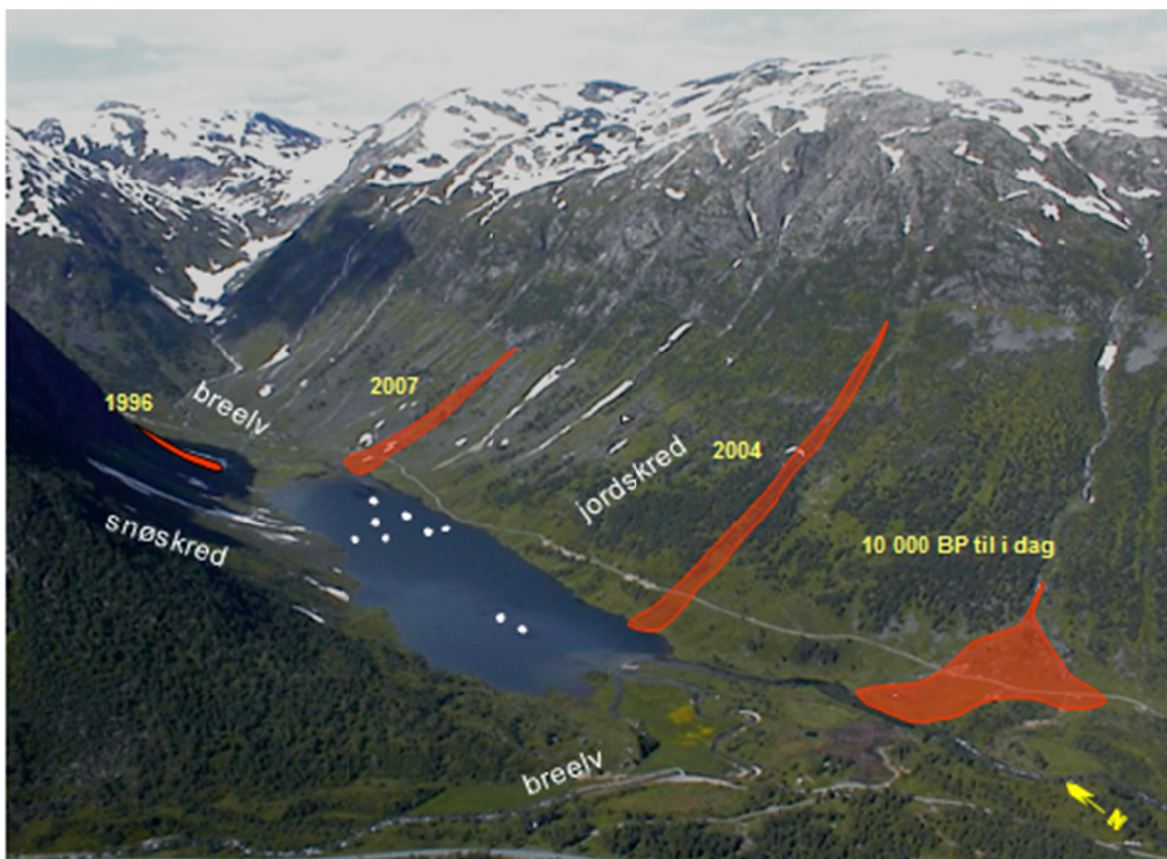


# Jord- og flaumskred i dei siste 10 000 åra



*Mange skred har opp i gjennom tidene gått ut i Anestølsvatnet. I skredvifta på Øystølen, ned til høgre på bildet, vart det greve to groper som synte mange skredlag siste 10 000 åra.*

Asbjørn Rune Aa og Stein Bondevik  
Avdeling for ingeniør- og naturfag, november  
2014

<b>TITTEL</b>  Jord- og flaumskred i dei siste 10 000 åra	<b>NOTATNR.</b> 6/14	<b>DATO</b> 15.11.2014
<b>PROSJEKTTITTEL</b>	<b>TILGJENGE</b>	<b>TAL SIDER</b>
<b>FORFATTAR</b> Asbjørn Rune Aa og Stein Bondevik	<b>PROSJEKTLEIAR/-ANSVARLEG</b> Stein Bondevik	
<b>OPPDRAGSGJEVAR</b> Vestlandsforsking	<b>EMNEORD</b> Jordskred, flaumskred, Holocen, Noreg	
<b>SAMANDRAG</b> I midt-holocen, då det var varmast og mest nedbør, var skredaktiviteten lågast. Høg skoggrense og tett skog, færre dagar med snø, og røter som både stabiliserer jorda og tar opp vatn, kan forklare noko av den låge skredaktiviteten i midt-holocen. For ca. 4000 år sidan auka skredaktiviteten markert på fleire lokalitetar, det hadde då vorte kaldare og lågare skoggrense. På vestlandet har arkeologar på ei rad lokalitetar funne skredlag med alder frå ca. 2400 kal år BP og yngre. Denne skredaktiviteten blir knytt til lågare tregrense på grunn av kaldare klima kombinert med utvida jordbruksdrift som førde med seg snauhogst over store område. Ei samanstilling av data påviser denne auken i skredaktivitet for aust- og vestlandet, men ikkje i Jotunheimen. Skredfrekvensen bakover i tid er ikkje i samsvar med prognosar om meir skred i eit varmare klima. Tvert om syner gjennomgangen vår at skredfrekvensen har vore høgare i kaldare periodar dei siste 10 000 åra.		
<b>PRIS</b>	<b>ISSN</b>  <b>0806- 1696</b>	<b>ANSVARLEG SIGNATUR</b>

## Innhald

Innleiing .....	3
Skredvifter .....	3
Innsjøar .....	3
Klimautviklinga siste 10 000 åra .....	3
Jordskredfrekvensen i ulike regionar i Noreg.....	5
Ulvådalen i Romsdal .....	5
Gudbrandsdalen .....	7
Troms.....	9
Sogn .....	9
Flaumskred og flaumar i Hordaland .....	12
Jotunheimen.....	14
Konklusjon og oppsummering.....	18
Referanseliste .....	19

## Innleiing

Skredstudiar, av NGU i samarbeid med HSF, Universitetet i Bergen og andre, gjennom dei siste 20 åra har dokumentert aktivitet av jordskred og andre skred under ulike klimaforhold gjennom heile holocen, eller dei 10 000 åra etter siste istid. Ein vanleg tanke tidlegare var at fjellsidene med lausmassar var mest ustabile og skred-aktiviteten størst dei første åra etter at breane trekte seg tilbake og at denne aktiviteten avtok med tida. Men stratigrafiske undersøkingar med datering av skredlag har vist at det har vore skredhendingar heile tida. Frekvensen av skred har veksla, og i siste halvdel av holocen har denne aktiviteten vore størst, motsett kanskje av det ein trudde før.

For å finna utviklinga av skredhistoria før skriftlege og munnlege kjelder må ein bruka radiokarbonmetoden og datera hendingane i eit miljø der skreda har lagt at tydelege spor. Slike miljø er innsjøar der skred har gått ut i og avsett skredlag på botnen av innsjøen og der det er avsett innsjøgytje mellom skredlaga, og på skredvifter der det ligg torv mellom skredlaga. Det organiske materialet mellom skredlaga kan då daterast med radiokarbonmetoden og gi ein alder for hendingane.

## Skredvifter

Viftene blir bygde opp gjennom mange skredhendingar. Dei fleste skreda går berre over avgrensa deler av vifta. Difor trengs det fleire snitt i ei vifte for å få med heile skredhistoria. Snitta viser veksling mellom skredlag og jord- eller torvlag frå rolegare periodar. Skredlaga og jordlaga imellom kan daterast med radiokarbonmetoden og gje eit tidsarkiv over skredperiodane. Me presenterer her undersøkingar frå Gudbrandsdalen, Troms, Sogn, Hordaland og Jotunheimen der slike snitt i skredvifter er undersøkt. Gravegroper langt nede på viftene kan også visa kor langt skredet faktisk har gått, sjølv om spora i overflata kan vere nærast utviska og vanskelege å tolke. Gropene ved Skårheim i Lærdal (Figur 9) er gode eksempel på dette. Utan dei var det vanskeleg å vite kor langt ned tidlegare skred hadde gått.

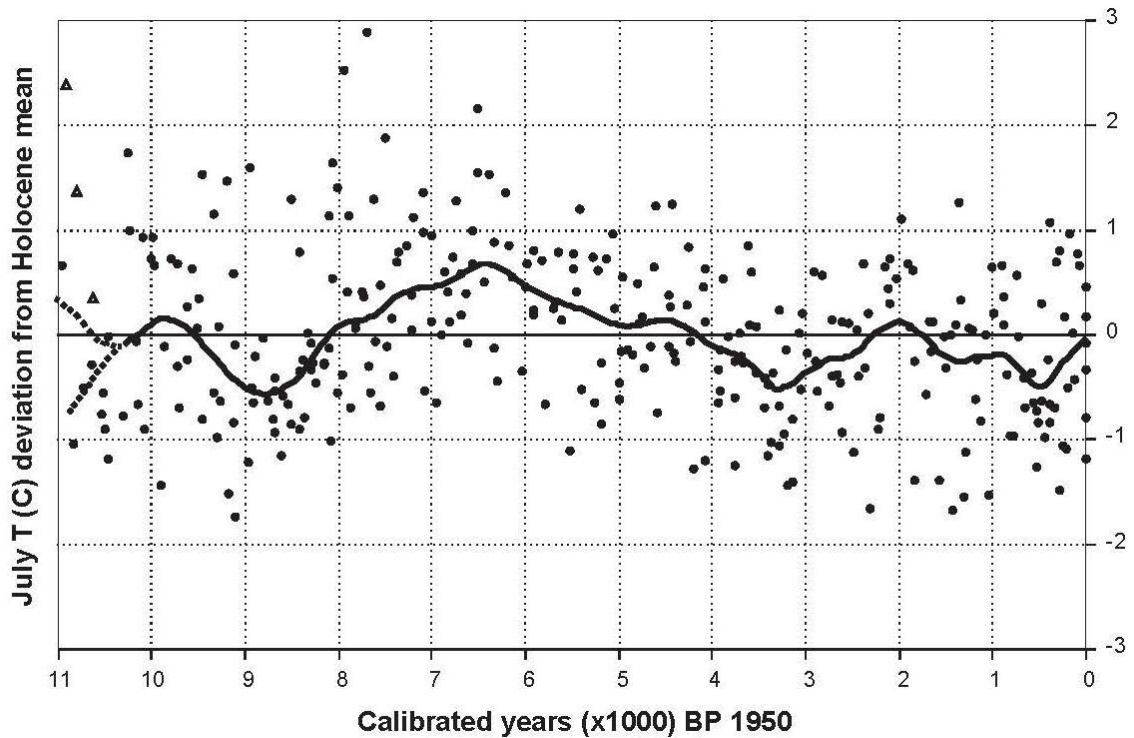
## Innsjøar

Innsjøar er basseng som samlar opp sediment. Sedimenta som vert avsette på botn er partiklar som blir transportert inn i bassenget frå elvar og bekkar, organisk materiale produsert i vassøyla og på innsjøbotnen, frå vind og frå skred. Jordskred og flaumskred som går ut i eit vatn produserer unike lag som kan kjennast att i borekjernar. Me diskuterer her resultata frå to slike innsjøar; det er Ulvådalen i Dovre (Sletten et al., 2002) og Anestølen i Sogn der frekvensen av jordskred er undersøkt ved hjelp av borekjernar.

## Klimautviklinga siste 10 000 åra

Klimaet i eldre steinalder var inntil 0,8 grader varmare og meir stabilt enn i dag, og fram til ca 5000 år før notid var mange av breane i Noreg vekke. Den detaljerte utviklinga av temperaturen (juli) kjem godt fram i ein studie av fjørmygg (Velle et al., 2005) som syner varmeperioden frå omkring 8000 år til 5000 år før notid med kaldare og meir ustabil klima både før og etter (Figur 1). Også

skogrensa i klimaoptimumet var mykje høgare enn i dag, kanskje 200 m høgare, og Hammarlund et al., 2004 syner at det voks skog i Sør-Noreg over 1200 m høgde i dette tidsrommet.



Figur 1: Analyse av fjørmygg frå høgjellet i Noreg (Velle et al., 2005).

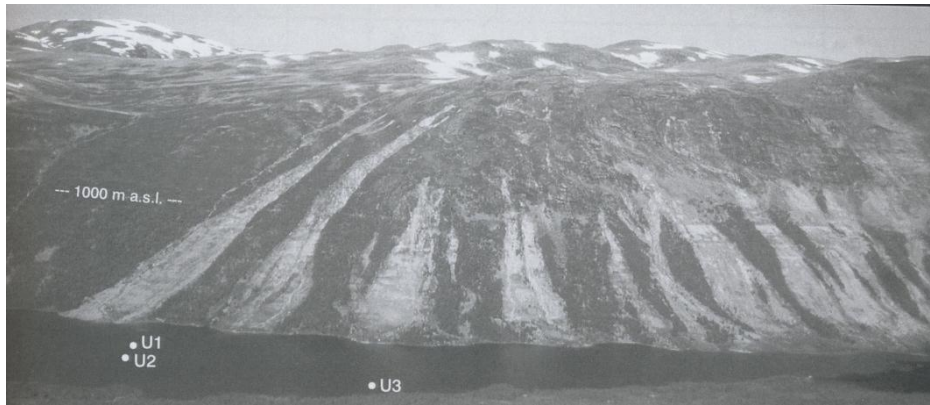
Etter 4000 år før notid vart det kjølegare med temperatur under dagens. Det er også mogeleg at det var noko turrare dei siste 4000 åra i forhold til tidlegare. Rundt 3 300 år BP var det 0,5 grader kaldare enn gjennomsnittet i Holocen, 0,2 grader kaldare rundt 2000 år BP, og igjen 0,5 gradare kaldare for 400 år sidan. Temperaturauken dei siste åra starta før den industrielle revolusjonen, og i dag er juli-temperaturen nær gjennomsnittet i Holocen (Velle et al. 2005).

## Jordskredfrekvensen i ulike regionar i Noreg

### Ulvådalen i Romsdal

Eit klassisk eksempel på studiar av skredoverflater er Anders Rapp (1963) sitt arbeid frå Ulvådalen, ein sørleg sidedal til Romsdalen. Langs ei 4 km lang, bratt dalside vart 26 store jordskred utløyste av kraftig regnver (Figur 2) den 26 juni i 1960. Eit torever om kvelden dagen før auka vassinnhaldet i grunnen, men ingen skred vart utløyste den dagen. Eit anna torever kom neste kveld, den 26. juni og varde i 2-3 timar. Det var då så intenst regn at store jordflak med blokker og vegetasjon rivna laust og sklei ned dalsida (sheet slides). Når vegetasjonen var borte, gjekk erosjonen i morenen lett. Regnvatnet grov ut 3-8 m djupe raviner øvst i dalsida. Dei ni vestlegaste skreda gjekk ned i Ulvådalsvatnet og avsette sediment i vatnet.

Her veit vi altså at skreda i 1960 vart utløyste av kraftig regn, og at jorda truleg var heilt oppbløytt før pga. av snøsmelting. Så er spørsmålet om tidlegare skred hadde same årsak, og korleis temperaturen var då dei gjekk.

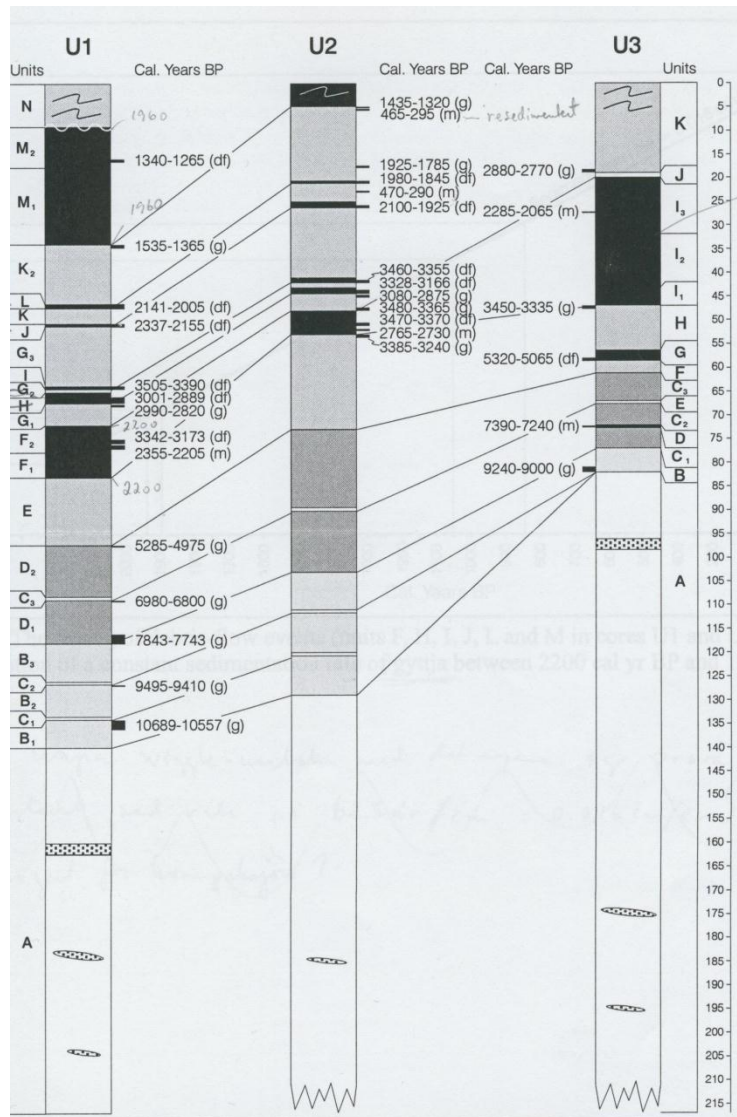


Figur 2. Jordskred som gjekk i 1960 på nordsida av Ulvådalsvatnet. Borpunkta (U1, U2 og U3) i vatnet er avmerka. Foto frå 1998 i Sletten et al., 2002.

Medan overflatestudiane ikkje kunne påvise tidlegare skredaktivitet, er sedimentkjernar frå vatnet seinare analyserte og daterte med radiokarbonmetoden (Sletten et al 2002). Sediment frå jordskred kan der kjennast att som lag med sorterte sediment, hovudsakeleg sand med planterestar som vart rivne med under skredet. Datering av slike lag viser at det særleg har vore skredaktivitet dei siste 3500 åra i Ulvådalen, medan det var lite aktivitet i tidleg og midtre del av holocen (Sletten et al. 2003).



Jord- og flaumskred i dei siste 10 000 åra



Figur 3: Dei tre kjernane frå Ulvådalsvatnet, U1, U2 og U3. Skredlag er i svart. Dateringane går tilbake til isavsmeltinga, men først for ca. 3500 år sidan er det registrert skredlag (Sletten m fl. 2003)

### Gudbrandsdalen

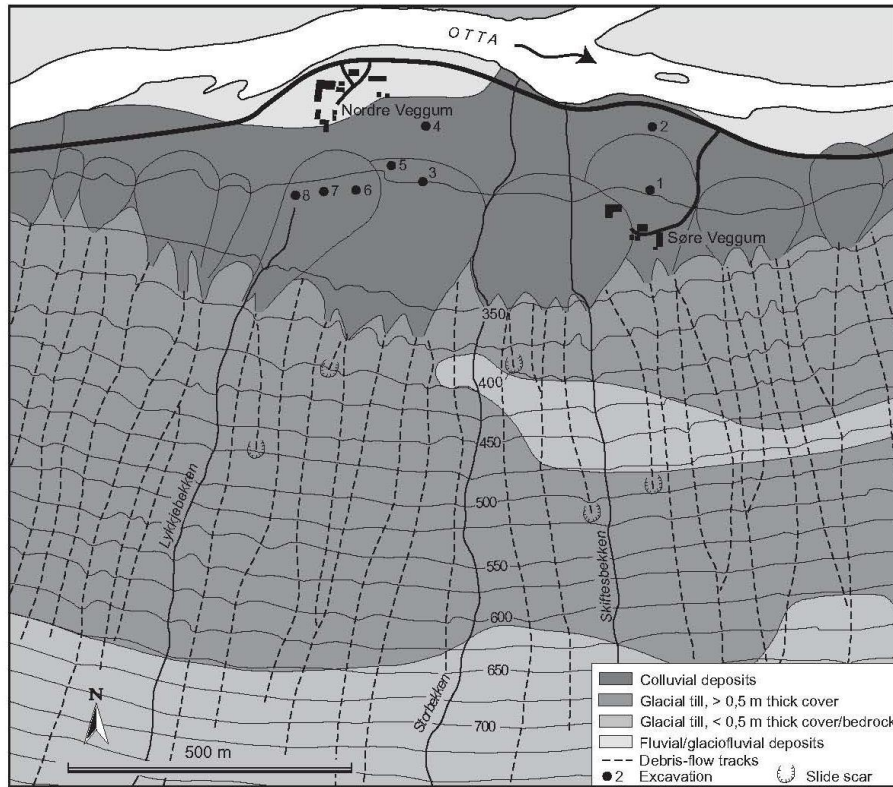
I den nordlege delen av Gudbrandsdalen, i nordre Veggum (Figur 4 og 5) er 19 groper undersøkt som alle har ei heil rekkje med skredlag (Sletten & Blikra 2007). Radiokarbondateringane viser at jordskred har vorte utløyste gjennom heile holocen (Figur 6), og minst 62% av skreda gjekk før 5000 år før notid (Blikra og Sletten 2007), med ein topp ca. 8500-8100 år sidan.



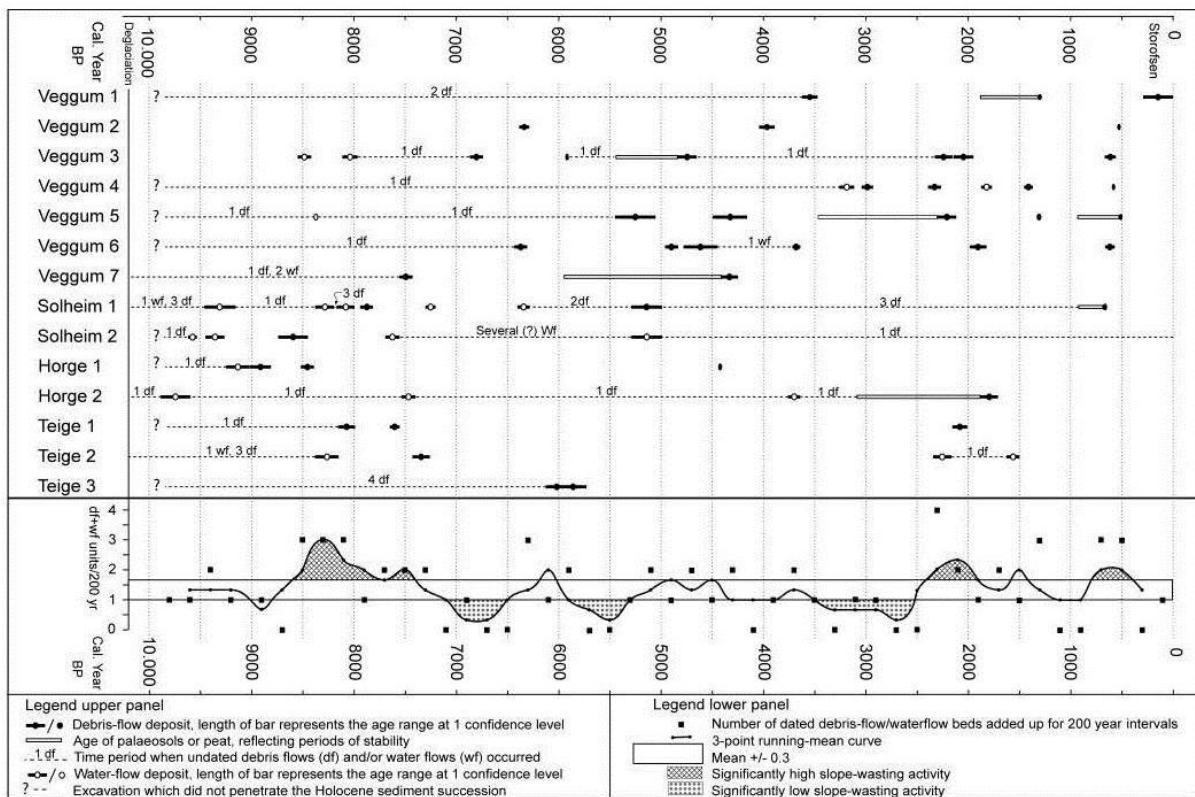
*Figur 4. Nordre Veggum i Gudbrandsdalen. Skredspor og tungar nedover mot gardane er vanskelege å sjå i den dyrka overflata, men skredlaupa er lette å sjå over den dyrka marka. Graving må til for å sjå kor langt ned skreda har gått (Sletten og Blikra 2007).*



Jord- og flaumskred i dei siste 10 000 åra



Figur 5. Kart over det same området, Veggum, som i figur 4 med skredløp og losneområda (Sletten & Blikra 2007).



Figur 6: Oversikt over daterte skredlag i Nord Gudbrandsdal (Sletten & Blikra 2007).

Oppsummert syner denne undersøkinga frå Gudbrandsdalen at det ikkje er påvist endringar i jordskredfrekvensen bakover i tid. Her ser det ut til at det har gått jamt med skred heile tida, men at det var ein topp med auka skredaktivitet mellom 8500-8100 år før notid.

### Troms

Ved Balsfjordeidet er jord- og snøskred daterte i 16 gravegroper fordelt på tre vifter ved Kileng og fire ved Lyngseidet. Det var flest jordskred i tida 4000-3400, 3000-1950, og 1300-950 år før notid. Det vart som nemnt funne 3-4 gongar høgare skredfrekvens enn i Gudbrandsdalen, og oftare skred i periodar med låg sommartemperatur. Registreringane går tilbake til 6500 år før notid, men få skred er eldre enn 4000.

### Sogn

I Sogn varierer årsnedbøren frå 1500 mm i midtre strøk til under 500 mm i Lærdal lengst aust. Lærdal har nærast kontinentalt klima. I begge områda går det ofte jordskred.

### Lærdal

I 1993 gjekk eit stort jordskred ved Skårheim i Lærdal, 3 mil aust for Lærdalsøyri. Skredet vart utløyst 1100 m o.h. av eit 100 m langt og 30 m høgt fjellstykke som førde med seg jord som var oppbløytt av snøsmelting (Figur 7). Skredet hadde kort rekkevidde p.g.a. lite vatn i massane. I tillegg var skog ein bremsande faktor. Som Figur 8 viser, var det eit flettverk av tømmerstokkar fremst i skredtungta.



Figur 7: Foto av Skårheimskredet i 1993 (A.R.Aa).



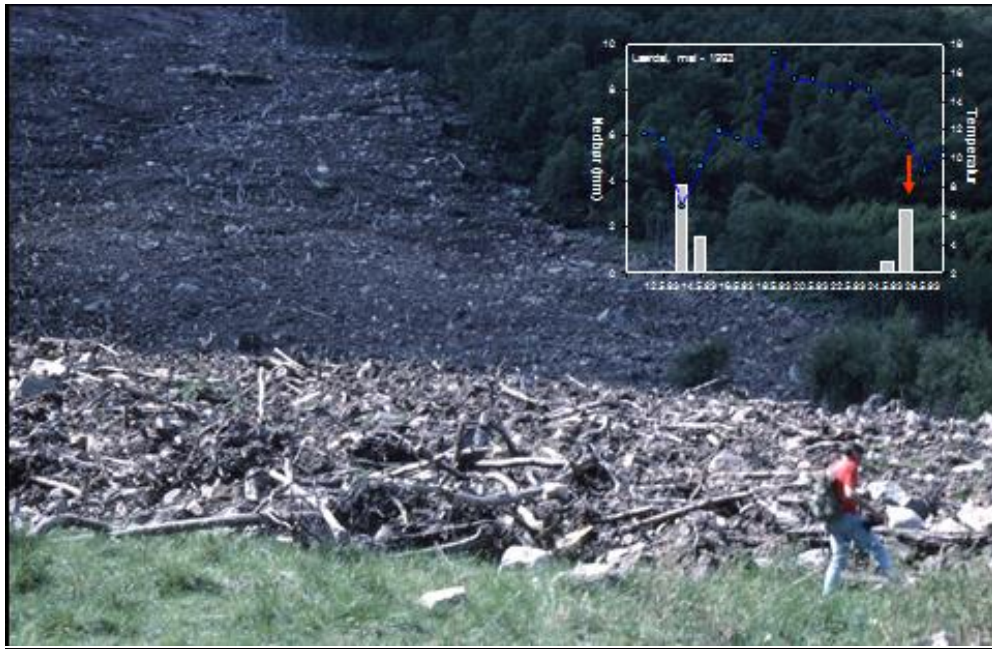
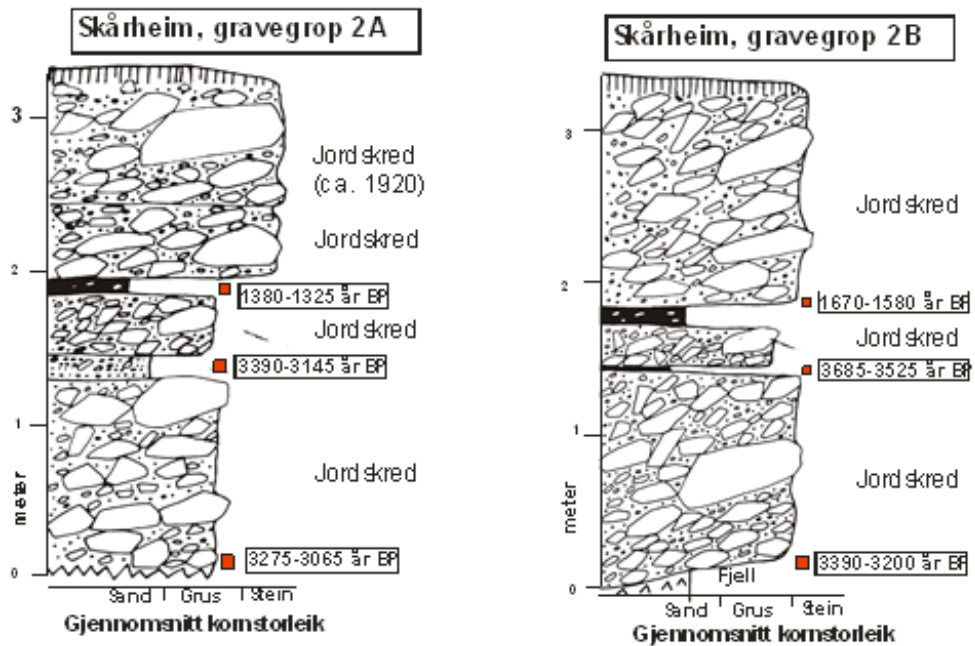


Fig. 8. Skårheimskredet var eit turt, umetta skred som stoppa før det nådde dalbotnen. Tømmerstokkane i fronten kan ha vore med å bremse skredet.

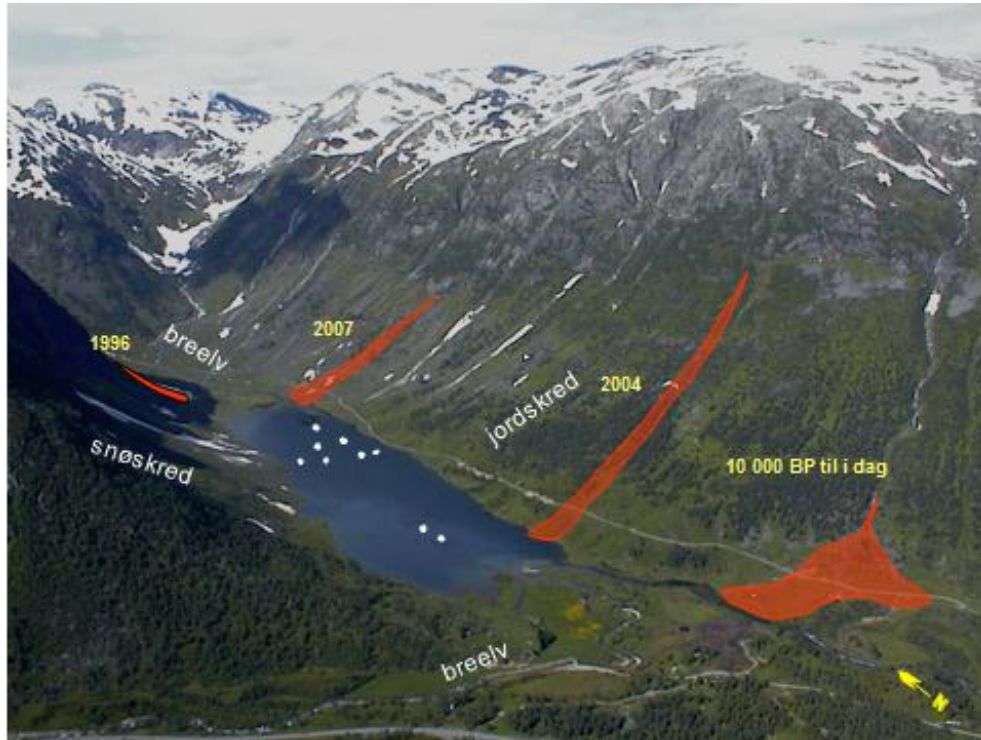
Sjølv om det ikkje var synlege spor i dalsida etter eldre skred, viste graving av to grøfter ved sida av og lenger nede enn det nye skredet (Figur 9) at der i alt hadde gått 8 skred dei siste 3000 åra. Det gir ein frekvens på 1 skred pr 375 år.



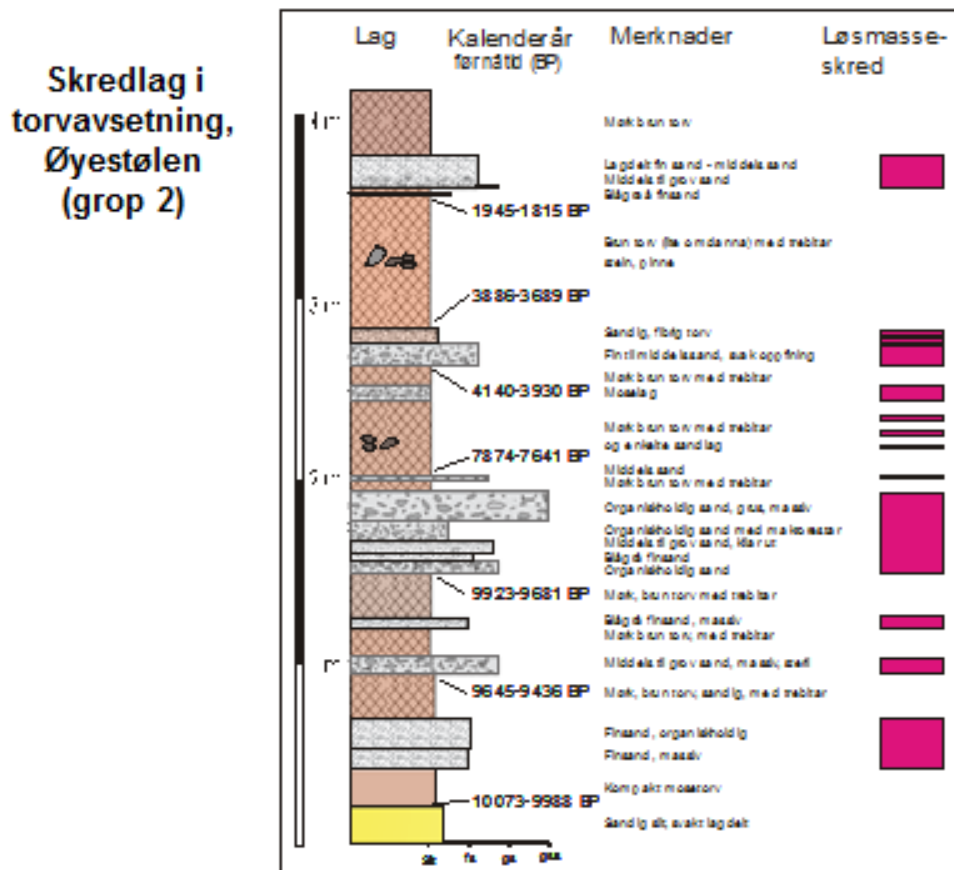
Figur 9: Snitt i gravegropene ved Skårheimskredet. Radiokarbondateringar på høgre side av jordskredret (Blikra og Aa 1996)

### *Sogndalsdalen*

I *Sogndalsdalen* er skred kartlagde og stratigrafien i to ulike vifter er undersøkte (Figur 10). I tillegg er borkjerner frå Anestølsvatnet (kvite prikkar i vatnet i figur 10) undersøkte (Sønstegaard et al. 2001).



*Figur 10: Mange skred har oppigjennom tidene gått ut i Anestølsvatnet – her er det markert dei som har gått siste åra. I skredvifta på Øystølen, ned til høgde på biletet, vart det greve to groper (Figur 11) som synte mange skredlag.*



Figur 11: Stratigrafien i grop 2 frå skredvifta ved Øyestølen (sjå figur 10).

Snitt i gravegrop 2 ved Anestølsvatnet (Figur 11) viser ein vekslende serie med jord- og flaumskredlag, og torvhorisontar imellom. Den underste torva er datert til ca. 10 000 kalenderår før notid. Gropa er lokalisert oppå ein stor endemorene. Snittet viser i alt 11 skredlag i perioden frå 10 000 til 8000 år sidan. Frå 8000 til 4000 er det rolegare forhold, berre tynne sandlag, truleg frå flaumar. Vidare finn ein to markerte skred opp til 3 600, og eit tjukt skredlag startar for ca 2000 år sidan.

Skredlaga er tolka som lausmasseskred. Jordskred dominerer, men det er også flaumskred med meir sortert materiale enn jordskred. I overflata har vifta preg av flaumskred med lange blokkryggar i skredretninga. Skredlaga avspeglar truleg periodar med kraftig regn.

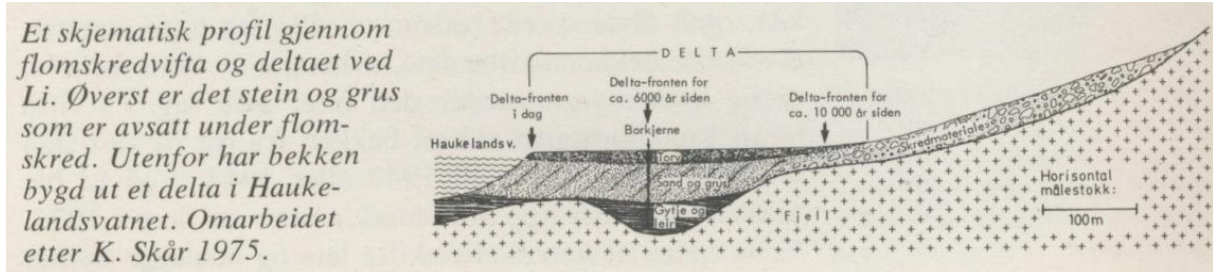
Ein konklusjon for skredundersøkingane i Sogn er at jordskredaktiviteten har vore stor mellom 9000 og 10 000 kalenderår før notid, og frå 8200 til 7500. Deretter har vi ein roleg periode frå 7500 til 4200, og ny skredaktivitet frå ca. 4200 til i dag. Skredaktiviteten frå yngre enn 4200 før notid er i samsvar med andre resultat frå Vestlandet.

### Flaumskred og flaumar i Hordaland

I ein borkjerne på ei flaumskredvifte på Unneland ved Bergen (Skår 1975) er det påvist og datert ein serie flaumskredlag i tida 7200-6500 (14C-år) før notid. I denne tida har det gått tre svært store skred med mellomrom på om lag 150 og 320 år. I tillegg har det i same tidsrommet vore over 20 mindre skred. Mellom skreda er det svært ulikt lange tidsintervall. Etter opptil 100 år lange rolege periodar utan skred, kjem gjerne nokre tiår med høg skredfrekvens. Mellom fleire av skreda er det

## Jord- og flaumskred i dei siste 10 000 åra

kortare tid enn 10 år. Dette er funne ved å telje tynne botnlag mellom daterte tjukkare skredlag. Som figur 12 viser, er den daterte borkjernen frå midt på deltaet. Den nyare delen lenger ute er ikkje datert, men alt tyder på at skreda har gått like ofte i siste delen av holocen. Frå 1900-talet kjenner ein til fleire store skred i området. Eit av desse gjekk ved Li i februar 1973.



Figur 12: Snitt gjennom skredvifta og deltaet i Haukelandsvatnet (Skår 1975 i Mangerud 1976).

I ei myr på Flatekvål 280 m o.h. ved Eksingedalselva i Nordhordland det påvist og datert ein serie med flaumlag (Aa 1974). Laga er avsette i tidsrommet frå ca. 6 300 til 3 200 14C-år før notid. Ein legg merke til at det i dette området er stor aktivitet av flaumskred, og det er påviste flaumar i ein periode med relativt lite skredaktivitet i andre område. Dette understrekar dei regionale variasjonane. Det kan også tyde på at det er mykje nedbør under klimaoptimumet, slik det har vore tolka, men at høg skoggrense gjer at det går lite jordskred.



### Jotunheimen

Matthews m. fl. (2009) studerte jordskred i tre snitt i ei dalside i Leirdalen (Figur 13), og fann ein serie av mange 1-20 cm tjukke sand-og siltlag som dei tolka som jordskred. Det må då vere den nedste og nærast flytande delen av skredavsetningane dei ser som silt- og sandlag. Mellom skredlaga er det torv, og i alt 155 <sup>14</sup>C-dateringar fordelt på dei tre snitta (Figur 14) viser ei historie, tolka som samanhengande, frå 8 500 år før notid til i dag.



Figur 13: Lokalitetane ved Sletthamn i Leirdalen. Snitta som er avmerka, er i raviner nær hovudelva. Dalsida er prega av erosjon øvst, skredløp nedover mot viftene på oppsida av vegen (Matthews et al. 2009).

Jord- og flaumskred i dei siste 10 000 åra

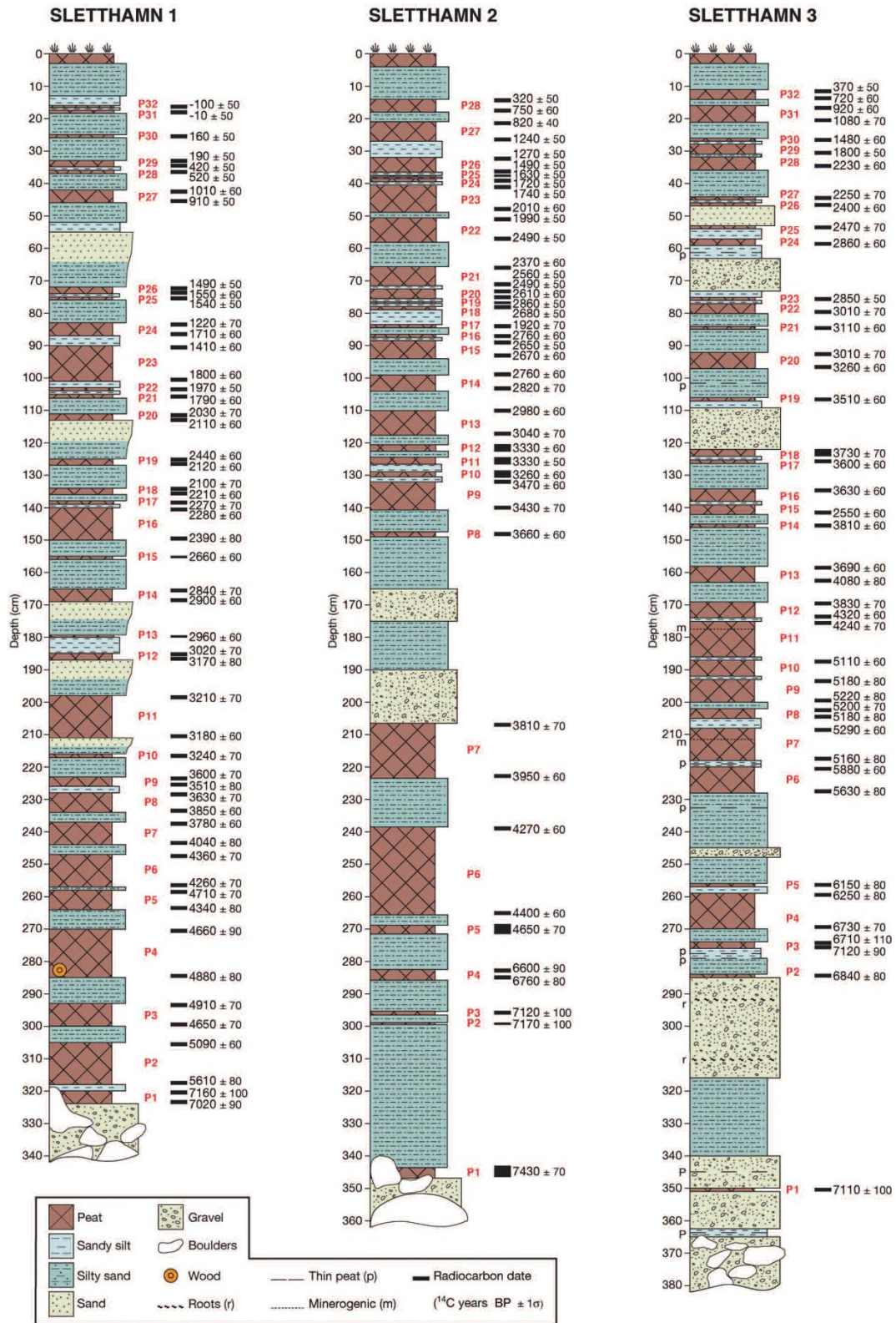
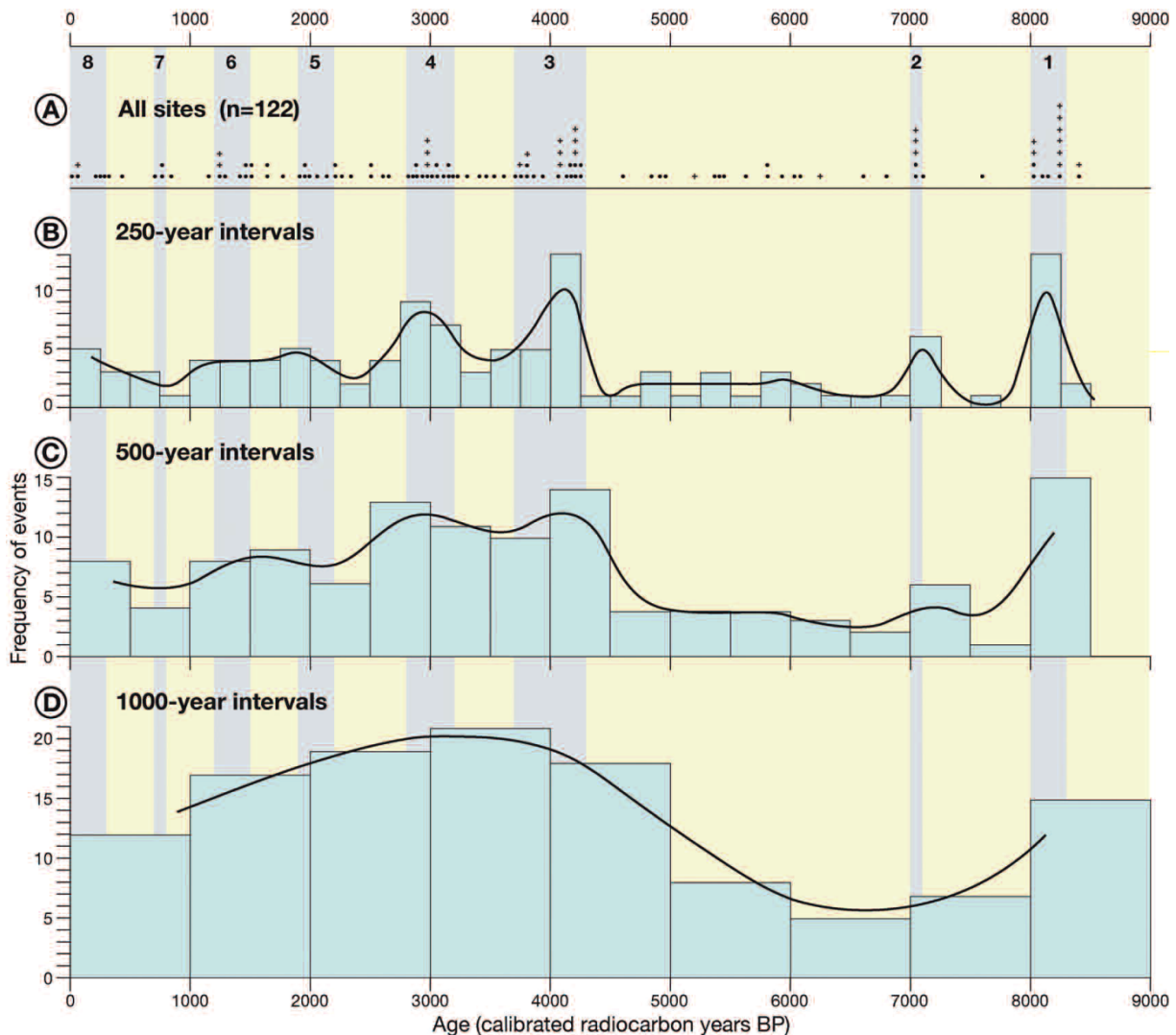


Fig. 14. Stratigrafien i Leirdalen viser tynne minerogene lag, tolka som skredhendingar, og daterte torvlag (P1-P32) imellom (Matthews et al. 2009).

## Jord- og flaumskred i dei siste 10 000 åra

Gjennom dei siste 8 500 åra er det funne ein gjennomsnittleg skredfrekvens her på 1 på 70 år. Frå 4250 til 2800 kalenderår før notid var det størst skredaktivitet med 1 pr 14 år. I periodar imellom har det vore langt færre skred.



Figur 15: Alder-frekvens diagram for jordskreda i Leirdalen. Klasseinndelinga syner kor mange skred det har gått til ulike tider i kvart tidsintervall (Matthews et al. 2009).

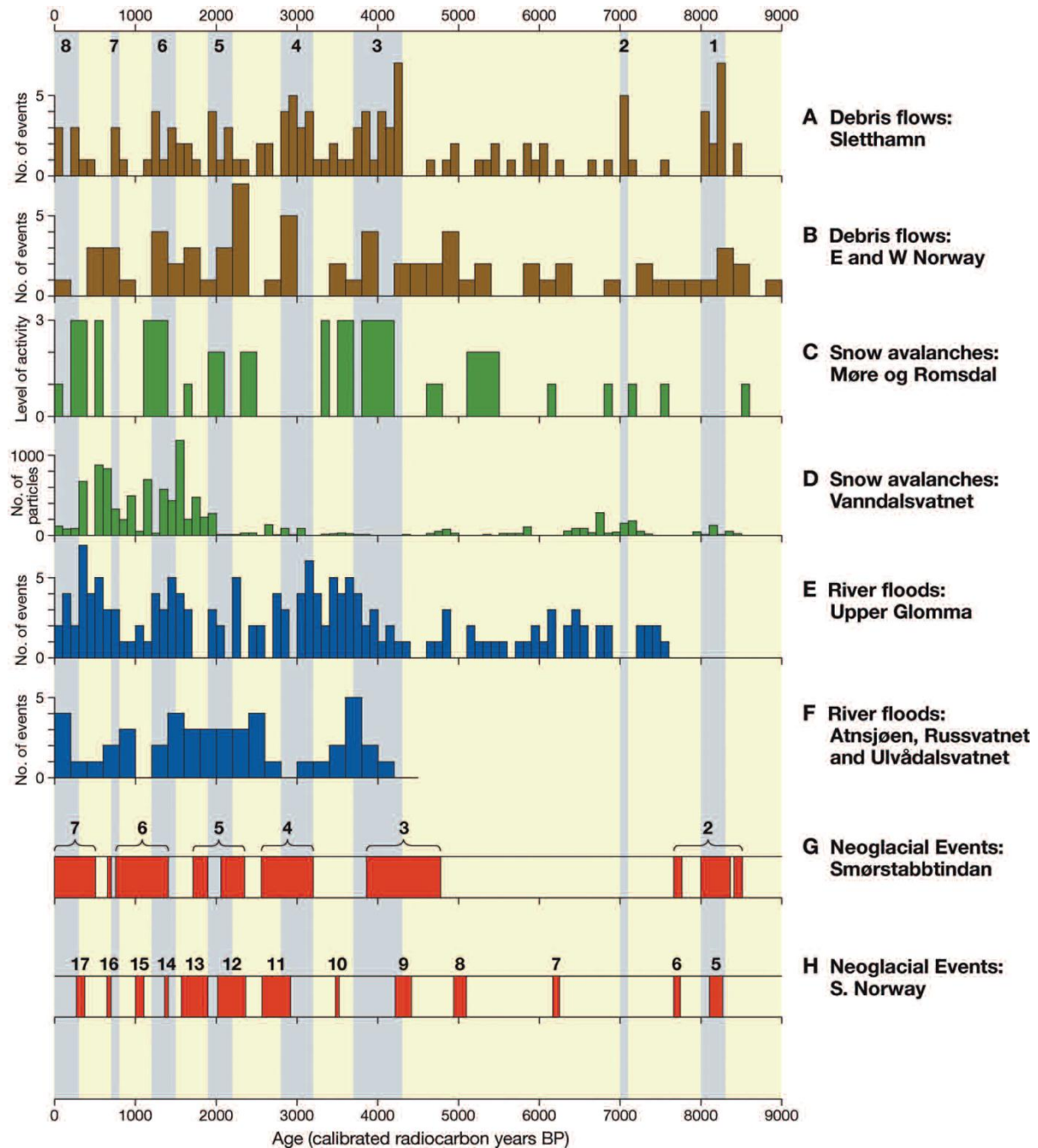
I alt er det funne 8 faser med høg skredaktivitet her (Figur 15). Det er delvis i samsvar med resultat frå andre område. 4200 år sidan var det også auke i Ulvådalsvatnet. Men ingen tidlegare studiar har så samanhengande materiale gjennom holocen som i Leirdalen. Ein del av forklaringa kan også vere ulik topografi og ulikt lokalklima.

Dei utløyande årsakene til skreda er intens sommar- og haustregn, med muleg tilskot frå snøsmelting, og jord som er oppbløytt frå før. Dette er naturleg klimavariasjon, og den største jordskredaktiviteten for ca 4200 år sidan er knytt til auke i nedbørførande stormar frå vest på den tida.



## Jord- og flaumskred i dei siste 10 000 åra

Studiane frå Leirdalen (Matthews et al. 2009) støttar ikkje teorien om auka jordskredaktivitet med høgare temperatur. Skredfrekvensen var lågast i tida etter 8000 kal år før notid, då temperaturen var høgast i holocen, og høgast i den siste kalde delen (Figur 16).



Figur 16: Holocene variasjonar av jordskred i Leirdalen, aust og vest-Norge, snøskred, flaumar, breaktivitet. Gjenomgåande blå søyler der jordskredaktiviteten var stor i Leirdalen (Matthews et al. 2009).

## **Konklusjon og oppsummering**

Resultata viser at jordskreda som blir utløyste i periodar med ekstreme nedbørforhold eller i kombinasjon med snøsmelting, er naturlege hendingar i jordhistoria (Blikra og Sletten 2003). Men frekvensen av slike hendingar varierer frå region til region. I Nord-Norge er frekvensen av jordskred 3-4 gonger større enn på Austlandet. Dette gjeld topografisk like skråningar (Blikra og Sletten 2003). Det er funne lågast frekvens i Gudbrandsdalen, frå 1 skred pr. ca. 500 år og lågare. I Nord- og Vest-Norge er det ganske like skredfrekvensar på rundt 1 skred kvart 2-400 år. Langt høgare skredfrekvens er det i Leirdalen med gjennomsnittleg 1 pr 70 år gjennom heile holocen, og 1 pr 14 år på det meste, dei tynne laga med sorterte finsediment der kan vere flaumar.

Det er påfallande at i midt holocen då det var varmast og mest nedbør, var skredaktiviteten lågast. Dette er eit gjennomgåande trekk for mange skredlokalitetar, og det er ikkje i samsvar med prognosane om aukande framtidig skredaktivitet med varmare klima.

Skogen har også truleg innverknad på skredaktiviteten. Før ca. 9 500 var det eit ope og tundraprega landskap i heile Noreg før bjørke- og furuskogen etablerte seg heilt rundt 9000 kal år før notid. Skogtettleiken i dalsidene var større og skoggrensa høgare (ca 200 m) enn i dag i klimaoptimum. Særleg bjørkeskogen tynna sterkt ut rundt 1000 kal år før notid, og fram til dei siste åra har skogen vore redusert pga beiting.

Arkeologar har funne mange skredlag på vestlandet frå Bronsealderen (2 400 år BP), og dette blir sett i samanheng med jordbruksdrift som medførde snauhogst over store område. Dette kan vere årsak til den høge skredaktiviteten som er oppsummert for aust- og vest-Norge (Figur 16 B). Men for Jotunheimen skil ikkje denne perioden seg ut. Der er det størst auke i jordskredaktiviteten litt før år 4000 BP, og truleg har det reint klimatiske årsaker der.

## Referanseliste

- Aa, A. R. 1974: Isavsmeltinga i Eksingedalen og områda omkring. Upubl. hovudfagsoppgåve. Univ. i Bergen.
- Blikra, L. H. og Aa, A. R. 1996: Skredfarekartlegging i Lærdal i samband med den nye stamveien Oslo – Bergen. NGU-HSF-rapport 96055, 1-60.
- Blikra, L. H. and Sletten 2002: Klimaendringer kan påvirke skredfaren. *Cicerone* **11**, 27-30.
- Hammarlund, D., Velle, G., Wolfe, B.B., Edwards, T.W.D., Barnekow, L., Bergman, J., Holmgren, S., Lamme, S., Snowball, I., Wohlfarth, B. & Possnert, G. 2004: Palaeolimnological and sedimentary responses to Holocene forest retreat in the Scandes Mountains, west-central Sweden. *The Holocene* **14**, 862-876.
- Jørstad, F. 1968: Snesmelting som årsak til jordskred på Østlandet ved månedsskiftet april-mai 1966. *Norges geotekniske institutt. Publikasjon Nr. 75*. Oslo 1968.
- Mangerud, J. 1976: Fra istid til nåtid. / Gunnar Hagen Hartvedt (red.): Hordaland og Bergen. Gyldendal Norsk Forlag, Oslo.
- Matthews, J.A., Dahl, S.O., Quentin Dresser, P., Berrisford, M. S., Lie, Ø., Nesje, A. and Owen, G. 2009: Radiocarbon chronology of Holocene colluvial (debrisflow) events at Sletthamn, Jortunheimen, southern Norway: a window on the changing frequency of extreme climate events and their landscape impact. *The Holocene* **19**,8 (2009) pp. 1107-1129.
- Rapp, A. 1963: The debris slides at Ulvådal, western Norway, an example of catastrophic slope processes in Scandinavia. *Nachrichten der Akademie der Eissenschaften in Göttingen II. Mathematisch-Physikalische klasse* **13**, 195-210.
- Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestnes, E. & Lied, K. 1996: The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rockmass stability. *Landslides, senneset (ed.) 1996, Balkema, Rotterdam*.
- Skår, K. 1975: Flaumskredviftene på Unneland. Universitetet i Bergen – Godbit frå samlingene. Bergens Tidende.
- Sletten, K., Blikra, L. H., Ballantyne, C. K., Nesje, A. and Dahl, S. O. 2003: Holocene debris flows recognized in a lacustrine sedimentary succession: sediment characteristics, chronostratigraphy and palaeoclimatic implications. *The Holocene* **13**, 907-20.
- Sletten, K. and Blikra, L. H. 2007: Holocene colluvial (debris-flow and waterflow) processes in Gudbrandsdalen, eastern Norway; stratigraphy, chronology and palaeoenvironmental implications. *Journal of Quaternary Science* **22**, 619-35.
- Sletten, K. and Blikra, L. H. 2002?: Stratigraphical and sedimentological data on debris flow and snow-avalanche processes, Balsfjordeidet, northern Norway; palaeoclimatic records and implications for geohazard evaluation. *Geografiska Annaler* ?



Jord- og flaumskred i dei siste 10 000 åra

Velle G, Brooks SJ, Birks HJB (2005): Chironomids as a tool for inferring Holocene climate: An assessment based on six sites in southern Scandinavia. *Quaternary Science Reviews* 24: 1429–1462.