndelag fekk bygningskadar på grunn av jordskred i fluvialt materiale i mars 2012. 12. mars blei ein garasje totalskadd, noko som førte til evakuering og stenging av E14. Ingen personar kom til skade. 28. mars blei naboen til den fyrste skredet råka av eit nytt jordskred. Hundegarden som ligg tett inntil hovudhuset blei knust, og bebuarane evakuerte. Ingen dyr eller menneske kom til skade.

Ei vurdering av aktuelle sikringstiltak for å redusere og avgrense skadeomfanget ved eventuelle seinare hendingar blir presentert. Kvartærgeologisk kartlegging og tolking av geologisk historie over området er framstilt, i tillegg til beskriving av eit sikringstiltak som blei ferdigstilt i desember 2013 på eit av nabohusa til hendingane. Til slutt presenterar oppgåva resultat frå feltarbeid, laboratoriefunn og  $^{14}\text{C}$ -datering.

Skredet på Stuggubakken skjedde på grunn av fjerning av skog og forvitra topplag. Laget under topplaget fungerte som eit glideplan når  $\alpha$  i tillegg til at helinga ned mot huset er ca.  $55^\circ$ .

Det ganske klart fram at det har gått leirskred i bekken som demma opp vatnet og førte til dambrot ved Sandstad skredet. Dette er ei skummel ravine som bør sikrast skikkeleg sidan huset til Bonslet ligg so nært utløpsområdet. I tillegg vil E14 være utsett for jordskred i nedbørsperiodar. Her vil det ganske sannsynleg kome fleire jordskred.



## Forord

Masteroppgåva hadde oppstart hausten 2014, og er skriven ved Institutt for Geologi og Bergteknikk på Noregs Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) for Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Sjefsgeolog Terje Harald Bargel på Skred- og vassdragsavdelinga i NVE var vegleiar.

I denne oppgåva går eg blant anna djupare inn på to skredhendingar som skjedde i mars 2012 på Øverkil i Stjørdal kommune, også kalla *Oladalen* blant dei lokalkjende). I tillegg ser eg på eit sikringsarbeid hos naboen til dei to husa som fekk bygningskadar. Eg har valt å ta med teori om ein del faktorar som påverkar jorda sitt klima, sidan det å forstå historisk klima og forventa klimaendringar er vesentlig for skredutviklinga i Noreg framover. Elles er teorien knytt opp til masterområdet på Øverkil.

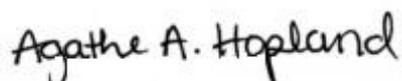
Sidan eg veit at også ein del ikkje-geologar kjem til å lese oppgåva mi, har eg valt å ta med nokre fotnotar. Eg håpar dette vil være med på å gjere oppgåva meir forståelig.

Eg må rette ein stor takk til vegleiar Terje Harald Bargel og medsamansvorne Øystein Lid Opsal for utallige timar og digital kommunikasjon med råd, tips, tilbakemelding, kritikk, ris og ros. Eg er heilt overvelda over tida de har dedikert til meg og mi masteroppgåve. Takk!

Eg vil også takke: Gunnar Vistnes for opplæring og god hjelp, både under og etter laboratoriearbeidet. Harald Sveian for diskusjon og hjelp til betre forståing av kvartærgeologien på Øverkil. Mamma og pappa for å ha latt meg studere akkurat det eg vil, og ikkje minst min kjæraste sambuar Øyvind for heilt utruleg toleranse og støtte i ei lang studietid. Utan deg hadde det ikkje vore muleg for meg å fullføre denne reisa, og eg greier ikkje å sette ord på kor mykje det betyr for meg...Du er berre heilt uvurderleg uunnverleg fantastisk!

Eg set veldig stor pris på all hjelp eg har fått, og den trua mange har hatt på meg. Då gjenstår det berre å sei god lesing!

Trondheim, 19. desember 2014



---

Agathe Alsaker Hopland



## Innhald

<b>MASTERKONTRAKT</b> .....	<b>1</b>
<b>MASTERSKILDRING</b> .....	<b>3</b>
<b>SAMANDRAG</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>FEIL! BOKMERKE ER IKKE DEFINERT.</b>
<b>FORORD</b> .....	<b>7</b>
<b>INNHALD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 INNLEIING</b> .....	<b>13</b>
<b>2 METODE</b> .....	<b>15</b>
<b>3 KLIMATISKE PROSESSAR</b> .....	<b>17</b>
3.1 TEMPERATUR .....	17
3.2 NEDBØR.....	17
3.3 VIND.....	19
3.4 NATURLEGE KLIMADRIVARAR .....	19
3.4.1 Astronomiske faktorar .....	20
3.4.2 Solenergi .....	20
3.4.3 Vulkanutbrot .....	20
3.5 KLIMAENDRINGAR.....	21
3.5.1 Temperatur .....	22
3.5.2 Nedbør .....	23
3.5.3 Vind.....	24
3.5.4 Klimagassar.....	24
<b>4 GEOLOGISKE PROSESSAR</b> .....	<b>25</b>
4.1 NOREG OG ISTIDER .....	25
4.2 AVSETNINGSTYPAR OG LAUSMASSAR.....	29
4.2.1 Havavsetning.....	30
4.2.2 Breelvavsetning .....	30
4.2.3 Elveavsetning .....	31
4.2.4 Forvittringsmateriale .....	32
4.2.5 Morene .....	32
4.2.6 Jordartar .....	33
4.2.7 Jordsmonn.....	35
4.3 HYDROGEOLOGI.....	37
4.4 BERGGRUNN.....	39
<b>5 LAUSMASSESKRED</b> .....	<b>41</b>

5.1	INTRODUKSJON TIL SKRED.....	41
5.2	JORDSKRED.....	44
5.3	FLAUMSKRED.....	45
5.4	LEIRSKRED.....	48
5.5	NOKRE SKREDBEVEGELSAR.....	50
5.5.1	<i>Rotasjonsskred</i> .....	50
5.5.2	<i>Translasjonskred</i> .....	51
5.5.3	<i>Jordsig</i> .....	51
5.5.4	<i>Flyteskred</i> .....	52
5.5.5	<i>Utglliding</i> .....	52
5.6	FAKTORAR SOM PÅVERKAR SKRÅNINGSSABILITET.....	53
5.6.1	<i>Fysikk</i> .....	53
5.6.2	<i>Klima</i> .....	55
5.6.3	<i>Geologi</i> .....	61
5.6.4	<i>Vegetasjon</i> .....	63
5.6.5	<i>Geometri og topografi</i> .....	65
5.6.6	<i>Påverknad frå menneske</i> .....	67
5.6.7	<i>Utanfor Noreg</i> .....	68
<b>6</b>	<b>SKREDHENDINGANE PÅ ØVERKIL I STJØRDAL KOMMUNE .....</b>	<b>70</b>
6.1	OMRÅDESKILDING .....	72
6.1.1	<i>Geologi</i> .....	73
6.1.2	<i>Vegetasjon</i> .....	78
6.1.3	<i>Klima</i> .....	79
6.2	SKREDHENDINGANE.....	79
6.2.1	<i>Stuggubakken 12.03.2012</i> .....	79
6.2.2	<i>Sandstad 28.03.2012</i> .....	81
6.3	SIKRINGSANLEGG (FREMSTAD).....	84
6.4	FLAUM PÅ FREMSTAD .....	86
6.5	SKREDHISTORIKK .....	87
6.6	FELTARBEID OG KARTLEGGING.....	87
6.6.1	<i>Kartlegginga</i> .....	87
6.6.2	<i>Laboratoriearbeidet</i> .....	95
6.6.3	<i>Dateringa</i> .....	98
6.7	TILTAK.....	102
<b>7</b>	<b>KORT OM LOVVERK .....</b>	<b>104</b>
<b>8</b>	<b>RESULTAT.....</b>	<b>106</b>
8.1	KARTLEGGINGA.....	106
	LABORATORIEARBEIDET .....	108
8.2	DATERINGA .....	109

<b>9</b>	<b>DISKUSJON</b> .....	<b>110</b>
9.1	SKREDHENDINGANE I MARS 2012.....	110
9.1.1	<i>Stuggubakken skredet</i> .....	110
9.1.2	<i>Sandstad skredet</i> .....	111
9.2	KARTLEGGING .....	111
<b>10</b>	<b>KONKLUSJON</b> .....	<b>114</b>
10.1	FORSLAG TIL VIDARE ARBEID .....	115
<b>11</b>	<b>TAKK TIL BIDRAGSYTARAR</b> .....	<b>116</b>
<b>12</b>	<b>REFERANSAR</b> .....	<b>118</b>
	<b>FIGUR- OG TABELL LISTE</b> .....	<b>130</b>
<b>13</b>	<b>VEDLEGG</b> .....	<b>134</b>



## 1 Innleiing

Hausten 2013 skreiv forfattaren fordjupingsprosjektet ”*Jordskred og erosjon i Stjørdalen i Nord-Trøndelag i mars og april 2012*” ved Institutt for Geologi og bergteknikk på Noregs Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Prosjektet blei skriva for Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), med sjefsgeolog Terje Harald Bargel som vegleiar, og hadde til hensikt å sjå på dei teoretiske delane av denne masteroppgåva. I tillegg skulle prosjektet sjå på skredhendingar som oppsto i Trøndelag i mars og april 2012.

Mellom 12. mars og 7. april i 2012 blei i alt 144 jordskred registrert i Trøndelag og Nord-Møre. 39 av desse blei registrert i Stjørdal kommune i Nord-Trøndelag. Dette var tre gongar så mange skred som dei andre hardast ramma kommunane hadde, Melhus med 12, Trondheim med 10 og Midtre Gauldal med 10 skred. Årsaka til at Stjørdalen fekk so mange fleire skredhendingar enn dei neste på lista blei undersøkt i prosjektet ”*Jordskred og erosjon i Stjørdalen i Nord-Trøndelag i mars og april 2012*” (Hopland, 2013). Konklusjonen frå prosjektet var hovudsakleg brattare terreng og ca. 1,5 gong meir nedbør over ein kortare nedbørsperiode (Bargel og Kvalvik, 2013).

Denne masteroppgåva ser teoretisk nærmare på faktorar som påverkar stabilitet i skredområde, og utløysingsmekanismar for grunne jordskred og flaumskred. To hus på Øverkil i Stjørdal kommune i Nord-Trøndelag fekk bygningskadar på grunn av jordskred i fluvialt materiale i mars 2012. 12. mars blei ein garasje totalskadd, noko som førte til evakuering og stenging av E14. Ingen personar kom til skade. 28. mars blei naboen til den fyrste skredet råka av eit nytt jordskred. Hundegarden som ligg tett inntil hovudhuset blei knust, og bebuarane evakuerte. Ingen dyr eller menneske kom til skade.

Ei vurdering av aktuelle sikringstiltak for å redusere og avgrense skadeomfanget ved eventuelle seinare hendingar blir presentert. Kvartærgeologisk kartlegging og tolking av geologisk historie over området er også framstilt, i tillegg til beskriving av eit sikringstiltak som blei ferdigstilt i desember 2013 på eit av nabohusa til hendingane. Til slutt presenterar oppgåva resultat frå feltarbeid, laboratoriefunn og  $^{14}\text{C}$ -datering.

Hovudfokuset i oppgåva vil dreie seg om vilkår rundt jordskred, særleg retta mot hendingane på Øverkil. Den geologiske skildringa over området er kun meint å skulle gje ein grov modell over kva som er antatt skjedd på Øverkil dei siste 10 000 åra. Kapittelet om lovverk er også lagt mindre vekt på sidan dette ikkje inngår i problemstillinga til oppgåva. Det fins mykje teori kring kvart delkapittel, og fokuset er difor satt på teori som forfattaren ser på som mest vesentleg. Det er prøvd å halde oppgåva innanfor ei rimeleg avgrensing med tanke på å få med dei viktigaste teoretiske detaljane.

Når det gjeld referering er det lagt meir vekt på å bruke truverdige kjelder jamført med å forfølge alle kjelder til originalen, noko som ville vorte svært tidkrevjande.

## 2 Metode

For søk etter litteratur eller informasjon til denne oppgåva er desse programma og nettsidene brukt: Søkemotoren til NTNU sitt universitetsbibliotek (BIBSYS, Oria, Google Scholar m.m.) ([www.ntnu.no/ub](http://www.ntnu.no/ub)), Google Noreg ([www.google.no](http://www.google.no)), Store Norske Leksikon (<https://snl.no/>) og Clue 9.1. I tillegg er programma DNRGPS, ArcCatalog og ArcGIS 10.2 nytta til kartproduksjon, Paint til diverse bilderedigering og Microsoft Office til produsering av masterdokumentet og forskjellige grafiske framstillingar og tabellar.

Utstyr som er brukt i felt er Garmin GPS 60CSx, Suunto tandem vinkelmålar og skovlebor.

Ved sikting i laboratoriet ved Institutt for geologi og berg blei Vegdirektoratet si handbok R210 (*Vegdirektoratet, 2014*) nytta, og forfattaren utførte sjølv kornfordelingsanalysen. Kva som blei gjort står i kapittel 6.6.2 Laboratoriearbeidet. Materiale med kornstørrelse under 63  $\mu\text{m}$  (0,063 mm) blei sendt til Partikkellaboratoriet til SINTEF (Stiftelsen for industriell og teknisk forskning ved NTNU). SINTEF brukte ein Coulter LS 230 til å analysere prøvene.



### 3 Klimatiske prosessar

Meteorologiske faktorar, då spesielt nedbør, er ein av dei mest vesentlege faktorane for utløyning av lausmasseskred i Noreg (*Bargel et al., 2011*). Dette kapittelet presenterar dei klimatiske prosessane vi har i Noreg.

#### 3.1 Temperatur

I Noreg er lufttemperaturen varierende avhengig av kvar i landet ein oppheld seg. Temperaturane kan i ekstreme tilfeller gå heilt ned i  $-50^{\circ}\text{C}$ , og kome opp i  $+35^{\circ}\text{C}$  – avhengig av årstid (*Meteorologisk institutt, 2013*). Den normale årsmiddeltemperaturen ligg likevel på mellom  $-5^{\circ}\text{C}$  og  $+5^{\circ}\text{C}$  (*Miljøverndepartementet, 2010*). I skredsamanheng har temperatur innverknad på snøsmelting om våren, om nedbør kjem som regn eller snø og kor mykje nedbør som kjem sidan varm luft held betre på fukt ein kald luft (*Clague og Roberts, 2012*).

#### 3.2 Nedbør

Noreg har stor variasjon i nedbørsmengde, avhengig av geografisk plassering. Nedbøren kjem normalt heile året igjennom, i motsetning til andre stadar i verda som har tørke- og regnsesong. Vestsida av Nordryggen får mest nedbør, medan austsida ligg i le frå vêret som kjem inn frå vest og har følgeleg eit meir kontinentalt<sup>1</sup> klima (*Meteorologisk institutt, i. d.a*). Å få registrert ekstremnedbør og nedbør over korte tidsperiodar er framleis ei utfordring, då ikkje alle målestasjonar i Noreg er automatiske eller tek måling på timebasis. Manuelle målestasjonar registrerar normalt ein eller to gongar i døgnet (*Norsk klimaservicesenter, i. d.*).

---

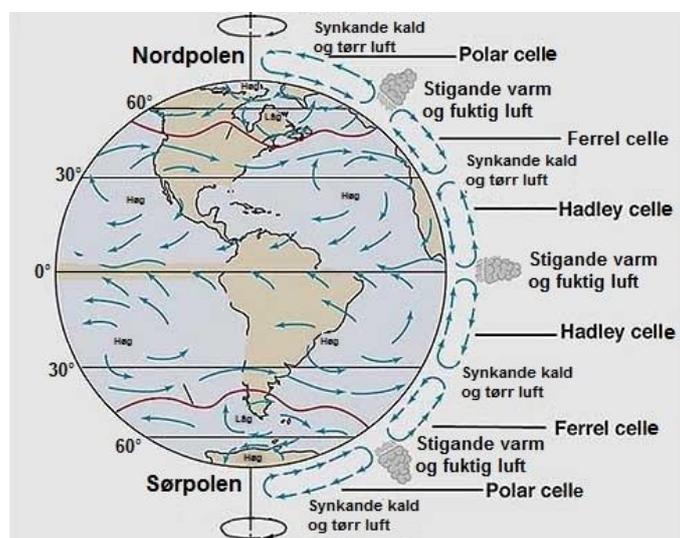
<sup>1</sup> Kontinentalt klima er også kjent som innanlandsklima eller fastlandsklima. Dette klimaet er nokså tørt, der det er vanleg med små nedbørsmengder og at mesteparten av årsnedbøren kjem på sommaren. Det er også store temperaturforskjellar på sommar og vinter fordi landejord raskt tek i mot varme, men også mistar den fort igjen (*Harstveit, 2009*).

Den norske nedbøren kan delast inn i tre underkategoriar:

## 1 Frontnedbør

Dette er hovudkategorien av nedbør i Noreg. Store delar av landet ligg i nærleiken av polarfronten, som er eit lågtrykksområde der den fuktige og varme lufta frå sør krasjar med den kalde polarlufta som kjem nordafrå. Sjå illustrasjon i Figur 1: . Når dei to lufttrykka møtes får den kalde lufta tvingar den varme til å stige, sidan varm luft alltid er lettare ein kald luft. Når den varme og luftige sørlufta gradvis blir avkjølt, blir vassdropane so tunge at dei fell ned som nedbør på rundt 60°N.

Polarfronten gjev at Noreg får det meste av nedbøren inn frå vest, i tillegg til at nedbørsaktivitet blir høgast om hausten (*Meteorologisk institutt, i. d.a*). Det som er spesielt rundt 60°N er at polarfronten møter Ferrel cella<sup>2</sup>, og dette gjev ein slags fordobla nedbørseffekt (*Brattli, 2009*). I Noreg er 60°N ved Bergen, og vêrvarslingsstenesta *yr.no* sine nettsider meldte i oktober 2014 at det regna nesten fire gongar so mykje i Bergen (1835,9 mm) (*YR, 2014<sub>b</sub>*) som i Stjørdalen (466,6 mm) (*YR, 2014<sub>b</sub>*).



*Figur 1: Illustrasjon av atmosfæresirkulasjon (Modifisert av forfattar etter Short, 2005).*

<sup>2</sup> Ferrel cella er ei celle med roterande luft som startar ved polarfronten der kald luft blir frakta sørover med vinden og gradvis varma opp. På veg sørover blir lufta gradvis fuktigare, so når Ferrel cella og Hadley cella møter kvarandre (jfr figur 1) kjem all fuktigheita som nedbør på ca. 60°N (*Fairbridge og Oliver, 1987*). Hadley cella er ei celle med roterande luft (på same måte som Ferrel cella – berre omvendt rotasjon) som får energi frå ekvator der varm og fuktig luft stig til vers. Lufta blir so frakta med vind (også kalla *passatvindar*) mot polområda der den blir avkjølt og legg seg mot bakken igjen (*Benestad, 2013*).

## 2 Orografisk nedbør

Orografisk nedbør kjem av at fuktige skyer følgjev terrenget. Sidan Noreg har mange fjell vil det kome nedbør frå fuktige skyer som stig for å kome over fjelltoppane. Denne nedbørstypen er vanlegast i kyststrøk (*Meteorologisk institutt, i. d.a.*).

## 3 Bygenedbør

Bygenedbør blir også kalla *lokalnedbør*, og kjem av ustabil luft som oppstår når sola fordampar fukta i bakken. Fenomenet er også kjent som torevêr om sommaren, og kan oppstå i ein kombinasjon med dei to andre nedbørstypene. Bygenedbør er vanlegast om sommaren i terreng som er beskytta mot fuktig luft, som for eksempel i indre strøk av Austlandet og Finnmark (*Meteorologisk institutt, i. d.a.*). Her kjem også ekstremnedbøren inn, som følgje av at høgare temperaturar skapar meir fordamping (*Benestad, 2013*).

Ekstrem nedbør er eit fenomen som på grunn av klimaendringane blir meir vanleg i Norden. Denne type nedbør gjev stor skade på grunn av blant anna flaum og skred, som kan utgjeve fare for menneskeliv og tap av materielle verdiar. Det må presiserast at ikkje alle tilfeller av ekstrem nedbør nødvendigvis opptre som ei følgje av global oppvarming (*IPCC, 2013*).

### 3.3 Vind

I skredsamanheng har vind mest innverknad på snøskred, men sterk vind kan også føre til rotvelte. Rotvelte fører til at stabiliteten i grunnen minskar, på grunn av mista rotfeste. Jordsmonnet blir også eksponert for inntrenging av vatn som aukar poretrykket via rotveltesåret (*Ranka, 2002*).

### 3.4 Naturlege klimadrivarar

I dag er den mest aksepterte teorien at dei registrerte klimaendringane i hovudsak er menneskeskapte. I tillegg til dei klimadrivarane som menneska kan påverke, fins det og nokre naturlege klimadrivarar som menneska ikkje rår over. Dei naturlege klimasvingingane som har vore i fortida har forårsaka temperatursvingingar som blant anna har gitt istider (*Alfsen et al., 2013*).

### 3.4.1 Astronomiske faktorar

Astronomiske faktorar blir også kalla *Milanković syklusar*<sup>3</sup>. Desse omfattar periodiske endringar i jorda si elliptiske bane rundt sola (også kalla eksentrisitet), jorda sine rotasjonsbevegelsar (jordaksen er skråstilt, og vinglar som ein "snurrebass" når jordkloda roterer), og jordaksen si helling. Faktorane har innverknad på mengda av solstrålar som treff jorda, og er hovudårsaka til istidene (*Alfsen et al., 2013*).

### 3.4.2 Solenergi

Sola strålar energi mot jordkloda, og mens noko av strålinga treff bakken blir noko reflektert tilbake i rommet via atmosfæren (albedoeffekten<sup>4</sup>). Strålane som treff bakken varmar opp denne slik at jordkloda startar å gje frå seg jordstråling. Noko av denne strålinga kjem seg ut i rommet, mens resten blir reflektert tilbake mot bakken. Grunnen til reflekteringa er at atmosfæren inneheld partiklar som hindrar strålane i å gå rett fram. Det er denne partikkelmengda forskarane meiner menneska har vore med å auke, slik at reflekteringa tilbake til jorda og påverkar klimaet (*Alfsen et al., 2013*).

Ein annan form for solenergi som kan nemnast, er solflekkar. Solflekkar er ei endring i sola sitt magnetfelt.. Desse flekkane sender ut energirike solvindar som av og til er retta mot jorda, og flekkane får sola til å lyse sterkare og gje frå seg meir varme. Det er også solvindane som gjev *aurora borealis*, også kjent som nordlyset. Talet på solflekkar varierer hyppig, men ca. kvart 11. år er syklusen på topp (*Alfsen et al., 2013*).

### 3.4.3 Vulkanutbrot

Vulkanutbrot er ein klimadrivar på grunn av dei enorme mengdene med aerosol som eit utbrot sender ut i atmosfæren. Som nemnt over reflekterer partiklar stråling både til og frå jorda. Når enorme mengder vulkanstøv blir kasta ut i atmosfæren vil dette hindre sollys i å trenge ned til jordoverflata, og det blir lågare temperaturar. Vulkanutbrot rundt ekvator vil ha størst global innverknad fordi

---

<sup>3</sup> Milanković syklusar, etter den serbiske matematikaren Milutin Milanković (*Alfsen et al., 2013*).

<sup>4</sup> Albedo seier noko om ei overflate si refleksjonsevne (*Alfsen et al., 2013*). For eksempel snø, is, skog, asfalt, jordsmonn...

vindane her vil spreie partiklane til både nord og sør (jfr Figur 1: ) (Alfsen et al., 2013).

### 3.5 Klimaendringar

30. september 2013 blei fyrste del av FN (de Forente Nasjoner) sin femte klimarapport ”*IPCC’s Fifth Assessment Report*” (AR5) publisert av klimapanelet si arbeidsgruppe 1 (WG1<sup>5</sup>). AR5 tar for seg nye bevis på klimaendringar basert på studiar av uavhengige vitskapelige analyser frå observasjonar av klimasystem, paleoklimatiske arkiv<sup>6</sup>, teoretiske studiar av klimaprosessar og simulering ved bruk av klimamodellar (*IPCC, 2013*). Utdrag frå denne rapporten er innlemma i dette kapittelet. Det å forstå faktorar som påverkar jorda sitt klima, historisk klima og forventa klimaendringar, er vesentlig for å forstå korleis dei meteorologiske faktorane oppfører seg i Noreg og påverkar skredutviklinga framover.

Klima er sjølv drivkrafta til skredhendingar, og for tida høyrer ein mykje om klima og klimaendringar. Media fortel stadig om globale klimaendringar som fører til meir intens nedbør som kan gje flaum og skred, og temperaturendringar som fører til global oppvarming og smelting av isbrear. Sidan Noreg ligg på same breiddegrad som Sibir, Alaska og Grønland, assosierar mange Noreg med eit kaldt og ugjestmildt klima. På grunn av varm vind frå vest og ein stabil havstraum forbi kysten har Noreg likevel eit leveleg klima (*Meteorologisk institutt, i. d.a*). Landet vårt har likevel veldig varierende klima lokalt, og det treng ikkje skilje so mange km før ein opplever forskjellig vêr. Ein kan for eksempel ha regn på eine sida av ein smal fjordarm, medan det er tørt på den andre sida. Jfr. orografisk nedbør og bygenedbør i kapittel 3.2.

Sidan Noreg har varierende landskap er det vanskeleg å fastslå sikkert kor mykje dei globale klimaendringane vil påverke det norske klimaet. I år lanserte SINTEF byggforsk og svenske meteorologar *VisAdapt*, eit nettbasert verktøy som skal gjeve folk meir medvitne på kva klimaendringar dei kan vente seg på heimstaden sin (*Neset et al., 2013*).

<sup>5</sup> WG1 har fokusert på menneskeskapte utslipp og ikkje inkludert endringar i naturlege klimadrivarar som solenergi, vulkanske utbrot, astronomiske faktorar eller naturlege utslepp av for eksempel metan- og lystgass (*IPCC, 2013*).

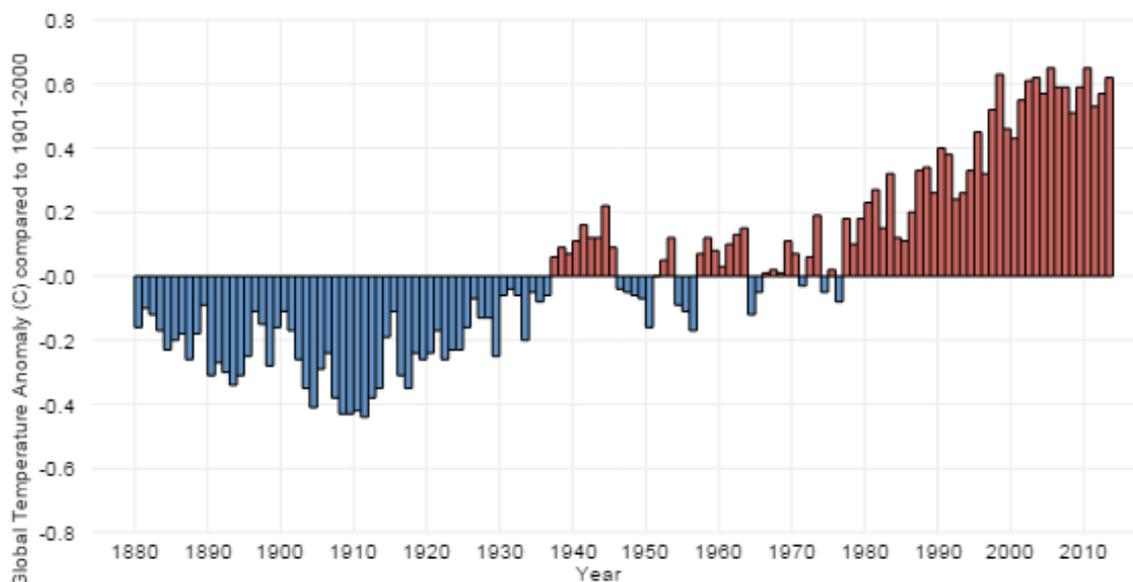
<sup>6</sup> Paleoklimatiske arkiv kan ikkje samanliknast med dagens klima direkte, men gjev mykje informasjon om korleis ting fungerer i klimasystemet (*Alfsen et al., 2013*).

Nokre endringar som truleg blir merkbare er beskrivne i dei følgjande kapitla.

### 3.5.1 Temperatur

I forbindelse med vêrmeldinga blir det ofte samanlikna "mot normalen", men ikkje alle veit kva dette vil seie. Normalen er ein middelværdi for ein 30-års periode, og dagens temperaturverdiar blir samanlikna med middelværdiar frå perioden 1961-1990. Sidan det globale klimaet har endra seg sidan 60-talet, kan det diskutertast om det er samanliknbart å bruke dette som normal i dag. Neste normal kjem i 2021, då ein vil samanlikne temperaturverdiar mot perioden 1991-2020. Grunnen til at ein nyttar slik samanlikning er for at alle skal ha eit felles grunnlag å samanlikne med (*Meteorologisk institutt, i. d.b.*).

Global temperatur (sjå Figur 2: ) og andre klimatiske variablar er blitt systematisk målt med direkte- og fjernmåling sidan midten av 1900-tallet. Ved hjelp av paleoklimatiske rekonstruksjonar er klimaverdiar kalkulert fleire millionar år tilbake i tid, og det er desse kalkulasjonane som i dag dannar klimasystema det blir forska med. Forskarane i FN sitt klimapanel (IPCC) meiner det er 66-100 % sikkert at dei siste 30 åra har vore den varmaste 30-årsperiode på den nordlige halvula dei siste 1400 årene (*IPCC, 2013*).



**Figur 2:** Årleg global gjennomsnittstemperatur frå 1880 til september 2014, i forhold til langtidsgjennomsnittet 1901-2000. Blå viser under gjennomsnittet og raud viser over (*Dahlman, 2014*).

IPCC (International Panel for Climate Change) har gjort kalkulasjonar frå fleire uavhengige datasett og funne at gjennomsnittleg temperatur kombinert av land og hav har steget med 0,85 °C sidan 1880. Rekonstruksjonar av kontinental overflatetemperatur viser med høg sikkerheit at klimaet i middelalderen (950-1250) hadde regionar som var like varme som i dag. Forskinga viser likevel stor sannsyn for at desse varmeperiodane ikkje var like samanhengande på tvers av regionar som dei som er observert på slutten av det 20. århundret. Forskarane er også 95-100 % sikre på at ca. 50 % av den globale gjennomsnittstemperaturen mellom 1951-2012 er menneskeskapt (*IPCC, 2013*).

Innan 2100 er det anslått at årsmiddeltemperaturen i Noreg kjem til å auke med mellom 2,3-4,6 °C mot normalen. Vestlandet får minst temperaturløse medan Finnmarksvidda vil merke størst forskjell. Det er temperaturane på vinterhalvåret som blir mest merkbare. I tillegg er det forventa at talet på døgn med døgnmiddeltemperaturar over 20 °C vil ligge på rundt 20 døgn i 2100, mot nesten ingen slike målte døgn i normalperioden (1961-90) (*Petkovic, 2013*). Noreg er delt inn i 6 temperatur regionar, og alle har ei forventa temperaturløse i dei forskjellige årstidene fram mot 2100 (*Miljødirektoratet, 2013*).

### 3.5.2 Nedbør

I den nye rapporten (AR5) til FN sitt klimapanel blir det rapportert om auka nedbør på dei mellomliggande breiddegrader på den nordlige halvkule sidan 1901. Sidan 1950 er det 66-100 % sikkerheit at frekvensen av episodar med nedbør har auka i Nord-Amerika og Europa, og det er 90-100 % sikkert at nedbørshendingane ved dei mellomliggande breiddegradene vil bli meir ekstreme, intense og hyppige innan utgangen av dette århundre. Også snødekke har med 66-100 % sikkert blitt redusert på den nordlige halvkula på grunn av antropologiske klimagassbidrag sidan 1970. Sjølv om snødekke blir redusert, vil det framleis kome sporadiske og tilfeldige innslag av ekstremt kalde vintrar i framtida (*IPCC, 2013*).

Nedbørsmengda i Noreg er forventa å auke sidan temperaturen gjev meir fordamping. På same måte som Noreg har 6 temperaturregionar er det også delt inn i 13 nedbørsregionar, der gjennomsnittleg nedbørsauke vil merkast best på hausten (*Miljødirektoratet, 2013*). På grunn av den aukande nedbørsmengda er det sannsynleg at også flaum- og skredfaren vil auke parallelt (*Bargel et al.,*

2011). Sommarnedbøren i Midt-Norge er forventet å auke med 15-20 % mot slutten av dette århundret, medan vinternedbøren er kalkulert til 20 % auke (*Petkovic, 2013*). Det vil naturligvis bli mindre nedbør som kjem som snø sidan temperaturen aukar.

### 3.5.3 Vind

Endringar i vindforhold i framtida er vanskeleg å kalkulere, men truleg vil det bli hyppigare førekomst av ekstremvind – gjevne over kortare tidsperiodar (*Petkovic, 2013*).

### 3.5.4 Klimagassar

Termen klimagassar blir brukt om alle gassar som påverkar jorda sitt klima. Drivhusgassar blir ofte brukt om gassar som absorberar langbølggestråling. Sidan 1700-tallet har konsentrasjonen av klimagassane karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) og lystgass ( $\text{N}_2\text{O}$ ) auka i atmosfæren (*Bryhni og Olerud, 2014*).

Dei siste 800 000 åra har konsentrasjonen av  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  og  $\text{N}_2\text{O}$  auka betraktelig i atmosfæren. Ved hjelp av å undersøke konsentrasjonen av desse gassane i iskjerner har ein endå ikkje sett høgare verdiar dei siste 22 000 åra ein dei som er målt i dag. Sidan 1750 har konsentrasjonen av menneskeskapt  $\text{CO}_2$  auka med 30 %,  $\text{CH}_4$  konsentrasjonen har auka med hele 150 % og  $\text{N}_2\text{O}$  med 15 %. Havet har absorbert 30 % av  $\text{CO}_2$  konsentrasjonen. Det er også eit faktum at kaldt vatn lagrar meir  $\text{CO}_2$  enn varmt vatn. Noko som betyr at so lenge temperaturen fortset å stige vil  $\text{CO}_2$  opptaket i havet bli mindre for kvart år (*IPCC, 2013; Bryhni og Olerud, 2014*).

I april 2012 blei det for fyrste gong registrert  $\text{CO}_2$  konsentrasjonar over 400 ppm (parts per million) på Zeppelinobservatoriet på Svalbard (*Nyeggen og Grossberndt, 2012*). I slutten av mai 2013 registrerte også Mauna Loa observatoriet på Hawaii over 400 ppm. Det betyr at det kan bli vanskeleg å halde seg under 500 ppm innan 2300. 500 ppm er grensa IPCC meiner ein må halde seg under for at havnivåstigninga ikkje skal overstige 1 m globalt (*IPCC, 2013; Earth System Research Laboratory, 2014*).

## 4 Geologiske prosessar

Geologi fortel historia om korleis jorda blei slik den er i dag. Dette kapittelet vil i hovudsak ta for seg lausmassar, bergrunn og avsetningstypar som ein vil finne i området rundt Øverkil. I den britiske geologen Sir Charles Lyell sitt aktualitetsprinsipp er budskapet at naturlege prosessar skjer på same måten i dag som i før. Ein kan difor tolke korleis ting såg ut før i tida (*Spjeldnæs, 2009*).

### 4.1 Noreg og istider

Fastlands-Noreg er eit langstrakt land som strekkjer seg over heile 13 breiddegrader – frå 71°N i Finnmark til 57°N i Vest-Agder. Landet er 1790 km langt og 432 km breitt, og inkluderar ein alle fjordar, bukter, øyer får Noreg verda si nest største kystlinje på heile 100 915 km (*Thuesen og Rørvik, 2014; Thorsnæs, 2014*). Canada er det einaste landet som har lenger kystlinje på 202 080 km (*Thuesen, 2014*).

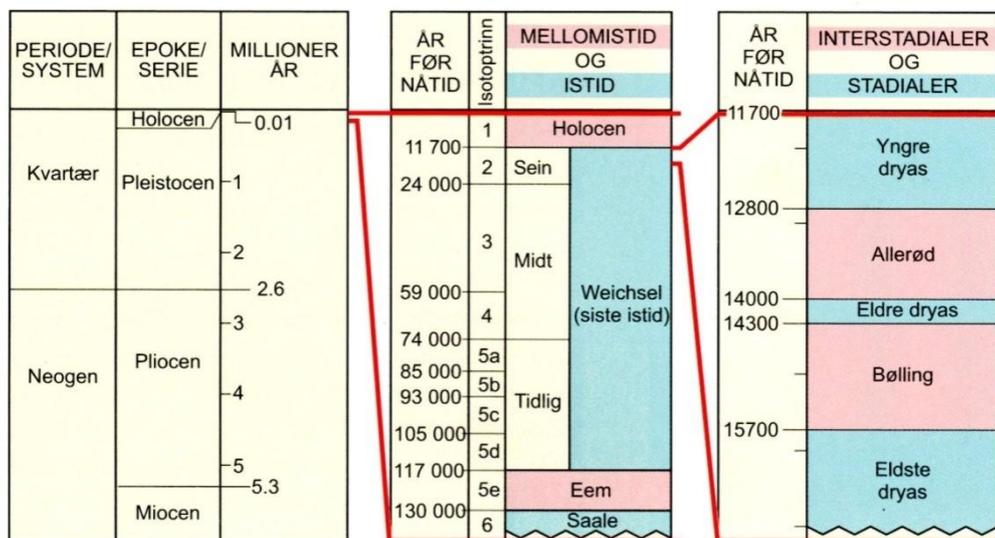
På langs av Noreg ligg det ei fjellkjede som for dei fleste er kjent som den kaledonske fjellkjeda, sjå Figur 3: . 14. september 2013 fekk den delen av den kaledonske fjellkjeda som ligg på den vestlege delen av den Skandinaviske halvøya namnet *Nordryggen* (*Reitan 2013*). Den kaledonske fjellkjeda er mellom 400 og 500 millionar år gammal, og går frå Svalbard og Spitsbergen i nord, gjennom Skandinavia via Skottland og Irland og ned til Vest-Europa. Ein finn også igjen fjellkjeda på austkysten av Nord-Amerika og Grønland, og i Nordvest-Afrika (*Bryhni, 2009; Fossen et al., 2013*).



**Figur 3:** Den kaledonske fjellkjeda (blå), også kalla Nordryggen (Modifisert av forfattern etter Fossen et al., 2013).

Det føregår mange faglege diskusjonar og debattar om korleis fjella i Noreg faktisk blei til. Blant anna hevdar forskarane Osmundsen og Redfield (2011) ved Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) at dei norske fjella pressa seg opp på grunn av tynnare jordskorpe langs kysten. Men fjelldanninga i Noreg føregjekk lenge før tidsepoken kvartær (siste 2,6 millionar år, jfr Tabell 1), som er tidsvindauget denne oppgåva kjem til å halde seg innanfor (Vorren og Mangerud, 2013).

Tabell 1: Inndelinga av dei siste 6 millionar år. *Interstadial* = mild periode i istida; *isbre trekk seg tilbake*. *Stadial* = kald periode; *isbre rykkjer fram* (Vorren og Mangerud, 2013).

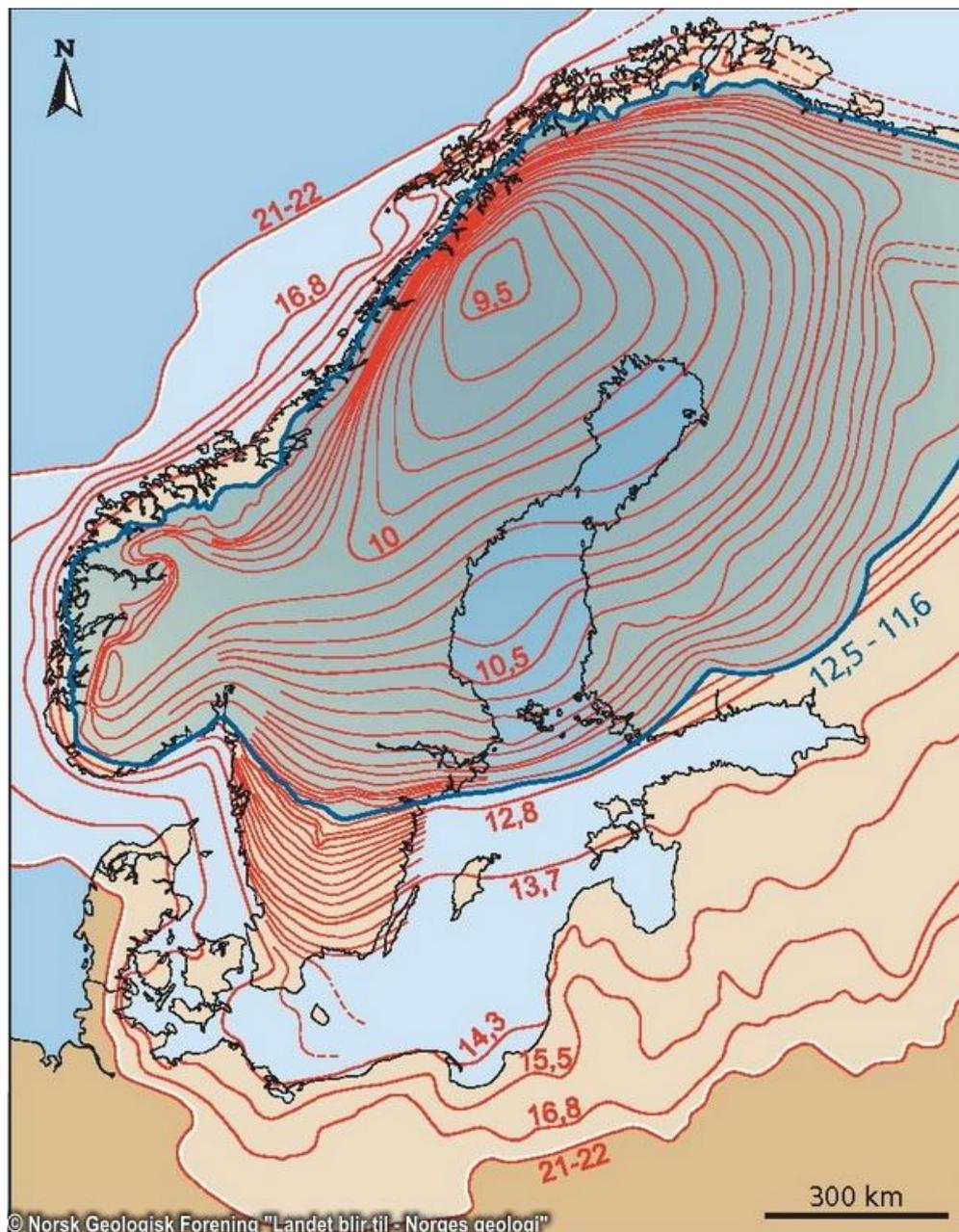


Siste istid blir kalla *Weichsel*, og denne perioden slutta for omtrent 11 700 år sidan, sjå Tabell 1. Då det siste islaget forsvann hadde isen erodert på undergrunnen i fleire tusen år. Ved hjelp av rennande vatn forma isen det norske landskapet slik det er i dag, med høge fjell, djupe fjordar og dalar, og eit varierende landskap med både kyst- og skogstrøk. Dei aller fleste lausmassane som fins i Noreg i dag er kvartære, og danna i løpet av siste istid. Maksimum isutbreiing ved siste istid er datert til å vær ein plass mellom 18-25 000 år sidan, i perioden som blir kalla *Sein-Weichsel* (jfr Tabell 1) (Vorren og Mangerud, 2013).

Tidsepoken etter siste istid og fram til i dag blir kalla *Holocen*, og den er klassifisert som ei mellomistid (jfr Tabell 1). Mange meiner no ein er inne i ein ny tidsalder – *Antropocen*, den menneskelege tidsalder. Det nye tidsrommet er føreslått av geologar til å ha starta i 1784 då den industrielle revolusjonen starta (Corcoran et al., 2014), og av arkeologar til å starte for 8000 år sidan då

menneska byrja med landbruk (Gowdy og Krall, 2013). Grunnen til at mange meiner jorda er inne i ei ny tidsepoke er fordi menneska no er i stand til å påverke jorda sitt klima, biodiversiteten, økosystema og topografien (Alfsen et al., 2013).

Figur 4: viser korleis isdekket over Nordvest-Europa har variert i løpet av dei siste 22 000 åra. Mykje av lausmassane vi har i Noreg i dag blei lausrive og knust under sist istid, og det er desse lausmassane saman med ustabile fjellparti som skapar skredproblematikk i dagens samfunn (Ramberg et al., 2013).



**Figur 4:** Illustrerar issmelting i Skandinavia frå 22 000 år sidan (Vorren og Mangerud, 2013).

Det vi kallar marin grense (MG) i dag er det øvste nivået havet gjekk opp til etter siste istid. MG er det høgste nivået det er muleg å finne marine avsetningar. Denne grensa varierer over heile landet, og er størst rundt området i Oslo der den ligg på ca. 220 moh (*Andersen, 2000*). I Trøndelag ligg høgste MG på rundt 190 moh, og Øverkil er kartlagt til å ha MG på 188 moh (*NGU, 2014a*). Landehevinga som har vore i dei ulike delande av landet etter at isen forsvann varierer med kor tjukk isen var. Hevinga etter ismassane blir kalla *isostatisk heving*, og føregår framleis, og Trøndelag stig med ca. 3-4 mm i året (*Andersen, 2000; Vorren et al., 2013*).

Eit dallandskap, som Stjørdalen består av, er anten ein trong V-dal eller ein brei U-dal med ei elv eller innsjø i dalbotnen. Ofte er det ein kombinasjon. Lausmassane består som regel av morene, glasifluvialt materiale, forvittringsjord og myr (*Hovd, 2011; Bruun et al., 1994*).

## 4.2 Avsetningstypar og lausmassar

*”Begrepet «løsmasser» benyttes om alle typer masser som ligger oppå fast fjell: stein, grus, sand, silt og leire, samt jordsmonn med høyt innhold av organisk materiale (torv og myr), eller masser som er deponert av mennesker.” (Bargel et al., 2011, s. 12).*

Ein kan samanlikne ein isbre med eit «samleband», og fraktar difor med seg store mengder lausmassar. Breen bryt laus berget rundt seg, knuser det til forskjellige kornstørrelsar og avset materialet i forskjellige geologiske førekomstar. Nede i dal- og fjordbotnar er mektigheita på avsetningane gjevne stor i forhold til høgareliggande strøk, der lausmassedekket gjevne er tynt og usamanhengande. Dei norske lausmasseavsetningane stammar hovudsakeleg frå kvartærtida, som vil sei dei siste 2,6 millionar år (sjå Tabell 1) (*Thoresen, 2009*).

I dei komande kapitla er avsetningstypane som ein finn på Øverkil beskrivne (jfr avsetningstypane i Figur 33: side 75). Lausmasseskred oppfører seg forskjellig avhengig av kva jordsmonn og avsetning som er involvert. Dei forskjellige jordartane har ulike eigenskapar avhengig av samansetning. Eigenskapar som påverkar lausmassar i forhold til skred er blant anna sortering, porøsitet, permeabilitet og pakningsgrad, noko som blir lagt fram i kapittel 0 side 53 om

Faktorar som påverkar skråningsstabilitet (*Bargel et al., 2011*).

#### 4.2.1 Havavsetning

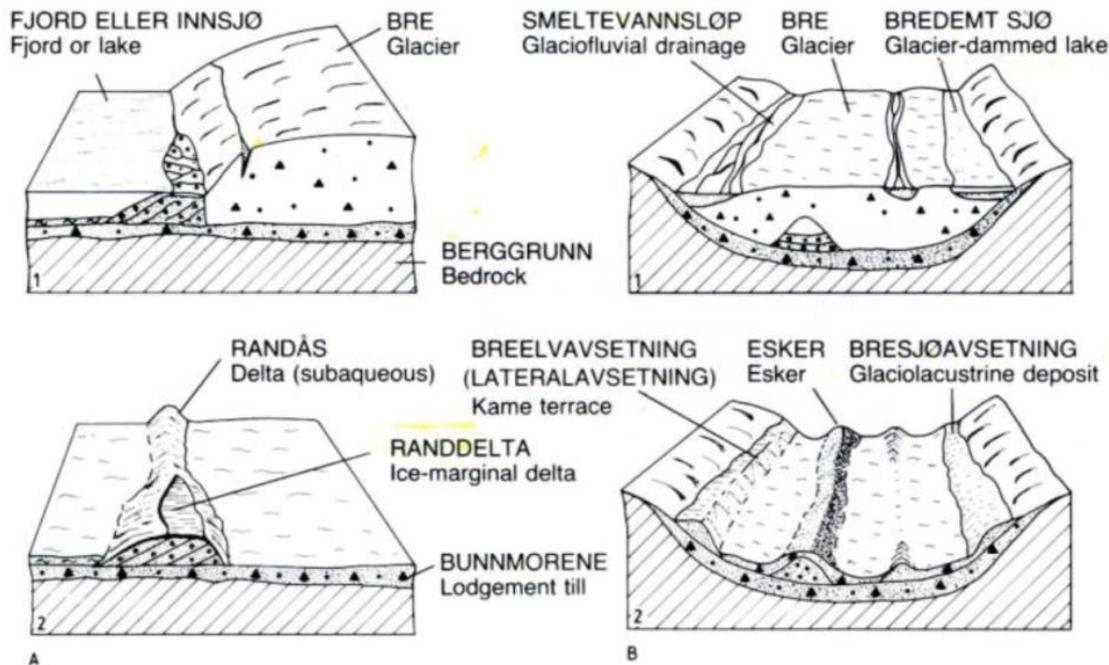
Lys og mellombå farge på kvartærkartet. Havavsetning, eller marine avsetningar, blir gjevne delt inn i underkategoriene *hav- og fjordavsetning* og *strandavsetning* fordi hav og fjord er relativt rolege avsetningsmiljø medan stand er prega av bølgev og straumar (*Reite, 1986; Thoresen, 2009*). Strandavsetning er ikkje funne av forfattaren på Øverkil, og blir difor ikkje nemnt vidare.

Hav- og fjordavsetning består for det meste av dei finkorna materialtypene silt og leire, som blir frakta med elvar. Det kan og førekomme grovare materialtyper som har sete fast i flytande is eller som er flytta av slamstraumar. Karakterisert av delvis massiv og delvis lagdelt avsetning (*Reite, 1986; Thoresen, 2009*).

*Glasimarine avsetningar* eller *brenære havavsetningar* er marine avsetningar som er avsett i overgangen mellom brefront og hav i fjordarm. Ved brefronten blir det også ofte avsett frontmorene, som er ein miks av morene- og breelvmateriale. Frontmorenen har som regel breelvavsetning og usortert morene på proksimalsida (is sida), og sortert elvemateriale i skrålag på distalsida (havsida). På utsida av frontmorenane, i botnen av dalføret, finn ein gjevne tjukke lag av silt og leire som er frakta med elvar og havstraumar (*Andersen, 2000*).

#### 4.2.2 Breelvavsetning

Oransje farge på kvartærkartet. Også kalla glasifluviale avsetningar, og er frakta med smeltevatnet frå brear. Desse avsetningane består av sortert sand, grus og stein, der lagdeling gjenspeglar straumforholda i elva. Når straumhastigheita minkar blir materialet avsett, og breelvavsetningane er lagdelt, god avrunda og laust pakka. Vatnet flyttar allereie lausrivne massar som ligg under, i, på og ved sidan av isbrear (*Reite 1986; Andersen 2000; Thoresen 2009*). Sjå Figur 5: B. Breelvavsetningane kan bygge opp store delta av grus i terrassar under MG, og danne terrasseflate eller lange åsar over MG (*Sandersen, 2014*).



**Figur 5:** Viser korleis breelvavsetningar blir avsett i fjord og innsjø:

A1) Materiale blir avsett av ei breelv framfør isbreen.

A2) Viser ein randdelta som er bygd opp til vasskorpa og ein randås.

B1) Materiale som er transportert i vatn blir avsett på og under isbreen.

B2) Ulike breelvavsetningar (Reite, 1986).

#### 4.2.3 Elveavsetning

Gul farge på kvartærkartet. Desse er avsett på same måte som dei glasifluviale avsetningane, berre at dette ikkje er smeltevatn frå isbre, men vanlege elvar/bekkar som avset materialet, også kalla fluviale avsetningar eller bekkeavsetning. Dei fluviale avsetningane er ofte allereie avsett morene eller breelvavsetning som er erodert, frakta og avsett på nytt i vifteform (Reite 1986; Thoresen 2009; Sandersen 2014). Nært brefronten kan det grove morenemateriale framleis minne om morene (Andersen, 2000). Avsetningane ligg som eit tynt dekke over andre avsetningar, og fordi ein kan oppleve blanding av morene- og breelvmateriale kan lagdelinga være svak og materialet velgradert. Ein finn både grus, sand og silt i elvemateriale, og dess lenger fragmenta er blitt frakta dess meir avrunda i kantane er dei (Reite 1986; Andersen 2000; Thoresen 2009).

#### 4.2.4 Forvittringsmateriale

Lilla farge på kvartærkartet. Forvittringsmateriale er områder der berggrunnen er fysisk (frostsprenging) eller kjemisk (ikkje so vanleg i Noreg) nedbrote (*Reite, 1986; Sandersen, 2014*). Desse områda har ein gradvis overgong mellom berg og lausmassar, og materialet er ofte sand og grus med skarpe kantar (*Reite, 1986*).

*Sandersen (2014, s.80) skriv: "I myke bergarter som fyllitt, kan slik forvitring gi opphav til dannelse av leirholdige løsmasser med relativt dårlige styrkeegenskaper."* Desse leirminerala har ein tendens til å bli glatte når det blir fuktig, og i skredsamanheng er det forvittringsmateriale som dannar leirmineral som er farlegast (*Brattli, 2000*).

#### 4.2.5 Morene

Det er ikkje observert morene i kartleggingsområdet på Øverkil, men avsetningstypen blir likevel nemnt sidan den er vanleg i norsk skredsamanheng og opptrer i området rundt kartleggingsområdet.

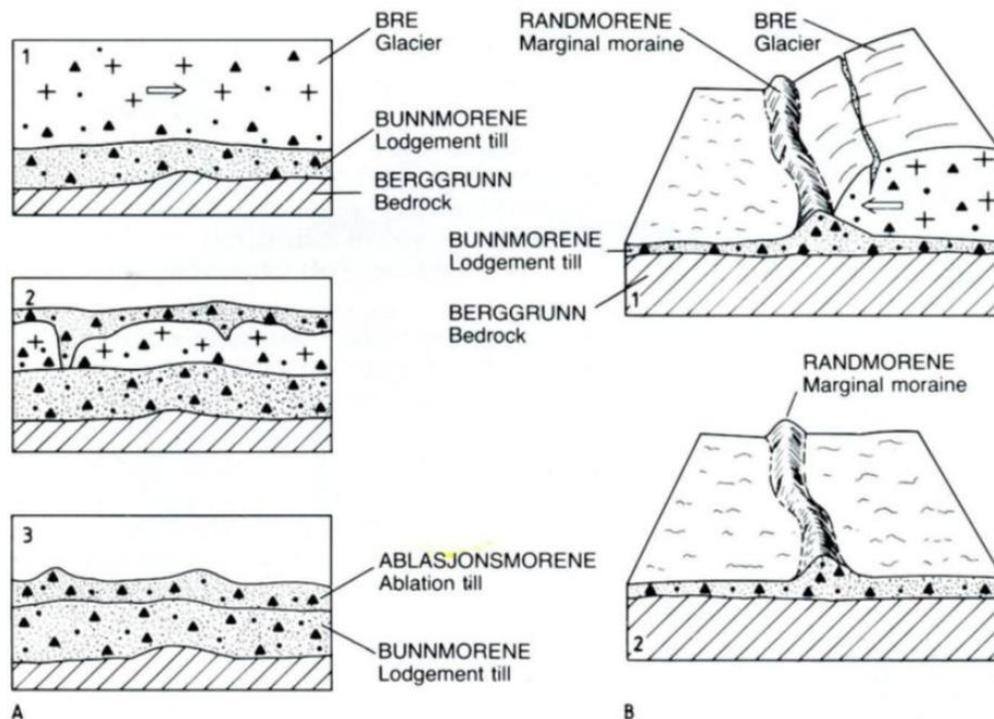
Grøn farge på kvartærkartet. Morene er ein felles term på alle lausmassar som er frakta og avsett direkte frå ein isbre, og materiale er velgradert. Det vil seie at lausmassane inneheld alle kornstørrelsar frå leir til blokk, men som oftast har morene berre 5–15 % silt og leire. Over MG finn ein stort sett berre morene. Ein delar morene inn i fleire underkategoriar avhengig av kor på breen den er transportert (*Reite 1986; Thoresen 2009; Sandersen 2014*):

**Botnmorene** (bilde A i Figur 6: ) – Tettpakka, inneheld nesten ikkje runde partiklar, sjeldan lagdelt og består gjevne av kortreist materiale (*Reite, 1986; Andersen, 2000*).

**Ablasjonsmorene** (bilde A i Figur 6: ) – Frakta inni eller oppå breen, laust pakka, dårleg sortert, lågt innhald av silt og leire. Ofte grovare og lausare ein botnmorena (*Reite, 1986; Andersen, 2000*).

**Randmorene** (bilde B i Figur 6: ) – Ryggforma, ofte usamanhengande, belte i fronten til breen. Blir også kalla *endemorene* eller *frontmorene* viss materialet er avsett i front av isbreen, eller *sidemorene* dersom massane er avsett langs sidene av fronten til breen (*Reite 1986; Andersen 2000; Thoresen 2009*)

**Rogenmorene** – Ujamne ryggar som går på skrå over isen si bevegelsesretning. Består av både usortert morenemateriale og sorterte fraksjonar (Thoresen, 2009).



**Figur 6:** Viser korleis morenemateriale blir avsett:

A1) Isbre som avset materiale. A2) Smeltande isbre som avset materiale.

A3) Botn- og ablasjonsmorene.

B1) Isbre som skubbar fram materiale og dannar randmorene.

B2) Randmorene som ligg igjen etter isbreen har smelta/trokke seg tilbake

(Reite, 1986).

#### 4.2.6 Jordartar

##### Friksjonsjordart

Namnet til denne jordarten kjem av at kreftene mellom korna i jorda blir overført som friksjon. Generelt skjer dette med kornstørrelsar større ein 0,06 mm, som vil sei fraksjonane grov sand, grus, stein og blokk. Det kan være mykje mellomrom mellom korna i denne jordarten, og vatn kjem seg lett igjennom. På grunn av mellomromma mellom korna kan den største vinkelen på ei stabil friksjonsjordmasse være 40°. Ein friksjonsjordart greier ikkje å halde seg stabil i brattare vinkel utan hjelp (Brattli, 2014).

## Kohesjonsjordart

Fellesnamn på jordartar danna av mineral med kornstørrelse mindre ein 0,06 mm (silt og leir). Det er vanleg å skilje mellom jordarten leire og partikkelstørrelsen leir. Enkeltkorna som kohesjonsjordartane er oppbygd av ser ein ikkje med auga, men silt kan ein til dels kjenne mellom fingrane. I motsetning til friksjonsjordartane kan kohesjonsjordartane halde seg stabile i høg vinkel. Kohesjon betyr at det er god binding mellom molekyla i jordmassane, og i all hovudsak kjem den gode bindinga mellom molekyla i kohesjonsjordartane av vatn som bind massane saman fordi porene mellom korna er så små at vatnet ikkje får fri passasje (*Brattli, 2014*).

Leirpartiklane er så lette at dei berre kan sedimentere når vasstraumane er rolege, og leire kan delast inn i to underkategoriar:

### 1 Marin leire

Stort sett all leire i Noreg er marin. Marin leire er avsett i saltvatn, og har difor saltmolekyl i strukturen. Dette gjev at strukturen til den marine leira blir sjåande ut som eit «korthus», og på grunn av denne korthusstrukturen er marin leire ofte ustabil. Ein vil ikkje finne marin leire over ca. 220 moh i Noreg. Marin leire blir og kalla blåleire på grunn av fargen (*Brattli, 2014*).

### 2 Ferskvassleire

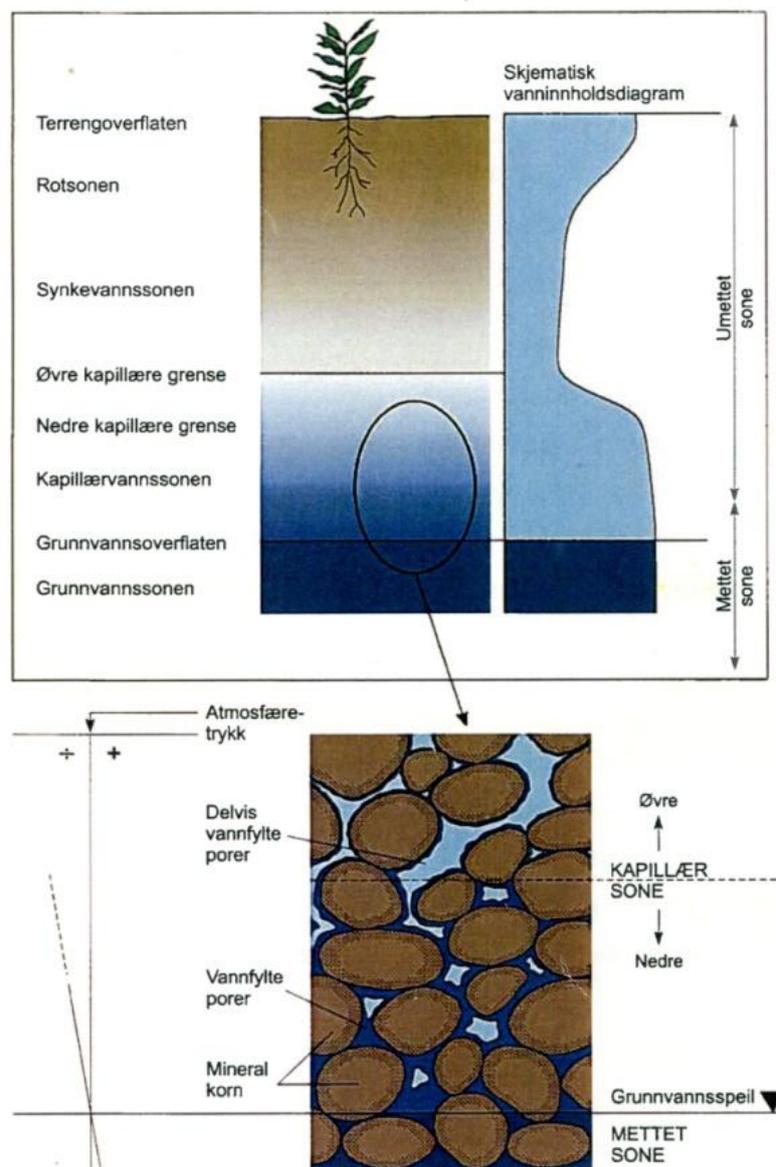
Leire danna i ferskvatn er ofte meir homogen ein den marine leira, og er difor meir stabil (*Brattli, 2014*).

## Organiske jordartar

Fordi organisk materiale trekkjer vatn vil sjølv små mengder av denne jordarten endre karakteren til jordsmonnet fullstendig. Ein samlebetegnelse på organisk materiale er humus, som igjen kan delast inn i ulike underkategoriar (*Brattli, 2014*). Organisk jord har god stabilitet på grunn av kompleks samansetning (*Sandersen, 2014*).

#### 4.2.7 Jordsmonn

Det er i jordsmonnet planterøtene held til, og dette laget blir difor referert til som rotsonen. Sjå Figur 7: . Rotsonen er der røtene til plantevekstar er, og desse syg vatn som kjem som nedbør og avreining. Resten av vatnet fortset nedover mot sigevatnsonen. Her blir vatnet liggande som ei fuktig hinne rundt mineralkorna, og vatn som ikkje binder seg til partiklane sig vidare nedover mot grunnvasspegelen ved hjelp av gravitasjonskrefter. Nivået på grunnvasspegelen er sesongbasert og varierer med kor mykje nedbør som kjem, noko som også har innverknad på skredfaren (Brattli, 2009).



Figur 7: Soneinndeling av vatn i jordsmonnet (Brattli, 2009).

Nedanfor er jordsmonntypene som er antatt å finne rundt Øverkil oppgitt. I følge Låg (1979) er Øverkil dominert av podsol. Då spesielt jernpodsol med innslag av bleikjordlag, lithosol<sup>7</sup>, brunjord, sumpjordsmonn og leirjordsmonn. Jordsmonntypar avgjer kva vegetasjon som opptrer, som igjen kan ha innverknad på skråningsstabilitet (*Rannka, 2002*).

### **Podsol**

Vanlegaste jordsmonnet i Noreg, også kalla *bleikjord*. Har som regel ein grå farge som kjem av utvasking av mineral, og dette jordsmonnet finn ein rett under humuslaget. Kan vere frå nokre mm opp til 1 m tjukt. Under podsol finn ein mineraljord<sup>8</sup>, og skiljet mellom desse jordsmonna er vanlegvis skarpt. Gran og furu trivst på denne jordtypen, sjølv om den er næringsfattig (*Låg, 1979*).

### **Leirjordsmonn**

Kjem av sedimentavleiringar under MG, og er veldig godt eigna som jordbruksjord. Sidan jordsmonnet er så finkorna held det også godt på vatn, og er motstandsdyktig mot forandringar. Vanleg i Trøndelag og på Austlandet (*Låg, 1979*).

### **Brunjord**

Her er mineraljorda godt blanda med humus, så det fins ingen klare skilje i dette jordsmonnet. Opptrer vanlegvis i skråstilt terreng der det er liten nedbør og høg temperatur, men ein kan finne innslag av brunjord i områder med podsol. Vanlegvis dominert av lauvskog (*Låg, 1979*).

I vedlegg 1 "Kart over dominerande treslag på Øverkil" (*Skog og landskap, 2014*) ser ein at gran og lauvskog er dominerande på Øverkil. Desse tresortane trivst også på forskjellige jordsmonntypar, og dette skiljet er ganske tydeleg på Øverkil nokre stadar når ein går i terrenget. Les meir i kapittel 6.1.2 Vegetasjon under kapittelet om

<sup>7</sup> Lithosol er jordsmonn der tjukkeleiken på lausmassane over berggrunnen er mindre ein 10 cm (*Låg, 1979*).

<sup>8</sup> Mineraljord kan være for eksempel rustjord, jernpodsol, humuspodsol, aurdelle... (*Låg, 1979*).

Områdeskildring på Øverkil side 78.

### 4.3 Hydrogeologi

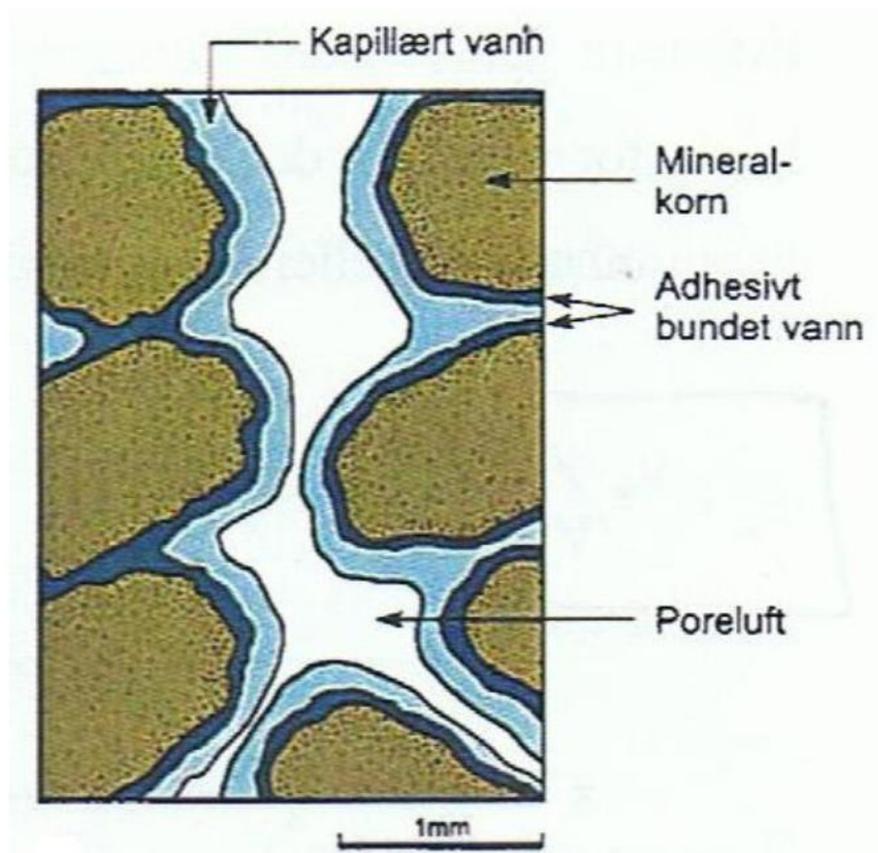
I hydrogeologi ser ein på samanhengen mellom geologisk materiale og vatn (*Sigmond et al., 2013*). Vatn i grunnen er flyktig og difor vanskeleg å spå (*Picarelli et al., 2012*). Korleis vatnet beveger seg i grunnen er både avgjevande og kritisk for korleis eit skred blir utløyst og oppfører seg. Hydrogeologi fokuserar på bevegelse av vatn i grunnen, og blir direkte påverka av det hydrologiske krinsløpet. Både nedbør og fordamping påverkar grunnvatnet, og gjev normalt ein forsinka respons (*Picarelli et al., 2012*).

Det hydrologiske krinsløpet kan forklarast ved at vatnet fordampar frå blant anna hav og innsjøar, og transpirerer frå plantar. Vassdampen blir samla i skyer, og når dampen blir omdanna til dogg byrjar regndråpar å ta form. For å bli tunge nok til å overvinne tyngdekrafta treng doggdråpane feste for å falle mot bakken. Dei festar seg difor til partiklar i atmosfæren. Når vassdråpen og partikkelen er blitt tunge nok til å overvinne tyngdekrafta fell vatnet mot bakken som nedbør. Denne nedbøren blir samla opp av blant anna isbrear, innsjøar, hav og jord, og regnet som treff bakken startar å trekke ned i jordsmonnet. Noko blir suga opp av planterøter, noko kjem seg ned til grunnvatnet og noko renn som overflateavrenning til elvar og bekkar mot hav og innsjø. Så byrjar syklusen på nytt (*Brattli, 2009*).

Det som påverkar avrenning er geografi, geologi, topografi og vegetasjon (*Brattli, 2009*). Den hydrologiske likninga kan enkelt forklarast som  $\text{vatn}_{\text{inn}} = \text{vatn}_{\text{ut}} \pm \text{lagring}$ , avhengig av om nedbøren kjem som snø (blir lagra) eller regn, og kor mykje som blir tatt opp av jordsmonnet (*Dingman, 2008*).

Undergrunnen er delt inn i ein umetta og ein metta sone (jfr Figur 7: ). I den umetta sona er porene mellom jordartskorna berre delvis fylte med vatn, mens dei i den metta sona er fullstendig vassmetta. Skilje mellom dei to sonen går der atmosfæretrykket ( $P_{\text{atm}}$ ) er null, eit sjikt som blir kalla grunnvasspegelen (*Brattli, 2009*). Grunnvasspegelen har som nemnt over innverknad på skredfaren avhengig av kor høgt den ligg.

I kapillæersonen syg jordsmonnet til seg vatn frå grunnvatnet ved hjelp av kapillært sug. Hydraulisk konduktivitet seier noko om kor lett det er for ei væske å strøyme igjennom eit geologisk materiale. Hydraulisk betyr det som gjeld trykk og bevegelse i væsker, og konduktivitet er spesifikk leiingsevne. Dess større porar eit materiale har dess lettare strøymar væska igjennom. Leire har for eksempel låg hydraulisk konduktivitet fordi porene er so små at vassdråpane har problem med å kome igjennom materialet. Vatnet blir heller bunde adhesivt til leirpartiklane, sjå illustrasjon i Figur 8: (Brattli, 2009).



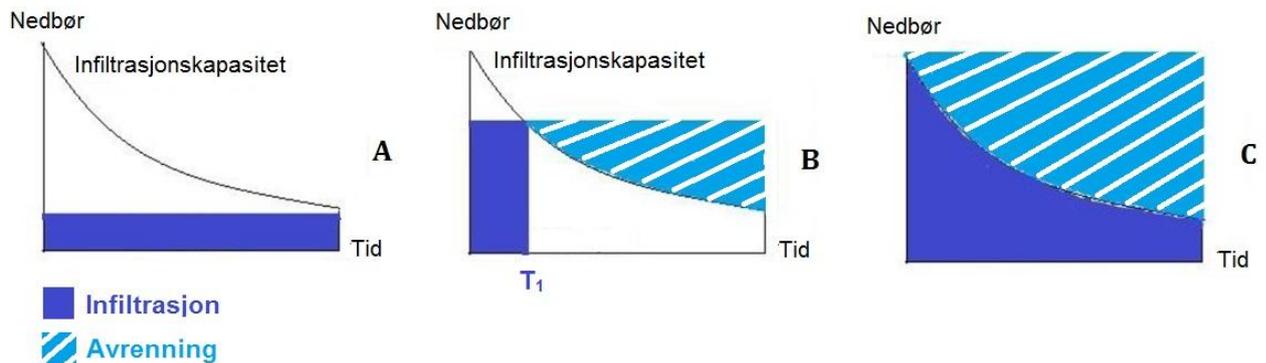
**Figur 8:** Illustrasjon av adhesivt og kapillært vatn  
(Modifisert av forfatter etter Brattli, 2009).

Når vatnet infiltrerer jordsmonnet har vi i hovudsak tre scenario. Forklaring til Figur 9: er i følgje (Fetter, 2001):

- A)** Det regnar i så avgrensa mengde at bakken tar til seg all nedbøren.
- B)** Det kan tenkjast at det enten regnar kraftig ei periode eller at det har regna mindre i eit lengre tidsrom. Då vil den fyrste nedbøren fram til eit tidspunkt T1

trekkje ned i jordsmonnet, men etter eit visst tidsrom med nedbør vil jorda bli metta og det byrjar å oppstå dammar og pyttar på overflata av jordsmonnet.

**C)** Eit tilfelle med ekstrem nedbør der bakken ikkje greier å ta unna noko og alt vatnet renn av som overflateavrenning. Dette kan også skje dersom bakken er fullstendig uttørka. Då er jordsmonnet ofte ikkje i stand til å oppta vatn med det same fordi det har danna seg ei fast og hard hinne på toppen



**Figur 9:** Infiltrasjon av nedbør i jordsmonn

(Utarbeida av forfattar etter Fetter 2001, 2014 og Dingman, 2008).

#### 4.4 Berggrunn

Sjølv om berggrunn og lausmassar er to forskjellige disiplinar med ulike forhold og eigenskapar, har dei likevel påverknad på kvarandre når det kjem til skred. Ved lausmasseskred kan berggrunnen leie vatn i sprekker og holrom som aukar poretrykket i lausmassane. Berggrunnen kan også være så oppsprukken at det er fare for steinsprang, og lause steinar kan igjen utløyse små lausmasseskred så då kan dra med seg meir masse nedover (Domaas og Grimstad, 2014).

Eigenvekta til stoffa som lausmassane består av påverkar også i skredsamanhengar, sidan vekta til massane har innverknad på kor stabilt materialet ligg i skråningar (Bromhead et al., 2012).



## 5 Lausmasseskred

I det overnemnte er det gitt ein gjennomgong av både klima og geologi, som dannar grunnlaget for påfølgjande kapittel om skredtypar og stabilitet i lausmassar. Klima, geologi og skred heng sterkt saman, og det komande kapittelet presenterar dei typane lausmasseskred som er vanleg i Noreg med tilhøyrande faktorar som kan påverke stabiliteten. Lausmasseskred omfattar alle skred som oppstår i lausmassar. Fagmiljøet brukar ordet *skred* med *ras* som eit synonym, medan det på folkemunnen også blir brukt ord som blant anna *avrang*, *fall*, *fjellrap*, *fonn*, *landlaup*, *lavine*, *ræs*, *skrie*, *svor* og *utgliding* (Schanche, 2014).

### 5.1 Introduksjon til skred

*”Et skred er et naturfenomen der materialer som stein, løsmasser eller snø beveger seg nedover en skråning i terrenget. Bevegelsene kan skje gjennom fall, glidning eller en rask strøm av masse, og selve skredet kan også inneholde vann i ulike mengder.”* (Schanche, 2014, s. 20).

Skred er ei av dei naturulykkene som tek flest menneskeliv i Noreg, og sidan 1345 har ein registrert at meir ein 4100 personar er omkome i skredulykker her til lands. Av dette er ca. 25 % lausmasseskred, ca. 55 % snøskred og ca. 20% steinskred (Jaedicke et al., 2008). I Noreg blir det hovudsakleg delt inn i fem skredtypar (Høeg et al., 2014):

#### 1. Lausmasseskred

→ Jordskred, flaumskred og leirskred.

#### 2. Kvikkleireskred

Skred i marin leire med lågt saltinnhald, høg sensitivitet og låg omrørt skjærstyrke. Har korthusstruktur som klappar saman ved høg belastning.

#### 3. Skred i fjell

→ Fjellskred: >10 000 m<sup>3</sup> (F.eks.: *Mannen*<sup>9</sup>, *Åknesremna*<sup>10</sup> ...)

→ Steinskred: 100-10 000 m<sup>3</sup>

→ Steinsprang: <100 m<sup>3</sup>

<sup>9</sup> Ustabilt fjellparti i Rauma, Møre og Romsdal (Dahle et al., 2008).

<sup>10</sup> Ustabil fjellside i Åknes, Møre og Romsdal (Domaas og Grimstad, 2014).

#### 4. Snøskred

→ Sørpeskred, flaskkred eller laussnøskred (våte eller tørre). Isnedfall.

#### 5. Undersjøiske skred

Denne oppgåva vil fokusere vidare på lausmasseskred sidan dette var skredtypen som opptredde på Øverkil. Kvikkleireskred er på ein måte også eit lausmasseskred sidan det består av leirpartiklar (lausmassar), men denne oppgåva vil ikkje utdjupe denne skredtypen ytterlegare sidan kvikkleire ikkje er aktuelt for området på Øverkil. Tabell 2 samanliknar dei fire skredtypane.

Tabell 2: Samanlikning av dei fire skredtypane i lausmassar (NGI, i. d.).

	Leirskred	Kvikkleireskred	Flomskred	Jordskred
Hvor forekommer skredtypen	I marin leire som ikke er kvikk	I marin leire der saltene er delvis vasket ut	Bratte vassdrag og bekkeløp med mye løsmasser	I skråninger av alle andre typer løsmasser
Hypighet	Flere per år	Ca 1 per 5 år	Årlig	Årlig
Utløsningsfaktorer	Nedbør, snøsmelting, menneskelige inngrep	Erosjon fra bekker/elver, menneskelige inngrep	Regnskyll, kraftig snøsmelting	Nedbør, snøsmelting, menneskelige inngrep

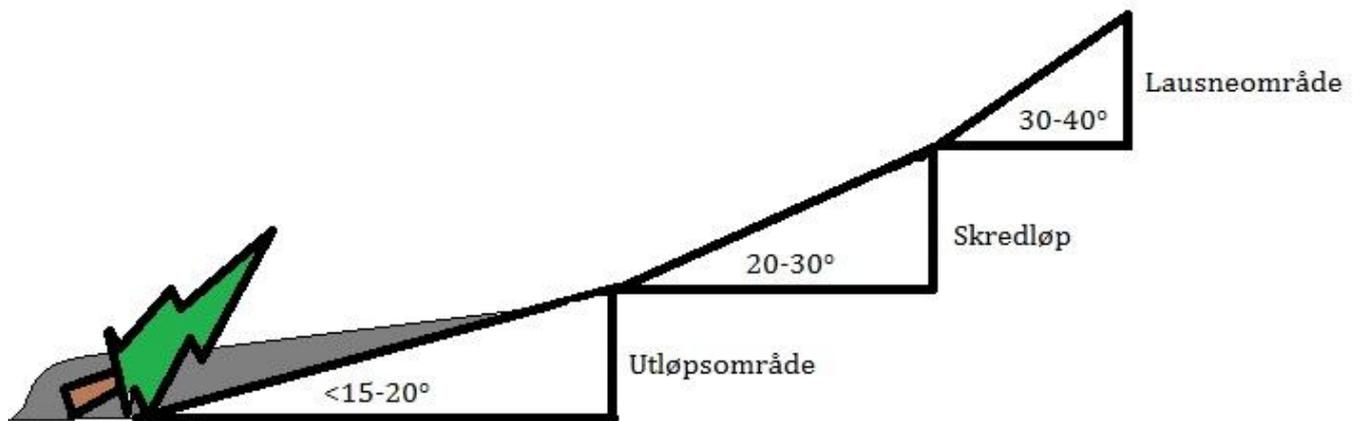
Eit skred har tre føresetnadar som må være på plass for at det skal inntreffe (Bargel et al., 2011):

1. **Lausmassar**
2. **Bratt nok terreng**

Vanlegvis mellom 30 og 45 grader, men gradientar ned til 25 grader er også registrert. Høgt vassinnhald kan gje lågare gradient ein 25 grader. Over 45 grader har ein sjeldan lausmassar. Illustrasjon av skredbane i Figur 10: .

3. **Utløysande faktor**

Vatn (klima), menneske, forvitring, vegetasjon...



*Figur 10: Illustrasjon av skredbane (Utarbeida av forfattar etter Sandersen, 2014).*

Auka temperatur og meir nedbør vil påverke allereie utsette skredområder i tillegg til å auke skredfaren i kalde strøk der ein per i dag har permafrost og mykje nedbør som er bunden opp som is. Det er gjort mange forsøk på å framstille ei kurve grafisk som kan gje informasjon om terskelverdiar for lausmasseskred som følgje av nedbørsintensitet og varigheit. På grunn av kompleksiteten av framstilling som er avhengig av mange ulike variablar som for eksempel jordsmonn, topografi, geologi og klima, har ein framleis ikkje lykkast i å bli heilt einige om gode verdiar for tilnærming til verkelegheita (*Huggel et al., 2012*).

Noreg har si eiga jordskredvarsling på nettet sidan 2013. Varslinga blei utvikla som er ein del av NIFS<sup>11</sup> prosjektet, nettsida heiter *varsom.no*. Her finn ein varslingar knytt til problem rundt flaum, jordskred, snøskred og is. F.o.m. desember 2014 kan ein også registrere skred som allereie har skjedd ved å logge inn i skreddatabasen *skredregistrering.no* (*NVE, 2013<sub>a</sub>*).

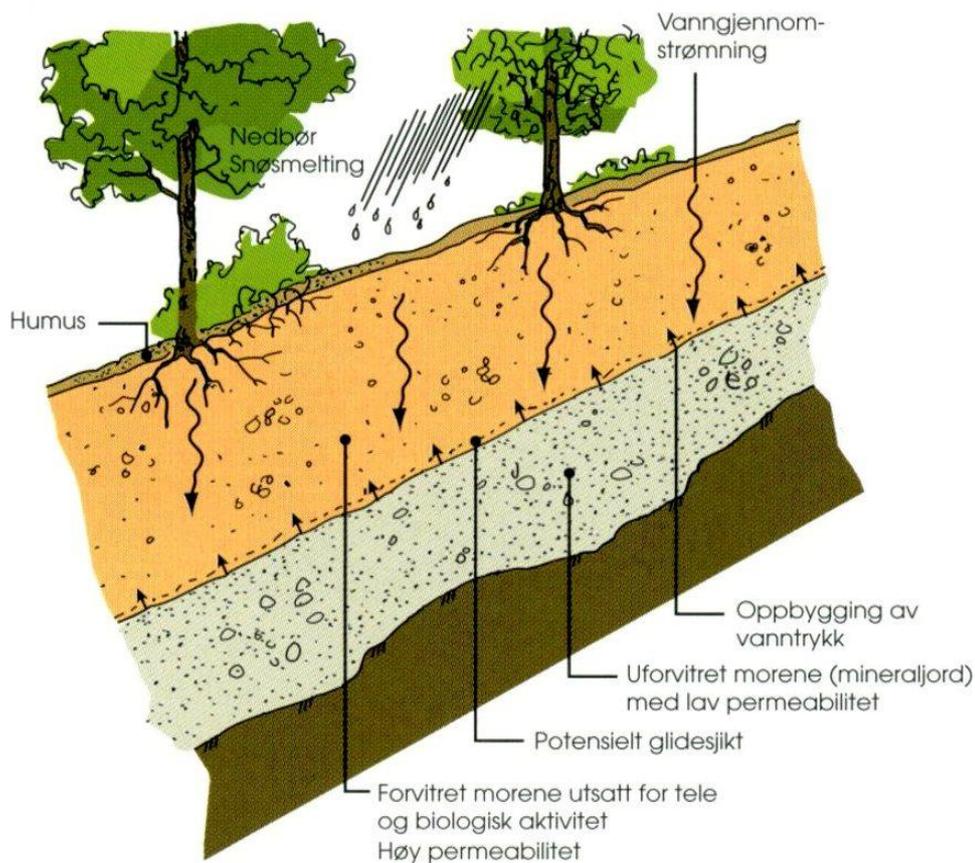
Det er mest vanleg at område dekkja med morene opplever flest skred i Noreg, men andre avsetningstypar er og utsett for lausmasseskred. Som for eksempel forvittringsmateriale og leire (*Bargel et al., 2011*).

<sup>11</sup> NIFS står for Naturfare Infrastruktur Flom og Skred, og er eit samarbeid mellom Jernbaneverket, NVE og Statens vegvesen ([www.naturfare.no](http://www.naturfare.no)).

## 5.2 Jordskred

”Jordskred er en rask massebevegelse av grov- og/eller finkornede løsmasser og noe vann, ofte iblandet vegetasjon. Skredene kan arte seg som langstrakte soner i bratt terreng, eller som grunne utglidninger i mindre bratt terreng uten skogvegetasjon.” (Bargel et al., 2011, s. 13).

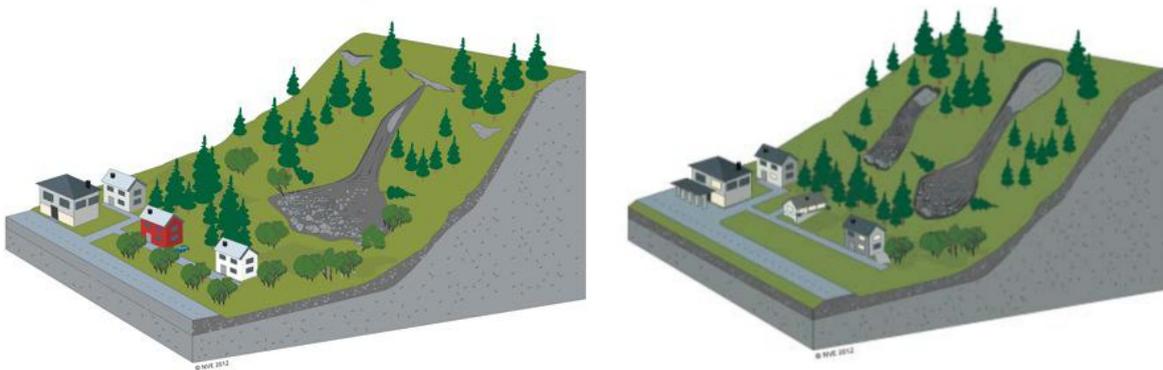
Ved eit jordskred vil eit typisk jordprofil sjå ut som i Figur 11: . Det kjem mykje nedbør som trenger igjennom jordlaget med høg permeabilitet, men som ikkje kjem igjennom jordlaget med låg permeabilitet. Vatnet renn difor på det faste jordlaget og byggjev opp poretrykk (Sandersen, 2014). Når det lause jordlaget er metta med vatn blir massane ustabile og kan skli ut, gjevne langs eit godt definert glideplan (Schanche, 2014; Sandersen, 2014). Det faste jordlaget kan for eksempel representere tele om våren, konsolidert jord eller eit jordlag med låg konduktivitet som for eksempel leire (Sandersen, 2014).



Figur 11: Typisk norsk jordprofil (Sandersen, 2014).

Grunne overflateskred går typisk der lausmassane er mellom 0,5 og 3 meter djupe, og får gjevne ei pæreforma skredbane (Bargel et al., 2011; Sandersen, 2014). Oppstår vanlegvis ved ekstremnedbør eller på vårparten når temperaturen smeltar is, slik at vassmetta finkorna avsetning eller jord rasar ut. Skreda er ofte små men vanskelege å forhindre (Bargel et al., 2011).

Typisk skredbevegelse i jordskred er vist i Figur 12: . Grovt skil ein mellom kanaliserte og ikkje-kanaliserte skred. Kanaliserte jordskred følgjer gjevne gamle skredbaner, og har avsetningsryggar langs skredbanekanten i tillegg til ei vifte som endar i tungeform i botn. Ikkje-kanaliserte skred byrjar stort sett i eit punkt og vidar seg ut i ei større trekantform til dei endra i ein tungeforma rygg. Det fins sjølvstøtt også lausmasseskred som kan bestå av fleire ulike typar skredbevegelsar (Schanche, 2014).

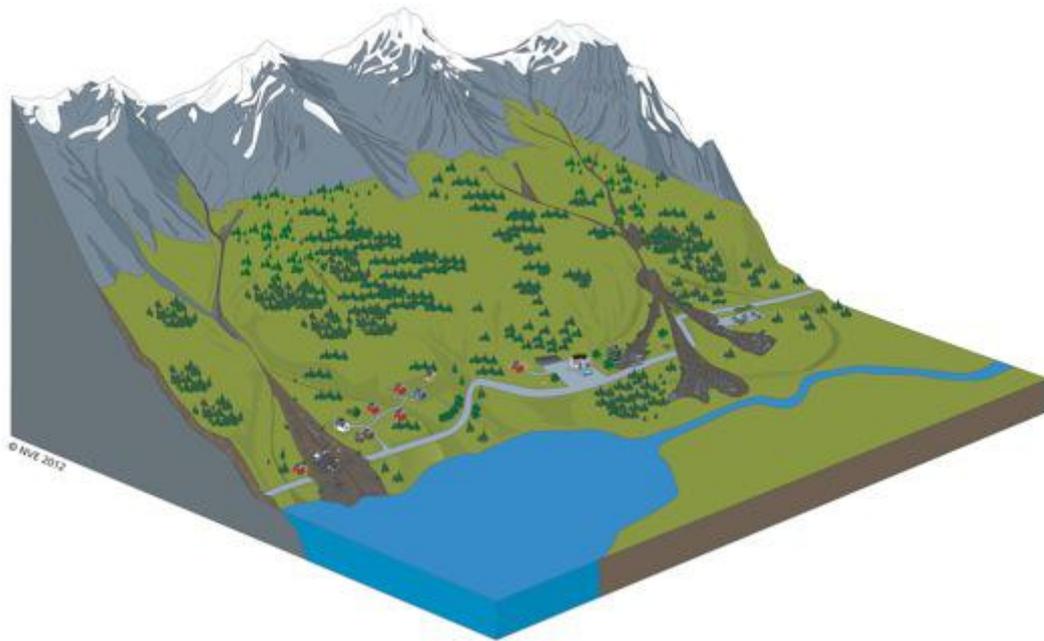


**Figur 12:** Illustrasjon av ikkje-kanalisert jordskred (venstre) og kanalisert jordskred (høgre) (NVE, 2013b).

### 5.3 Flaumskred

”Flomskred er et hurtig, vannrikt, flomlignende skred som opptrer langs klart definerte elve- og bekkeløp og i raviner, gjel eller skar der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Vannmassene kan rive løs og transportere store mengder løsmasser, større steinblokker, trær og annen vegetasjon i og langs løpet.” (Bargel et al., 2011, s. 18).

Den største skilnaden på jordskred og flaumskred, er at flaumskred oppfører seg meir som vatn på grunn av høgt vassinnhald – derav namnet *flaum* (Schanche, 2014). Ein illustrasjon av korleis flaumskred kan sjå ut er vist i Figur 13: .



*Figur 13: Illustrasjon av flaumskred (Carstens, 2014).*

Ofte kan det være vanskeleg å skilje jord og flaumskred frå kvarandre, så

Tabell 3 viser ei oversikt som samanliknar ulike faktorar for jordskred og flaumskred.

På grunn av vassinnhaldet kan flaumskred bli utløyst heilt ned i gradient på 10°. Endring av naturlege dreneringsforhold er den vanlegaste utløysingsfaktoren, og det er difor ekstra viktig å følgje med i aktive bekkeløp etter erosjon ved ekstremnedbør, lengre nedbørsperiodar eller sterk snøsmelting. Jord- eller leirskred kan også demme opp elvelaup slik at ein får dambrot og påfølgjande flaumskred (*Sandersen, 2014*). Flaumskred er mest vanleg på våren i fjellområde og på hausten i kystområde i forbindelse med kraftig regn (*Schanche, 2014*).

Tabell 3: Samanlikning mellom jordskred og flaumskred (Bargel et al., 2011).

	<b>Forhold i løsneområde</b>	<b>Utløsningsmekanisme</b>	<b>Bevegelse og rekkevidde</b>	<b>Kjennetegn i avsetningsområde</b>
<b>Jordskred</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bratte, løsmassedekkede skråninger (&gt; 25-30°)</li> <li>• Utenfor bekker og elver</li> <li>• En del finmateriale i massene, men også stein, grus og sand blandet med vegetasjon.</li> <li>• Varierende vanninnhold.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intens/langvarig nedbør og/eller snøsmelting.</li> <li>• Punktbrudd eller tversgående sprekk i vannmettede løsmasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utglidning av vannmettede masser som kan vokse i omfang, både i lengde- og bredderetning.</li> <li>• Kan resultere i en massestrøm med stor rekkevidde.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tungeformede rygger (lober) og langsgående rygger (levéer) av grovmateriale langs skredbanen og nedenfor i skredbanen der terrenget flater ut</li> <li>• Vifte av grovt materiale i øvre del av vifta og finmateriale utover i bunnen av skråningen (ofte brattere enn flomskredviftene)</li> </ul>
<b>Flomskred</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bratte, flomstore elver og bekker eroderer i løsmassedekket.</li> <li>• Opptrer langs klart definerte elve- og bekkeløp og raviner, gjel eller skar der det vanligvis ikke er permanent vannføring.</li> <li>• Stort vanninnhold.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flom pga. intens nedbør og/eller snøsmelting, eller dambrudd etter oppdemming av skredmasser, våt snø og vegetasjon.</li> <li>• Intens erosjon i sammenheng med svært stor vannføring danner en vannmettet sedimentstrøm</li> <li>• Masser tilføres også fra tilgrensende jordskred.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bølge av vann, sedimenter og organisk materiale som beveger seg raskt nedover i elveløpet.</li> <li>• Stor hastighet og tetthet.</li> <li>• Stort volum.</li> <li>• Svært stor rekkevidde.</li> <li>• Selve flommen kan fortsette mye lengre enn løsmassene.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skredmasser kan avsettes som langsgående rygger (levéer) på sidene av skredløpet og som tunger (lober) i fronten.</li> <li>• De groveste massene avsettes ved viftas rot (øverst på vifta), og gradvis finere masser avsettes utover i vifta (ofte jevnere overflate og en fremre front på flomskredvifte).</li> </ul>

#### 5.4 Leirskred

Leirskred er lausmasseskred som går i marin leire som ikkje er kvikk (NGI, i. d.). Folk forbind ofte ordet leirskred med kvikkleireskred, men det er snakk om to forskjellige skredtypar. Leirskred er ofte små skred eller utrasingar i leire med låg sensitivitet (Gregersen, 2014).



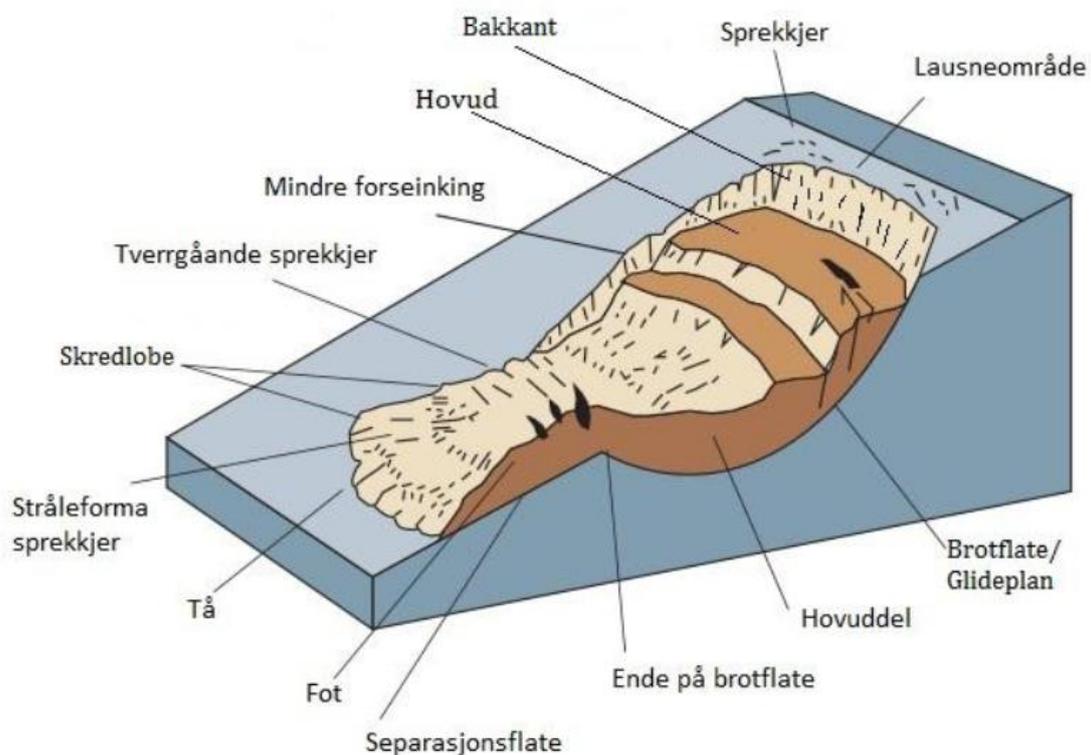
**Figur 14:** Eksempel på leirskred, Øverkil i Nord-Trøndelag  
(Foto: Terje Harald Bargel).

## 5.5 Nokre skredbevegelsar

Desse kapitla går kjapt igjennom nokre av skredbevegelsane som kan opptre ved jordskred. I tillegg til desse kjem også kanalisert og ikkje-kanalisert skred som er nemnt i kapittelet om jordskred.

### 5.5.1 Rotasjonsskred

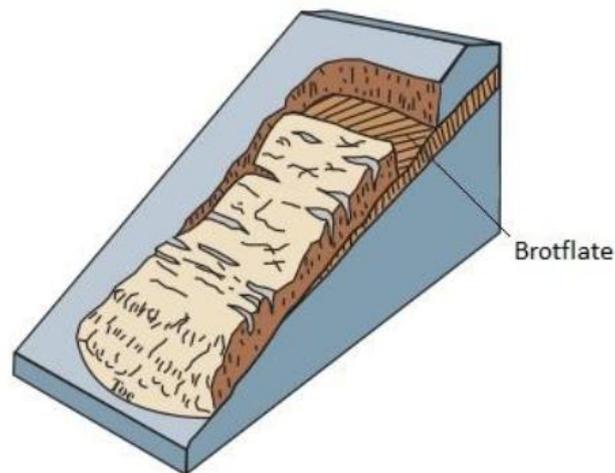
Det som kjenneteiknar denne skredtypen er at skredmassane er rotert rundt ein akse som går på tvers av skredet. Dette gjev at overflata buar oppover og gjev ei konkav flate, sjå Figur 15: (*Highland og Johnson, 2004*). Rotasjonsskred er vanleg ved lausmasseskred, og typisk i leirskred/kvikkleireskred (*Gregersen, 2014*).



**Figur 15:** Illustrasjon av rotasjonsskred med skredterminologi  
(Modifisert av forfattern etter *Highland og Johnson, 2004*).

### 5.5.2 Translasjonskred

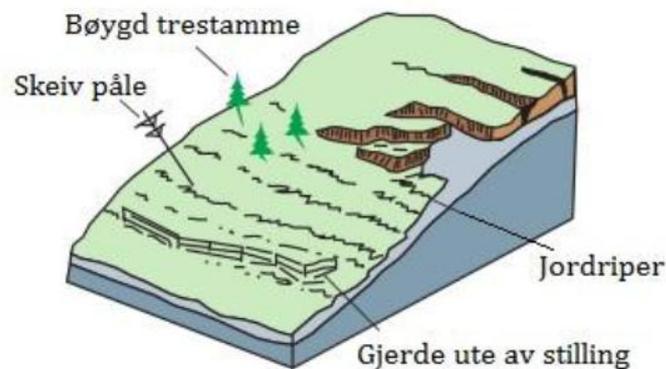
Også kalla *flaskred*, og vanleg i leiravsetningar (L'Heureux, 2013). I denne skredbevegelsen går skredmassane tilnærma parallelt med ei plan glideflate, sjå Figur 16: (Highland og Johnson, 2004). Glideflata kan i lausmasseskred være leire eller ei lagdeling i avsetninga (Gregersen, 2014).



**Figur 16:** Illustrasjon av translasjonsskred  
(Modifisert av forfatteren etter Highland og Johnson, 2004).

### 5.5.3 Jordsig

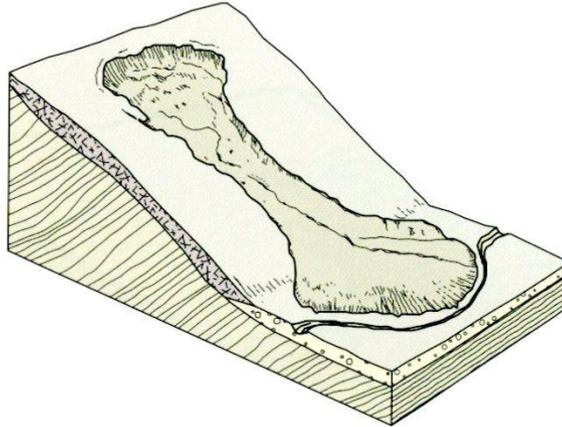
Langsam krype- og sigebevegelse i svakheitsplan. Synleg på skeiv infrastruktur som pålar og gjerder, og at trestammar bøyer seg (sjå Figur 17: ). Akselererer til eit punkt der massane sklir ut i skred, og dette er vanlegast i plastisk leire (Høeg, 2014).



**Figur 17:** Illustrasjon av jordsig  
(Modifisert av forfatteren etter Highland og Johnson, 2004).

#### 5.5.4 Flyteskred

Typisk for flaum- eller kvikkleire skred. Skredet startar som ei utgliding, men går over i ein flytande massestraum. Kan vær både tørre og våte skred, og på slutten får skredtåa form som ei tunge – sjå Figur 18: (Høeg, 2014).



*Figur 18: Illustrasjon av flyteskred (Høeg, 2014).*

#### 5.5.5 Utgliding

*”En utgliding er en langsom bevegelse av løsmasser langs et glideplan som kan være flatt eller skjeformet.” (NGU, 2013<sub>b</sub>, s.2).*

Skredtype som oppstår i svakt hellende terreng med vassmetta finkornig jordmasse eller avsetning. Blir brukt om mindre jordskred med maksimal 30 meters utstrening og 0,5-2,3 meter djup. Gjevne brukt om lausneområde til jordskred, og kan då likne på det som er illustrert i Figur 18: . Ofte kalla initialscred viss utglidinga er direkte årsak til vidare utvikling av ei skredhending (NGU, 2013<sub>b</sub>).

*”Utglidninger oppstår i slakere terreng med finkornet, vannmettet jord og leire. De finnes gjerne på dyrket mark eller i naturlige skråninger i terrenget, særlig i de bratte sidekantene langs veier, elver, kunstige/modifiserte skråninger, langs jernbaner og i menneskeskapte fyllinger i bebodde områder.” (NGU, 2013<sub>b</sub>, s.2).*

## 5.6 Faktorar som påverkar skråningsstabilitet

Det er fleire forhold som påverkar kor stødig lausmassar ligg i terrenget. Dette kapittelet presenterar dei ulike faktorane og utløysingsmekanismane som er avgjevande for utløysing av grunne overflateskred.

### 5.6.1 Fysikk

Ut frå fysiske krefter oppstår skred når ein får skjærsvikt mellom skjærstyrken til jordlaget ( $T_s$ ) og skjærspenninga som verkar på jorda ( $T_T$ ). Forenkla kan ein sei at ein får skred når  $F_s < 1$ , sjå likning (1):

$$F_s = \frac{c}{W \cdot \sin \beta} + \frac{\tan \phi}{\tan \beta} - \frac{u \cdot \tan \phi}{W \cdot \sin \beta} = \frac{S}{T} \quad (1)$$

$F_s$  = Sikkerheitsfaktor for skråninga: Skred når  $< 1$ , stabil når  $> 1$ .

$S$  = Motstandskraft for jordlaget =  $c + (W \cdot \cos \beta - u) \tan \phi$ .

$T$  = Drivande kraft (Skred når  $T > S$ ) =  $W \cdot \sin \beta$ .

$c$  = Kohesjonen til jordsmonnet på glideflata.

$\beta$  = Skråningsvinkel

$\phi$  = Indre friksjonsvinkel.

$u = \gamma_w \cdot h \cdot \cos^2 \beta$

$\gamma_w$  = vekteininga til vatn =  $9810 \text{ N/m}^3$ .

$h$  = det vertikale djupet frå grunnvasspegelen til glideflata.

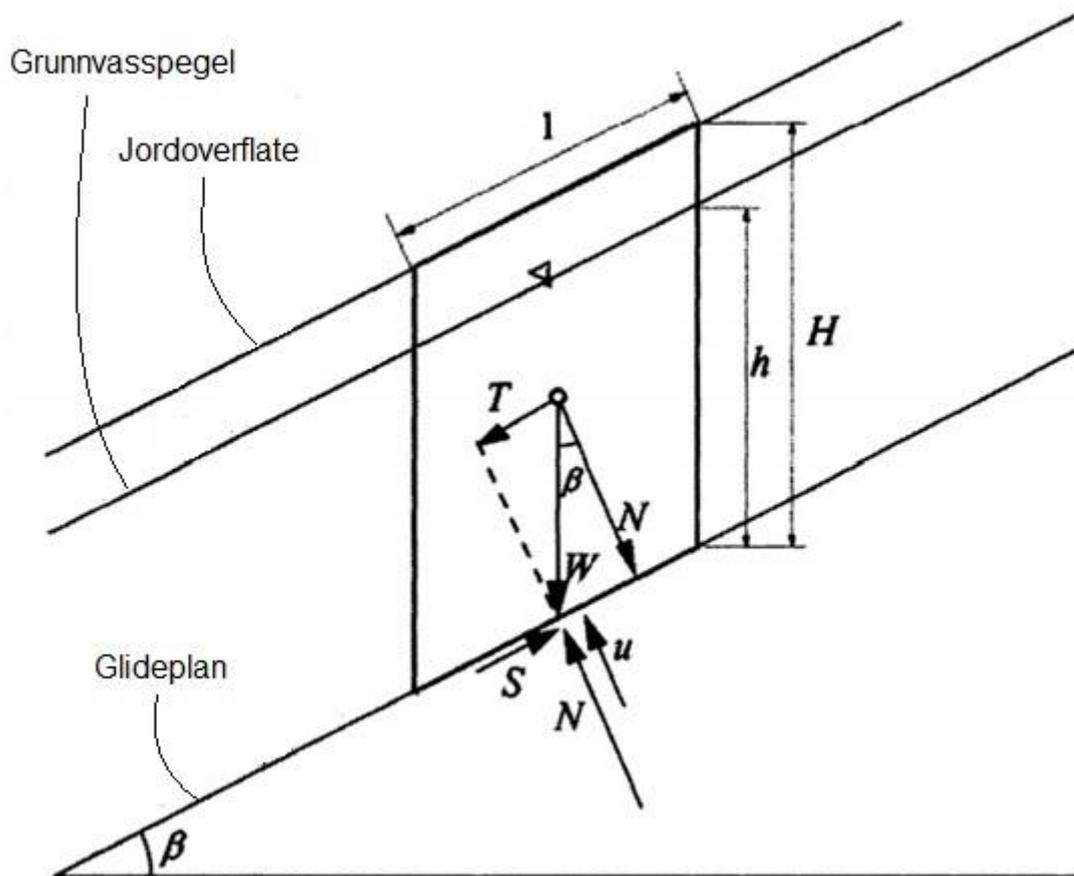
$W$  = Vekt som verkar på skredet =  $[\gamma_t(H-h) + \gamma_{\text{sat}} \cdot h] \cos \beta$

$\gamma_t$  = ikkje vassmetta spesifikk fuktvekt av jordmassar over grunnvasspegelen.

$\gamma_{\text{sat}}$  = vassmetta vekt av jordmassane.

$H$  = det vertikale djupet frå jordoverflata til glideflata.

Kreftene er illustrert i Figur 19: .  $N$  = normalkrafta som verkar på glideplanet.



**Figur 19:** *Krefter som verkar på ein liten del av ei uendeleg skråning (Modifisert av forfattar etter Sidle og Ochiai, 2006).*

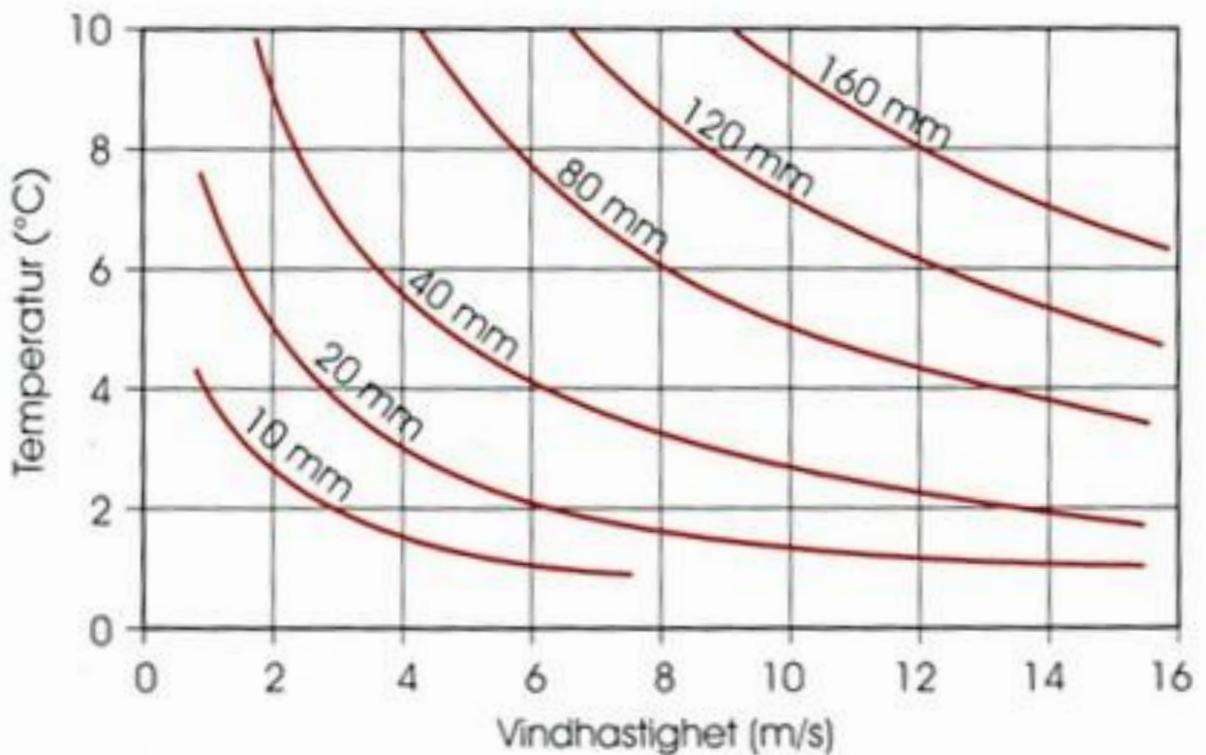
So fins det også ulike versjonar og komplekse utrekningar av korleis krefter verkar på skråningar avhengig av blant anna parameter som vekt, helling, vassinnhald osv<sup>12</sup> (Sidle og Ochiai, 2006). Dette går ikkje denne oppgåva djupare inn i sidan utrekning av skråningsstabilitet for skredhendingane på Øverkil ikkje er i målsettinga for oppgåva.

Maksimal stabil kvilevinkel varierer mellom ulike fraksjonar. Kanta småstein har maksimal kvilevinkel på ca. 45°, grov sand på ca. 40° og fin sand på ca. 35° (Marshak, 2008). Det er også mellom desse skråningsgradientane det går flest lausmasseskred, jfr kapittel 5.1 Introduksjon til skred (Bargel et al., 2011).

<sup>12</sup> osv er nynorsk for «osv»: og so bortetter...

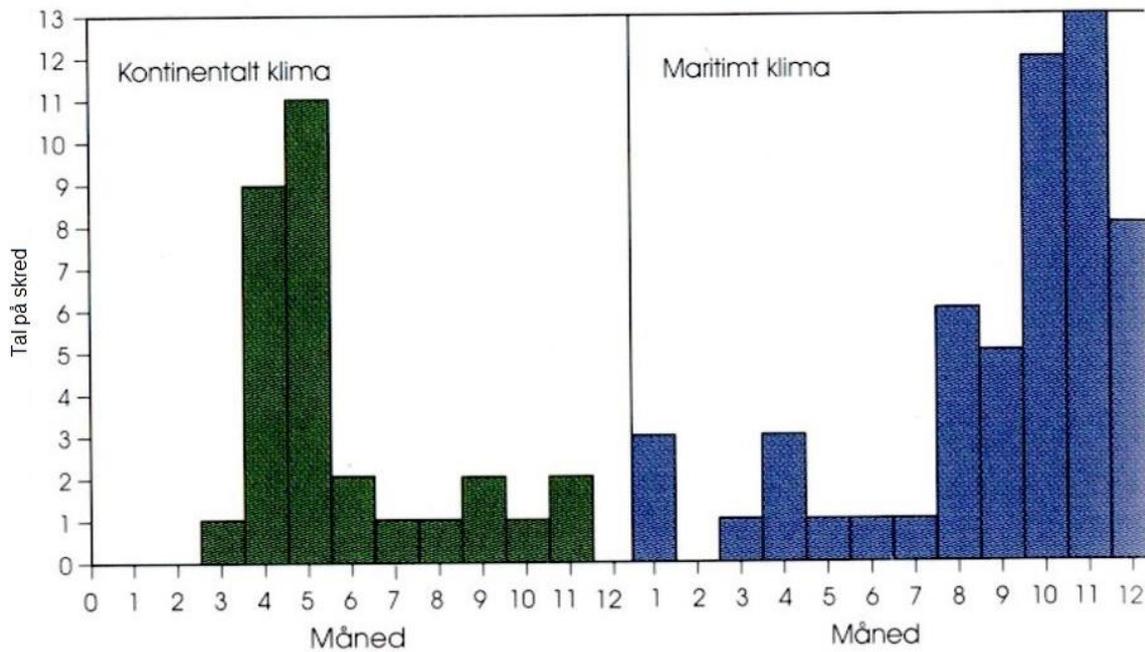
### 5.6.2 Klima

Som nemnt i kapitlet om *Klimatiske prosessar* heng hydrologiske forhold og skredhendingar tett saman. Temperatur og vind påverkar fryse- og tineprosessar som kan føre til jordsig og frostspreng, poretrykksendringar, elveerosjon, forvitring, vatn på ville vegar og dambrot – for å nemne noko. Sjå korleis bidraget frå smeltevatn aukar i forhold til temperatur og vind i Figur 20: (Sandersen, 2014).



**Figur 20:** Bidrag frå smeltevatn i løpet av 24t som funksjon av lufttemperatur og vind med 100 % luftfukt (Sandersen, 2014).

Figur 21: viser søylediagram over tal på skred gjennom eit år i ulike klimatypar. Det går klart av diagrammet at maritimt klima har klart flest lausmasseskred gjennom året (Sandersen, 2014).



**Figur 21:** Fordeling av lausmasseskred per kalendermånad som funksjon av klimatype (Modifisert av forfatter etter Sandersen, 2014).

For 35 år sidan studerte pioneren Nel Caine fleire skredhendingar og fant til slutt ei tilnærming for korleis nedbørsmengde, nedbørsintensitet og varigheita av nedbøren heng saman med jordskred (Caine, 1980).

$$R = I \cdot D = 14,82 \cdot D^{0,61} \quad (2)$$

R = Nedbørsmengde [mm]

I = Nedbørsintensitet [mm/time]

D = Varigheit av kritisk nedbørsmengde<sup>13</sup> [t]

Generelt kan Caine si likning skrivast slik (Norem og Sandersen, 2012):

$$R = k \cdot D^m \quad (3)$$

k = funksjon av grunnforhold og topografi. Seier noko om kor mykje ekstremnedbør ein må ha på kort tid for å utløyse jordskred. Forhold som gjev mindre sannsyns for jordskred og stor k-verdi er stort nedbørsfelt, tjukt lag med sediment i bratt terreng, liten permeabilitet i sediment og låg helling på terrenget.

<sup>13</sup> Gjev best tilnærming mellom 10 minutt og 10 dagar (Caine, 1980).  $10/60[t] < D < 240[t]$ .

m gjev samanheng mellom varigheit og kritisk nedbørsmengde. Ved låg m held sedimenta på vassmengdene, medan  $m \sim 1$  tilseier permeable sediment.

Formel for kritisk nedbørsintensitet kan skrivast slik (Caine, 1980):

$$I_{kritisk} = \alpha \cdot D^{\beta} = 14,82 \cdot D^{-0,39} \quad (4)$$

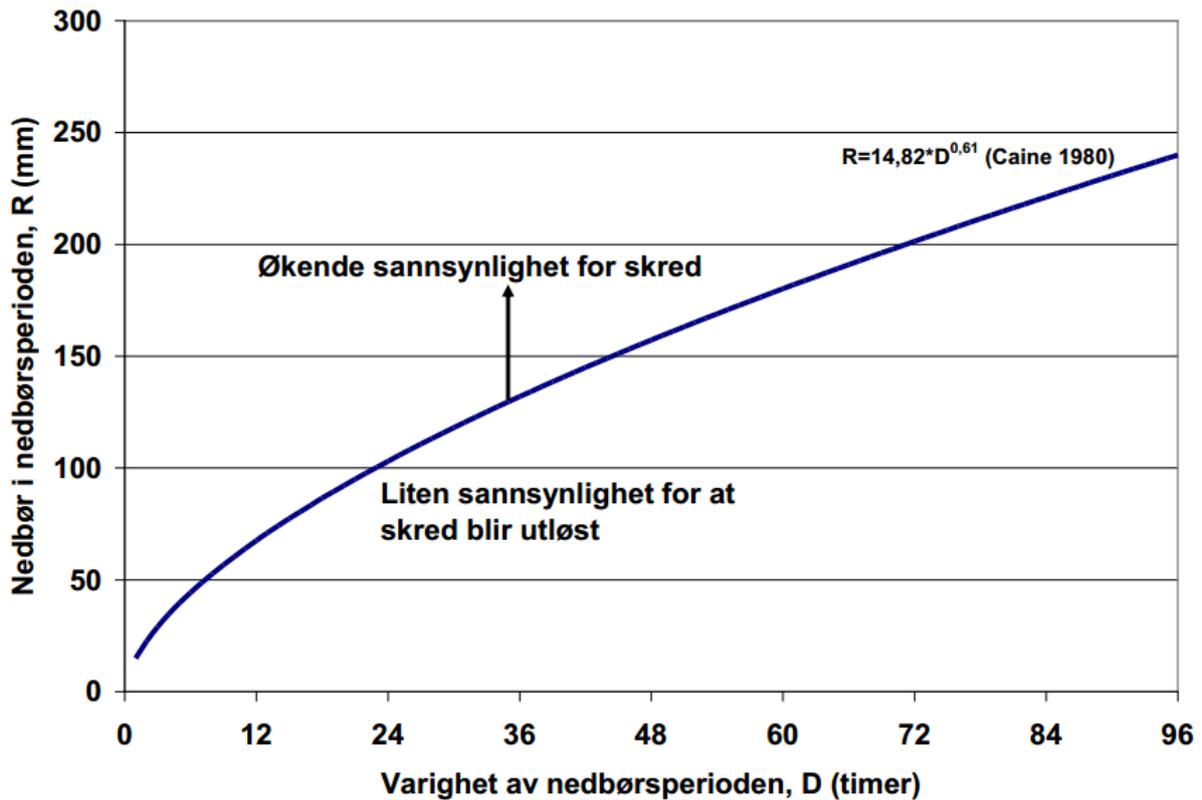
$\alpha$  = Terskelverdi for mengde nedbør som kan inntreffe i byrjinga av nedbørsperioden før forholda blir kritiske.

$\beta$  = Varierer typisk mellom -2,00 og -0,19 (Guzzetti et al., 2007).

Høg beta tyder på at det er korttidsnedbør som er kritisk for skredutløysing.

$\alpha$  og  $\beta$  varierer avhengig av geologi, topografi og klima, så lokale tilpassingar er difor nødvendig sidan Caine sine verdiar blei utarbeida ut frå data frå heile verda (Caine, 1980; Sandersen, 1988).

Brukar ein formel (2) og (4) til å plotte varigheit av kritisk nedbørsmengde (D) mot nedbørsmengde (R) (sjå Figur 22: ), får ein ei nedre grense for skredutløysing av dei tilfella Caine studerte (Caine, 1980).



*Figur 22: Illustrasjon av sammenhengen til Caine mellom nedbør og jordskred (Norem og Sandersen, 2012).*

Formelen til Caine tek ikkje omsyn til tidlegare nedbør, men dette har Tamotsu Takahashi forbetra (Sandersen, 1988). Takahashi (2014) tar for seg tilfeller der ein ser tydeleg samanheng mellom ekstremnedbør over korte tidsrom og utløysinga av jordskred. Det er muleg å få utløyst jordskred av 4-18 mm nedbør som kjem over 10 minutt, sjølv om jordsmonnet ikkje er vassmetta (Takahashi, 2014). Og desse ekstremnedbørstilfella gjev det ekstra vanskeleg med modellering som hjelpemiddel til skredvarsling sidan verdiane i slike tilfeller nærmast er umuleg å få tak i eller å få bra tilnærma (Huggel et al., 2012).

Ein kan bruke ein API<sup>14</sup> faktor for å kvantifisere omfanget av tidlegare nedbørsmengder. Eksempel på ein formel for å rekne ut API er;  $R(5)/5 + R(4)/4 + \dots + R(1)/1$  der R er døgnetnedbør for i dagar sidan, og tidlegare nedbørsmengder blir lagt mindre vekt på dess lenger tid det går (Sandersen, 1988).

<sup>14</sup> API = Antecedent Precipitation Index (tidlegare nedbørs indeks).

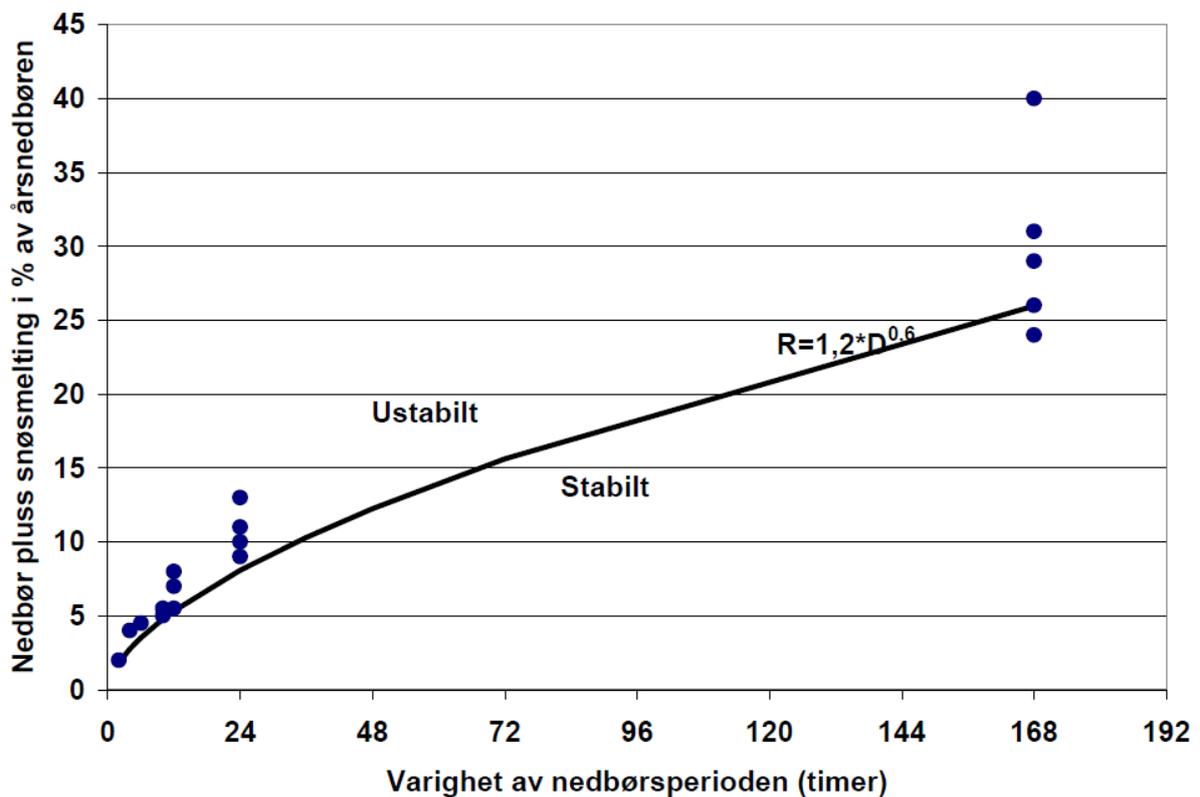
For vêrsituasjonar i Noreg kan formel (5) nyttast for å finne kritisk nedbørsintensitet og snøsmelting (Norem og Sandersen, 2012; Sandersen, 2014). Figur 23: viser kurve for kritisk nedbør for utløysing av flaumskred i Noreg.

$$P = 1,2 \cdot D^{0,6} \quad (5)$$

D = varigheit nedbør [t].

P = Kritisk nedbør og snøsmelt av gjennomsnittleg årsnedbør (MAP) [%].

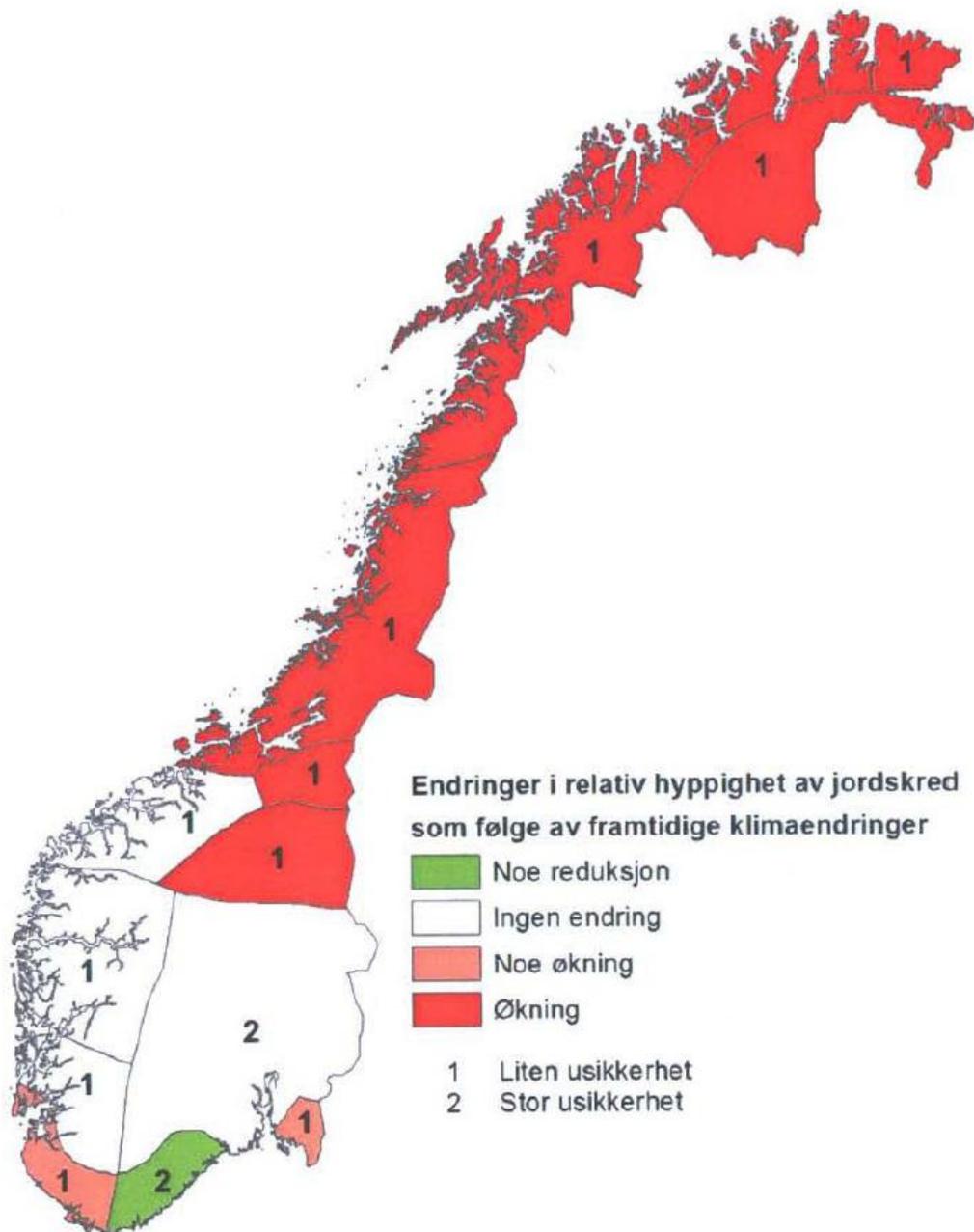
(MAP = 1200 mm gjev tilnærma like verdiar som i likninga til Caine.)



**Figur 23:** Kritisk nedbør for utløysing av flaumskred i Noreg (Norem og Sandersen, 2012).

Det fins og former for å rekne på skredvolum og kor mykje areal som vil bli påverka av ei eventuell utrasing, men slike kalkulasjonane ligg utanfor målsettingane til denne oppgåva og vil ikkje nemnast ytterlegare.

Figur 24: er eit resultat frå prosjektet *GeoExtreme*<sup>15</sup> (Kronholm og Stalsberg, 2009). GeoExtreme såg på samanhengen mellom skredutvikling og ekstremvêr i Noreg 50 år fram i tid (*GeoExtreme, i. d.*). Fordi skredregistreringa i Noreg er ufullstendig, er data i Figur 24: basert på analyse av meteorologiske vêrdata opp mot historiske skredhendingar (Kronholm og Stalsberg, 2009).



**Figur 24:** Endring i relativ hyppigheit av jordskred som følgje av klimaendringar fram mot 2060 (Kronholm og Stalsberg, 2009).

<sup>15</sup> GeoExtreme var eit forskingsprosjekt som gjekk frå januar 2005 til desember 2008. Samarbeid mellom mange ulike forskningsetatar (*GeoExtreme, i. d.*).

I følge Bargel et al. (2011) er tommelfingerregelen på nedbør og skredfare at viss >8 % av nedbøren kjem innanfor 24 timar er det fare for jordskred.

### 5.6.3 Geologi

#### Lausmassestruktur

Lausmassestruktur omfattar synlege mønster i sedimentet og korleis lausmassane ligg lagdelt i terrenget. Strukturen er avhengig av kva avsetningsmiljø massane har vore igjennom, og ein ser strukturar ut i frå kornstørrelse, partiklar, deformering i avsetning, anordning og fordeling (Sigmond et al., 2013). Lagdelinga i lausmassane påverkar permeabiliteten, og tjukkeleiken på laga kan gje ein indikasjon på kor mykje massar som eventuelt vil rase ut (Schanche, 2014).

#### Kornfordeling

Kornfordeling sei noko om kor gradert lausmassane er, og har betydning for permeabilitet og kohesjon (Brattli, 2014). Kornfordeling kan også gje ein indikasjon på kor stabilt massane ligg i terrenget (sjå *konsolidering* under) (Schanche, 2014). Det vil sei kva størrelse dei ulike kornfraksjonane er inndelt i. Som eit eksempel er morene velgradert<sup>16</sup>, medan leire er godt sortert<sup>17</sup>. Graderingstalet  $C_u$  kan sei oss noko om kor graderte massar vi har (Brattli, 2014):

$$C_u = Q_{60}/Q_{10} \quad (6)$$

$C_u$  = graderingstal: <5 = sortert, 5-15 = middels gradert, 15< = veldig gradert.

$Q_{60}$  = kornstorleiken [mm] ved 60 % gjennomgong på siktet.

$Q_{10}$  = kornstorleiken [mm] ved 10 % gjennomgong på siktet.

#### Kornform

Kornforma gjev ofte god informasjon om korleis lausmassane er blitt danna og avsett. Kor avrunda korna er har mykje å seie for friksjonen i massane, og dermed kor godt lausmassane held seg stabile. Dess ruare korn dess betre friksjon. Om kornforma er avrunda, kanta eller flisete kan fortelje noko om transportlengde og

<sup>16</sup> Velgraderte massar er massar i alle storleikar transportert med is eller skred (Brattli, 2014).

<sup>17</sup> Godt sorterte massar er massar transportert med vatn eller vind som stort sett har same storleik (Brattli, 2014).

mineralsamansetning. Runde korn er ofte ein indikasjon på langtransportert materiale i vatn, medan kanta materiale ikkje er frakta så langt og i tillegg mest truleg er avsett av isbre. Flisete lausmassar har ofte dårleg styrke og lett for å smuldre opp (for eksempel fyllitt og skifer som ein finn på Øverkil), medan harde bergartar (som for eksempel granitt og gneis) blir normalt kanta eller avrunda under transport (*Brattli, 2014*).

### **Mineraltype**

Mineralsamansetning av lausmassar og berggrunn har mykje å seie for sannsynet for jordskred og utløysingsfaktorar. Som nemnt over har også kjemisk samansetning noko å seie for stabilitet av lausmassar. Svake mineral som for eksempel glimmer har lettare for å løyse seg opp under transport og avsetting enn harde mineral som for eksempel kvarts og feltspat. Samansetninga av mineral avgjer også kor fort bergartane blir klimapåverka og forvitrar (*Fell et al., 2012; Brattli, 2014*).

### **Konsolidering**

Konsolidering vil seie å gå frå laust til fast, og i lausmassesamanheng er konsolidering avhengig av blant anna pakingsgrad, permeabilitet og porøsitet (*Sigmond et al., 2013*). Alle desse påverkar vassgjennomstrøyminga i lausmassane, og påverkar poretrykk og stabilitet. Konsolideringsgrad er avhengig av kor djupt massane ligg, kor forvitra dei er og kva spenningar dei er blitt og blir utsett for (*Fell et al., 2012*).

Poretrykk vil normalt ikkje vær skredutløysande årsak i friksjonsjordartar på grunn av porøsitet og høg permeabilitet. I kohesjonsjordartar held det kapillære suget i massane hellinga stabil, men ved uttørking eller ytre påkjenningar aukar porøsiteten og kohesjonen minkar (*Schanche, 2014*).

### **Dilatans**

Dilatans er ei volumauke (auke i porøsitet) av lausmassar (og berg) i forhold til elastiske endringar, som ikkje endrar på forma til massane (*Brace et al., 1966 og Brattli, 2014*). Volumauka kjem av temperatur- og strukturendring, og blir påverka av blant anna vatn som ved frostsprenging (*Sigmond et al., 2013*). Det oppstår

også poretrykksreduksjon ved dilatans, noko som gjev auka effektiv spenning, auka friksjon, auka skjærspenning og ein skjærsone som deformerar massane til brot. Skjærfastheita til dilatante jordartar aukar med kornform, kornstørrelse og konsolidering, og når lausmassar går i brot vil poretrykket jamnast ut. Ein får då overskot av vatn, som gjev massane ustabile og som kan fører til utgliding og skred (*Brattli, 2014*).

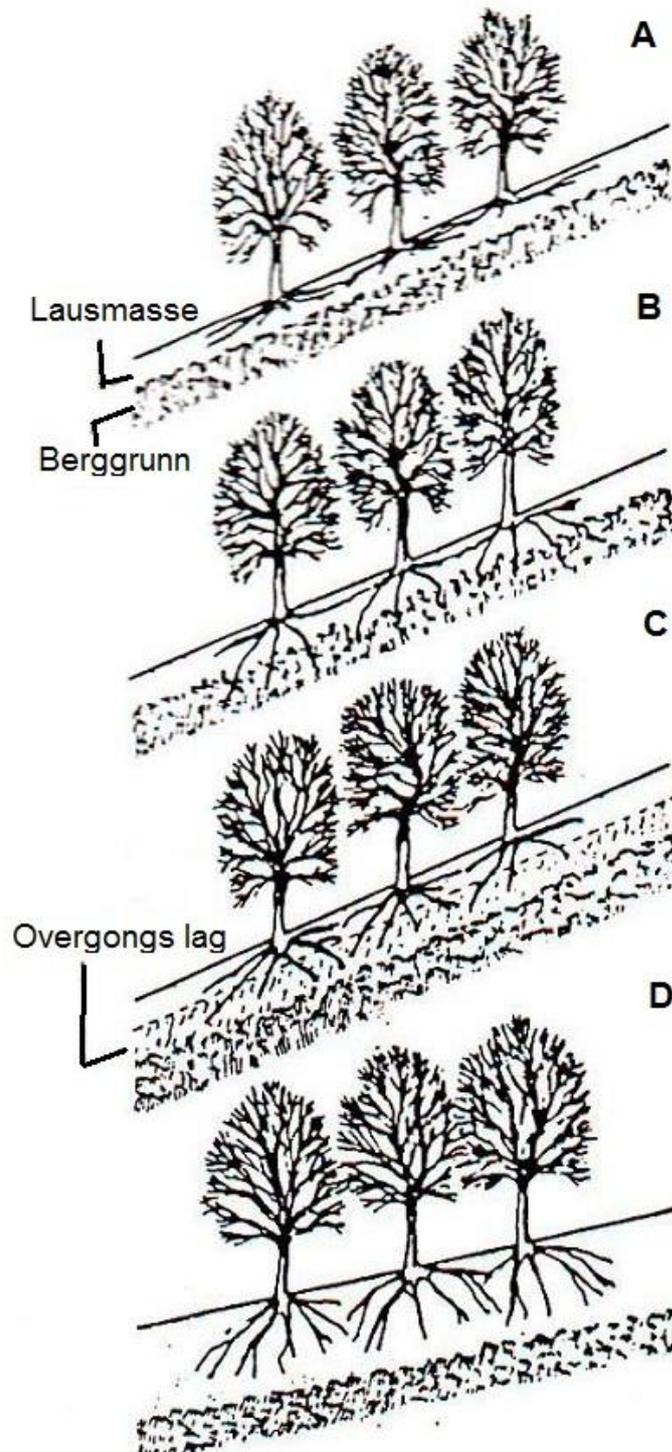
#### 5.6.4 Vegetasjon

Jordskred med dei lågaste gradientane oppstår i skoglause skråningar (*Bargel et al., 2011*). Dette som ei følgje av at røter syg opp mykje vatn som elles går rett i jordsmonnet og aukar poretrykket (*Sandersen, 2014*). Røter, avhengig av plante, bidreg difor med å gje lausmassane auka styrke og permeabilitet (*Schanche, 2014*). Dersom det er drive med hogst vil nye vegar og endra dreneringsløp, eventuelt underdimensjonering av drenering, føre til at vatnet renn nye vegar og eroderar i lausmassar (*Sandersen, 2014*). Dette, rotspreng, skogbrann, overbeiting eller tilbaketrekking av skoggrensa kan fører til destabilisering av lausmassar slik at det oppstår skred (*NGU, 2008; Sandersen, 2014*).

Figur 25: illustrerar planterøter si innflytelse på skråningsstabilitet (*Morgan og Rickson, 1995*):

- A.** Tynt lausmassedekke fult av trerøter over berggrunn. Røtene trengjev også delvis ned i berggrunnen. Her har røtene liten stabiliserande effekt på grunn av at overgangen mellom lausmasse og berggrunn utgjev ei potensiell glideflate.
- B.** Same type som i A berre med dårlegare og meir oppsprukke berggrunn. Dette fører til at trerøtene forankrar seg i berggrunnen og gjev god stabilitet til lausmassane.
- C.** Tjukkare jordsmonn med lagdeling. Densitet og skjærstyrke aukar med djupet, og røtene trengjev langt nok ned til å stabilisere lausmassane tilstrekkeleg.

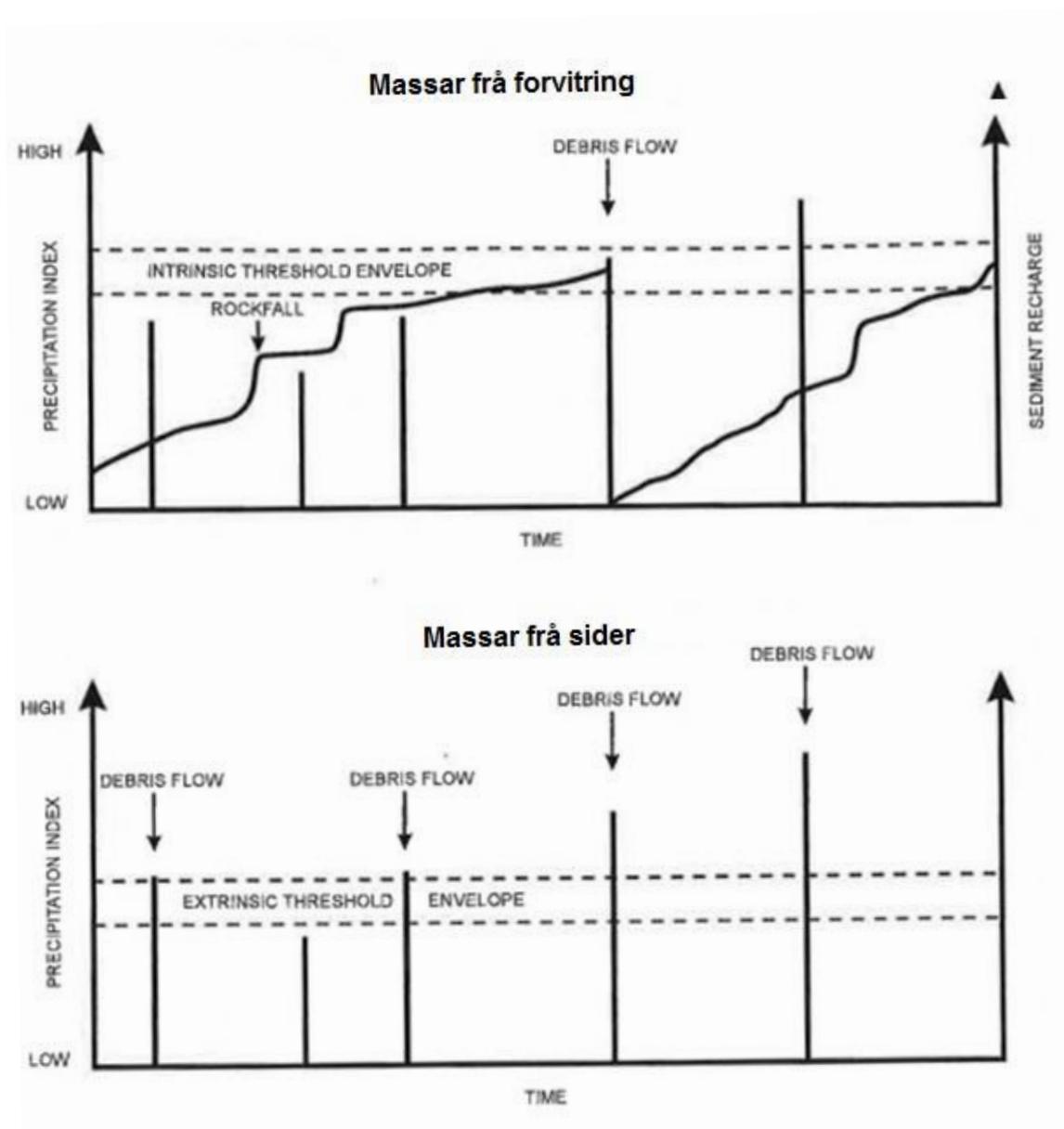
- D. Tjukt jordsmonn som går lenger ned ein rotsonen, så trea er forankra i jordsmonn som ligg oppå uforstyrra jord. I dette senarioet vil ikkje trea ha noko som helst innverknad på stabilitet til brotsonar under jordsmonnet.



**Figur 25:** Illustrasjon av planterøter sin innflytelse på skråningsstabilitet (Modifisert av forfatter etter Morgan og Rickson, 1995).

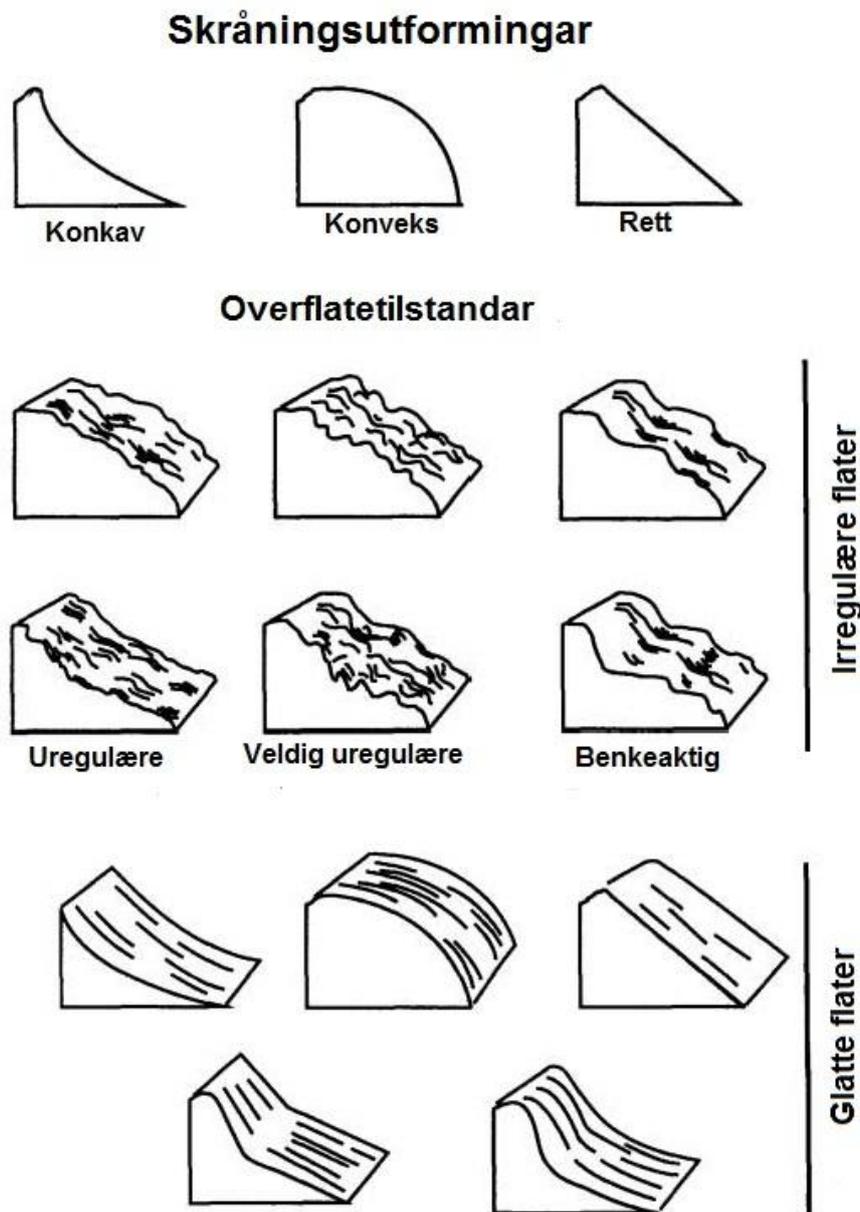
### 5.6.5 Geometri og topografi

I landskap med V-forma ravinar, bratt terreng og mykje lausmassar er det truleg at ein får nye skred der det har gått skred før. Ravinane fungerer då som ein kanal for skredmassar, og vasstraumen blir meir konsentrert her. Skredmaterialet dannar som regel ei vifte i enden av ravinen (*Bargel et al., 2011*). Tidsmessig er nye skred avhengig av om ravinane har tilgong på konstant tilførsel av lausmassar frå sidekantane, eller om det er snakk om tilføring av forvitningsmassar. Jfr. Figur 26: .



Figur 26: Illustrerer gjentaking av flaumskred i ravinar (Jakob, 2005).

Forseinkingar og skålformer i terrenget vil samle opp vatn og auke poretrykket slik at det er større sjans for skredhendingar (*Sandersen, 2014*). Sjå kategorisering av ulike skråningsoverflater i Figur 27: .



**Figur 27:** Ulike skråningsoverflater (Modifisert av forfatter etter Chatwin et al., 1994).

Tabell 4 gjev ei oversikt over forholdet mellom grader, prosent og forholdstal i forhold til skråningar. I bratte skråningar med delvis overdekke av kohesjonsjordart er gradienten eit sikkert bevis på fare for lausmasseskred.  $>36^\circ$  eller  $>73\%$  brukar å være veldig ustabile skråningar.  $<26^\circ$  eller  $<49\%$  er stabile med normal grunnvasspegel. Skråningar med mykje kohesjonsjord kan rase ut med hellingar  $<10^\circ$  eller  $<18\%$  ved riktige føresetnadar (*Chatwin et al., 1994*).

Tabell 4: Forhold mellom grader, prosent og forhold (Modifisert av forfatter etter Chatwin et al., 1994):

Grader	%	Forholdstal
2.5	5.0	
5.7	10.0	10:1
10.0	17.6	
14.0	25.0	4:1
19.3	35.0	
20.0	36.4	
24.2	45.0	
26.1	49.0	
26.6	50.0	2:1
30.0	57.7	
33.0	65.0	
35.0	70.0	
38.6	80.0	
42.0	90.0	
45.0	100.0	1:1
55.0	142.8	
60.0	173.2	

### 5.6.6 Påverknad frå menneske

Menneska har i dag konstruert mykje forskjellig på jorda si overflate, noko som har innverknad på topografiske forhold. Nokre eksempel er bygningar, asfaltflater, vegar, hogst og gruvedrift. Fordi det er mange forhold i grunnen vi ikkje kan undersøkje utan å øydelegge infrastruktur i dagens samfunn, vil det være mange stadar ein ikkje veit heilt korleis klimaendringane vil påverke med tanke på skredfare (Lateltin et al., 2005). Endring av topografi vil også føre til overflateavrenning på nye stadar (Bargel et al., 2011). Det er difor viktig å kartlegge endringar slik at ein har betre forståing av korleis dei naturlege forholda blir påverka (Schanche, 2014).

Dårleg drenering er eit av dei vanlegaste problema i forhold til skredutløysing og menneskelege faktorar. Dette kjem som ein konsekvens av høgare vassføring med meir nedbør, meir issmelting, og fleire ugjennomtrengelege flater. Dårleg dimensjonerte rør i forhold til drenering er eit gjennomgåande problem i skredsamanheng. Hogst og skogsbilvegar vil også by på dreneringsproblem dersom ein ikkje har fokus på dimensjonering (*Bargel et al., 2011*).

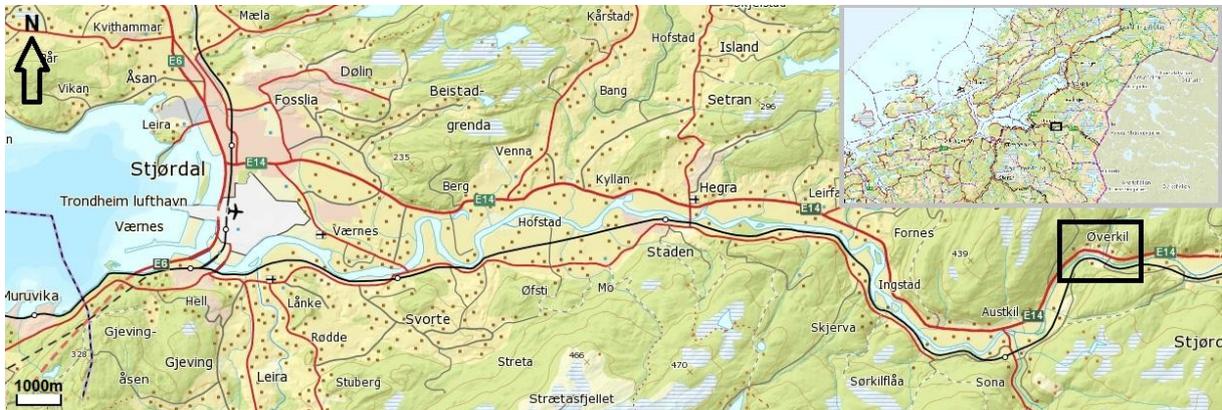
### 5.6.7 Utanfor Noreg

Jordskred kan bli utløyst av kraftige jordskjelv, men i Noreg er så kraftige jordskjelv yttarst sjeldan (*Sandersen, 2014*). Jordskjelvutløyste jordskred er mykje vanlegare i andre land, på same måte som jordskred utløyst av vulkanutbrot. I "the ring of fire" (eldringen i Stillehavet), som går frå vestkysten av Sør-Amerika, opp til USA og Canada, ned på austsida av Asia og endar ved New Zealand, er dette utløysande faktorane meir vanleg (*Marshak, 2008*).



## 6 Skredhendingane på Øverkil i Stjørdal kommune

Øverkil er ein liten plass 22 km aust for Stjørdal sentrum i Stjørdal kommune, Nord-Trøndelag. Området ligg på nordsida av Stjørdalselva, sjå Figur 28: .



*Figur 28: Oversiktskart over geografisk plassering av Øverkil (Norgeskart, 2014).*

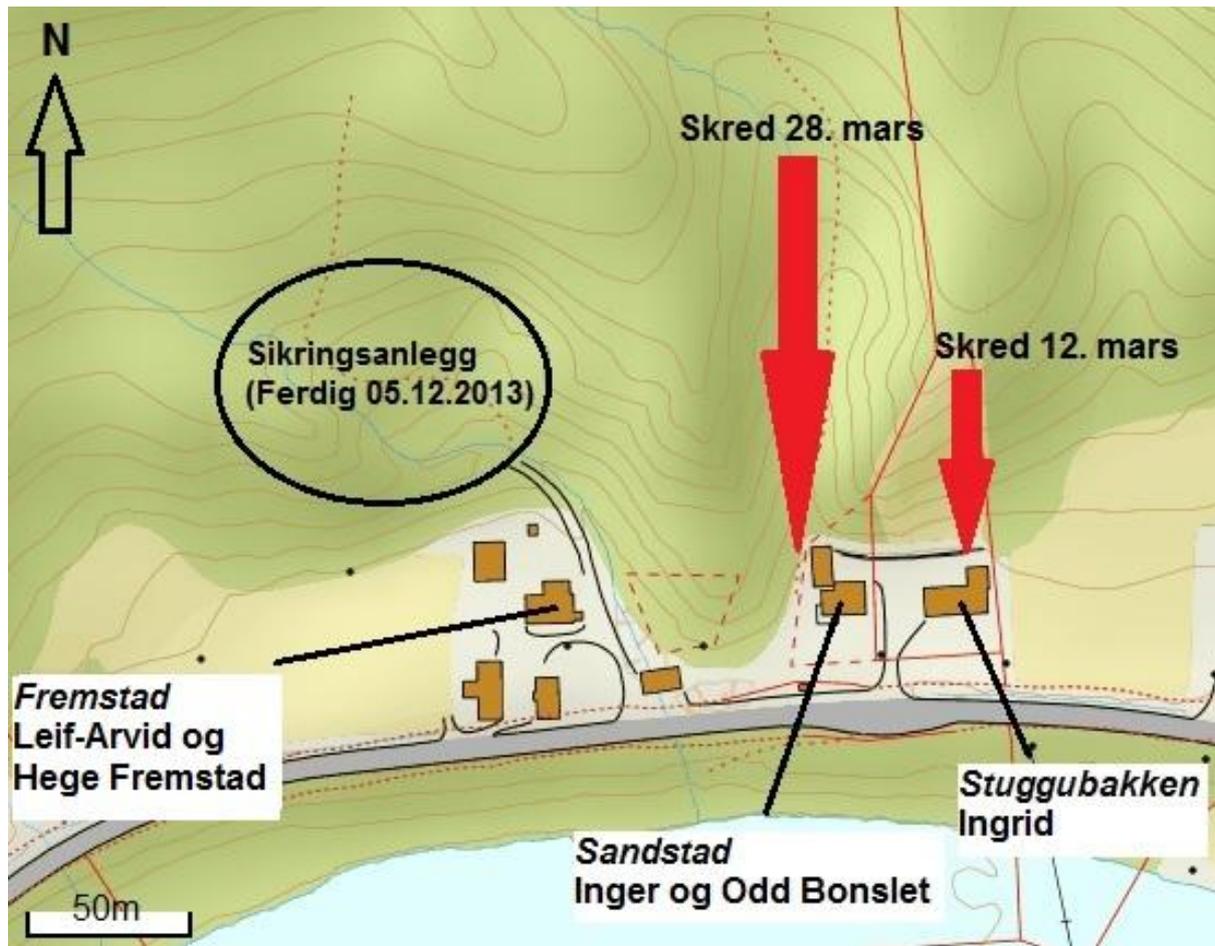
Måndag 12. mars 2012 kl.18:39 gjekk det eit jordskred på Øverkil. Skredet gjekk inn i ein dobbelgarasje og tok med seg eit tilbygg. Det var tre personar i hovudhuset då skredet skjedde, men ingen kom til skade. To hus blei evakuert, og E14 steng mellom 18:40 og 22:15 (*Fagernes, 2012; Væringstad og Devoli, 2012*).

16 dagar etterpå, onsdag 28. mars 2012 kl.04:00, gjekk det eit nytt jordskred på Øverkil. Denne gongen hos naboen til eigaren av dobbelgarasjen, 50 meter bortanfor det fyrste jordskredet. Dette skredet knuste ein hundegard som ligg tett opptil hovudhuset, og gjekk nesten over E14. Det gjekk bra med hundane, og ingen personar kom til skade, men huset blei evakuert (*Væringstad og Devoli, 2012*).

5. desember 2013 blei det ferdigstilt eit sikringsanlegg i eit vassdrag ovanfor eit småbruk som ligg ca. 100 meter vest for skredhendingane på Øverkil. Førespurnad om sikringstiltak blei sendt til Stjørdal kommune av eigaren av småbruket, og deretter til NVE og Nord-Trøndelag fylkeskommune. Småbrukseigaren eig også området der det gjekk jordskredet 28. mars 2012 (*Gartland, 2013*).

Forfattaren blei gjort kjent med skredhendingane på Øverkil sommar 2013 via vegleiar Terje Harald Bargel. Frå juni til oktober 2014 blei det til saman gjort mellom 1-2 veker med kartlegging i felt fordelt på dei fem månadane. I tillegg blei

det gjort nokre synfaringar på lokaliteten sommaren 2013 saman med Bargel. 27. juli 2014 blei det av forfattar og Bargel tatt prøver til laboratorieforsøk med skovlebor, og 12. og 16. oktober hadde forfattar intervju med bebuarane på staden. Av praktiske årsaker vil namn på hus og bebuarar bli nytta vidare i oppgåva. All namnebruk er godkjent av bebuarane sjølve under intervjuet. Ei oversikt over namn og skredhendingar er vist i Figur 29: .



*Figur 29: Samanheng mellom namn på hus, bebuarar og skredhendingar (Modifisert av forfattar etter Norgeskart, 2014).*

## 6.1 Områdeskildring

Figur 30: viser eit oversiktskart over området det er sett på i denne masteroppgåva. Lokalitetane for skredhendingane i mars 2012 er ringa inn i blått.



**Figur 30:** Masterområde og lokalitet for skredhendingane mars 2012  
(Modifisert av forfattar etter Norgeskart, 2014).

Øverkil ligg langs E14 i Stjørdalen, ca. midt mellom Stjørdal sentrum og svenskegrensa. Stjørdalen blei etter siste istid ein lang, djup og trong V-dal med fleire hundretals meter lausmassar, i hovudsak sand og leire (Sveian, 1995). Då isen forsvann var landet framleis pressa ned, og havet trakk innover Stjørdalen. Dette forklarar dei tjukke leirlaga og alle ravinane som finst i dalen. Etter kvart som landet byrja å stige fekk Stjørdalen bra vassgjennomstrøyming, og sand og grus blei avsett på toppen av leira i dei vestlege delane av dalen. Sanden har elvar og bekkar frakta og avsett på vegen til havet, og avsett opp til 120 moh i varierende tjukkeleik på grunn av den ujamne leiroverflata. Marin grense ligg på ca. 185 m i området (Sveian og Solli, 2008).

«Norge i 3D» (2014) gjev ei god visualisering av den utfordrande topografien som er på Øverkil, sjå Figur 31: . På figuren ser ein tydelege ravinar og bratt terreng. Alt beståande av mykje lausmassar.



Figur 31: Utsnitt av Øverkil frå «Norge i 3D» (Norgei3D, 2014).

### 6.1.1 Geologi

I følgje Reite (1986) er det usamanhengane eller tynt dekke av morene i Stjørdalen, noko som tyder på at innlandsisen hadde lite bergartsfragment under isavsmeltinga. I bratta er det gjevne forvittrings- eller skredmateriale (Reite 1986). Reite (1986, s.10) skriv også: "Den dominerende brebevegelsen er mot nordvest. ... komplisert av at breene kan ta med seg materiale som tidligere er transportert av breer, breelver eller elver i retninger som kan avvike frå den yngste isbevegelsesretningen.". På masterområdet er det i hovudsak mest fluvialt og marint, jfr Figur 33: .

Ca. 6 km vest for Øverkil, ved Hegra, ligg Hembre grustak. Dette er eit stort masseuttak som ligg i restane av ei breelavsetning (Reite, 1986). Det har også tidlegare vore masseuttak på Øverkil. Dette kom fram etter intervju med bebruarane. På Figur 32: viser raude stjerner nedlagde masseuttak, medan det masseuttaket som er merka med grøn stjerne framleis er delvis operativt og eigd av entreprenørfirmaet *Ola Raaen AS* i følgje Ingrid (12.10.2014).



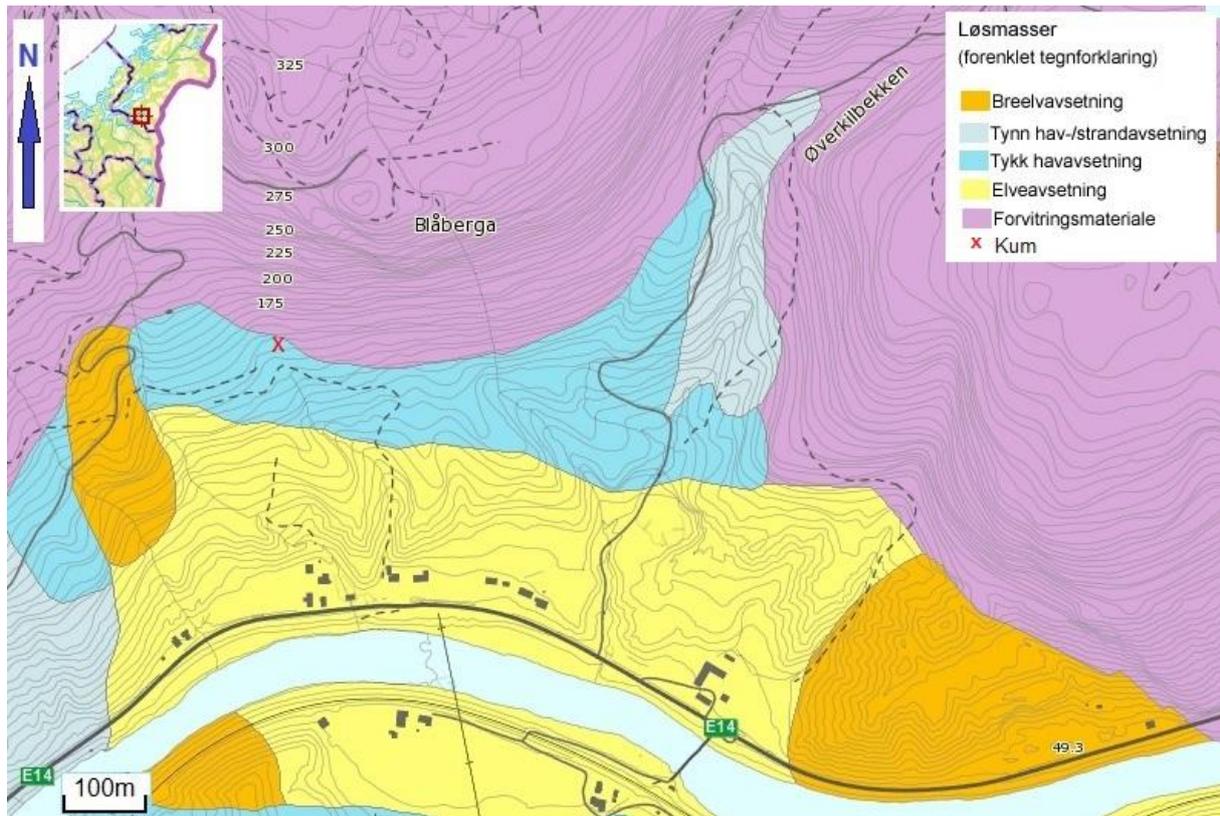
**Figur 32:** Kart som viser nedlagte (raudt) og delvis operative (grøn) masseuttak på Øverkil (Modifisert av forfattar etter Norgeskart, 2014).

Av praktiske årsaker vil grustaka vidare bli omtalt som (f. v.) "det vestlege grustaket", "det midtarste grustaket" og "det austlegaste grustaket". Grustaket som var der ekteparet Bonslet bur i dag vil ikkje bli omtalt vidare.

Harald Sveian som har jobba ved NGU i mange år, og blant anna kartlagt store delar av Stjørdalen, har informert om at lausmassekartet til NGU er laga for målestokk 1:250.000. Dette gjev lausmassekartet over Øverkil veldig unøyaktig slik det er vist i Figur 33: .

På bakgrunn av dette har forfattaren laga eit meir nøyaktig kvartærkart basert på feltarbeid og påfølgjande tolking. Sjå kvartærkart i vedlegg 2. Bakgrunnen for denne tolkinga blir lagt fram i kapittel 0

Feltarbeid og kartlegging side 87.



**Figur 33:** Lausmassekart over Øverkil

(Teikna på kum og teiknforklaring modifisert av forfattar etter NGU, 2014<sub>a</sub>)

I intervju med Inger og Odd Bonslet 16.10.2014 fortel dei at då vasskummen deira (jfr. Figur 33: ) skulle setjast ned grov dei fyrst 1 meter med leire før dei kom ned på sand. I intervju med Leif-Arvid og Hege Fremstad (16.10.2014) fortel Leif-Arvid at det ligg eit "leirplatå" over grus på same h.o.h. (som ei hylle), og på sidene av dette platået er det også grus.

Også berggrunnskartleggingane blir for unøyaktige i for fin målestokk, men for Øverkil er berggrunnskartet ganske eintydig; "Mørk grå til svart fyllitt, delvis med sericitt i øst, mørk svovelkis holdig leirskifer i vest" (NGU, 2014<sub>b</sub>).

**Fyllitt** - Består av kvarts og muskovitt, og blir danna via regional metamorfose av sediment som inneheld fine korn. Er ofte veldig foliert og har synleg glans frå glimmer. Mørk i fargen, anten svart, grå eller grøn (Price og Walsh, 2012).

**Sericitt** - Omdanningsprodukt frå andre bergartar. Består av lys og finkorna glimmer (muskovitt), som opptre i metamorfe bergartar (Raade, 2009).

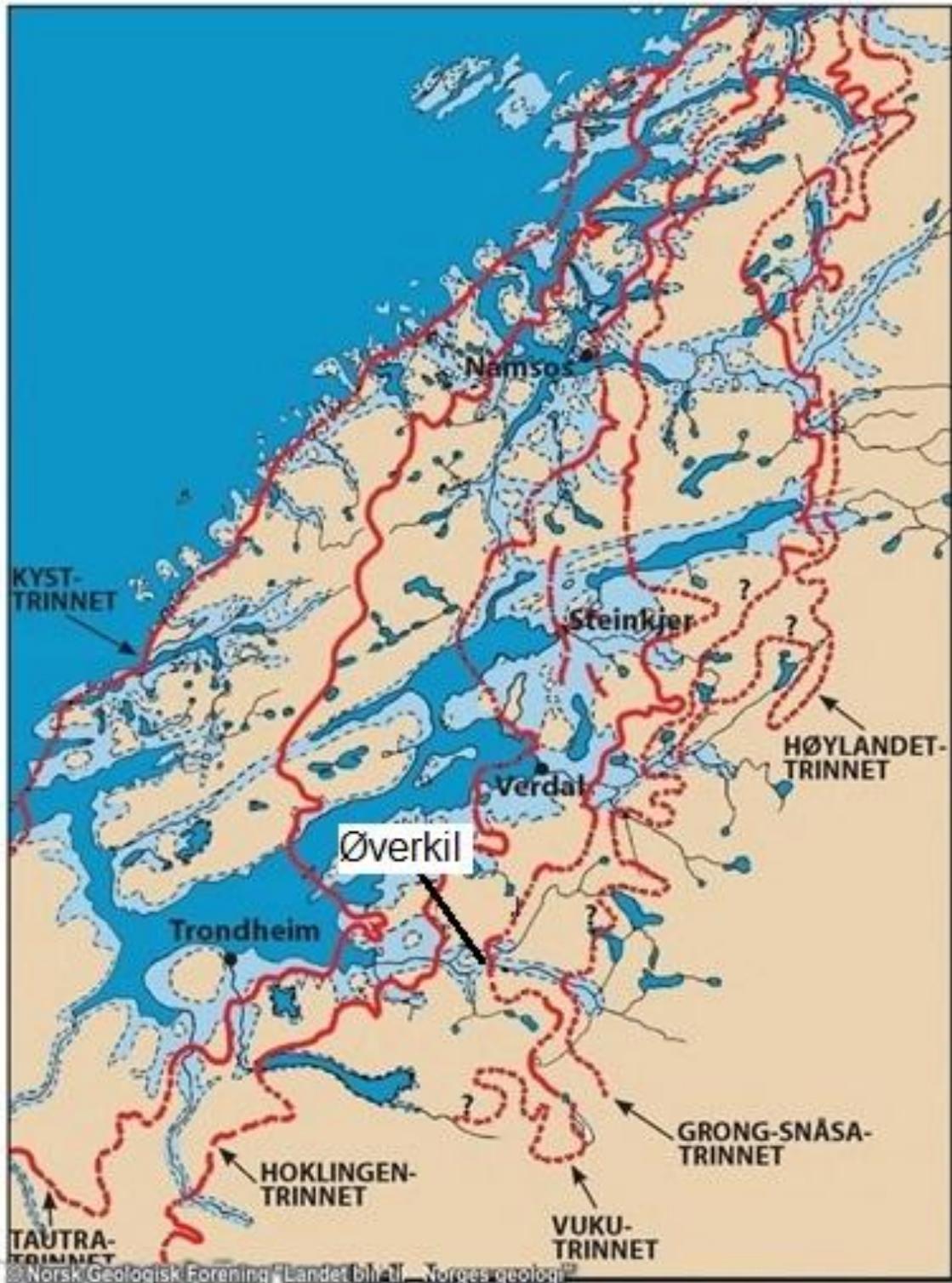
**Svovelkis** - Også kalla *narregull*, men har det mineralske namnet *pyritt*. Er ein jernsulfid med kjemisk formel  $\text{FeS}_2$  som blir felt ut i andre bergartar - då spesielt leirskifer (*Haraldsen, 2009*).

**Leirskifer** - Inneheld leire og som regel noko kvarts og glimmer. Blir danna av slam, organisk materiale og leirsediment/fint materiale som blir avsett i vatn og forsteina. Bergarten kan lett delast i flak fordi den er skifrig (*Price og Walsh, 2012*). Omkrystallisering av leirmineral blir til leirskifer, som igjen blir til fyllitt eller leirglimmerskifer etter endå meir omdanning (*Bryhni, 2010*).

Skifrige bergartar som fyllitt og leirskifer vil gje liten friksjon til lausmassar på grunn av glatt overflate. Oppsprekkinga i bergartane vil også lede vatn som kan bygge opp poretrykk og utlyse skredhendingar. Kvarts og muskovitt er begge forvittringsresistente mineral (*Brattli, 2014; Høeg, 2014*).

I "Stjørdalsboka bind 1 del 1" står det: "*Stjørdalen er i hovedsaken utmodellert i en bruddsone, men delvis følger dalføret også skifriheten i fjellgrunnen, som f.eks. frå Flornes til bortimot utløpet av Forra*" (*Storøy et al., 1970, s.64*).

Dersom ein ser på Figur 34: ser ein at Øverkil ligg rett vest for *Vukutrinn*. *Vukutrinn* er datert til å være mellom 9900-10 000  $^{14}\text{C}$ -år, noko som tilsvarar 11-11 300 år BP. Dette gjev trinnet til ein tidleg del av Preboreal (jfr Figur 56: ). Det er antatt at isen var ca. 3-400 meter tjukk under *Vukutrinn*. Trinnet som ligg vest for Øverkil heiter *Hoklingentrinnet*, og er datert til ca. 10 300-10 400  $^{14}\text{C}$ -år som tilsvarar ca. 12 000 år BP (*Grenne og Sveian, 2003*).



**Figur 34:** Brerandtrinn i Trøndelag. Lyseblå indikerar havnivå etter isen smelta.

Plasseringa til Øverkil er merka av på kartet.

Kysttrinnet = ca. 14 200 år, Tautratrinnet = ca. 12 500 år,

Hoklingentrinnet = ca. 12 000 år, Vukutrinnet = ca. 11 500 år,

Grong-Snåsa trinnet = ca. 11 100 år og Høylandstrinnet = ca. 10 800 år

(Modifisert av forfattar etter Vorren og Mangerud, 2013).

### 6.1.2 Vegetasjon

Vekstsesong påverkar skredhendingar sidan vegetasjon kan spele ein vesentleg faktor når det gjeld skråningsstabilitet (*Sandersen, 1988*).

Som nemnt tidlegare er skiljet mellom barskog og lauvskog ganske tydeleg nokre stadar i terrenget på Øverkil. Skiljet er også synleg på flyfotoet i Figur 35: , og i 3D bildet i Figur 31: .



**Figur 35:** Flyfoto som viser skilje mellom barskog (mørk) og lauvskog (lys) på Øverkil (Norge i bilder, 2014).

Det blei observert mykje gran og bjørk (høvesvis mørk og lys skog i Figur 35: ) under kartlegging på Øverkil. Gran har eit flatt rotsystem som maksimalt trengjev 2 meter ned, og som også kan være synleg over bakken. Dette gjev at grana ikkje nødvendigvis har den beste forandrande effekten i forhold til skråningsstabilitet av lausmassar. Grana kan fort bli ustabil i ulent terreng og utsett for rotvelte ved sterk vind (*Rannka, 2002*). Grana likar seg best på fuktig, næringsrik jord med høgt innhald av finstoff, som sandblanda leirjord, morenejord eller jord ved vesentleg moldinnhald (*Skogbrukets kursinstitutt, 2012<sub>a</sub>*).

Bjørk har eit fastrot system som strekkjer seg ned til maksimalt 4 meter (*Rannka, 2002; Skogbrukets kursinstitutt, 2012<sub>b</sub>*). Bjørk vil difor ha ein betre forandrande effekt med tanke på skråningsstabilitet av lausmassar enn gran. Etablerar seg gjevne der det har vore skred, hogst eller brann, og trivst best på leirsand eller sandmold (*Kristensen, 2011; Skogbrukets kursinstitutt, 2012<sub>b</sub>*). Underteikna trur

det er sannsynleg at det er *dunbjørk* som er observert på Øverkil: ”*Dunbjørk kan i mange tilfeller virke drenerende, og kan med fordel vokse i blanding med gran på områder med høyt grunnvannspeil*”. Dunbjørka er i tillegg hardfør mot temperatursvingingar, tåler godt skugge og likar fuktig jord (Skogbrukets kursinstitutt, 2012<sub>b</sub>).

Det kan og nemnast at det blei observert hestehov i skredravinen der jordskredet gjekk 28. mars. Hestehov går også under namnet *leirfivel*, fordi den trivst godt på leirhaldig jord. Observasjonen bekreftar difor at det ligg hardpakka finmassar i botnen av ravinen (Sunding, 2014).

### 6.1.3 Klima

Klimaet i Stjørdalen er varierende, med kystklima lengst i vest og innlandsklima i aust mot svenskegrensa. Dette fordi dei austlege delane av dalføret er skjerna av fjell som gjev kalde vintrar og middels med nedbør, mens vestenden får vår inn frå Norskehavet og rett inn i dalføret. Fosen og Trondheimsfjorden dempar noko av vêret frå vest, men vind finn vegen inn i dalføret heile året (Dannevig, 2009).

## 6.2 Skredhendingane

Som ein del av målsettinga til denne oppgåva skal årsaka til dei to skredhendingane på Øverkil i mars 2012 gjevast greie for i tillegg til å føreslå tiltak for skadeavgrensing for seinare hendingar. I dei neste kapitla blir dei to hendingane beskrivne. Klimadata for Øverkil februar-mars 2012 er vedlagt i vedlegg 4, der skredhendingane er avmerka.

### 6.2.1 Stuggubakken 12.03.2012

Måndag 12. mars 2012 kl.18:39 gjekk det eit jordskred på Stuggubakken som øydela garasjen og tilbygget til Ingrid (Væringstad og Devoli, 2012). Sjå Figur 36: . Skredet er antatt å ha vore 15-20 meter langt og 7-8 meter bredt (Fagernes, 2012). I intervju 12.10.2014 fortel Ingrid at ho og sønene var i stova då skredet skjedde. På lyden hørtes det ut som eit takras, og ingen hadde lagt merke til noko som kunne tyde på at massane i bakken kom til å skli ut. Ingrid fortel at det alltid er litt vått opp i bakken der skredet starta, sjå Figur 37: . Sønene varsla politiet om hendinga, og politiet og NVE kom til Stuggubakken samtidig. Alle i huset blei

evakuert, og Ingrid fortel at etter at huset var forlat blei det fortalt at det kom eit skred til ned på tunet. I tillegg til at nabohuset også blei evakuert vurderte politiet også å evakuere fire andre hus i området (*Fagernes, 2012*).



**Figur 36:** Stuggubakken skredet 12. mars 2012, Øverkil (Foto: Terje Harald Bargel).

I etterkant av skredet fortel Ingrid at det gjekk greitt med hjelp til opprydding og at ho trur muren til garasjen, som er avskilt frå husmuren, var med på å dempe noko av skredmassane slik at det ikkje kom meir skade på huset. Garasjen er no bygd opp igjen på same staden.



**Figur 37: Venstre:** Skredbana til Stuggubakken skredet 12.03.2012  
(Foto: Terje Harald Bargel).

**Høgre:** Slik det ser ut i dag (12.10.2014) (Foto: Agathe Alsaker Hopland).

Ingrid fortel at det om vinteren ofte er meir snø på Øverkil ein vestafor og austafor. Det kan også regne rundt Øverkil, men ikkje akkurat på Øverkil. Vidare blir det fortalt at Øverkil gjevne får snø samtidig som resten av området, men at snøen ligg stabilt på Øverkil i motsetning til Trondheim. Det skal også vær eit vêrskilje austafor utanfor Stjørdalen sentrum (mot Øverkil).

### 6.2.2 Sandstad 28.03.2012

Onsdag 28. mars 2012 kl.04:00, 16 dagar etter skredet på Stuggubakken, går eit nytt jordskred på Øverkil. Denne gongen ved nabohuset til Ingrid ca. 50 meter bortanfor (*Væringstad og Devoli, 2012*). Hundegarden til "Kylla" og "Odin", hundane til Inger og Odd Bonslet, blei fullstendig øydelagt av skredmassane som kom, sjå Figur 39: og Figur 39: . Skredet gjekk ned til E14, so vegen blei innsnevra til skredmassane var rydda opp. Ekteparet Bonslet blei evakuert sidan hundegarden ligg tett inn med hovudhuset (*Klines og Wangen, 2012*).



**Figur 38:** *Bilde som viser skadane frå skredet 28.03.2012  
(Foto: Erling Skjervold, Klines og Wangen, 2012).*



*Figur 39: Bilde som viser kor hundegården til "Kylla" og "Odin" sto, tatt frå verandaen (Foto: Erling Skjervold, Klines og Wangen, 2012).*

Ekteparet Bonslet fortel at dei vakna av noko som høyrst ut som tore, og at ein plattung som var i hundegården hadde blitt skyvd mange meter då dei gjekk ut for å sjå til hundane (Klines og Wangen, 2012). I intervju 16.10.2014 fortel ekteparet at dei ikkje merka noko til eit komande skred, sjølv om dei hadde eit ekstra godt tilsyn med bekken på grunn av regnet. Då dei oppdaga skredet ringte dei fyrst å varsla politiet, før dei ringte til naboane Ingrid og Leif-Arvid Fremstad. Fremstad byrja å stogge trafikken fram til hjelpa kom.

Det regna kraftig då skredet blei utløyst, og i NVE sin rapport 79-2012 "Flaum og jordskred i Trøndelag mars 2012" (Væringstad og Devoli, 2012, s.67) står det: "Årsaka til dette siste skredet var truleg at bekken som rann ned over ein skogsvei løyste jordmassar. Jord/leirraset tok med seg store tre og ein diger stein på 2 m<sup>3</sup>."

I nettavisa Adressa (Klines og Wangen, 2012) står det: "Et rør som leder en bekk under en vei har gått tett. Dermed har bekken rent over. Mesta er på stedet, sier operasjonsleder Jan Tore Tiltnes i Nord-Trøndelag politidistrikt ... Ifølge adressa.nos reporter på stedet har bekken rent over en skogsvei og tatt med seg finmasser nedover mot E14. På vei ned mot veien har massene gått gjennom hundegården hvor de to hundene til Bonslet befant seg."

Ekteparet flytta inn i hovudhuset i 1967, og har aldri opplevd eit slikt skred før (*Klines og Wangen, 2012*). Dei fortel i intervju 16.10.2014 at det har vore problem med bekken ein gong før, men då var det berre vatn som kom. Det var frost i bakken, og renna som bekken går i var gått tett. Bekken fløynde over og det gjekk vatn på begge sider av huset og inn i kjellaren. Ekteparet opplyser om at Statens vegvesen kom for å hjelpe til, men at sidan skredet 28. mars er renna blitt utvida og flaum har ikkje vore eit problem sidan det. I følgje nabo Ingrid (12.10.2014), som vaks opp på Fremstad (nabobruket), har det ikkje gått skred frå ravinen over E14 før.

Under intervjuet fortel Bonslet ekteparet ein interessant detalj om lokalklimaet på staden. Det brukar av og til å kome ein "*Bonslet-skur*", som lokalfolket kallar det. Dette er ein regnskur som går på tvers av dalen, og dei som bur vest og aust for Øverkil merkar ikkje noko til denne regnskuren. Dei fortel også at då dei bygde huset i 1965-66 var det eit grustak der huset deira står i dag. Då ekteparet flytta inn i huset i 1967 gjekk grusen heilt inn til inngangstrappa deira, og dei ga difor vekk sand og grus til ei idrettsbane i nærheita.

I ettertid fortel ekteparet (16.10.2014) at dei måtte rydde opp i mykje frå skredhendinga sjølve. Dei fekk veldig lite hjelp frå stat og kommune, og no vil dei gjevne få sikra bekken som går forbi huset skikkelig. Dei har per 16.10.2014 ikkje fått hjelp eller pengestøtte til å utføre skikkeleg sikringsarbeid.

16.10.2014 blei også Leif-Arvid og Hege Fremstad intervjuet om skredhendinga på Sandstad 28. mars sidan dei eig området skredet gjekk i. Dei held alltid eit godt auge med bekken der når det regnar mykje, og har merka ein forskjell i bekken på grunn av endra nedbørsmønster. Også dei fortel om ein lokal klimasone på Øverkil, som startar rett vestafor Fremstad (nabohuset) og går bort til rett forbi det austlegaste grustaket. Det blir fortalt at på Øverkil ligg snøen lenger og kjem tidlegare, i tillegg til at det alltid er kaldare eller varmare lokalt – alt etter som kva årstid det er snakk om.

### 6.3 Sikringsanlegg (Fremstad)

19.08.2011 sender Leif-Arvid Fremstad ei bekymringsbrev til Stjørdal kommune der det blei søkte om støtte til å finansiere steinsetting av ein bekk som renn i retning av huset på Fremstad. I brevet fortel Fremstad at bekken grev inn i eit høgt grusmel som går parallelt med bekken. Sidekantane kan være i fare for å gje på grunn av undergraving ved høg vassføring, noko som vil føre til flaum rett mot husa på Fremstad og eventuell tetting at kullvert som leiar vatnet under E14. Stjørdal kommune sendte saka vidare til NVE og fylkeskommunen 14.09.2011, og 16.11.2011 oppretta NVE, ved sakshandsamar Roar Morten Gartland, sak på sikringstiltaket og planlegginga av tiltaket byrja. NVE var einige i at løpet til bekken burde utbetrast på grunn av verdien på eigedomen til Fremstad. Plandato blei sett til 01.07.2013 (Gartland, 2013).

Under tiltaket si hensikt står det: *"Sikre rasskråning for å stoppe vidare erosjon samt erosjonssikring av sidekanter for å hindre at bekken bryter gjennom sidekantene."* (Gartland, 2013, s. 2).



**Figur 40:** Delar av grusmelet før (venstre) og etter (høgre) tiltak  
(Foto: Gartland, 2013 (venstre) og Terje Harald Bargel (høgre).

Det som blei gjennomført:

- Spenging og reinsk av grøft.
- Fylt opp med stabilitetsmassar framfør grusmelet, mot erosjon (sjå Figur 40: ).
- Skred-/erosjonssikring på 5 stadar langs bekken.
- Laga bru i staden for kullvert.

5. desember 2013 blei sikringsanlegget ferdigstilt (Gartland, 2013). Sjå Figur 41: .



*Figur 41: Ferdigstilt sikringsanlegg (Foto: Terje Harald Bargel).*

I intervju 16.10.2014 fortel ekteparet Fremstad at gamlehuset på småbruket er frå ca. 1905. Ekteparet er 3. generasjon som bur på staden, og det har alltid vore snakk om at "det rasar opp i der" – når det var snakk om grusmelet. No når sikringstiltaket er gjennomført føler dei seg trygge, og fortel at dei er fornøgd med måten ting er blitt handtert på.

Ingrid fortel under intervjuet 12.10.2014 at der husa ligg på Fremstad i dag var det tidlegare grustak. Då riksvegen blei bygd leverte grustaket massar til vegen<sup>18</sup>, men grustaket stengde etter arbeidet med riksvegen var over. Leif-Arvid Fremstad (16.10.2014) bekreftar dette og meiner det var på midten av 50-talet at grustaket blei lagt ned.

---

<sup>18</sup> Forfattern har vore i kontakt med Statens vegvesen for å prøve å spore opp dokumentasjon på samarbeidet mellom grustaket og riksvegen, utan å lykkast.

#### 6.4 Flaum på Fremstad

Under intervju med ekteparet Fremstad 16.10.2014 blir det fortalt om ein flaumepisode 23. mars 2014 som øydela garasjen til Fremstad. Garasjen sto over kullverten til bekken som blei skredsikra, og på grunn av dei store nedbørsmengdene som var i perioden mars 2012 greidde ikkje kullverten å ta unna alt vatnet. Resultatet blei øydelagt garasje som ikkje skal setjast opp igjen i følgje Fremstad, sjå



**Figur 42:** Flaum igjennom garasjgolvet til Fremstad 23.03.2012

(Foto: Leif-Arvid Fremstad).



**Figur 43: Venstre:** Flaum på baksida av garasjen, 23.03.2014

(Foto: Leif-Arvid Fremstad).

**Høgre:** Garasjen blir riven 30.03.2014 (Foto: Leif-Arvid Fremstad).

## 6.5 Skredhistorikk

I intervju med Ingrid 12.10.2014 kjem det fram at far hennar høyrde om eit skred som tok "gamlestuggu". Den sto på same plassen som Ingrid sitt hus står i dag. Tidsmessig kan ein då kanskje datere dette skredet tilbake nokre generasjonar. Viss ein brukar gjennomsnittleg levealder ca. 80 år vil det gje eit skred-år på mellom 80-110 år sidan (*Generasjon, 2010*).

På intervju med ekteparet Bonslet 16.10.2014 fortel Odd at han og ein ven sykla seg på eit skred i det austlegaste grustaket då Odd var liten (kanskje på slutten av 50-talet). Odd forklarar det som skjedde som ein stor vassfylt "byll" som vaks som ein ballong heilt til den eksploderte med eit voldsam smell.

I følgje Nasjonal vegdatabank og Statens vegvesen ligg E14 på fjerde plass over Nord-Trøndelag sine mest skredfarlege vegar per desember 2014 (*Lygre, 2014; Vegkart, 2014*).

## 6.6 Feltarbeid og kartlegging

Poenget med feltarbeid og kartlegging var å skaffe nok forståing og ei grov oversikt over det glasiologiske forholdet på Øverkil. Ved å kunne sei noko om korleis lausmassane kom til staden kunne ein også lage eit forbeta kvartærgeologisk kart. I tillegg skulle dei to skredområda undersøkast for muleg årsak.

### 6.6.1 Kartlegginga

I Figur 44: ser ein lausneområdet til Stuggubakken skredet. Det har ein klar og skarp lausnekant der det er brattast, og med vinkelmålar måler ein 55° i overkant. Under prøvetakinga blei det tatt ei prøve i skredsåret, som er kalla «Prøve 2» under presentasjon av laboratorieresultat i kapittel 0

Laboratoriearbeidet side 108.



*Figur 44: Lausneområdet til Stuggubakken skredet per 02.07.2013  
(Foto: Agathe Alsaker Hopland).*

På bilda i Figur 45: ser ein klart at såret etter leirskredet som utløyste Sandstad skredet framleis er i bevegelse. Nye massar veltar stadig ned frå toppen, og mange tre står på vippen til å velte over. Figur 46: er teke 16.04.2012, og framleis ser ein kor mykje finmassar som ligg og demmer opp bekken.

Dei fleste dagane i felt på Øverkil regna det, og då er leirsåret veldig glatt og sleipt. Men på ein tørr eller solrik dag er leira meir fast og stabil. Då er også bekken som renn i foten av skredsåret nærmast tørrlagt. Det er også i dette leirsåret det er funne blåskjel, jfr Figur 54: .



**Figur 45:** Leirskred på Øverkil per 28.08.2013 (venstre) og per 03.07.2014 (høgre)  
(Foto: Agathe Alsaker Hopland).



**Figur 46:** Leirskred som har demma opp bekken ovanfor Sandstad (Vegen ned til huset ligg til høgre i bildet) (Foto: Leif-Arvid Fremstad).

Då det blei greve etter blåskjel i leira for å finne dateringsprøver kom ein over nokre «rustringar» på ca. same stratigrafiske lag som skjela. Forfattaren hadde ikkje sett slike før, og tok med nokre eksemplar til professor Allan Krill på NTNU. Han meinte det kanskje kunne være planterøter som hadde skapt utfelling i leira med røtene sine. Det var store og små ringar om kvarandre, og alle lagde loddrette hol igjennom fleire leirsjikt. Ikkje utdjupa noko meir om dette i denne oppgåva.



*Figur 47: Ringar i leira (Foto: Agathe Alsaker Hopland).*

Underteikna gjekk store delar av masterområdet til fots, og det blei registrert mange ravinar, skredgroper og gradientar. Ein presentasjon av funna er lagt ved som vedlegg 5 Symbolkart etter kartlegging på Øverkil I den brattaste nordlege delane av masterområdet ble det registrert klare bevis på jordsig, jfr Figur 48: . Her var det også veldig bratt, og registrert med ein gradient på 50°. I tillegg blei det observert eit «rart tre» med rogneliknande blad som var kjempehøgt, lyst i barken og heilt åleine. Etter samtale med andre undrast forfattaren på om det kan

være eit asketre. Det lukkast dessverre ikkje å ta bilde av treet for identifisering fordi det var so stort og mykje vegetasjon rundt.



*Figur 48: Eksempel på jordsig på Øverkil (Foto: Agathe Alsaker Hopland).*

I kartleggingsområdet på Øverkil blei det ikkje observert morene eller strandavsetning. Det var glidande overgong til fjell i høgda, der stort sett all fyllitt var forvitra. Dette stemmer også med det Reite (1986) har observert. Det er bratt i store delar av området, noko som er tydeleg i Figur 31: (Norge i 3D). I denne figuren ser ein også store ravinar i området som lett leiar vatn mot E14 og husa som ligg ved vegen.

I "Stjørdalsboka bind 1 del 1" står det: "Leiren er ofte dekket av grus- og sandterrasser i dalsidene, og lengst nede kiler den under de tykke grus- og sandavsetninger som utgjør dalbunnen. Men iblant finner vi, særlig inne ved dalsidene, leire oppå grusterrassene. Dette er da som regel sekundære avsetninger som skyldes utglidninger frå høyerer leirterreng. Men leire kan som i søndre dalside opp for Hegra bro være primært avsatt oppå isranddannelser –

*morenegrus.*” (Storøy et al., 1970, s.76).



**Figur 49:** «Øverkil grustaket» (Foto: Terje Harald Bargel).

Figur 49: viser eit oversiktsbilde av «Øverkil grustaket». Grustaket består stort sett av godt sortert glasifluvial sand vekselvis i mørke og lyse lag. På toppen av grustaket ser det nesten ut som utrasa leire, der Bargel fekk plukka ned ein bit av avsetninga som er blitt analysert som prøve 7 og 8 i laboratoriet. På grunn av lagdelinga i sanden blei det tatt ei prøve av kvar ende av den utrasa biten slik at ein kan sjekke om det er noko forskjell i kornstørrelse. På grunn av skrålaga som ein ser til venstre er det muleg at dette har vore ein rand som seinare er blitt erodert og fått avsett horisontale lag på toppen. Skrålag kjem enten av at ein er nært isen, eller av at isen skubbar på avsetningane. Horisontale lag blir danna når isen er lenger vekk, fordi enn då har roligare avsetningsforhold. Har enn forstyrre lag er dette ein indikasjon på at isen har flytta seg. Avsetningsstørrelsen er avhengig av kor smeltevasselvane frå isen har gått. Vi ser mykje grus og sand, og dess grovare materiale enn har dess nærmare iskanten har enn vore. Eventuelt kan store elvar med høge hastigheitar legge frå seg grus og sand, men dra med seg finstoff som leire lenger vekk. Framfor grustaket blei det også funne *marleik*.



*Figur 50: «Raaen grustaket» (Foto: Terje Harald Bargel).*

Det austlegaste grustaket i masterområdet på Øverkil består av lagvis fint og grovt materiale. I midten under det utrasa området kan det sjå ut som det har blitt danna ein pølsesjø. Ein pølsestruktur er danna ved strekking av eit lag som er stivare enn dei over og underliggende lag. Laget går til slutt i brot (Sigmund et al., 2013). Det kan ha vore sakte vasstraumar som har avsett fint materiale før elva endra retning og avsette det grove oppå (meanderande elv). Mest truleg har det vore ei elv med ulik hastigheit, som ikkje vore so veldig langt frå brefronten. I Figur 51: ser vi noko som kan minne om ein klump med lausmasse som har vore frosen då den blei avsett. Dette må bety at isbreen har vore ganske nært sidan denne klumpen ikkje hadde vorte frakta så langt før den droppa til botn.



*Figur 51: Tidlegare frosen klump med lausmasse i «Raaen grustaket»  
(Foto: Terje Harald Bargel).*

### 6.6.2 Laboratoriearbeidet

Tabell 5 gjev ei oversikt over ulike inndelingar av kornfraksjonar som er i bruk. Den einaste fraksjonen litteraturen er einige om er leir mindre ein 0,002. Dei kornstørrelsane denne oppgåva vil halde seg til er dei i kolonnen *Kornstørrelse*.

Tabell 5: Oversikt over kornfraksjonar (Samanstilt etter Emdal 2012; Sigmond et al. 2013; Brattli 2014).

Fraksjon	Inndeling	Kornstørrelse	Andre
Blokk		> 600 mm (> 600 000 µm)	Wentworth: > 256 mm (Sigmond et al., 2013). Atterberg: > 200 mm (Sigmond et al., 2013).
Stein		60-600 mm (60 000-600 000 µm)	Wentworth: 64-256 mm. Atterberg: 20-200 mm.
Grus	Grov	20-60 mm (20 000-60 000 µm)	Wentworth: 2-64 mm. Atterberg: 2-20 mm.
	Mellom	6-20 mm (6000-20 000 µm)	
	Fin	2-6 mm (2000-6000 µm)	
Sand	Grov	0,6-2 mm (600-2000 µm)	Wentworth: 0,063-2 mm. Atterberg: 0,2-2 mm.
	Mellom	0,2-0,6 mm (200-600 µm)	
	Fin	0,063-0,2 mm (63-200 µm)	Ingeniørgeologi pensum: 0,06-0,2 mm (Emdal, 2012; Brattli, 2014).
Silt	Grov	0,02-0,063 mm (20-63 µm)	Ingeniørgeologi pensum: 0,02-0,06 mm. Wentworth: 0,03-0,063 mm.
	Mellom	0,006-0,02 mm (6-20 µm)	Wentworth: 0,016-0,03 mm.
	Fin	0,002-0,006 mm (2-6 µm)	Wentworth: 0,004-0,016 mm.
Leir		< 0,002 mm (< 2 µm)	

Det kan også brukast ei jordartsframstilling for å skildre kva namn dei ulike

materiala får ut frå samansetning av kornstørrelse, sjå Tabell 6. Der det står "...oppgitt vekt% av materiale..." er det også vanleg å leggje til ei adjektivsform; leirig, siltig<sup>19</sup>, sandig<sup>20</sup>, grusig<sup>21</sup>, steinig<sup>22</sup> – alt etter kva materiale ein har (Emdal 2012; Brattli 2014).

Tabell 6: Jordartsframstilling (Samanstilt etter Emdal 2012; Sigmond et al. 2013; Brattli 2014).

Jordart	Kornstørrelse
Stein	> 60 % stein, og oppgitt vekt% av materiale større og mindre ein 60 mm.
Grus	> 60 % grus, og oppgitt vekt% av materiale større og mindre ein 60 mm.
Grusjord/ Grusrik	35-60 % grus og resten er mindre korn. Det skal ikkje være meir ein 15 % leir i kornfraksjonar under 20 mm.
Sand	> 60 % sand, og oppgitt vekt% av materiale større og mindre ein 60 mm.
Silt	> 80 % silt og < 15 % leir i kornfraksjonar under 20 mm (Sigmond et al., 2013).
	< 45 % av materialet er finare ein 20 mm, og oppgitt vekt% av materiale større ein 20 mm (Emdal 2012 og Brattli 2014).
Leire	I kvartærgeologi: > 80 % leir og > 25 % leirmineral (Sigmond et al., 2013).
	> 30 % av materialet er finare ein 20 mm (Emdal 2012 og Brattli 2014).
	> 15 % av fraksjonane er mindre ein 2 µm (0,002 mm) (Sigmond et al., 2013).
Sandig/ Siltig leire	15-30 % av fraksjonane er mindre ein 2 µm (0,002 mm), og oppgitt vekt% av materiale mindre ein 20 mm.
Leirig silt	5-15 % av fraksjonane er mindre ein 2 µm (0,002 mm), og oppgitt vekt% av materiale mindre ein 20 mm.
Leirfattig	< 5 % av fraksjonane er mindre ein 2 µm (0,002 mm), og oppgitt vekt% av materiale mindre ein 20 mm.

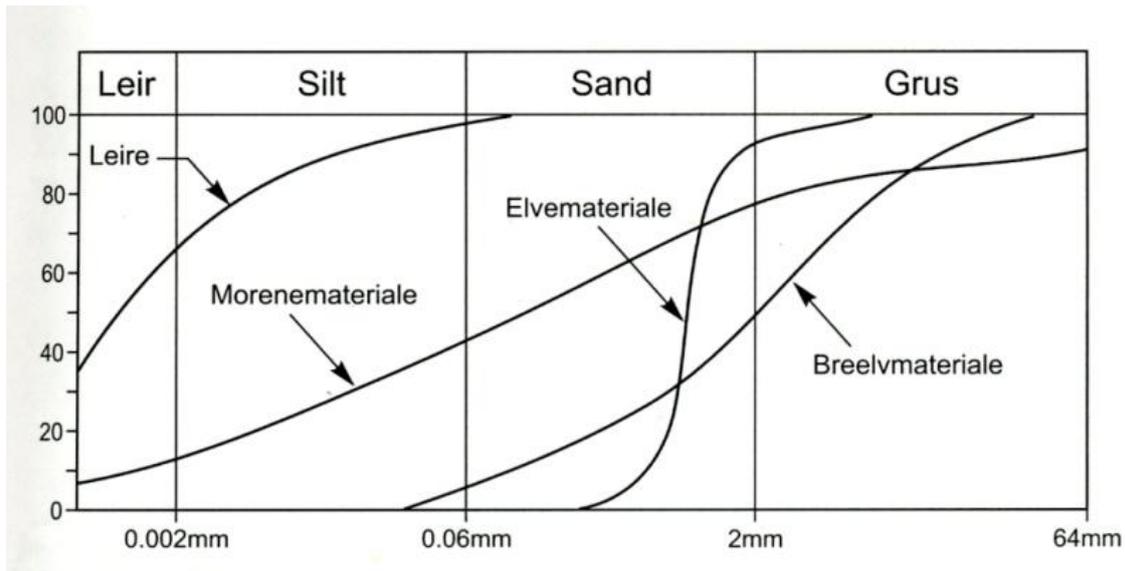
Figur 52: gjer ein illustrasjon av kornfordelingskurver som er veldig typiske. Den kan brukast som ein peikepinn når resultata frå laboratoriet som analyserast.

<sup>19</sup> **Siltig:** 15-45 % av materialet er finare ein 20 mm, og oppgitt vekt % av materiale større ein 20 mm (Emdal, 2012; Brattli, 2014).

<sup>20</sup> **Sandig:** 20-60 % sand, og oppgitt vekt % av materiale større og mindre ein 60 mm (Emdal, 2012; Brattli, 2014).

<sup>21</sup> **Grusig:** 20-60 % grus, og oppgitt vekt % av materiale større og mindre ein 60 mm (Emdal, 2012; Brattli, 2014).

<sup>22</sup> **Steinig:** 20-60 % stein, og oppgitt vekt % av materiale større og mindre ein 60 mm (Emdal 2012 og Brattli 2014).

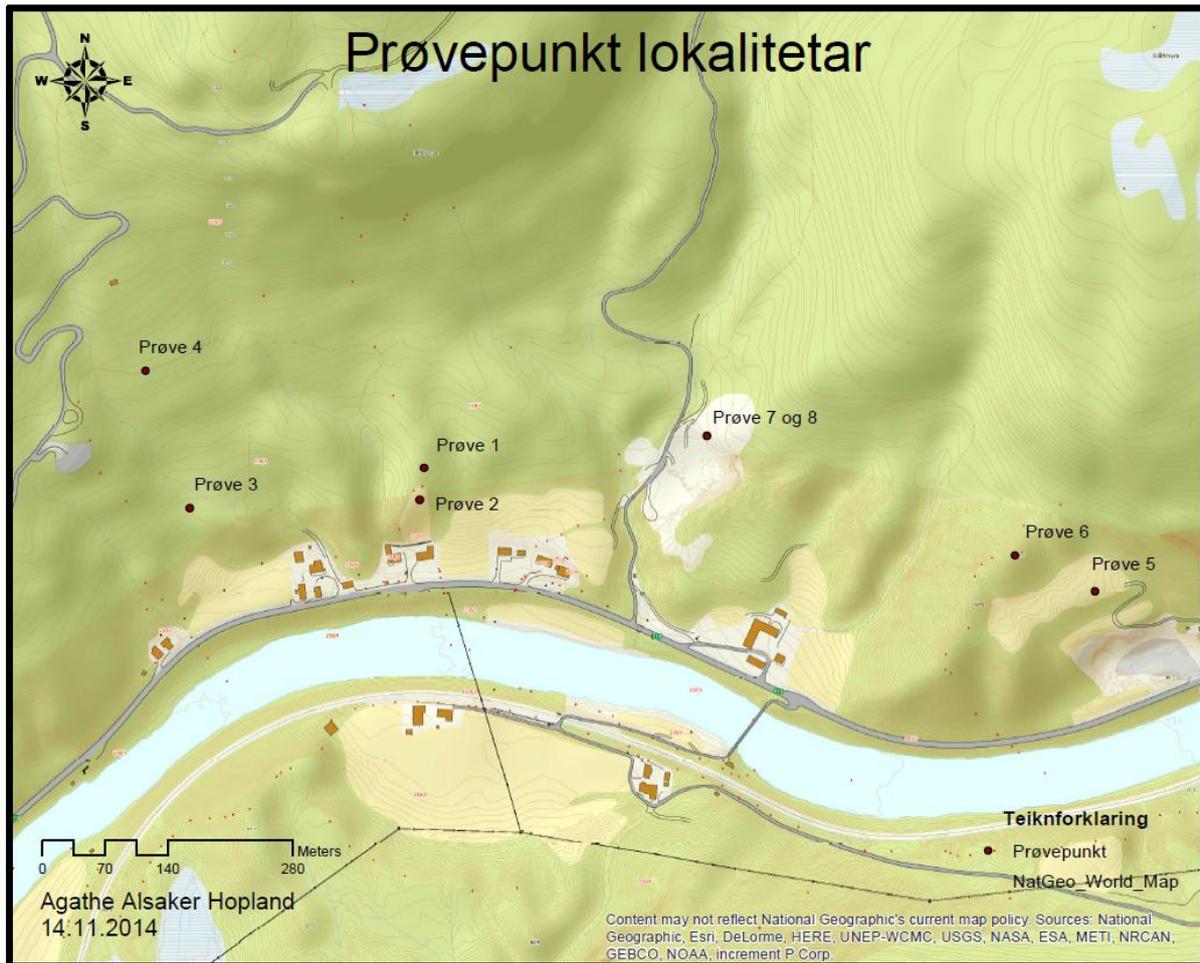


*Figur 52: Typisk kornfordelingskurve for ulike avsetningstypar (Brattli, 2014).*

Figur 53: og Tabell 7 viser kor prøvepunktta ligg i topografien, og kva koordinatar dei har. Einaste som ikkje har Lat. Lon. koordinatar er prøve 7 og 8, sidan desse blei henta utanfor prøvetakingsdagen.

*Tabell 7: Koordinatar til prøvepunktta på Øverkil (Agathe Alsaker Hopland).*

PunktID	Latitude (Y)	Longitude (X)	Meter	Meter	Merknad
Prøve 1	63,461178	11,288219			
Prøve 2	63,460857	11,288092			Stuggubakken skredet
Prøve 3	63,460855	11,282937			
Prøve 4	63,462261	11,28206			
Prøve 5	63,459688	11,303163			
Prøve 6	63,460077	11,3014			
Prøve 7			614371,434	7039048,241	Øverkil grustaket
Prøve 8			614371,434	7039048,241	Øverkil grustaket



**Figur 53:** Kart over prøvelokalitetar på Øverkil (Agathe Alsaker Hopland).

### 6.6.3 Dateringa

Tabell 8: Koordinatar på skredlokalitet (Agathe Alsaker Hopland).

Latitude (Y)	Longitude (X)
63,461699	11,285549

I leirskredsåret, som mest truleg er årsaka til flaumskredet 28. mars 2012, blei det funne blåskjel og småbitar av nokre kvite skjell (sjå Figur 55: ) i leira ca. 110 moh. Sjå Figur 54: for stratigrafisk plassering. Skjella blei sendt til datering for å kunne fastslå nærmare når det var isfritt på Øverkil, og korleis dateringane stemmer opp

mot andre daterte randtrinn i området. Blåskjel blei sendt til både laboratoriet for 14C-datering ved NTNU/Vitenskapsmuseet og Ångströmlaboratoriet Tandemlaboratoriet ved Universitetet i Uppsala, Sverige. NTNU laboratoriet fekk også ei prøve av dei kvite skjella.



*Figur 54: Lokalteten til skjella i leirsåret*

*(Foto venstre: Terje Harald Bargel. Foto høgre: Agathe Alsaker Hopland.)*

Etter samtale 24.10.2014 med Torkild Bakken på Vitenskapsmuseet i Trondheim skal ein være oppmerksom på at blåskjella kan være ein skjeltype som heiter *O-skjel*. Dei kvite skjella var vanskeleg å identifisere fordi forfattaren kunn hadde eit lite heilt eksemplar av desse (sjå Figur 55: ), men Bakken meinte på det var sannsynleg at det kunne være *Østersjøskjel* (*Makoma*) eller *Peparskjel*. Etter å ha søkt etter bilde av dei to skjeltypane synes forfattaren at skjelfunnet liknar mest på *Peparskjel*, men sidan litteraturstudie av skjeltypar ikkje inngår i problemstillinga til denne masteroppgåva vil ikkje dette problemet bli utdjupa noko meir her.



**Figur 55:** Blåskjel og mulege Peparskjel (*Scrobicularia plana*) funne på Øverkil, Nord-Trøndelag (Foto: Agathe Alsaker Hopland).

I "Stjørdalsboka bind 1 del 1" står det: "Også i leirlagene i Stjørdal kan klimaendringer registreres. I de eldste lag finnes arktiske skjell. Imidlertid holdt de arktiske forhold seg sikkert lenger i den lange Stjørdalsfjorden enn i det omliggende landskap, da jo temperaturen i høy grad var influert av de ismasser som var under avtining. Men i de yngste leirlag finner vi mer varmekjære arter som tydelig forteller sitt – istiden er slutt." (Storøy et al., 1970, s.77).

Ved  $^{14}\text{C}$ -datering har ein tidlegare antatt at forholdet mellom karbonisotopane  $^{12}\text{C}$  (ikkje radioaktiv) og  $^{14}\text{C}$  (radioaktiv) har vore konstant i atmosfæren dei siste 50 000 åra. Karbonisotopane  $^{12}\text{C}$  og  $^{14}\text{C}$  blir tekne opp at levande organismar so lenge dei lev, og når organismane dør startar den radioaktive karbonisotopen ( $^{14}\text{C}$ ) halveringstida si (som er på ca. 5735 år). Ved hjelp av denne halveringstida måler ein kor mykje  $^{14}\text{C}$  som er igjen i forhold til  $^{12}\text{C}$ , og får slik ein alder i  $^{14}\text{C}$ -år (Andersen, 2000).

No har dette vist seg for at ein ikkje kan anta konstant forhold mellom dei to isotopane, og dette er dokumentert ved å telle årringar i tre og årlag i innsjøsediment og iskjerner. Forholdet mellom  $^{12}\text{C}$  og  $^{14}\text{C}$  har gått ned, noko som

gjev at  $^{14}\text{C}$ -datering gjev for låge tal i forhold til kalibrerte BP<sup>23</sup> (Andersen, 2000). Og prøver som blir datert etter 1945 vil gje negativ alder på grunn av bruk av kjernefysiske våpen (Spjeldnæs, 2014).

Ein må difor lese av alder før notid på ei kalibreringskurve viss ein skal samanlikne tidsrekninga vår med  $^{14}\text{C}$  alder (Andersen, 2000). Vedlegg 3 "Tabelldata og kalibreringskurve for  $^{14}\text{C}$ -kalibrering" viser ei slik kalibreringskurve, som her er utforma av forfattar ved hjelp av data funne i Andersen (2000) og Reimer et al. (2004).

Kalibreringskurva er ikkje like lineær som samanlikningskurva, og dette gjenspeilar at forholdet mellom  $^{12}\text{C}$  og  $^{14}\text{C}$  går opp og ned. Det fins ingen standardmodell for korleis ei kalibreringskurve skal teiknast og lesast (Andersen, 2000), so vedlegg 3 er ei personleg toking av data. I denne oppgåva vil ikkje dateringsresultata gå over alder frå siste istid, so kalibreringskurve er teikna ut frå denne antakinga.

EPOKE/ SERIE	$^{14}\text{C}$ ÅR FØR NÅTID	ÅR FØR NÅTID	KRON/ KRONOSONE
HOLOCEN		2000	SUBATLANTIKUM
	2500		
		4000	SUBBOREAL
	5000		
		6000	ATLANTIKUM
	8000		
	9000	10000	BOREAL
			PREBOREAL
PLEISTO-	10000		YNGRE DRYAS

© Norsk Geologisk Forening "Landet blir til - Norges geologi"

**Figur 56:** Inndelinga av dei siste 11 700 år – tidsepoken Holocen (Vorren et al., 2013).

<sup>23</sup> BP = Before Present.

## 6.7 Tiltak

Det fins ulike tiltak som kan gjevast for å sikre ustabile skråningar:

- **Drenering** – God drenering og riktig dimensjonering av rør og grøfter hindrar poretrykket i å bygge seg opp i lausmassane. Det er også viktig å passe på at vatn ikkje samlar seg opp i dammar. Får ein dambrot dreg vatnet ofte med seg lausmassar og vegetasjon vidare nedover (*Bromhead et al., 2012*).
- **Endre topografi** – Flytte, tilføre eller fjerne massar slik at området blir stabilt. Det er viktig å bruke riktige fyllmassar om ein skal stabilisere lausmassar mot å rase ut. Ein kan for eksempel bruke knust grus, stein eller blokk utan finstoff til å demme opp og stabilisere. Det har mykje å sei for skjærstyrken i fyllmassane at materialet er kanta og ikkje avrunda, då runde partiklar og finstoff gjevne blir flytta av rennande vatn. Kanta fraksjonar vil være meir motstandsdyktige mot erosjon, i tillegg til at det blir gode porerom for drenering når nedbøren kjem. Det er også viktig å passe på at omkringliggende massar ikkje blir ustabile av topografiendringane. Ein kan også endre topografien til å lede skredmassane vekk frå bustadar og infrastruktur, eller redusere hellingsvinkelen i skråningar (*Bromhead et al., 2012*).
- **Konstruksjonar** – Det fins to typar konstruksjonar; aktive eller passive. Dei aktive konstruksjonane er laga for å styre skredet eller ta i mot lausmassane som kjem, medan dei passive er meint som stabiliserande som skal hindre massar i å skli ut (*Bromhead et al., 2012*). Som for eksempel ein ledevoll.
- **Etablering av skog** – Spesielt gjeld dette tre som syg opp vatn som elles ville auka poretrykket<sup>24</sup> i jordsmonnet. Rotsystemet vil også å ha ein stabiliserande effekt fordi røtene bind jorda saman og aukar kohesjonen i jordprofilen, samtidig som permeabiliteten blir betre. Både avtakande kohesjon og aukande poretrykk reduserar stabiliteten i ei lausmasseskråning. Men planterøtene gjev også at jordsmonnet blir meir porøst, so i veldig bratt terreng må ein passe på at vegetasjonen ikkje gjev massane meir ustabil. Plantar kan også føre til

---

<sup>24</sup> Poretrykk er oppbygging av trykk i holrom i undergrunnen – typisk væske- og gasstrykk.

frostsprenging i fjellparti og rotvelte, som begge kan vær utløysande faktorar for jordskred (*Sandersen, 1988 og Bromhead et al., 2012*).

Geotekniske metodar er og ein sikringmetode, men det er ikkje so vanleg. Injisering av betongmassar, bruk av elektro-osmose<sup>25</sup> eller varmebehandling av jordsmonnet for å forbetre grunnstyrken (*Bromhead et al., 2012*).

Sikringstiltak er ikkje alltid like lett å få til i ulent terreng, og er ofte kostbart, men når det kjem til menneskeliv og økonomiske tap som følgje av bygningsskadar er dyre og kompliserte sikringstiltak einaste mulege løysing (*Bromhead et al., 2012*).

---

<sup>25</sup> Elektro-osmose er når ei elektrisk kraft tvingar ei væske igjennom eit porøst stoff ved hjelp av elektrisk ladding slik at ein får ein væskestraum (*Holtebekk, 2009*).

## 7 Kort om lovverk

$$\text{Risiko} = \text{Sannsyn} \cdot \text{Konsekvens} \quad (7)$$

Det er stort sett denne (7) formelen dagens politikarar vil ein skal jobbe utifrå når ein skal kartlegge risiko. Politikken styrer lovverket, og sei dermed også kva som er tolerabel skredrisiko. Ved å gjeve vurderingar om til tal er det lettare å setje grenser på kva som er akseptabelt og ikkje. I praksis vektlegg ein store og sjeldne skredulykker meir ressursar ein mange mindre. Friluftspersonar som fjellklatrarar og skigåarar er også meir villeg til høgare skredrisiko ein bustadeigarar (Lied, 2014<sub>a</sub>).

Under er det lista opp nokre lover og forskrifter som skal ivareta sikkerheit i forhold til ulike skredulykker (Lied, 2014<sub>a</sub>):

- **Plan og bygningslova**

- §11-8 – Hensynssoner.

- §28-1 – Byggegrunn og miljøforhold.

- **Byggteknisk forskrift TEK 10**

- Kapittel 7 – Sikkerheit mot naturpåkjenningar.

- **Arbeidsmiljølova**

- §3 – Helse, miljø og sikkerheit (HMS) på arbeidsplassen.

- **Politolova**

- §27 – Ulykkes- og katastrofesituasjonar.

- **Taubanelova**

- Forskrift om bygging og drift av taubaner og kabelbaner.

- **Lov om kontroll med produkt og forbrukstenestar**

- ”Den som eier eller leder virksomhet som tilbyr forbrukertjenester, eller utfører arbeid i slik virksomhet, skal vise aktsomhet og treffe rimelige tiltak for å forebygge at forbrukertjenesten medfører helseskade.” (Lied, 2014<sub>a</sub>, s.231).

I tillegg har Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) det statlege ansvaret for å førebygge skredulykker, og dei har eiga beredskapslinje<sup>26</sup> som kan ringjast døgnet rundt ved alvorlege skredhendingar (*Jordskredvarsling, 2013; Lied, 2014<sub>a</sub>*). I år publiserte NVE to nye vegleiarar i tillegg til reviderte retningslinjer til hjelp for vurdering av skredfare i planleggingsarbeid: 2-2011 "*Flaum- og skredfare i arealplanar*" (reviderte retningslinjer), 7-2014 "*Sikkerhet mot kvikkleireskred*" og 8-2014 "*Sikkerhet mot skred i bratt terreng*".

Når det gjeld tidlegare rettsdommar sei dei at kommunane har ansvaret for at bygningar blir sett opp i samhøve med sikkerheitskrava i byggeforskrifta (*Lied, 2014<sub>a</sub>*).

---

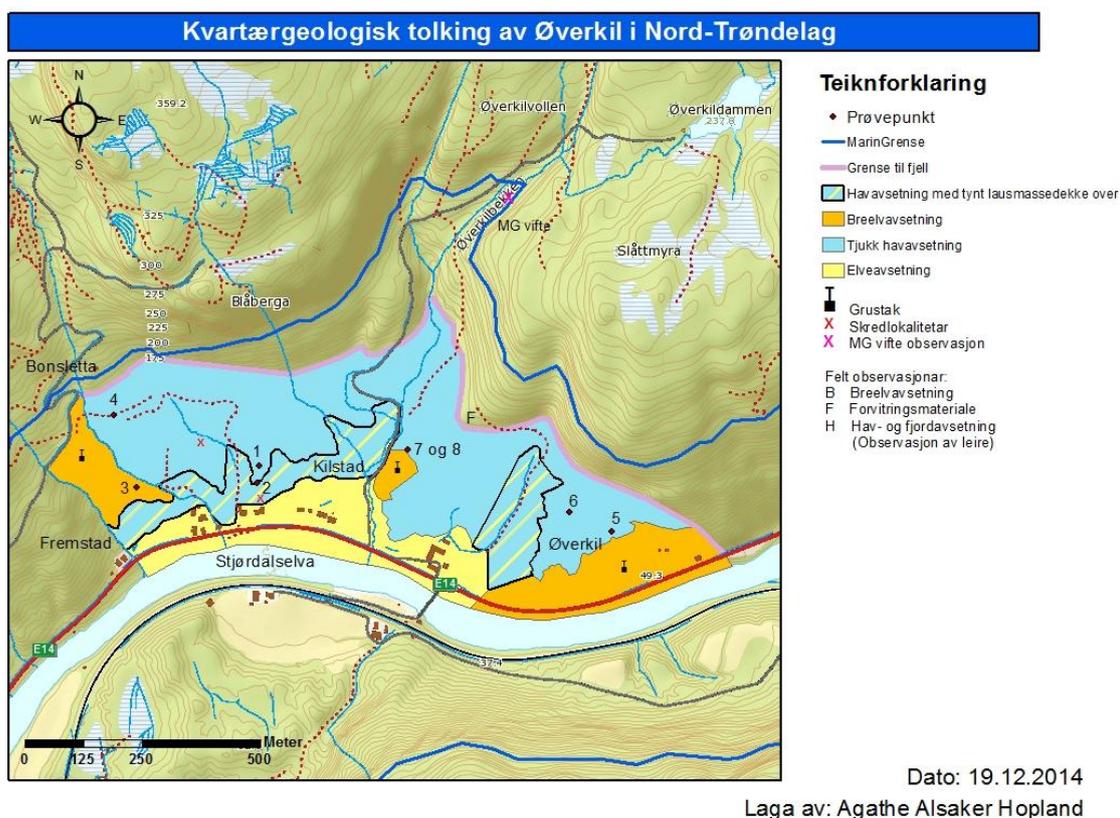
<sup>26</sup> NVE sin beredskapstelefon: 22 95 93 60 eller 90 99 22 31 (*Jordskredvarsling, 2013*).

## 8 Resultat

Presentasjon av resultata frå kartlegging, laboratorietesting og  $^{14}\text{C}$ -datering.

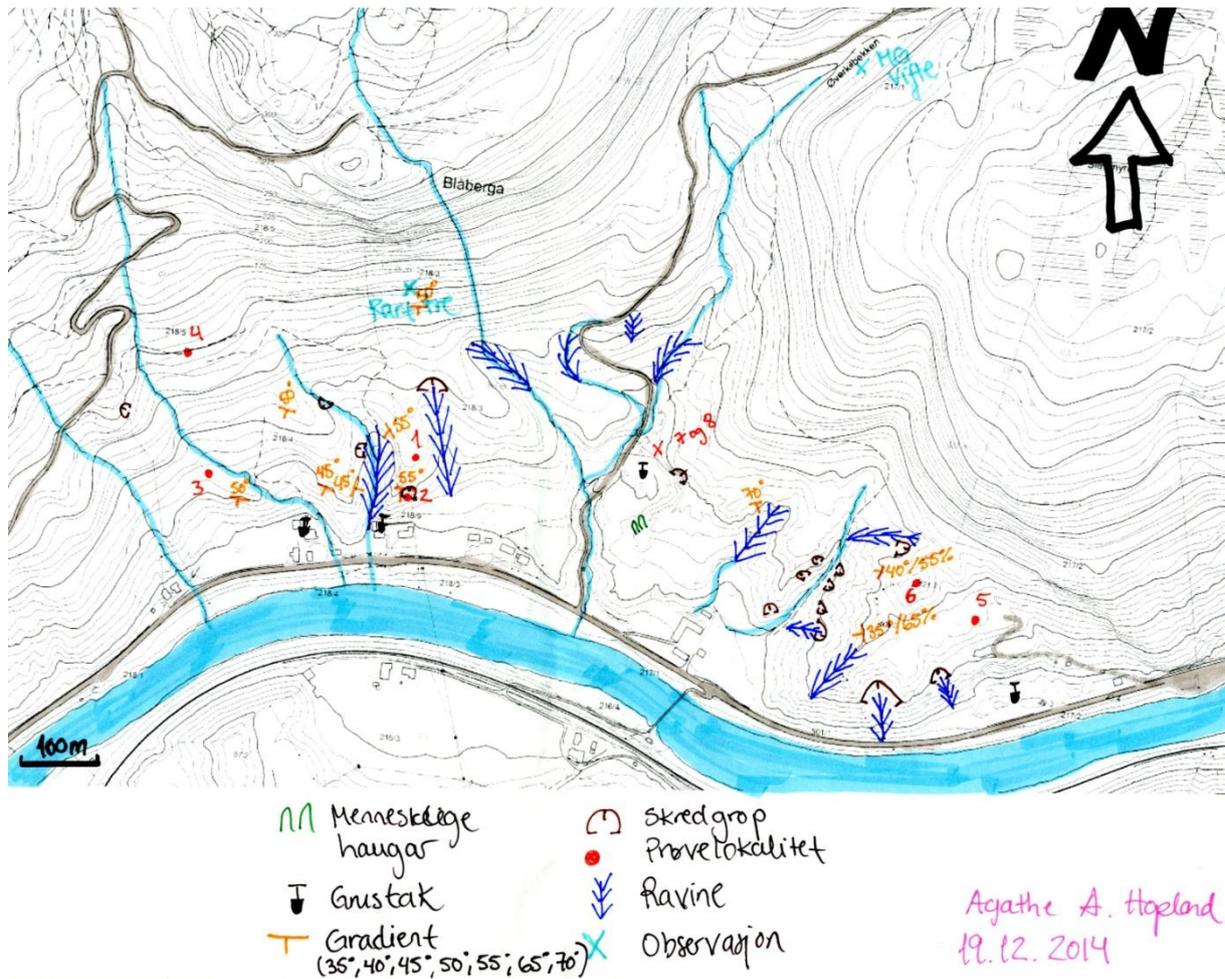
### 8.1 Kartlegginga

Figur 57: viser forfattaren si kvartergeologiske tolking av masterområdet på Øverkil. Kartet er utarbeida etter samråd med Terje Harald Bargel (NVE) og Harald Sveian (NGU). Kartlegg ligg også ved som vedlegg 2.



**Figur 57:** Underteikna si tolking av kvartærgeologien på masterområdet på Øverkil (Agathe Alsaker Hopland).

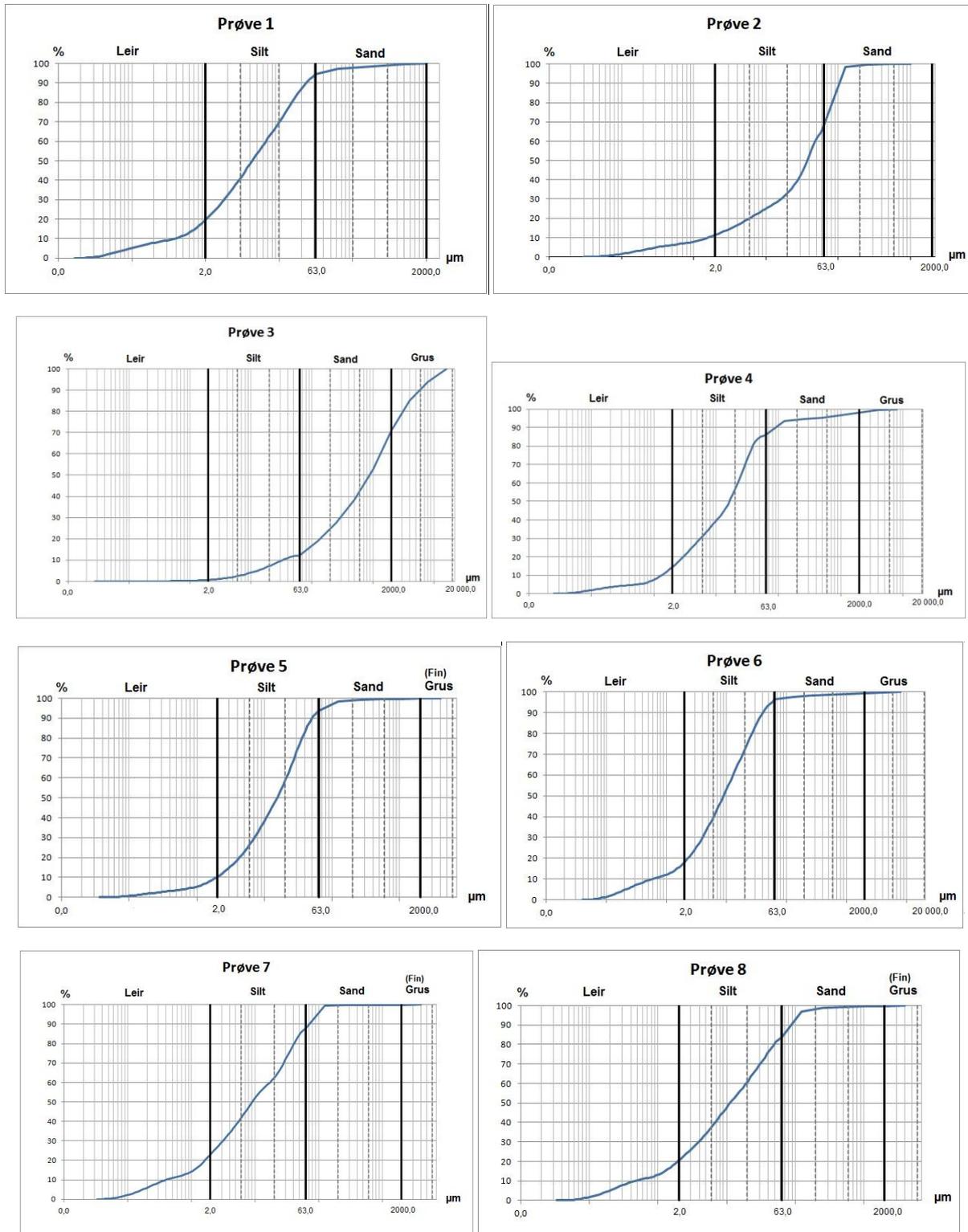
Figur 58: viser ei handlaga skisse av observasjonar gjort i felt. Det er blant anna registrert ei MG vifte ganske nøyaktig der NGU har kartlagt den marine grensa for området.



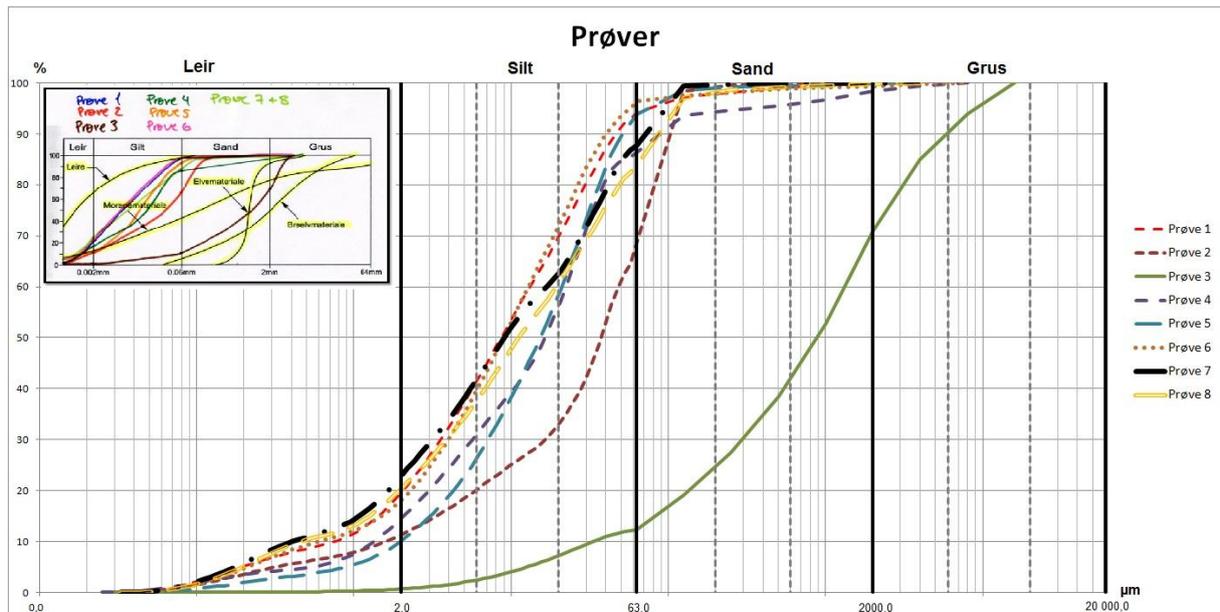
Figur 58: Handlaga skisse av observasjonar i felt (Agathe Alsaker Hopland).

## Laboratoriearbeidet

Alle kornfordelingskurvene er vist under. Disse ligg også ved som vedlegg 6 i større format.



Figur 59: Kornfordelingskurver frå laboratoriet (Agathe Alsaker Hopland).



Figur 60: Samanlikning av kornfordelingskurver (Agathe Alsaker Hopland).

## 8.2 Datering

Datering på blåskjela frå NTNU blei på  $10\,270 \pm 80$  BP. Her er det viktig å presisere at dette berre er foreløpige resultat som ikkje kan siterast vidare utan samtykke frå forfattar.

Dei kvite skjella innsendt til NTNU laboratoriet blei ikkje ferdige i tide til innleveringsfristen av oppgåva.

Dateringsresultata frå Uppsala ligg vedlagt i vedlegg 7. Desse seier  $10\,083 \pm 62$  BP, so dei to resultatata stemmer ganske godt overens.

Ingen av dei er korrigert for reservoaralder.

## 9 Diskusjon

### 9.1 Skredhendingane i mars 2012

I vedlegg 4 "Klimadata for Stjørdalen februar-mars 2012" ser ein at målestasjonen på Østås i Hegra har målt nesten 65 mm nedbør på eit døgn mellom dei to skreda. Dette er ekstremt mykje nedbør, og i byrjinga av februar kjem det også ein mildvêrsperiode som strekk seg inn i mai månad. Dei auka temperaturane smeltar snø og tele, og aukar dermed vassmettinga i jordsmonnet slik at topplaget blir ustabilt på grunn av alt vatnet. Høgare vassføring vil også byrje å erodere sidekantar i elvar og bekkar, og auke dermed skredfaren ytterligare.

#### 9.1.1 Stuggubakken skredet

I intervju hos Ingrid 12.10.2014 kjem det fram at det har stått eit stort grantre på toppen av bakken like ovanfor der skredet lausna. Dette blei hogge ned for kanskje 15-20 år sidan. Forfattaren har hatt ei hypotese om at det tek ei tid mellom 10-20 år før trerøter byrjar å miste stabilitetsevna i skråningar etter hogst. I følgje Olivia et al. (2008) er ca. 35 % av ubehandla trestubbar rotne etter 15 år, noko som kan tyde på at denne hypotesen kan stemme. Hogsten av dette grantreet kan difor ha hatt ein stor innverknad på utløysinga av Stuggubakken skredet. Leir-Arvid Fremstad bekreftar i intervju 16.10.2014 at stubben til grantreet forsvann med skredmassane ned skråninga.

Skredet skjedde på grunn av fjerning av skog og forvittra topplag. Laget under topplaget fungerte som eit glideplan når all nedbøren kom, i tillegg til at helinga ned mot huset er ca. 55°.

#### Forslag til tiltak på Stuggubakken:

- Plante for å drenere ut vatn.
- Drenering ved hjelp av grusgrøfter.
- Sette opp mur/voll for å støtte opp massane.

### 9.1.2 Sandstad skredet

Ut frå bildet i Figur 46: går det ganske klart fram at det har gått leirskred i bekken som demma opp vatnet og førte til dambrot. Dette er ei skummel ravine som bør sikrast skikkeleg sidan huset til Bonslet ligg so nært utløpsområdet. I tillegg vil E14 være utsett for jordskred i nedbørsperiodar. Her vil det ganske sannsynleg kome fleire jordskred.

#### Forslag til tiltak på Sandstad:

- Bekk reinskast skikkeleg for vegetasjon som saman med finstoff kan demme opp.
- Ideelt sett burde ein lagt filterduk i sidene av bekken.
- Sikre sidekantane av bekken med kanta steinmassar mot erosjon.
- Lage skikkelige ledevollar/kantar i sidene på bekken forbi huset for å hindre vatnet i å renne mot huset.
- Følgje ekstra god med i nedbørsperiodar.

## 9.2 Kartlegging

Ein tabell i Reite (1986) har sett opp denne tidslinja for isavsmeltinga i Stjørdalen:

12 000-11 000 BP – *Allerød*. Isbreen kalvar opp til Stjørdalen og Frosta på grunn av mildare klima.

11 000-10 000 BP – *Yngre Dryas*. Det blir kaldare, og breen veks fram til Midtsand, so til Hegra.

10 000 BP – Bjørk og furu dominerar på grunn av rask forbetring i klimaet.

Gitt dateringsresultata vil dette gje ein alder som plasserar blåskjela og isfritt Øverkil i Yngre Dryas. Sidan Vukutrinnet er ca. 150 år eldre vil det stemme ganske bra med ei hypotese om at grustaka på Øverkil er avsett med grove massar nedst som blir finare og finare lenger opp dess lenger isbreen trekk seg tilbake.

Kvartærkartet er forfattaren si eiga tolking i samråd med innspel på Bargel og Sveian. Men basert på kornfordelingskurver synes det å stemme ganske bra med avsetningstypene. Dei prøvene som skil seg mest ut er prøve 2 og 3. Prøve 3 ligg

i breelvavsetning medan prøve 2 ligg i eit blandingsområde mellom havavsetning og elveavsetning. Det er uansett ingen tvil om at analysane viser finkornig materiale på dei aller fleste prøvelokalitetane.



## 10 Konklusjon

Ut frå det som går fram av data og teori i denne oppgåva kjem det ganske klart fram at temperatur har innverknad på nedbør, som igjen har innverknad på lausmasseskred. Vatn heilt klart er ein av dei største utløysande faktorane i skred, og dette vil sei at den ekstreme nedbøren som kom i februar, mars og april i 2012 er årsaka til dei to skredhendingane på Øverkil. I tillegg er sjølvsgatt helling, lausmassetjukkleik, lausmasstype og lausmassefordeling ein faktor. Store nedbørsmengder gjev at lausmassar kjem i ubalanse når jordsmonnet er vassmetta, og viss området i tillegg har redusert vegetasjon vil dette være med på å gjev skråningar endå meir ustabile.

Klimaet er i endring. For Noregs del vil klimaendringane innebere høgare gjennomsnittstemperaturar, meir nedbør, meir ekstremvêr og auka havnivå. Kommunane må tilpasse arealbruken til desse endringane. Jordskred påfører samfunnet store økonomiske kostnader kvart år. Ekstremnedbør vil kome oftare, og samfunnet treng ressursar og kunnskap for å handtere dette. På grunn av folkevekst og meir infrastruktur er Noreg også blir meir sårbar for jordskredhendingar.

Talet på skred i framtida vil auke på grunn av auken i temperatur og nedbør. Det vil bli meir flaum, som igjen vil auke presset på avløpsnetta, og dei samfunnsmessige utfordringane ved dette er mange. Ein vil trenge fleire som står til rådighet når det gjeld både sikring, varsling, handtering og tiltak av skredhendingar, og samfunnet vil oppleve fleire stengte vegar og fleire straumbrot for å nemne noko. I følgje GeoExtreme ([www.geoextreme.no](http://www.geoextreme.no)), som var eit forskingsprosjekt (2005-2008) som skulle sjå på blant anna samanhengen mellom klima og skred i Noreg og utviklinga fram mot 2050, vil mest trulig snøskredfrekvensen auke i Midt-Norge, jordskredfrekvensen auke frå Trøndelag og nordover, og Sør-Norge få meir ekstremvêr.

Det fins framleis ikkje noko fasitsvar på korleis ein skal spa framtidige klimaendringar eller skredhendingar, og samanhengen mellom desse blir framleis studert og forska på. Statistisk dokumentering av jordskred er framleis nødvendig i større mengder for å kunne oppdage endringsmønster som kan forbetre varsling og handtering av skredfare. Men eit problem i denne samanhengen er at ein

manglar dokumentering på eldre skredhendingar. Dette fører til at kunnskapen om korleis skredhistorikken har utvikla seg frå eldre tider ikkje er like god som kunnskapen menneska har skaffa seg på klimafronten. Kunnskapsmangelen er størst i u-land og områder med permafrost (*Huggel et al., 2012*).

### **10.1 Forslag til vidare arbeid**

- Sikre bekken forbi Sandstad skikkelig.
- Internasjonalt klassifiseringssystem for lausmasseskred. Ulike språk har ulik terminologi, noko som er forvirrande.
- Kartlegge drenering og nedbørsfelt opp mot skredfare som truar busetnad.
- Undersøke dateringsresultata nærmare.
- Detaljkartlegge grustaka på Øverkil, og sjå om det er nokon samanheng men topografien og *Bonslet-skuren*.

## 11 Takk til bidragsytarar

Guro Skogen Grøndalen

Mari Helen Riise

Irene Bragstad

Roar Morten Gartland

Torbjørn Auglænd Vilhelmsen

Allan Krill

Ingrid J.R. og Per-Inge R.

Inger & Odd Bonslet

Leif-Arvid & Hege Fremstad

Leif-Anders Fremstad

Marie Nadeau og Kristin Foosnæs

Göran Possnert og Elisabet Pettersson

Torkild Bakken

Astor Furseth

Gunnar Kyllø (Gamal skredhistorikk)

Stjørdal bibliotek

Teknologibiblioteket

Instituttet for geoteknikk og bergmekanikk



## 12 Referansar

- Alfsen, K. H., Hessen, D. O. og Jansen, E. (2013) *Klimaendringer i Noreg*. Oslo: Universitetsforlaget. ISBN: 978-82-15-02158-4.
- Andersen, B. G. (2000) *Istider i Noreg*. Oslo: Universitetsforlaget. ISBN: 82-00-45134-8.
- Bargel, T. H., Fergus, Å. T., Devoli, G., Orvedal, K., Peereboom, I., Øydvin, E. K. ... Eilertsen, R. (2011) *Delrapport jordskred og flaumskred*. Oslo: Noregs vassdrags- og energidirektorat (Rapport 16 2011). ISBN: 978-82-410-0757-6.
- Bargel, T. H. og Kvalvik, Y. S. (2013) *Skredhendelser i Trøndelag og på Nord-Møre mars/april 2012*. Oslo: Noregs vassdrags- og energidirektorat (Rapport 68 2013). ISBN: 978-82-410-0938-9.
- Benestad, R. E. (2013) 'Association between trends in daily rainfall percentiles and the global mean temperature', *Journal of geophysical research: Atmospheres*, volum 118, side 1-9. [Online] DOI:10.1002/jgrd.50814 (Henta: 5. november 2014).
- Brace, W. F., Paulding Jr., B. W. og Scholz, C. (1966) 'Dilatancy in the Fracture of Crystalline Rocks', *Journal of Geophysical Research*, volum 71 (nr. 16), side 3939-3953.
- Brattli, B. (2009) *Fysisk og kjemisk hydrogeologi*. 3. utgåve. Trondheim: Institutt for geologi og bergteknikk, Noregs Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). (Ikkje publisert)
- Brattli, B. (2014) *Ingeniørgeologi løsmasse*. 1. utgåve. Trondheim: Institutt for geologi og bergteknikk, Noregs Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). (Ikkje publisert)
- Bromhead, E. N., Hosseyni, S. og Torri, N. (2012) 'Soil slope stabilization' i Clague, J. J. og Stead, D. (red.) *Landslides – Types, mechanisms and modeling*. New York, USA: Cambridge University press, side 252-266. ISBN: 978-1-107-00206-7.
- Bruun, M., Gaukstad, E., Haveraaen, E., Høglo, J. M., Iversen, I., Kristiansen, B. ... Østebrot, A. (1994) *Verdifulle kulturlandskap i Noreg*. Trondheim: Det sentrale utvalget for nasjonal registrering av verdifulle kulturlandskap (TN-nr. 616). ISBN: 82-7072-138-7.
- Bryhni, I. (2009) *Kaledonske fjellkjede*. Tilgjengeleg frå: [https://snl.no/Kaledonske\\_fjellkjede](https://snl.no/Kaledonske_fjellkjede) (Henta: 11. desember 2014).

- Bryhni, I. (2010) *Leirbergarter*. Tilgjengeleg på: <https://snl.no/leirbergarter> (Henta: 4. desember 2014).
- Bryhni, I. og Olerud, K. (2014) *Klimagasser*. Tilgjengeleg på: <https://snl.no/klimagasser> (Henta: 11. desember 2014).
- Caine, N. (1980) 'The rainfall intensity - Duration control of shallow landslides and debris flows', *Geografiska Annaler*, 62 A (1-2), side 23-27. [Online] DOI: 10.2307/520449 (Henta: 14. desember 2014).
- Carstens, H. (2014) *Jord- og flaumskred rammer hardt*. Tilgjengeleg frå: [www.geo365.no/geofarer/jord-og-flaumskred-rammer-hardt-2/](http://www.geo365.no/geofarer/jord-og-flaumskred-rammer-hardt-2/) (Henta: 16. desember 2014).
- Chatwin, S. C., Howes, D. E., Schwab, J. W. og Swanston, D. N. (1994) *A Guide for Management of Landslide-Prone Terrain in the Pacific Northwest*. British Columbia, Canada: The Research Branch, Ministry of Forests (Land management handbook nr.18). ISSN: 0229-1622.
- Clague, J. J. og Roberts, N. J. (2012) 'Landslide hazard and risk' i Clague, J. J. og Stead, D. (red.) *Landslides – Types, mechanisms and modeling*. New York, USA: Cambridge University press, side 1-9. ISBN: 978-1-107-00206-7.
- Corcoran, P. L., Moore, C. J. og Jazvac, K. (2014) 'An anthropogenic marker horizon in the future rock record', *The Geological Society of America*, volum 24 (nr. 6), side 4-8. [Online] DOI: 10.1130/GSAT-G198A.1 (Henta: 30. oktober 2014).
- Dahle, H., Anda, E., Saintot, A. og Sætre, S. (2008) *Faren for fjellskred fra fjellet Mannen i Romsdalen*. Trondheim: Norges Geologiske Undersøkelse (Rapport nr. 2008:087). ISSN: 0800-3416.
- Dahlman, L. (2014) *Climate Change: Global Temperature*. Tilgjengeleg frå: <http://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature> (Henta: 11. november 2014).
- Dannevig, P. (2009) *Nord-Trøndelag - Klima*. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/Nord-Trøndelag%2Fklima> (Henta: 11. desember 2013).
- Dingman, S. L. (2008) *Physical Hydrology*. 2. utgåve. Illinois, USA: Waveland Press. ISBN: 978-1-57766-561-8.

- Domaas, U. og Grimstad, E. (2014) 'Fjell- og steinskred', i Høeg, K., Karlsrud, K. og Lied, K. (red.) *Skred - Skredfare og sikringstiltak*. Oslo: Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Universitetsforlaget, side 45-76. ISBN: 978-82-15-02391-5.
- Earth System Research Laboratory (2014) *Trends in atmospheric carbon dioxide*. Tilgjengeleg frå: [www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html) (Henta: 11. november 2014).
- eKlima (2013) Tilgjengeleg frå: [http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL) (Henta: 27. november 2013).
- Fagernes, A. B. (2012) *Evakuerer etter jordras*. Tilgjengeleg frå: <http://www.adressa.no/nyheter/nordtrondelag/article1788952.ece> (Henta: 19. desember 2014).
- Fairbridge, R. W. og Oliver, J. E. (1987) 'Ferrel cell', *Encyclopedia of Earth Science Climatology 1987*, side 457 [Online] DOI: 10.1007/0-387-30749-4\_75 (Henta: 11. desember 2014).
- Fell, R., Stapledon, D. og MacGregor, P. (2012) 'Landslides and geologic environments' i Clague, J. J. og Stead, D. (red.) *Landslides – Types, mechanisms and modeling*. New York, USA: Cambridge University press, side 134-143. ISBN: 978-1-107-00206-7.
- Fetter Jr., C. W. (2001) *Applied Hydrogeology*. 4. utgåve. New Jersey, USA: Prentice-Hall. ISBN: 0-13-088239-9.
- Fetter Jr., C. W. (2014) *Applied Hydrogeology*. 4. utgåve. Harlow, England: Pearson Education Limited. ISBN: 978-1-292-02290-1.
- Fossen, H., Pedersen, R.-B., Bergh, S. og Andersen, A. (2013) 'En fjellkjede blir til', i Ramberg, I. B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. og Rangned, K. (red.) *Landet blir til*. 2. utgåve. Trondheim: Noregs Geologiske Foreining, side 180-233. ISBN: 978-82-92-39483-0.
- Gartland, R. (2013) *Tiltak i vassdrag. 10896 – Rassikring ved bekk – på eiendommen Fremstad – Gbnr: 218/4 – Stjørdal kommune*. Trondheim: Norges vassdrags- og energidirektorat.

- Generasjon* (2010) Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/generasjon%2Fmenneskealder> (Henta: 18. desember 2014).
- GeoExtreme* (Ingen dato) Tilgjengeleg frå: <http://www.ngu.no/no/tm/Om-NGU/Prosjekter/GeoExtreme/> (Henta: 15. desember 2014).
- Gowdy, J. og Krall, L. (2013) 'The ultrasocial origin of the Anthropocene', *Ecological Economics*, volum 95, side 137-147. [Online] DOI:10.1016/j.ecolecon.2013.08.006 (Henta: 4. november 2014).
- Gregersen, O. (2014) 'Leirskred', i Høeg, K., Karlsrud, K. og Lied, K. (red.) *Skred - Skredfare og sikringstiltak*. Oslo: Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Universitetsforlaget, side 95-122. ISBN: 978-82-15-02391-5.
- Grenne, T. og Sveian, H. (2003) *Berggrunnsgeologi, kvartærgeologi og mineralressurser i den planlagte nasjonalparken for Sylane og Hyllingsdalen*. Trondheim: Norges Geologiske Undersøkelse (Rapport 2003.034). ISSN: 0800-3416.
- Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M. og Stark, C. P. (2007) 'Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe', *Meteorology and Atmospheric Physics*, volum 98, side 239-267. [Online] DOI 10.1007/s00703-007-0262-7 (Henta: 17. desember 2014).
- Haraldsen, H. (2009) *Jernsulfider*. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/jernsulfider> (Henta: 14. desember 2014).
- Harstveit, K. E. (2009) *Kontinentalt klima*. Tilgjengeleg frå: [https://snl.no/kontinentalt\\_klima](https://snl.no/kontinentalt_klima) (Henta: 5. november 2014).
- Highland, L. og Johnson, M. (2004) *Landslide Types and Processes*. USA: U.S. Geological Survey (Fact Sheet 2004-3072).
- Hopland, A. A. (2013) *Jordskred og erosjon i Stjørdalen i Nord-Trøndelag i mars og april 2012*. Prosjektoppgåve. Institutt for geologi og bergteknikk, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Noregs Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim. (Ikkje publisert)
- Hovd, A. (2011) *Vegens lokalisering og vegetetikk*. Notat for faget TBA4201 Veg og miljø. Institutt for bygg, anlegg og transport, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Noregs Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim. (Ikkje publisert)

- Huggel, C., Khabarov, N., Korup, O. og Obersteiner, M. (2012) 'Physical impacts of climate change on landslide occurrence and related adaptation' i Clague, J. J. og Stead, D. (red.) *Landslides – Types, mechanisms and modeling*. New York, USA: Cambridge University press, side 121-133. ISBN: 978-1-107-00206-7.
- Høeg, K. (2014) 'Skredmekanismer og stabilitetsberegninger', i Høeg, K., Karlsrud, K. og Lied, K. (red.) *Skred - Skredfare og sikringstiltak*. Oslo: Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Universitetsforlaget, side 139-164. ISBN: 978-82-15-02391-5.
- Høeg, K., Karlsrud, K. og Lied, K. (2014) *Skred - Skredfare og sikringstiltak*. Oslo: Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Universitetsforlaget. ISBN: 978-82-15-02391-5.
- International Panel for Climate Change (IPCC) (2013) 'Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change', i Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., ... Midgley, P. M. (red.) *Fifth Assessment Report (AR5)*. New York, USA: Cambridge University Press. ISBN: 978-1-107-05799-1.
- Jaedicke, C., Solheim, A., Blikra, L. H., Stalsberg, K., Sorteberg, A., Aaheim, A., Kronholm, K., Vikhammar-Schuler, D., Isaksen, K., Sletten, K., Kristensen, K., Barstad, I., Melchiorre, C., Høydal, Ø. A. og Mestl, H. (2008) 'Spatial and temporal variations of Norwegian geohazards in a changing climate, the GeoExtreme Project', *Natural Hazards and Earth System Sciences*, volum 8, side 893-904. [Online] DOI: 10.5194/nhess-8-893-2008 (Henta: 15. Desember 2014).
- Jakob, M. (2005) 'Debris/flow hazard analysis', i Jakob, M. og Hungr, O. (red.) *Debris-flow Hazards and Related Phenomena*. Berlin, Tyskland: Springer, side 411-443.
- Jordskredvarsling* (2013) Tilgjengeleg frå: <http://www.nve.no/no/Flaum-og-skred/Jordskredvarsling/> (Henta: 16. desember 2014).
- Klines, C. og Wangen, J. S. (2012) *Hundegård ble knust til pinneved*. Tilgjengeleg frå: (Henta 19. desember 2014).
- Kristensen, V. (2011) *Dunbjørk - Betula pubescens*. Tilgjengeleg frå: [www.reiersol.no/produkter/lauvtr%E6r/dunbj%F8rk](http://www.reiersol.no/produkter/lauvtr%E6r/dunbj%F8rk) (Henta: 13. desember 2014).
- Kronholm, K. og Stalsberg, K. (2009) 'Klimaendringer gir endringer i skredhyppigheten', *Klima*, volum 3-2009, side 34-36.

- L'Heureux, J.-S. (2013) *Vurdering av kartleggingsgrunnlaget for kvikkleire i strandsonen*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat (Rapport 26 2013)
- Lateltin, O., Haemmig, C., Raetzo, H. og Bonnard, C. (2005) 'Landslide risk management in Switzerland', *Landslides*, volum 2 (nr. 4), side 313-320. [Online] DOI: 10.1007/s10346-005-0018-8 (Henta: 3. desember 2014).
- Lied, K. (2014<sub>a</sub>) 'Lovregler i forbindelse med skredfare', i Høeg, K., Karlsrud, K. og Lied, K. (red.) *Skred - Skredfare og sikringstiltak*. Oslo: Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Universitetsforlaget, side 277-232. ISBN: 978-82-15-02391-5.
- Lied, K. (2014<sub>b</sub>) 'Innledning og historikk', i Høeg, K., Karlsrud, K. og Lied, K. (red.) *Skred - Skredfare og sikringstiltak*. Oslo: Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Universitetsforlaget, side 1-12. ISBN: 978-82-15-02391-5.
- Lygre, E. T. (2014) *37000 registrerte skred: Dette er Norges 5 farligste veier*. Tilgjengeleg frå: <http://www.tu.no/samferdsel/2014/12/14/37000-registrerte-skred-dette-er-norges-5-farligste-veier> (Henta: 19. desember 2014).
- Låg, J. (1979) *Berggrunn, jord og jordsmonn*. Otta: Landbruksforlaget. ISBN: 82-529-0364-9.
- Marshak, S. (2008) *Earth – Portrait of a Planet*. 3. utgåve. New York, USA og London, England: W. W. Norton & Company. ISBN: 978-0-393-93-036-8.
- Meteorologisk institutt (Ingen dato<sub>a</sub>) *Klimaet i Noreg*. Tilgjengeleg frå: [http://met.no/Klima/Natidsklima/Klima\\_i\\_Norge/](http://met.no/Klima/Natidsklima/Klima_i_Norge/) (Henta: 29. november 2013).
- Meteorologisk institutt (Ingen dato<sub>b</sub>) *Klimanormaler og ekstremmer*. Tilgjengeleg frå: <http://met.no/Klima/Klimastatistikk/Klimanormaler/> (Henta 11. november 2014).
- Meteorologisk institutt (2013) *Norgesrekorder*. Tilgjengeleg frå: <http://www.yr.no/sted/Noreg/rekorder.html?visaar=1#varmerekord> (Henta: 05. november 2014).
- Miljødirektoratet (2013) *Temperatur- og nedbørendringer 2050 og 2100*. Tilgjengeleg frå: [http://www.miljodirektoratet.no/no/Klimatilpasning\\_Norge/Temperatur--og-nedborendringer-2050-og-2100/](http://www.miljodirektoratet.no/no/Klimatilpasning_Norge/Temperatur--og-nedborendringer-2050-og-2100/) (Henta 09. november 2014).
- Miljøverndepartementet (2010) *Tilpassing til eit klima i endring*. Oslo: Servicesenteret for departementa (NOU 2010: 10). ISBN: 978-82-583-1065-2.

- Morgan, R. P. C. og Rickson, R. J. (1995) *Slope Stabilization and Erosion Control – A Bioengineering Approach*. 1. utgåve. London, Storbritannia: Chapman & Hall. ISBN: 0-419-15630-5.
- Neset, T.-S., Linner, B.-O., Glaas, E., Navarra, C., Johansson, J., Opach, T. ... Goodsite, M. (2013) *In Hac Vita: Increasing Nordic Homeowners' Adaptive Capacity to Climate Change*. Linköping, Sverige: Centre for Climate Science and Policy Research, The Tema Institute, Linköping University (CSPR Briefing No 10 2013).
- NGI (Ingen dato) *Fire typer løsmasseskred*. Tilgjengeleg frå: <http://ngi.no/no/Utvalgte-tema/Skred-og-skredfare/Skredkategorier/Fire-typer-losmasseskred/> (Henta: 18. desember 2014).
- NGU (2014<sub>a</sub>) *Nasjonal løsmassedatabase*. Tilgjengeleg frå: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/> (Henta: 27. november 2014).
- NGU (2014<sub>b</sub>) *Nasjonal berggrunnsdatabase*. Tilgjengeleg frå: <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/> (Henta: 27. november 2014).
- NGU (2008) Dette utløser jordskred. Tilgjengeleg frå: <http://www.ngu.no/no/hm/Geofarer/Skred/Jordskred/Dette-utloser-jordskred/> (Henta 17. desember 2014).
- Norem, H. og Sandersen, F. (2012) *Flaum- og sørpeskred*. Oslo: Vegdirektoratet (Statens vegvesen rapport nr. 73). ISSN: 1893-1162.
- Norge i 3D* (2014) Tilgjengeleg frå: <http://www.norgei3d.no/> (Henta: 16. desember 2014).
- Norge i bilder* (2014) Tilgjengeleg frå: <http://www.norgeibilder.no/?zoom=14&lat=7039031.71582&lon=614356.03711&sr=s=EPSG:32632> (Henta: 13. desember 2014).
- Norgeskart* (2014) Tilgjengeleg frå: <http://www.norgeskart.no/#10/305023/7044053> (Henta 17. desember 2014).
- Norsk klimaservicesenter (Ingen dato) Tilgjengeleg frå: [klimaservicesenter.no/korttidsnedbor-og-ekstremnedbor/](http://klimaservicesenter.no/korttidsnedbor-og-ekstremnedbor/) (Henta: 11. desember 2014).
- NVE (2013<sub>a</sub>) *Skred*. Tilgjengeleg frå: <http://www.nve.no/no/flaum-og-skred/forekartlegging/historiske-hendelser/skred/> (Henta: 15. desember 2014).

- NVE (2013<sub>b</sub>) *Jordskred og flaumskred*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat (Faktaark 2013-01).
- Nyeggen, A. og Grossberndt, S. (2012) *Rekordhøye CO2-målinger – 400 ppm-grensen er passert*. Tilgjengeleg frå: [www.nilu.no/Nyhetsarkiv/tabid/74/CategoryID/141/NewsId/277/Rekordhøye-CO2malinge---400-ppmgrensen-er-passert.aspx](http://www.nilu.no/Nyhetsarkiv/tabid/74/CategoryID/141/NewsId/277/Rekordhøye-CO2malinge---400-ppmgrensen-er-passert.aspx) (Henta: 11. november 2014).
- Olivia, J., Samils, N., Johansson, U., Bendz-Hellgren, M. og Stenlid, J. (2008) 'Urea treatment reduced *Heterobasidion annosum s.l.* root rot in *Picea abies* after 15 years', *Forest Ecology and Management*, volum 255 (2008), sider 2876–2882. [Online] DOI: 10.1016/j.foreco.2008.01.063 (Henta: 18. desember 2014).
- Osmundsen, P. T. og Redfield, T. F. (2011) 'Crustal taper and topography at passive continental margins', *Terra Nova*, volum 23 (nr. 6), side 349-361. [Online] DOI: 10.1111/j.1365-3121.2011.01014.x (Henta: 25. november 2014).
- Petkovic, G. (2013) *Klima og transport*. Oslo: Vegdirektoratet (Statens vegvesen rapport nr. 210). ISSN: 1893-1162.
- Picarelli, L., Leroueil, S., Olivares, L., Pagano, L., Tommasi, P. og Urciuoli, G. (2012) 'Groundwater in slopes' i Clague, J. J. og Stead, D. (red.) *Landslides – Types, mechanisms and modeling*. New York, USA: Cambridge University press, side 235–251. ISBN: 978-1-107-00206-7.
- Price, M. og Walsh, K. (2012) *Bergarter og mineraler*. 2. utgåve. London, Storbritannia: Cappelen Damm Faktum. ISBN: 978-82-02-37733-5.
- Raade, G. (2009) *Sericitt*. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/sericitt> (Henta: 27. november 2014).
- Ramberg, I. B., Jansen, E., Olesen, O. og Torsvik, T. H. (2013) 'Hva vil fremtiden bringe?', i Ramberg, I. B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. og Rangned, K. (red.) *Landet blir til*. 2. utgåve. Trondheim: Noregs Geologiske Foreining, side 576-607. ISBN: 978-82-92-39483-0.
- Rannka, K. (2002) *Slå rot - och väx upp*. Karlstad: Räddningsverket (Prosjektnr: 10869).
- Reitan, E. P. (2013) *Fjellkjeden har fått navn: Nordryggen*. Tilgjengeleg frå: <http://www.ngu.no/no/Aktuelt/2013/Fjellkjeden-har-fatt-navn-Nordryggen/> (Henta: 31. oktober 2014).

- Reite, A. J. (1986) *Stjørdal 1621 I – Beskrivelse til kvartærgeologisk kart – M 1:50 000 (med fargestrykt kart)*. Trondheim: Noregs geologiske undersøkelse (Skrifter 72). ISBN: 82-7385-006-4.
- Sandersen, F. (1988) *Faktorer som har betydning for utløsning og rekkevidde av flaumskred og mulige sikringsmetoder*. Oslo: Vegdirektoratet (NGI rapport 58300-8).
- Sandersen, F. (2014) 'Løsmasse- og flaumskred', i Høeg, K., Karlsrud, K. og Lied, K. (red.) *Skred - Skredfare og sikringstiltak*. Oslo: Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Universitetsforlaget, side 77-94. ISBN: 978-82-15-02391-5.
- Schanche, S. (2014) *Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat (Vegleiar 8-2014). ISSN: 1501 – 0678.
- Short, N. M. (2005) *The Remote Sensing Tutorial Section 14 Atmospheric circulation; weather systems*. Tilgjengeleg frå: [http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect14/Sect14\\_1c.html](http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect14/Sect14_1c.html) (Henta: 06. november 2014).
- Sidele, R. C. og Ochiai, H. (2006) *Landslides: Processes, Prediction, and Land Use*. Washington D. C., USA: American Geophysical Union. ISBN: 9781118665954 [online].
- Sigmond, E. M. O., Bryhni, I. og Jorde, K. (2013) *Norsk geologisk ordbok*. Trondheim: Akademika forlag. ISBN: 978-82-321-0151-1.
- Skog og landskap (Norsk institutt for skog og landskap) (2014) *Dominerende treslag*. Tilgjengeleg frå: [kilden.skogoglandskap.no/map/kilden/index.jsp?theme=JORDSMONN](http://kilden.skogoglandskap.no/map/kilden/index.jsp?theme=JORDSMONN) (Henta: 27. november 2014).
- Skogbrukets kursinstitutt (2012<sub>a</sub>) *Gran - Picea abies*. Tilgjengeleg frå: [www.skogveven.no/lex.cfm?id=237](http://www.skogveven.no/lex.cfm?id=237) (Henta: 13. desember 2014).
- Skogbrukets kursinstitutt (2012<sub>b</sub>) *Bjørk – Betula*. Tilgjengeleg frå: [www.skogveven.no/lex.cfm?id=188](http://www.skogveven.no/lex.cfm?id=188) (Henta: 13. desember 2014).
- Spjeldnæs, N. (2009) *Charles Lyell*. Tilgjengeleg frå: [https://snl.no/Charles\\_Lyell](https://snl.no/Charles_Lyell) (Henta: 25. november 2014).

- Storøy, H., Løkås, B., Gjørevoll, O., Moksnes, A., Dalen, A. og Hoem, O. (1970) *Liv og lagnad i Stjørdals bygdene – Stjørdalsboka bind 1 del 1*. Utgitt av Stjørdal og Meråker kommune.
- Sunding, P. (2014) *Hestehov*. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/hestehov> (Henta: 18. desember 2014).
- Sveian, H. (1995) *Sandsletten blir til: Stjørdal fra fjordbunn til strandsted*. Trondheim: Norges Geologiske Undersøkelse (Skrifter 117).
- Sveian, H. og Solli, A. (2008) 'Fra hav til høg fjell – landskapet', i Dahl, R., Sveian, H. og Thoresen, M. K. (red.) *Nord-Trøndelag og Fosen – Geologi og landskap*. 3. utgåve. Trondheim: Norges Geologiske Undersøkelse, side 111-130. ISBN: 82-7385-170-2.
- Takahashi, T. (2014) *Debris Flow – Mechanics, prediction and countermeasures*. 2. utgåve. Nederland: CRC Press/Balkema. ISBN: 978-1-138-00007-0.
- Thoresen, M. K. (2009) *Kvartærgeologisk kart over Noreg*. 3. utgåve. Trondheim: Noregs Geologiske Undersøkelse. ISBN: 82-7385-070-6.
- Thorsnæs, G. (2014) *Norges beliggenhet*. Tilgjengeleg frå: [https://snl.no/Norges\\_beliggenhet](https://snl.no/Norges_beliggenhet) (Henta: 11. desember 2014).
- Thuesen, N. P. (2014) *Canada*. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/Canada> (Henta: 31. oktober 2014).
- Thuesen, N. P. og Rørvik, S. (2014) *Norge*. Tilgjengeleg frå: <https://snl.no/Norge> (Henta: 11. desember 2014).
- Vegdirektoratet (2014) '14.432 Kornfordeling ved siktig', *Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser*, side 50-54. ISBN: 978-82-7207-668-8.
- Vegkart* (2014) Tilgjengeleg frå: <https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart> (Henta: 19. desember 2014).
- Væringstad, T. og Devoli, G. (2012) *Flaum og jordskred i Trøndelag mars 2012*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat (79 2012).
- Vorren, T. O. og Mangerud, J. (2013) 'Istider kommer og går', i Ramberg, I. B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. og Rangned, K. (red.) *Landet blir til*. 2. utgåve. Trondheim: Noregs Geologiske Forening, side 494-547. ISBN: 978-82-92-39483-0.

Vorren, T. O., Mangerud, J., Blikra, L. H., Nesje, A. og Sveian, H. (2013) 'Norge av i dag trer fram', i Ramberg, I. B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. og Rangned, K. (red.) *Landet blir til*. 2. utgåve. Trondheim: Noregs Geologiske Foreining, side 548-575. ISBN: 978-82-92-39483-0.

YR (2014<sub>a</sub>) *Været som var Værnes målestasjon, Stjørdal (Nord-Trøndelag)*. Tilgjengeleg frå: [www.yr.no/sted/Noreg/Nord-Trøndelag/Stjørdal/Værnes\\_målestasjon/statistikk.html](http://www.yr.no/sted/Noreg/Nord-Trøndelag/Stjørdal/Værnes_målestasjon/statistikk.html) (Henta: 6. november 2014).

YR (2014<sub>b</sub>) *Været som var Bergen (Hordaland)*. Tilgjengeleg frå: [www.yr.no/sted/Noreg/Hordaland/Bergen/Bergen/statistikk.html](http://www.yr.no/sted/Noreg/Hordaland/Bergen/Bergen/statistikk.html) (Henta: 6. november 2014).



## Figur- og tabell liste

Figur 1: Illustrasjon av atmosfæresirkulasjon (Modifisert av forfatter etter Short, 2005). .	18
Figur 2: Årleg global gjennomsnittstemperatur frå 1880 til september 2014, i forhold til langtidsgjennomsnittet 1901-2000. Blå viser under gjennomsnittet og raud viser over (Dahlman, 2014). .....	22
Figur 3: Den kaledonske fjellkjeda (blå), også kalla Norddryggen (Modifisert av forfattere etter Fossen et al., 2013). .....	26
Tabell 1: Inndelinga av dei siste 6 millionar år. Interstadial = mild periode i istida; isbre trekk seg tilbake. Stadial = kald periode; isbre rykkjer fram (Vorren og Mangerud, 2013). .....	27
Figur 4: Illustrerer ismelting i Skandinavia frå 22 000 år sidan (Vorren og Mangerud, 2013). .....	28
Figur 5: Viser korleis breelvavsetningar blir avsett i fjord og innsjø: A1) Materiale blir avsett av ei breelv framfør isbreen. A2) Viser ein randdelta som er bygd opp til vasskorpa og ein randås. B1) Materiale som er transportert i vatn blir avsett på og under isbreen. B2) Ulike breelvavsetningar (Reite, 1986). .....	31
Figur 6: Viser korleis morenemateriale blir avsett: A1) Isbre som avset materiale. A2) Smeltande isbre som avset materiale. A3) Botn- og ablasjonsmorene. B1) Isbre som skubbar fram materiale og dannar randmorene. B2) Randmorene som ligg igjen etter isbreen har smelta/trokke seg tilbake (Reite, 1986). .....	33
Figur 7: Soneinndeling av vatn i jordsmonnet (Brattli, 2009). .....	35
Figur 8: Illustrasjon av adhesivt og kapillært vatn (Modifisert av forfatter etter Brattli, 2009). .....	38
Figur 9: Infiltrasjon av nedbør i jordsmonn (Utarbeida av forfatter etter Fetter 2001, 2014 og Dingman, 2008). .....	39
Tabell 2: Samanlikning av dei fire skredtypene i lausmassar (NGI, i. d.). .....	42
Figur 10: Illustrasjon av skredbane (Utarbeida av forfatter etter Sandersen, 2014). .....	43
Figur 11: Typisk norsk jordprofil (Sandersen, 2014). .....	44
Figur 12: Illustrasjon av ikkje-kanalisert jordskred (venstre) og kanalisert jordskred (høgre) (NVE, 2013 <sub>b</sub> ). .....	45
Figur 13: Illustrasjon av flaumskred (Carstens, 2014). .....	46
Tabell 3: Samanlikning mellom jordskred og flaumskred (Bargel et al., 2011). .....	48
Figur 14: Eksempel på leirskred, Øverkil i Nord-Trøndelag (Foto: Terje Harald Bargel)..	49
Figur 15: Illustrasjon av rotasjonsskred med skredterminologi (Modifisert av forfattere etter Highland og Johnson, 2004). .....	50
Figur 16: Illustrasjon av translasjonsskred (Modifisert av forfattere etter Highland og Johnson, 2004). .....	51
Figur 17: Illustrasjon av jordsig (Modifisert av forfattere etter Highland og Johnson, 2004). .....	51
Figur 18: Illustrasjon av flyteskred (Høeg, 2014). .....	52

$F_s = cW \cdot \sin\beta + \tan\phi \tan\beta - u \cdot \tan\phi W \cdot \sin\beta = ST$	(1).....	53
Figur 19: Krefter som verkar på ein liten del av ei uendeleg skråning (Modifisert av forfattar etter Sidle og Ochiai, 2006).	.....	54
Figur 20: Bidrag frå smeltevatn i løpet av 24t som funksjon av lufttemperatur og vind med 100 % luftfukt (Sandersen, 2014).	.....	55
Figur 21: Fordeling av lausmasseskred per kalendermånad som funksjon av klimatype (Modifisert av forfattar etter Sandersen, 2014).	.....	56
$R = I \cdot D = 14,82 \cdot D^{0,61}$	(2).....	56
$R = k \cdot D^m$	(3).....	56
$I_{kritisk} = \alpha \cdot D^\beta = 14,82 \cdot D^{-0,39}$	(4).....	57
Figur 22: Illustrasjon av samanhengen til Caine mellom nedbør og jordskred (Norem og Sandersen, 2012).	.....	58
$P = 1,2 \cdot D^{0,6}$	(5).....	59
Figur 23: Kritisk nedbør for utløysing av flaumskred i Noreg (Norem og Sandersen, 2012).	59	
Figur 24: Endring i relativ hyppigheit av jordskred som følgje av klimaendringar fram mot 2060 (Kronholm og Stalsberg, 2009).	.....	60
$C_u = Q_{60}Q_{10}$	(6).....	61
Figur 25: Illustrasjon av planterøter sin innflytelse på skråningsstabilitet (Modifisert av forfattar etter Morgan og Rickson, 1995).	.....	64
Figur 26: Illustrerar gjentaking av flaumskred i ravinar (Jakob, 2005).	.....	65
Figur 27: Ulike skråningsoverflater (Modifisert av forfattar etter Chatwin et al., 1994).	... 66	
Tabell 4: Forhold mellom grader, prosent og forhold (Modifisert av forfattar etter Chatwin et al., 1994):	.....	67
Figur 28: Oversiktskart over geografisk plassering av Øverkil (Norgeskart, 2014).	.....	70
Figur 29: Samanheng mellom namn på hus, bebuarar og skredhendingar (Modifisert av forfattar etter Norgeskart, 2014).	.....	71
Figur 30: Masterområde og lokalitet for skredhendingane mars 2012 (Modifisert av forfattar etter Norgeskart, 2014).	.....	72
Figur 31: Utsnitt av Øverkil frå «Norge i 3D» (Norgei3D, 2014).	.....	73
Figur 32: Kart som viser nedlagte (raudt) og delvis operative (grøn) masseuttak på Øverkil (Modifisert av forfattar etter Norgeskart, 2014).	.....	74
Figur 33: Lausmasekart over Øverkil (Teikna på kum og teiknforklaring modifisert av forfattar etter NGU, 2014 <sub>a</sub> )	.....	75
Figur 34: Brerandtrinn i Trøndelag. Lyseblå indikerar havnivå etter isen smelta. Plasseringa til Øverkil er merka av på kartet. Kysttrinet = ca. 14 200 år, Tautratrinnet = ca. 12 500 år, Hoklingentrinnet = ca. 12 000 år, Vukutrinnet = ca. 11 500 år, Grong-Snåsa trinnet = ca. 11 100 år og Høylandstrinet = ca. 10 800 år (Modifisert av forfattar etter Vorren og Mangerud, 2013).	.....	77
Figur 35: Flyfoto som viser skilje mellom barskog (mørk) og lauvskog (lys) på Øverkil		

(Norge i bilder, 2014). .....	78
Figur 36: Stuggubakken skredet 12. mars 2012, Øverkil (Foto: Terje Harald Bargel).....	80
Figur 37: Venstre: Skredbana til Stuggubakken skredet 12.03.2012 (Foto: Terje Harald Bargel). Høgre: Slik det ser ut i dag (12.10.2014) (Foto: Agathe Alsaker Hopland). .....	80
Figur 38: Bilde som viser skadane frå skredet 28.03.2012 (Foto: Erling Skjervold, Klines og Wangen, 2012).....	81
Figur 39: Bilde som viser kor hundegarden til "Kylla" og "Odin" sto, tatt frå verandaen (Foto: Erling Skjervold, Klines og Wangen, 2012). .....	82
Figur 40: Delar av grusmelet før (venstre) og etter (høgre) tiltak (Foto: Gartland, 2013 (venstre) og Terje Harald Bargel (høgre). .....	84
Figur 41: Ferdigstilt sikringsanlegg (Foto: Terje Harald Bargel). .....	85
Figur 42: Flaum igjennom garasjebolvet til Fremstad 23.03.2012 (Foto: Leif-Arvid Fremstad). .....	86
Figur 43: Venstre: Flaum på baksida av garasjen, 23.03.2014 (Foto: Leif-Arvid Fremstad). Høgre: Garasjen blir riven 30.03.2014 (Foto: Leif-Arvid Fremstad). .....	86
Figur 44: Lausneområdet til Stuggubakken skredet per 02.07.2013 (Foto: Agathe Alsaker Hopland). .....	88
Figur 45: Leirskred på Øverkil per 28.08.2013 (venstre) og per 03.07.2014 (høgre) (Foto: Agathe Alsaker Hopland).....	89
Figur 46: Leirskred som har demma opp bekken ovanfor Sandstad (Vegen ned til huset ligg til høgre i bildet) (Foto: Leif-Arvid Fremstad).....	89
Figur 47: Ringar i leira (Foto: Agathe Alsaker Hopland). .....	90
Figur 48: Eksempel på jordsig på Øverkil (Foto: Agathe Alsaker Hopland). .....	91
Figur 49: «Øverkil grustaket» (Foto: Terje Harald Bargel). .....	92
Figur 50: «Raaen grustaket» (Foto: Terje Harald Bargel). .....	93
Figur 51: Tidlegare frosen klump med lausmasse i «Raaen grustaket» (Foto: Terje Harald Bargel).....	94
Tabell 5: Oversikt over kornfraksjonar (Samanstilt etter Emdal 2012; Sigmond et al. 2013; Brattli 2014). .....	95
Tabell 6: Jordartsframstilling (Samanstilt etter Emdal 2012; Sigmond et al. 2013; Brattli 2014). .....	96
Figur 52: Typisk kornfordelingskurve for ulike avsetningstypar (Brattli, 2014). .....	97
Tabell 7: Koordinatar til prøvepunkta på Øverkil (Agathe Alsaker Hopland). .....	97
Figur 53: Kart over prøvelokalitetar på Øverkil (Agathe Alsaker Hopland). .....	98
Tabell 8: Koordinatar på skredlokalitet (Agathe Alsaker Hopland). .....	98
Figur 54: Lokaliteten til skjella i leirsåret (Foto venstre: Terje Harald Bargel. Foto høgre: Agathe Alsaker Hopland.).....	99
Figur 55: Blåskjel og mulege Peparskjel ( <i>Scrobicularia plana</i> ) funne på Øverkil, Nord-Trøndelag (Foto: Agathe Alsaker Hopland). .....	100
Figur 56: Inndeling av dei siste 11 700 år – tidsepoken Holocen (Vorren et al., 2013). 101	

<b>Risiko = Sannsyn · Konsekvens</b>	<b>(7).....</b>	<b>104</b>
<b>Figur 57: Underteikna si tolking av kvartærgeologien på masterområdet på Øverkil (Agathe Alsaker Hopland).....</b>		<b>106</b>
<b>Figur 58: Handlaga skisse av observasjonar i felt (Agathe Alsaker Hopland).....</b>		<b>107</b>
<b>Figur 59: Kornfordelingskurver frå laboratoriet (Agathe Alsaker Hopland).....</b>		<b>108</b>
<b>Figur 60: Samanlikning av kornfordelingskurver (Agathe Alsaker Hopland). .....</b>		<b>109</b>

## 13 Vedlegg

1. Kart over dominerande treslag på Øverkil
2. Forfatterns si kvartærgeologiske tolking av Øverkil
3. Tabelldata og kalibreringskurve for  $^{14}\text{C}$ -kalibrering
4. Klimadata for Stjørødalen februar-mars 2012
5. Symbolkart etter kartlegging på Øverkil
6. Kornfordelingskurver
7. Dateringsresultat Uppsala