



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**  
· NGU ·





Rapport nr.: 2016.035	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Geofaredagen 2016 – Program og sammendrag			
Forfatter: Reginald Hermanns, Lars Harald Blikra, Krishna Panthi, Paula Hilger, Pierrick Nicolet og Kaja Krogh	Oppdragsgiver:		
Fylke:	Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)	Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:	Sidetall: 41 Kartbilag:	Pris: kr 65,-	
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 11.10.2016	Prosjektnr.: 053510	Ansvarlig: <i>Kari Sletten</i>
Sammendrag:  <p>Geofaredagen 2016 er en del av prosjektet SAK Geofare, som er finansiert av Norges forskningsråd. Geofaredagen 2016 er et møtested, blant annet for studenter, der det presenteres 20 vitenskaplige foredrag og 17 vitenskaplige postere om ny utvikling innen geofarearbeid og pågående forskning i Norge. Temaene for dagen er flom, jord- og flomskred, snøskred, steinsprang, fjellskred, jordskjelv og klimarelatert geofareforskning. Foredragsholderne er studenter og forskere fra nesten alle de norske universitetene (HSF, NTNU, UNIS, UiB, UiO, UiT), Göteborgs universitet (Sverige), Technical University Munich (Tyskland), forskningsinstitusjoner som Norut og NGI, samt statlige etater som NVE, SVV og NGU. Deltakerne på Geofaredagen 2016 kommer fra ovennevnte institusjoner, andre statlige institusjoner, forskningsinstitusjoner og konsulentfirmaer, samt lærer fra videregående skoler. Foredrag og postere vil presentere arbeid fra hele Norge, inkludert Svalbard. Ett foredrag handler om et prosjekt i Tyskland. Geofaredagen 2016 blir etterfulgt av en todagers ekskursjon til Sunndalen, Innerdalen, Langfjorden og Romsdalen. Det er mer en 100 registrerte deltakere på Geofaredagen 2016.</p> <p>Vi takker sponsorene som har gjort Geofaredagen 2016 og ekskursjonen til et gratis tilbud: NGI, Muliconsult, Norconsult, NORSAR, og Rambøll.</p>			
Emneord:	Geofare	Skred	
Flom	Jordskjelv	Permafrost	



**Programkomité:**

Reginald L. Hermanns (NGU, NTNU)

Lars Harald Blikra (NVE, UiT)

Krishna Panthi (NTNU)

Paula Hilger (NGU)

Pierrick Nicolet (NGU)

Kaja Krogh (NTNU, NGU)

**Konferansesekretær:**

Tove Aune (NGU)

**Takk til våre sponsorer:**





## INNHold

Program .....	7
Sammendrag .....	13
<i>Bruk av historiske data og paleodata i flomanalyser</i> A.H. Aano, K. Engeland, E.N. Støren N.R. Sælthun & C. Xu .....	15
<i>Geomorphological characterization of debris flow areas based on field observation and remote sensing images.</i> S. Anfinnsen, A. Solheim & J.M. Cepeda .....	15
<i>Spatio-temporal Holocene earthquake patterns of Norway revealed by subaquatic mass movements</i> B. Bellwald, B.O. Hjelstuen, H.P. Sejrup, T. Stokowy & J. Kuvås .....	16
<i>Rock slope instabilities in Norway: Systematic hazard and risk classification</i> M. Böhme, R.L. Hermanns, T. Oppikofer, I. Penna, H.Ø. Eriksen, & T.R. Lauknes .....	17
<i>Geomorfologisk studium av snøskredavsetninger i Kjosén, Lyngen, Troms.</i> J. Bolstad, A. Lemme & G.D. Corner .....	18
<i>En strukturgeologisk, geomorfologisk og InSAR undersøkelse av Oksfjellet, Kåfjord, Troms</i> M. Bredal, S.G. Bergh, T.R. Lauknes & L.H. Blikra .....	18
<i>Improving landslide thresholds using data from hydrological and meteorological stations</i> S.K.M. Bugge, G. Devoli & K. Engeland .....	19
<i>Meteorology, Snow Dynamics and Consequences of the 19th of December Avalanche in Longyearbyen, Svalbard</i> H.H. Christiansen, A. Prokop, H. Hancock, O. Humlum, C. Borstad, L. Rubensdotter & M. Eckerstorfer .....	20
<i>Den store flaumen i 2014 - Fjordsediment som arkiv for før-instrumentelle flaumar på Vestlandet</i> C.H. Eide & H. Haflidason .....	21
<i>Statens vegvesens arbeid med skredovervåking</i> M.H. Frekhaug & T. Humstad .....	21
<i>Nytt permafrostkart for Skandinavia –hvilke områder er sårbare for oppvarming?</i> K. Gislås, B. Eitzelmüller, K. Isaksen, S. Westermann, H.H. Christiansen .....	22
<i>Fjellskred og skred-deriverte avsetning på ustabile skråninger i området mellom Breivikeidet og Ullsfjorden i Troms: type, utbredelse og relasjon til relieff, berggrunn og overflateprosesser</i> A. Grumstad, G.H. Sandnes, G.D. Corner & S.G. Bergh .....	23
<i>Rekkevidde av steinsprang utenfor urfot</i> O. Gundersen .....	23
<i>Synoptic Meteorological Conditions Associated with Snow Drift and Avalanche Activity in a High Arctic Maritime Snow Climate</i> H. Hancock, J. Hendriks, K.W. Birkeland, M. Eckerstorfer, H.H. Christiansen & A. Prokop .....	24
<i>Vannstandsending i norske vassdrag under 500-års flom</i> S. Helland & N.R. Sælthun .....	24
<i>Grunnvannsutstrømning i fjellsiden og på fjordbunnen fra sprekkesystemet i den ustabile fjellsiden Stampa, Aurlandsfjorden, Sogn og Fjordane</i> H. Henriksen & T. Dale .....	26
<i>Temporal reconstruction of postglacial rockslides and slope instabilities at Mannen in Møre og Romsdal, Norway</i> P. Hilger, R.L. Hermanns, J. Gosse, B. Eitzelmüller, F. Magnin, M. Krautblatter & B. Jacobs .....	27
<i>Localized rock fall detached out of a deep seated gravitational slope deformation in Hemsedal</i> A. Hormes, I. Jillerö, A. Hellman & J. Eliasson .....	27
<i>Quantifying structural controls of rockfall activity on alpine limestone cliffs: a LiDAR-based geological approach in the Bavarian Alps.</i> B. Jacobs & M. Krautblatter .....	28
<i>An empirical approach for determining the evolution and behavior of rockslide dams</i> V.U. Jakobsen, R.L. Hermanns & T. Oppikofer .....	29
<i>The Evolution of Fault Zone Roughness</i> K. Jarsve, K. Mair & A. Souche .....	30

## Geofaredagen, 21. Oktober 2016, Trondheim, Norway

<i>Mot en sørpeskredindeks for Norge – validering av SNOWPACK for norske forhold</i> S. Jordet .....	30
<i>Stabilitetsanalyse av Kassen ovenfor Bandak– en ustabil fjellside i Telemark</i> K. Krogh & R.L. Hermanns .....	31
<i>Rock wall permafrost across Norway: Relevance, preliminary results and perspectives in the framework of the CryoWALL project</i> F. Magnin, B. Etzelmüller, S. Westermann, R.L. Hermanns & P. Hilger.....	32
<i>Seismicity of the Nordland area, Norway</i> J. Michalek, L. Ottemoeller, I. JanuYTE, C. Lindholm, B.M. Storheim & M.L. Strømme.....	33
<i>Strukturell og geomorfologisk kartlegging av den mulig ustabile fjellsiden Liane i Fortunsdalen, Sogn og Fjordane</i> K. Mo, B. Soldal & H. Henriksen .....	33
<i>Rombakstøtta, Narvik. Morfologisk og strukturell kartlegging av det ustabile området, samt avsetninger fra tidligere hendelser</i> O. A. Morken, P. Hilger & R.L. Hermanns.....	34
<i>Modelled post-glacial permafrost conditions in steep rock-walls in Norway</i> K.S. Myhra, S. Westermann & B. Etzelmüller.....	35
<i>Back Calculation of Avalanche Dimensions from Laser Scanning and SfM-Photogrammetry</i> A. Prokop, J.-M. Friedt, U. Enzenhofer & F. Tolle.....	36
<i>Det ustabile fjellpartiet Tytefjell: Fareklassifisering av forskjellige scenarier</i> Ø. Rem, R.L. Hermanns & M. Böhme.....	36
<i>Verdien av multi-sensor satellitt- og bakkebaserte radarmålinger på ustabile fjellområder i Troms</i> L. Rouyet, H.Ø. Eriksen, M. Bredal, T.R. Lauknes, M. Eckerstorfer, J. Dehls & Y. Larsen.....	37
<i>An Assessment of Runout Models Applied to Rock Fall Events in Norway</i> J. Salthaug, J. Strømsvåg, K. Mair, O. Galland & G. Håland.....	38
<i>Trekantformede jordskred - sammenligning av fem hendelser i Norge</i> G. Sandøy, L. Rubensdotter & T. Medgard .....	39
<i>Ulike skredprosesser sine samverknader på same skredvifte: Korleis vert flaumskred som prosess påverka av andre skredprosesser på Gråfomvifta, Innfjorddalen, Rauma kommune</i> S.Ø. Skei, G. Vatne & L. Rubensdotter.....	39
<i>European Plate Observing System (EPOS): A pan-European research infrastructure for georesources and geohazards</i> K. Tellefsen & K. Atakan .....	40
<i>Effects of Geohazards and Severe Weather Events as a Retrospect throughout 2009/2010 on the Rail Transport in Norway</i> M. Troon.....	41

# **Program**





Geofaredagen, 21. Oktober 2016, Trondheim, Norway

9:00 - 9:30	Registrering m/ Kaffe	
9:30 - 9:45	<b>Velkommen til Geofaredagen:</b> Reginald L. Hermanns	NGU, NTNU
9:45 - 11:00	<b>Foredragsserie 1 - Ledelse: Reginald L. Hermanns</b>	
9:45	<u>C.H. Eide</u> & H. Haflidason <i>Den store flaumen i 2014 - Fjordsediment som arkiv for før-instrumentelle flaumar på Vestlandet</i>	UiB
10:00	<u>S. Helland</u> & N.R. Sælthun <i>Vannstandsending i norske vassdrag under 500-års flom</i>	UiO
10:15	<u>V.U. Jakobsen</u> , R.L. Hermanns & T. Oppikofer <i>An empirical approach for determining the evolution and behavior of rockslide dams</i>	NTNU
10:30	<u>S. Anfinnsen</u> , A. Solhei & J.M. Cepeda <i>Geomorphological characterization of debris flow areas based on field observation and remote sensing images</i>	UiO
10:45	S.K.M. Bugge, G. Devoli & K. Engeland <i>Improving landslide thresholds using data from hydrological and meteorological stations</i>	UiO
11:00 - 11:30	Kafépause	
11:30 - 12:30	<b>Foredragsserie 2 - Ledelse: Paula Hilger</b>	
11:30	<u>G. Sandøy</u> , L. Rubensdotter & T. Medgard <i>Trekantformede jordskred - sammenligning av fem hendelser i Norge</i>	NGU
11:45	<u>B. Bellwald</u> , B.O. Hjelstuen, H.P. Sejrup, T. Stokowy & J. Kuvås <i>Spatio-temporal Holocene earthquake patterns of Norway revealed by subaquatic mass movements</i>	UiB
12:00	<u>K. Tellefsen</u> & K. Atakan <i>European Plate Observing System (EPOS): A pan-European research infrastructure for georesources and geohazards</i>	UiB
12:15	<u>J. Michalek</u> , L. Ottemoeller, I. Janutyte, C. Lindholm, B.M. Storheim, M. L. Strømme <i>Seismicity of the Nordland area, Norway</i>	
12:30 - 13:30	Lunsj	

*Geofaredagen, 21. Oktober 2016, Trondheim, Norway*

13:30 -13:45	L.H. Blikra, H. Christiansen og B. Etzelmüller <i>Nasjonal koordinering av geofareutdanning og forskning (NFR prosjekt SAK Geofare)</i>	NVE, UiT
13:45 - 15:00	<b>Foredragsserie 3 - Ledelse: Lars Harald Blikra</b>	
13:45	<u>B. Jacobs</u> & M. Krautblatter <i>Quantifying structural controls of rockfall activity on alpine limestone cliffs: a LiDAR-based geological approach in the Bavarian Alps</i>	TUM
14:00	<u>K.S. Myhra</u> , S. Westermann & B. Etzelmüller <i>Modelled post-glacial permafrost conditions in steep rock-walls in Norway</i>	UiO, HSF
14:15	<u>F. Magnin</u> , B. Etzelmüller, S. Westermann, R.L. Hermanns & P. Hilger <i>Rock wall permafrost across Norway: Relevance, preliminary results and perspectives in the framework of the CryoWALL project</i>	UiO, USMB
14:30	<u>P. Hilger</u> , R.L. Hermanns, J.C. Gosse, B. Etzelmüller, F. Magnin, M. Krautblatter & B. Jacobs <i>Temporal reconstruction of postglacial rockslides and slope instabilities at Mannen in Møre og Romsdal, Norway</i>	UiO, NGU
14:45	<u>K. Krogh</u> & R.L. Hermanns <i>Stabilitetsanalyse av Kassen ovenfor Bandak innsjø - en ustabil fjellside i Telemark</i>	NTNU
15:00 - 16:00	<b>Poster &amp; Kaffe</b>	
16:00 - 17:30	<b>Foredragsserie 4 - Ledelse: Kaja Krogh</b>	
16:00	<u>M. Böhme</u> , R.L. Hermanns, T. Oppikofer, I. Penna, H.Ø. Eriksen & T.R. Lauknes <i>Rock slope instabilities in Norway: Systematic hazard and risk classification</i>	NGU
16:15	<u>Ø. Rem</u> , R.L. Hermanns & M. Böhme <i>Det ustabile fjellpartiet Tytefjell: Fareklassifisering av forskjellige scenarior</i>	NTNU
16:30	<u>M. Bredal</u> , S.G. Bergh, T.R. Lauknes & L.H. Blikra <i>En strukturgeologisk, geomorfologisk og InSAR undersøkelse av Oksfjellet, Kåfjord, Troms</i>	UiT
16:45	<u>L. Rouyet</u> , H.Ø. Eriksen, M. Bredal, T.R. Lauknes, M. Eckerstorfer, J. Dehls & Y. Larsen <i>Verdien av multi-sensor satellitt- og bakkebaserte radarmålinger på ustabile fjellområder i Troms</i>	Norut
17:00	<u>A. Prokop</u> , J.-M. Friedt, U. Enzenhofer & F. Tolle <i>Back Calculation of Avalanche Dimensions from Laser Scanning and SfM-Photogrammetry</i>	UNIS
17:15	H.H. Christiansen, A. Prokop, <u>H. Hancock</u> , O. Humlum, C. Borstad, L. Rubensdotter & M. Eckerstorfer <i>Meteorology, Snow Dynamics and Consequences of the 19th of December Avalanche in Longyearbyen, Svalbard</i>	UNIS

## Posterprogram

---

A.H. Aano, K. Engeland, E.N. Støren, N.R. Sælthun & C. Xu	UiO
<i>Bruk av historiske data og paleodata i flomanalyser</i>	
J. Bolstad, A. Lemme & G. D. Corner	UiT
<i>Geomorfologisk studium av snøskredavsetninger i Kjoslen, Lyngen, Troms</i>	
M.H. Frekhaug & T. Humstad	SVV
<i>Statens vegvesens arbeid med skredovervåking</i>	
K. Gislås, B. Etzelmüller, K. Isaksen, S. Westermann, H.H. Christiansen	NGI, UiO
<i>Nytt permafrostkart for Skandinavia - hvilke områder er sårbare for oppvarming?</i>	
A. Grumstad, G.H. Sandnes, G.D. Corner & S.G. Bergh.	UiT
<i>Fjellskred og skred-deriverte avsetning på ustabile skrånninger i området mellom Breivikeidet og Ullsfjorden i Troms: type, utbredelse og relasjon til relieff, berggrunn og overflateprosesser</i>	
O. Gundersen	UiO
<i>Rekkevidde av steinsprang utenfor urfot</i>	
H. Hancock, J. Hendriks, K.W. Birkeland, M. Eckerstorfer, H.H. Christiansen & A. Prokop	UNIS
<i>Synoptic Meteorological Conditions Associated with Snow Drift and Avalanche Activity in a High Arctic Maritime Snow Climate</i>	
H. Henriksen & T. Dale	HSF
<i>Grunnvannsutstrømning i fjellsiden og på fjordbunnen fra sprekkesystemet i den ustabile fjellsiden Stampa, Aurlandsfjorden, Sogn og Fjordane</i>	
A. Hormes, I. Jillerö, A. Hellman & J. Eliasson	GU
<i>Localized rock fall detached out of a deep seated gravitational slope deformation in Hemsedal</i>	
K. Jarsve, K. Mair & A. Souche	UiO
<i>The Evolution of Fault Zone Roughness</i>	
S. Jordet	UiO
<i>Mot en sørpeskredindeks for Norge - validering av SNOWPACK for norske forhold</i>	
K. Mo, B. Soldal & H. Henriksen	HSF
<i>Strukturell og geomorfologisk kartlegging av den mulig ustabile fjellsiden Liane i Fortunsdalen, Sogn og Fjordane</i>	
O.A. Morken, P. Hilger & R.L. Hermanns	NTNU
<i>Rombakstøtta, Narvik. Morfologisk og strukturell kartlegging av det ustabile området, samt avsetninger fra tidligere hendelser</i>	
J. Salthaug, J. Strømsvåg, K. Mair, O. Galland & G. Håland	UiO
<i>An Assessment of Runout Models Applied to Rock Fall Events in Norway</i>	
S.Ø. Skei, G. Vatne & L. Rubensdotter	NTNU
<i>Ulike skredprosesser sine samverknader på same skredvifte</i>	
M. Troon	UT
<i>Effects of Geohazards and Severe Weather Events as a Retrospect throughout 2009/2010 on the Rail Transport in Norway</i>	

---

**18:30 Felles middag på Tyholtårnet.**



## **Sammendrag**





## **Bruk av historiske data og paleodata i flomanalyser**

---

*A.H. Aano, K. Engeland<sup>1,2</sup>, E.N. Støren<sup>3</sup>, N.R. Sælthun<sup>1</sup> & C. Xu<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *institutt for geofag, UiO, [anna.aano@outlook.com](mailto:anna.aano@outlook.com)*

<sup>2</sup> *NVE*

<sup>3</sup> *institutt for geofag, UiB*

Å kunne beregne dimensjonerende flomverdier (20-1000års flommer) er et krav ved bygging av dammer, infrastrukturer og arealplanlegging. Det er svært viktig å vite om et område kan være utsatt for flom og forventet flomstørrelse og – hyppighet, og det kan ha livsviktig betydning. Problemet er at det er svært vanskelig å forutsi flommer med stor sikkerhet.

For å prøve å forutsi kommende flommer (flomstørrelser og flomhyppighet) bør man se bakover i tid, på forekomst og frekvens i tidligere historie. Dette kan hjelpe med å se etter trender og mønster i forekomst av flom, og kunnskapen kan komme fra ulike informasjonskilder;

Historiske kilder. Det er informasjon fra flomsteiner og andre flommerker, beretninger om flommer, nedskrevet skattefradrag til flomskadde gårder etc. Historisk informasjon har man for omtrent 150 år tilbake i tid.

Instrumentelle kilder. Det være seg informasjon man har fra målte dataserier, for eksempel vannføringverdier. På det lengste har man mer eller mindre sammenhengende måleserier for omtrent 350 år.

Paleodata. Dette er informasjon om historiske/veldig gamle flommer. Ved hjelp av kjerneprøver fra sideelver av Glomma er det mulig å identifisere ulike sedimentlag. Når Glomma (som er mitt studieområde) flommer over, vil vann fra Glomma renne over i Vingersjøen. Glomma inneholder sedimenter av en annen sammensetning enn bakgrunnsedimentene i Vingersjøen, og man kan på denne måten finne ut når Glomma har flommet over. Paleodata som dette kan gi informasjon om flommer så langt tilbake som ca 9000 år (Holosen).

Slike kjerneprøver (som forklart i punkt 3) finnes på laboratorie i Bergen, og som en del av masteroppgaven min skal jeg være en uke på lab og studere prøven nærmere.

Opgaven min skal da være å prøve å finne sammenhenger og korrelere informasjon de ulike informasjonskildene gir. Videre skal jeg også prøve å bruke denne informasjonen til flomanalyser.

## **Geomorphological characterization of debris flow areas based on field observation and remote sensing images.**

---

*S. Anfinsen<sup>1</sup>, A. Solheim<sup>1,2</sup> & J.M. Cepeda<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Department of Geosciences, University of Oslo, Sem Sælands vei 1, 0316 Oslo, [simonanf@student.geo.uio.no](mailto:simonanf@student.geo.uio.no)*

<sup>2</sup> *Norges Geotekniske Institutt: Sognsveien 70, 0806 Oslo*

The MSc thesis will be part of a larger research effort spanning 8 years from 2015 to 2022, called “Klima 2050” (climate 2050). The project involves 20 partners, including private and public sector and the research and education community. The most important parties involved in this thesis will be NGI (Norwegian Geotechnical Institute), NVE (Norwegian water

resources and energy directorate), NTNU (Norwegian university of science and technology) and the University of Oslo.

The purpose of this thesis is the geomorphological characterization of a number of selected debris flow areas in a way that is useful for users and applications ranging from emergency response to numerical modeling.

An important part of this process will be the development of a fieldwork form, and a methodology for organizing data for a range of end users with varying needs. The methodology might be adopted by others doing similar surveys later in the Klima 2050 project, and the use of the form needs to be thoroughly explained.

The product should allow a thorough characterization of the sites, differentiated to properly suit the needs of different end users, a fieldwork form that facilitates the differentiating, and a guide on how to properly utilize it.

The characterization will be done through field surveys, identification of soil samples and interpretation of remote sensing products. Remote sensing data will vary depending on site location(s), though air/satellite photos with up to 0.1 m resolution are available for most sites. The acquisition of elevation data in order to make a more detailed DEM for selected sites is currently an option being investigated. GIS tools will be used to process terrain profiles, watersheds and drainage networks. An analysis of grain size distribution and unit weight will be conducted on the soil samples gathered at the sites. Meteorological data will also be a part of the analysis of the events. The data gathered will be used in a back analysis of the individual events using a runout model.

Expected results include a characterization of the sites, identification of the mechanisms involved, a fieldwork form (including a user's guide) and back-analyses of runout.

The collection of data and improved understanding of specific debris flow areas will be useful both for future studies and risk mitigation activities.

## **Spatio-temporal Holocene earthquake patterns of Norway revealed by subaquatic mass movements**

---

*B. Bellwald<sup>1</sup>, B.O. Hjelstuen<sup>1</sup>, H.P. Sejrup<sup>1</sup>, T. Stokowy<sup>2</sup> & J. Kuvås<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Department of Earth Science, University of Bergen, Allégaten 41, 5007 Bergen, Benjamin.Bellwald@uib.no*

<sup>2</sup> *Department of Clinical Science, University of Bergen, Haukeland universitetssykehus, Laboratoriebygget, 5020 Bergen*

Earthquakes are globally among the most severe geohazards, having the potential to initiate other geohazards, such as rock avalanches, submarine slides and tsunamis. Norway is located in an intraplate setting, for which recurrence rates have been estimated to 10 years for M5 and 1100 years for M7 earthquakes, noting that the largest recorded earthquake is a M5.8 in 1819 in the Ranafjorden area. In this study we use 44 sediment cores and high-resolution seismic profiles from 22 fjords and six lakes from west and mid-Norway to better estimate recurrence rates of Holocene earthquakes. 140 postglacial mass movement events and their associated mass transport deposits (MTDs) have been identified in the studied region. Evaluation of trigger mechanisms make us infer that most of these mass movement events were initiated by earthquakes, and that both climate-related processes and tsunamis most likely can be excluded as trigger mechanisms for most of the events. A total of 33 individual earthquakes has been identified, which most likely outbalance the historically recorded events in magnitude, thus indicating magnitudes >6. Frequency plots of the MTDs

suggest high seismic activity in the early Holocene (11000-9700 cal. yrs BP), followed by seismic quiescence in the mid-Holocene before a seismic reactivation took place at ~4000 cal. yrs BP. We estimate earthquake recurrence rates of 1/80 years directly after the last deglaciation of Western Norway (12800-11600 cal. yrs BP), 1/200 years for the early Holocene and 1/300 years for the last 4000 years. Our compilation suggests that the mid-Holocene is characterized by low seismic activity, suggesting recurrence rates of 1/1300 years. The mass movements identified in our study further correlate with increased activity of the colluvial systems in Western Norway, indicating that the earthquakes are also candidates for rock avalanche triggering. Analyzing the spatial pattern of coevally-triggered mass movements, we suggest most of these events to be local earthquakes. Coevally-triggered MTDs at ~8100 cal. yrs BP, identified in all the archives and correlating with the age of the offshore Storegga slide, are potential candidates to represent a far-field earthquake.

## **Rock slope instabilities in Norway: Systematic hazard and risk classification**

---

*M. Böhme<sup>1</sup>, R.L. Hermanns<sup>1</sup>, T. Oppikofer<sup>1</sup>, I. Penna<sup>1</sup>, H.Ø. Eriksen<sup>2</sup>, & T.R. Lauknes<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Geological Survey of Norway, Postboks 6315 Sluppen, 7491 Trondheim, Norway, Martina.Bohme@ngu.no*

<sup>2</sup> *Norut, Postboks 6434, 9294 Tromsø, Norway*

Unstable rock slopes that can cause large failures of the rock-avalanche type have been mapped in Norway for almost two decades. Four sites have earlier been characterized as high-risk objects based on expertise of few researchers. This resulted in installing continuous monitoring systems and set-up of an early-warning system for those four sites. Other unstable rock slopes have not been ranked related to their hazard or risk. There are ca. 300 other sites known of which 70 sites were installed for periodic deformation measurements using multiple techniques (Global Navigation Satellite Systems, extensometers, measurement bolts, and others). In 2012 a systematic hazard and risk classification system for unstable rock slopes was established in Norway and the mapping approach adapted to that in 2013.

The hazard analyses is based on 9 geological parameters and will be presented based on the Gamanjuni unstable rock slope. This slope has a well developed back scarp that exposes 150 m preceding displacement. The lateral limits of the unstable slope are clearly visible in the morphology and InSAR displacement data. There have been no single structures observed that allow sliding kinematically. The lower extend of the displacing rock mass is clearly defined in InSAR data and by a zone of higher rock fall activity. Yearly average displacement rates of up to 6 cm are measured with differential GNSS and InSAR. Cosmogenic nuclide dating suggests an acceleration of the present displacement compared to the average displacement since the initiation of the gravitational movement approximately 7000 years ago. Furthermore, there exists a pre-historic rock avalanche 3 km north along the same slope. These characteristics result in a very high hazard for the Gamanjuni unstable rock slope.

The consequence analyses focus on the possibility of life loss only. For this the number of persons in the area that can be affected by either the rock slope failure itself and/or its secondary consequence of a displacement wave in case that a rock slope failure would hit a

water body is estimated. For Gamanjuni the direct consequences are approximately 40 casualties, representing medium consequences.

The results are plotted in a risk matrix with 5 hazard and 5 consequence classes, leading to 4 risk classes. Gamanjuni has now been officially classified as a high risk object and continuous monitoring will be initiated soon. Up to now, 22 sites were classified for hazard, consequences and risk using this classification system. This resulted in a high risk for 6 scenarios, medium to high risk for 16 scenarios, medium risk for 7 scenarios and low risk for 19 scenarios.

## **Geomorfologisk studium av snøskredavsetninger i Kjosén, Lyngen, Troms.**

---

*J. Bolstad, A. Lemme & G.D. Corner*

*Universitetet i Tromsø, jorgenfriisbolstad@gmail.com*

Snøskred er et utbredt faremoment i Troms, og har de siste årene tatt flere menneskeliv. Det investeres store ressurser i beskyttelsestiltak, og behovet for å forstå snøskred – hvor og når de kan inntreffe – vokser i takt med samfunnsutvikling og klimaendringer. Kjosén i Lyngen er utsatt for skred hvert år, og det har gått både hus og menneskeliv tapt her. I 2004 ble det utført skredsikringstiltak som skal hindre snøskred i å ramme vei og bebyggelse.

Snøskred er også en geomorfologisk agens som gir en signatur i landskapet i form av ulike, mer eller mindre karakteristiske sedimentære facies, småformer og landformer. Ved å undersøke og kartlegge disse ulike signaturene vil vi identifisere steder i Kjosén der snøskred forekommer, og prøve å danne oss et bilde av utbredelsen og hyppigheten til disse. Vi håper å ende opp med et detaljert kart som beskriver skråningsprosessene i området. Et steg videre vil være å modellere ulike scenarioer slik at vi kan få en bedre forståelse for situasjoner der snøskred potensielt kan true husstander og veiforbindelse.

Foreløpig har vi studert flyfoto og gjennomført to uker med feltarbeid. Feltarbeidet har foregått til fots under de sørvendte fjellssidene i Kjosén. Vi har også pratet med lokale for å få et innblikk i historiske hendelser. Videre arbeid vil bestå av tolkning av feltobservasjoner og prøve å kartlegge området med tanke på de ulike geofarene som forekommer der.

## **En strukturgeologisk, geomorfologisk og InSAR undersøkelse av Oksfjellet, Kåfjord, Troms**

---

*M. Bredal<sup>1</sup>, S.G. Bergh<sup>2</sup>, T.R. Lauknes<sup>3</sup> & L.H. Blikra<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Institutt for geologi, UiT Norges Arktiske Universitet, Postboks 6050, Langnes 9037 Tromsø, mariebbredal@gmail.com*

<sup>2</sup> *Institutt for geologi, UiT Norges Arktiske Universitet, Postboks 6050, Langnes 9037 Tromsø, steffen.bergh@uit.no*

<sup>3</sup> *Norut, Postboks 6434, 9294 Tromsø, tom.rune.lauknes@norut.no*

<sup>4</sup> *Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE), Ødegårdsvegen 176, 6200 Stranda, lab@nve.no*

Dette studiet har hovedsakelig fokusert på å kombinere feltobservasjoner av strukturelle og geomorfologiske elementer og interferometrisk syntetisk apertur-radar (InSAR) for å

undersøke det ustabile fjellpartiet i Oksfjellet. Fjellpartiet er lokalisert i Kåfjord i Troms, langs en nordøstvendt fjellside i en breerodert dal. Den kaledonske berggrunnen består i hovedsak av glimmerskifer som viser duktile (kaledonske) og sprø (postkaledonske) strukturer. Hovedtrenden til sprø sprekker og forkastninger er NØ-SV og NV-SØ. Sammen med en duktil skjærsone/skyveforkastning synes de å ha kontrollert lokaliseringen av det ustabile fjellpartiet.

Bevegelse som er detektert med både bakke- og satelittbasert InSAR korrelerer godt med kartlagte strukturer i berggrunnen og med morfologiske elementer. Bevegelse detektert med satelittbasert InSAR, ned til en rate på 1 mm/år, synes å reflektere reelle geologiske prosesser. Av dette kan det konkluderes at kombinasjonen av bakke- og satelittbasert InSAR tilførte viktig informasjon som utfylte feltobservasjoner godt. Radardata viste seg svært nyttig til å undersøke bevegelsesmønster med forskjellig tidsmessig og romlig skala.

Skredhendelsene i Oksfjellet styres hovedsakelig av toppling og kileutglidninger langs pre-eksisterende postkaledonske sprekker, men glidning langs foliasjonen er også en mulig styrende mekanisme.

Et dypereliggende glideplan kan antas å være parallelt med moderat hellende foliasjon langs skyveforkastningen, eller antas å være lokalisert langs skjæringslinjen mellom foliasjonen/skyveforkastningen og sprekker. Dette synes å skape en samlet nedadgående bevegelse av det ustabile fjellpartiet mot NNØ. Fjellpartiet kan klassifiseres som et komplekst felt med likheter til "deep-seated gravitational slope deformations". Forkastninger og sprekker som avgrensner det ustabile fjellpartiet, med hovedtrend NNØ-SSV til NØ-SV og NV-SØ, sammenfaller med strøket til regionale mesozoiske forkastninger. Dette antyder at fjellskredet i Oksfjellet er styrt av reaktivering langs disse sprekkesettene.

## **Improving landslide thresholds using data from hydrological and meteorological stations**

---

*S.K.M. Bugge<sup>1</sup>, G. Devoli<sup>2</sup> & K. Engeland<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Institutt for geofag, Universitetet i Oslo, bugge.sara@gmail.com*

<sup>2</sup> *Norges vassdrags- og energidepartement*

Forskning har vist at det er en sammenheng mellom nedbør og skredhendelser. På grunn av endringer i klima, med økt nedbør som et forventet resultat i fremtiden, er det samtidig forventet en økning i skredhendelseshendelser (spesielt jordskred og flomskred). Det trengs derfor en bedre karakterisering av skredhendelsene, både relatert til topografi, geologi og i forhold til utløsnings- og triggermekanismer.

I litteraturen har det blitt lagt mye vekt på å rekonstruere nedbørshendelser som utløser skredhendelser (Melillo et al. 2015) ved bruk av data fra nedbørstasjoner. Det har derimot ikke vært like stort fokus på å bruke data fra vannføringsstasjoner. Ved å bruke slike data i tillegg til nedbørsdata kan det bidra til å forbedre, kalibrere og validere terskelverdier for skred i bestemte områder, samt hjelpe til å forbedre sanntid varslingstjenester. Tidlig varsling har vært basert på empiriske nedbørsterskler, men tersklene er påvirket av usikkerheter – for eksempel karakteriseringen av nedbørshendelser.

Målet med masteroppgaven er å identifisere og beskrive jord- og flomskredhendelser i Hordaland, og gjøre en sammenligning av hydrometeorologiske forhold for hendelsene,



forut for og under hendelsene. I masteroppgaven vil data fra hydrometeorologiske stasjoner analyseres for å evaluere forholdene som førte til spesifikke skredhendelser. For å kunne gjøre dette er det valgt ut skredhendelser i nærhet av stasjonene, innenfor en 5km buffer. For selve analysen vil metodene utviklet av Melillo et al. (2015) brukes. Melillo et al. (2015) har utviklet en algoritme som, uavhengig a lokale forhold, identifiserer nedbørshendelser som fører til skred, både forut for og under skredhendelsene. Masteroppgaven vil teste metoden for å undersøke om den kan brukes på norske forhold, for å forbedre den lokale skredvarslingen på Vestlandet. Data som brukes er hentet fra nedbørstasjoner i Hordaland, både stasjoner som måler timesnedbør og stasjoner som måler døgnsnedbør. I tillegg kommer også data som er hentet fra vannføringsstasjoner. Dataset fra flere ulike år vil bli testet for å finne ut om det finnes (statistiske) likheter mellom datasettene. Skreddata er hentet fra nasjonal skreddatabase. Ettersom oppgaven er i startfasen foreligger det ikke resultater enda. Foreløpig er det startet arbeid med bearbeiding av innhentet data, samt kartlegging av skreddata. Det arbeides også med å utarbeide kriterier for skreddatabasen for å få et mest mulig nøyaktig bilde av nedbørssituasjonen for skredhendelsen. Slike kriterier er for eksempel for nøyaktigheten av plassering av skred, samt dato og tidspunkt for skredhendelsen. I den opprinnelige forskningen av Melillo et al. (2015) er det ikke gjort noen skiller mellom typer skred. For denne masteroppgaven kan det bli aktuelt med større fokus på skred i løsmasser.

## **Meteorology, Snow Dynamics and Consequences of the 19th of December Avalanche in Longyearbyen, Svalbard**

---

*H.H. Christiansen<sup>1</sup>, A. Prokop<sup>1</sup>, H. Hancock<sup>1</sup>, O. Humlum<sup>2</sup>, C. Borstad<sup>3</sup>, L. Rubensdotter<sup>1,4</sup> & M. Eckerstorfer<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> *The University Centre in Svalbard, Arctic Geology Department, hanne.christiansen@unis.no*

<sup>2</sup> *The University in Oslo, Department of Geosciences*

<sup>3</sup> *The University Centre in Svalbard, Arctic Geophysics Department*

<sup>4</sup> *Geological Survey of Norway*

<sup>5</sup> *NORUT*

We present the meteorology, snow dynamics, and consequences for future hazard management associated with the tragic avalanche event that occurred on December 19<sup>th</sup>, 2015 in the settlement of Longyearbyen. A relatively uncommon suite of meteorological conditions including heavy precipitation and southeasterly winds accompanying a slow moving low pressure system preceded the event and led to large snow drift accumulations on the northwesterly facing aspects of Longyeardalen, resulting in a massive slab avalanche release on a relatively small slope above Longyearbyen. While much smaller avalanches have previously been observed on this slope, the December 19<sup>th</sup> avalanche was historically unprecedented in destructive size and extent. Avalanche debris reached the houses in the valley below, lifting 11 homes off their foundations and moving them downslope up to 80 meters. Over 20 people were trapped inside the demolished buildings, but a successful local rescue effort combined with the event's timing after the storm's winds and precipitation had subsided limited loss of life to two fatalities. As geomorphological mapping of the Longyeardalen valley show solifluction and mass wasting deposits indicative of continued hillslope instability in the area of the 19 December avalanche but no snow avalanche deposits, which are recorded elsewhere in the valley, managing hazards associated with all periglacial hillslope processes is in demand for the community. This tragic avalanche event

more specifically highlights the need for the continued development of avalanche forecasting services and a systematic snow and avalanche monitoring network as tools for local authorities to manage public safety in this remote, arctic setting.

## **Den store flaumen i 2014 - Fjordsediment som arkiv for før-instrumentelle flaumar på Vestlandet**

---

*C.H. Eide & H. Hafliðason*

*Institutt for geovitenskap, Universitetet i Bergen, Allégaten 41, 5007 Bergen, christian.eide@uib.no*

Ein av dei mest skadelege flaumane på Vestlandet dei siste 200 åra skjedde seint i oktober i 2014. Store nedbørsmengder førte til flaum i mange vassdrag på Vestlandet, spesielt i Hordaland og Sogn og Fjordane. Flaumane ødela fleire hus, vegar og dyrka mark... Ein så ødeleggende flaum var ingen som kunne forutsjå.

Å føresjå variabilitet i nedbør og flaum er viktig for å planlegge tiltak for flaumsikring, forvaltning, krav for av framtidig infrastruktur og maksimal utnytting av vassmagasiner. Variabilitet og gjentakingsintervall for flaumskader er vanskelige å anslå ved hjelp av instrumentelle måledata som berre dekkjer dei siste 50-100 år, spesielt når gjentakingsintervalla for dei meir katastrofale hendingane er lenger en måleperioden. Slike data er sannsynlegvis heller ikkje tilstrekkelege for å føresjå flaumskader i framtida, sidan klimaet er i endring.

To dagar etter den store flaumen i oktober 2014 gjorde vi feltarbeid i Flåmsdalen og Lærdal for å forstå korleis ein storflaum utviklar seg i tronge dalar på Vestlandet. Feltarbeidet på land ble fulgt opp våren 2016 med marint felttokt der vi tok fleire sedimentkjerner framfor utløpet av bl. a. Flåmselvi og Lærdalselvi. Desse kjernane blir undersøkt ved hjelp av eit stort utval av loggar, instrumenter og sedimentologiske metodar. Dateringer på kjernene blir utført med hjelp av radiometrisk datering og Pb/Cs datering. Flåmsvassdraget har vassføringsmålingar som går heilt tilbake til 1907, og dette gir ein mulighet til å knytte instrumentelle vassføringsmålingar til flaumlag i avsetningane. Målet er å definere langsiktig gjentakingsintervall på store flaumar, og å undersøke korleis tidlegare tiders klimaendringar påverka flaumstorleik og gjentakingsintervall. Dette vil gjere det mogeleg å undersøke korleis naturleg variabilitet i mengda og skadeomfanget av flaumar har variert over tid, og å anslå kor ofte og kor skadelege flaumar som kan forventast i framtida.

## **Statens vegvesens arbeid med skredovervåking**

---

*M.H. Frekhaug & T. Humstad*

*Geoteknikk, og skredseksjonen, Statens vegvesen Vegdirektoratet, Brynsengfaret 6A, 0667 Oslo, tore.humstad@vegvesen.no*

Overvåking og varsling av naturfarer er viktig for å øke forutsigbarheten og gi mulighet for å redusere risiko ved skredutsatt bebyggelse, infrastruktur og aktivitet. I løpet av perioden 2012-2015 har flere statlige etater og private leverandører samarbeidet om instrumentering og overvåking av en rekke skredbaner i Norge. Arbeidet er gjort som en del av forskings- og

utviklingsprogrammet NIFS (Naturfare - Infrastruktur, flom og skred). Gjennom dette programmet er flere metoder testet ut for overvåking av skred og deformasjon i snø-, jord- og bergmasser. Eksempler på instrumenter som er brukt er geofoner, rystelsesmålere, potensiometer og ulike snøprofilmålere. Laserskanning, radar, timelapse-fotografering og fotogrammetri fra terreng, droner og helikopter er eksempler på optiske og elektromagnetiske fjernmålingsteknikker. Infrazydmålinger av snøskredaktivitet er eksempel på akustiske fjernmålingsteknikk som er testet i programmet. Testene har gitt mange nyttige erfaringer både når det gjelder teknologi og valg av varslingsrutiner og organisering. Gjennom NIFS er grunnlaget for et varig bransjesamarbeid om dette temaet etablert.

## **Nytt permafrostkart for Skandinavia -hvilke områder er sårbare for oppvarming?**

---

*K. Gisnås<sup>1,2</sup>, B. Etzelmüller<sup>2</sup>, K. Isaksen<sup>3</sup>, S. Westermann<sup>2</sup>, H.H. Christiansen<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Norges Geotekniske Institutt, Postboks 3930 Ullevål Stadion, kjersti.gisnas@ngi.no*

<sup>2</sup> *Institutt for geofag, Universitetet i Oslo, Oslo*

<sup>3</sup> *Meteorologisk institutt, Oslo*

<sup>4</sup> *Universitetssenteret på Svalbard, Longyearbyen*

Kunnskap om den romlige fordelingen og temperaturene i permafrosten er ikke bare avgjørende for validering av globale og regionale klimamodeller. Det er også viktig informasjon for planlegging av infrastruktur og menneskelig aktivitet, og vurdering av naturfarer. Store mengder karbon er lagret i permafrosten på global skala, men i tillegg kan permafrost fungere som en stabiliserende faktor for både bratte fjellvegger og dalsider dekket av sedimenter. Ved oppvarming av bakken og tining av permafrost reduseres imidlertid stabiliteten i både fjell og sedimenter, og permafrosten kan bidra til naturfarer. Kunnskap om hvilke områder som har tint de siste årene eller er sårbare for oppvarming er nyttig for å forutse i hvilke områder man kan forvente at permafrost bidrar til redusert stabilitet av fjellsider.

Permafrost er utelukkende termisk definert og er ikke nødvendigvis synlig på bakken. Modeller for bakketemperatur er derfor avgjørende for å få et bilde av den regionale utbredelsen av permafrost. Frem til i dag har man kun hatt grove, globale kartlegginger av permafrost basert på lufttemperatur og feltmålinger som bakgrunn for å studere utbredelsen av permafrost i Skandinavia. Vi har nå for første gang et permafrostkart basert på modellkjøring som tar hensyn til både lufttemperatur, snødyb, snøfordeling, vegetasjon og bakkeegenskaper (Gisnås et al. 2016). Kartet gir ny kunnskap om den totale utbredelsen av permafrost, og viktig innsikt i hvilke områder som er sårbare for fremtidige endringer i klimaet.

Modellkjøringer mellom normalperiodene 1961-1990 til 1981-2010 for Norge viser en reduksjon i permafrost i fjell fra 22 000 km<sup>2</sup> til 13 200 km<sup>2</sup>. 55 % av reduksjonen er i områder klassifisert med morenemateriale, 21 % er i bart fjell og 18 % er i blokkhav.

Gisnås K, Etzelmüller B, Lussana C, Hjort J, Sannel ABK, Isaksen K, Westermann S, Kuhry P, Christiansen Hanne H, Frampton A, Åkerman HJ. 2016. A new permafrost map for the Scandinavian Peninsula.

## **Fjellskred og skred-deriverte avsetning på ustabile skråninger i området mellom Breivikeidet og Ullsfjorden i Troms: type, utbredelse og relasjon til relieff, berggrunn og overflateprosesser**

---

*A. Grumstad, G.H. Sandnes, G.D. Corner & S.G. Bergh.*

*Institutt for geologi, UiT Norges arktiske universitet, Postboks 6050 Langnes N-9037 Tromsø, adm@ig.uit.no*

Hensikten med denne oppgaven er å undersøke utbredelsen av fjellskred, ustabile fjellpartier og beslektede skråningsavsetninger i området mellom Tromsøysund, Ullsfjorden og Breivikeidet, kartlegge disse morfologisk og foreta struktureologiske målinger for å kunne forstå årsakssammenhengen blant ustabile fjellskråninger og berggrunnens karakter og relieff.

Dette studie området egner seg godt ettersom det er nærme Tromsø og det har flere fjellskred og ustabile fjellsider i ulike himmelretninger og av ulik størrelse. Målet er å lage et kart over studieområdet med kategorisering av type, lokasjon, utbredelse osv. av fjellskred og ustabile fjellsider. Så langt har vi funnet 12 lokaliteter med ustabil fjellside eller fjellskredavsetninger.

Fremgangsmåter for å løse problemstillingene i denne oppgaven vil være digitale hjelpemidler som orthofoto, Norgei3D, kart, samt feltarbeid ved utvalgte lokasjoner med fokus på struktureologi og geomorfologi.

Så langt har vi begynt med feltarbeid, bl.a. helikoptertur med NGU, og kommet i gang med oversiktsarbeid og planlegging. Videre arbeid og plan fremover er å være ferdig med feltarbeid innen oktober og innen november være ferdig med kartlegging og mye av det praktiske for oppgaven. Vi vil jobbe i felt og gjøre mye av det praktiske sammen, men skrive hver vår individuelle oppgave.

## **Rekkevidde av steinsprang utenfor urfot**

---

*O. Gundersen*

*Institutt for geofag, Universitetet i Oslo. Odinog@student.geo.uio.no*

Fokuset med denne masteroppgaven er å sammenligne felldata fra steinblokkers plassering og rekkevidde fra urfot med rekkeviddesannsynligheter fra steinsprangmodellen Rockyfor3d som i dag brukes i henhold til sikkerhetskravene for plan og bygningsloven i forhold til sikkerhet mot naturpåkjenninger

<http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/?dpx=/dpx/content/tekniskekrav/7/3/>

En annen oppgave er å skille steinsprang fra steinblokker knyttet til morene. Feltarbeid er blitt utført ved 9 lokaliteter i fylket Sogn og Fjordane, nærmere bestemt i Fortunsdalen og ved Fast turisthytte i Luster kommune, samt i Lærdalen og ved Eråksøyane i Lærdal kommune. I feltarbeidet er blokkers form og størrelse, samt posisjon i terrenget blitt målt

opp med GPS og med PDF kart. Drone er også blitt benyttet på et av stedene. I feltarbeidet er det blitt observert at de største blokkene ofte når langt utenfor urfoten, mens mindre blokker faller til ro i uren og bygger opp denne. Flere av steinurene har fellestrekk som at blokkenes størrelse øker ned mot endepunktet på steinurene. Områdene med steinur ligger ofte i morenelandskap og blokker fra steinsprang ligger sammen med blokker knyttet til morene. I andre lokaliteter forekommer det også flere geofarer utenom steinsprang på samme sted som for eksempel tidligere flomskred. Videre arbeid framover vil være å se om det finnes sammenhenger mellom størrelser, form og utløp for steinblokker som har nådd utenfor urfoten. Samtidig vil observasjoner i felt bli knyttet mot aktsomhetskart for å se om disse kartene stemmer med det som er observert i felt. Ut ifra dette kan det være mulig å se om dette aktsomhetskartet har et forbedringspotensial.

## **Synoptic Meteorological Conditions Associated with Snow Drift and Avalanche Activity in a High Arctic Maritime Snow Climate**

---

*H. Hancock<sup>1,2</sup>, J. Hendrikx<sup>2</sup>, K.W. Birkeland<sup>1</sup>, M. Eckerstorfer<sup>3</sup>, H.H. Christiansen<sup>1</sup> & A. Prokop<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *The University Centre in Svalbard, Arctic Geology Department, holt.hancock@unis.no*

<sup>2</sup> *Montana State University, Snow and Avalanche Lab*

<sup>3</sup> *USDA Forest Service National Avalanche Center*

<sup>4</sup> *NORUT*

Avalanche activity in snow climates dominated by direct-action avalanches is primarily controlled by the local and synoptic scale meteorological conditions just prior to and during winter storm events. Previous work in Svalbard characterized the region's unique, direct-action snow climate as "High Arctic maritime" and demonstrated an association between periods of snow drift and regional avalanche activity. This work uses a record of road closures due to snow drift on a mountain road near Longyearbyen to further investigate Svalbard's snow and avalanche regime by: 1) characterizing synoptic meteorological conditions leading to regional snow drift events, and 2) exploring the relationship between these periods of snow drift and regional avalanche activity using a case study approach. We couple a nine-year (2007 – 2015) record of road closures with local meteorological observations and NCEP/NCAR synoptic composite maps to characterize the local and synoptic weather conditions leading to and occurring during periods of snow drift near Longyearbyen, Svalbard's primary settlement. Then we compare this record of snow drift events with regional avalanche observations to illustrate the relationship between snow drift and avalanche activity in Svalbard. The results of this study will improve the understanding of Svalbard's unique maritime snow climate and will help advance avalanche forecasting efforts throughout the region.

## **Vannstandsending i norske vassdrag under 500-års flom**

---

*S. Helland & N.R. Sælthun*

*Universitetet i Oslo, solveighelland@live.no*

Flom i store og små vassdrag er en stor kostnad, både for samfunnet og den enkelte, og har fått en viktig plass i lokalt planarbeidet. Utsiktene til økt hyppighet av ekstremevær på grunn av menneskeskapt klimaendring forsterker denne fokusen på flom og flomskader. Detaljert flomkartlegging i form av flomsonekart finnes bare for begrenset antall kritiske områder – det er en arbeidskrevende og kostbar prosess å framstille slike kart. Den eneste landsdekkende kartleggingen av flomutsatte områder er aktsomhetskartene for flom. Denne kartleggingen utgjør den norske implementeringen av kravet i EUs flomdirektiv til «Preliminary Flood Risk Assessment» (PRFA). Aktsomhetskartet er publisert på NVEs åpne kartsystem (<http://atlas.nve.no>). Hensikten med PRFA er, som den norske betegnelsen indikerer, å identifisere områder hvor flomfare kan være et problem, og hvor det dermed er nødvendig å foreta mer detaljerte undersøkelser. Kartet angir ikke noe gjentaksintervall og er basert på omhylningskurver for flomstigning for 500-års flom fra flomsonekart og hydrologiske målestasjoner. Det er dermed i utgangspunktet for grovt til å brukes i detaljert planarbeid, men i mangel på et alternativ benyttes kartet og de underliggende formlene for vannstandsstigning i betydelig grad i utarbeidelse av kommunale reguleringsplaner. Metodikken i aktsomhetskartet er basert sammenhengen mellom flomstigning og feltareal og effektiv sjøprosent. I praksis brukes bare feltareal. Sammenhengen mellom vannstand og feltareal har mulighet for forbedring, da korrelasjonskoeffisienten ( $R^2$ ) fra lineær regresjon er mellom 0.3 og 0.5, der 1 er total samvariasjon.

Formålet med masteroppgaven er å se om det er mulig å finne en bedre sammenheng mellom vannstand (dH) og andre feltparametere. Disse feltparametere er helningen (gradienten) og bredde til elva som kan tas direkte ut fra digitale kartverk. Problemstillingen er om det går an å forbedre datagrunnlaget gjennom å bruke Mannings formel for å estimere vannstanden ved en 500 års-flom. Metoden etableres ved å bruke tilgjengelige flomsonekart-data, og derfra hente gradient, vannføring for 500 års-flom. Bredde velges fra kartdata. Den smaleste bredden blir valgt, fordi dette er området som vil bli kritisk ved en flom. Videre brukes testdata for å se hvor godt modellert vannføring for 500-års flom og estimert vannføring for 500-års flom samvarierer. 500-års flommen estimeres fra regional flomfrekvens analyse og regionalt formelverk for småfelt. Gradient her hentes da ut fra topografien på digitalt kart.

Resultatene viser foreløpig at samvariasjonen mellom etableringsmateriale dH modellert ved hydraulisk modell og dH ved Mannings formel ved Pearsons korrelasjonskoeffisient er 0.69. Korrelasjonskoeffisienten med lineær regresjon viser at  $R^2$  ligger på 0,48 for hele Norge. Hvis det deles opp i regioner vises det at Øst-Norge har en  $R^2$  på 0.72, Vest-Norge har 0.49, Sør-Norge har 0.44, Midt-Norge har 0.60 og best er Nord-Norge med 0.90. Student t-test indikere at det er en signifikant lineær sammenheng mellom vannstandsendringen modellert ved flomsonekart og vannstandsendringen som fremkommer av Mannings formel. Signifikansnivået er satt til 0.05.

Disse foreløpige funnene tyder på at denne metoden for å finne vannstand ved flom er like god eller bedre enn aktsomhetskart. Videre i oppgaven vil det bli å teste metoden på uavhengig materiale.



## **Grunnvannsutstrømning i fjellsiden og på fjordbunnen fra sprekkesystemet i den ustabile fjellsiden Stampa, Aurlandsfjorden, Sogn og Fjordane**

---

*H. Henriksen & T. Dale*

*Høgskulen i Sogn og Fjordane, Institutt for naturfag, postboks 133, 6851 SOGNDAL, helge.henriksen@hisf.no*

Det infiltrerer betydelige mengder overflatevann fra bekken Joasetegrovi i fjellplatået ved Joasete ca. 900 moh og videre ned i sprekkesystemet i det ustabile fjellpartiet Stampa. Vannmengden som infiltrerer varierer fra 0-17 l/s avhengig av årstid og nedbør. Under det ustabile fjellpartiet og ned mot fjorden er det kartlagt 7 kilder. Den øverste av kildene ligger ca. 300 moh, 4 kilder ligger ca. 100 moh, en kilde ligger ca. 50 moh og en kilde ligger helt i strandkanten. I kildene er det målt elektrisk ledningsevne og temperatur og gjort grove anslag av vannføring. Gjennomsnittlig samlet vannføring i kildene er anslått til 5 – 12 l/s. Vannets gjennomsnittlige elektriske ledningsevne er 237  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , som tyder på lang oppholdstid.

I vår modell infiltrerer overflatevannet fra Joasetegrovi i løsmassene i baksprekken like ved Joasete og fordeles videre i et heterogent sprekkesystem der grunnvannstrømningen skjer mellom blokkene. Grunnvannet strømmer ut på ulike nivå i fjellsiden avhengig av sprekkesystemets geometri og sesongmessige variasjoner i vannmengden som infiltrerer. Grunnvann som slår fra sprekker i høye nivåer kan også reinfiltreres i skredmasser i fjellsiden for på nytt å slå ut lengre nede. Grunnvannet i det ustabile partiet vil dermed ha forskjellig oppholdstid. Dype grunnvannsstrømmer med lang oppholdstid får den høyeste elektriske ledningsevnen og den høyeste temperaturen og kan ha utstrømningsområder på fjordbunnen.

I et rektangulært rutenett på 0.16 km<sup>2</sup> med 16 målestasjoner i Stampabukti under det ustabile fjellpartiet er det gjort vertikale profilmålinger av fysiske parametere i sjøvannet. Målingene ble utført som fire måleserier i perioden oktober 2013 – august 2014. Undersøkelsene indikerer at det i tillegg til kildene i fjellsiden, også er minst 3 undersjøiske ferskvannskilder i fjorden under det ustabile fjellpartiet. Grunnvann som strømmer ut på fjordbunnen fra disse kildene vurderes opprinnelig å ha infiltrert i baksprekken på Joasete vurderes å ha en oppholdstid på 5½-6 måneder og ha de dypeste strømningsbanene. Samlet vannføring i kildene i fjellsiden antas å variere mellom 5-12 l/s; mens vannføringen i eventuelle kilder på fjordbunnen kan variere rundt 5-10 l/s.

Det vurderes som ikke usannsynlig at samlet vannføring i kildene balanserer infiltrerende overflatevann.

På grunnlag av observerte kilder i fjellsiden og kilder på fjordbunnen strømmer infiltrerende overflatevann fra Joasetegrovi ut i fjellsiden fra ca. 300 meters høyde og under dette. Over denne høyden har vi ikke registrert utstrømning av grunnvann i form av kilder og her anser vi fjellpartiet som drenert. Det planlegges å verifisere resultatene ved å utføre systematiske målinger av vannføring i kildene over fjorden og visuelle observasjoner av pockmarks eller direkte oppstrømmende grunnvann fra fjordbunnen. Sporforsøk med naturlige isotoper kan verifisere oppholdstid. Data kan også ses i sammenheng med NVE sine bakkebaserte InSAR deformasjonsmålinger i området.

## **Temporal reconstruction of postglacial rockslides and slope instabilities at Mannen in Møre og Romsdal, Norway**

---

*P. Hilger<sup>1,2</sup>, R.L. Hermanns<sup>1</sup>, J. Gosse<sup>3</sup>, B. Etzelmüller<sup>2</sup>, F. Magnin<sup>2</sup>, M. Krautblatter<sup>4</sup> & B. Jacobs<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*Geological Survey of Norway, Trondheim, Norway, paula.hilger@ngu.no*

<sup>2</sup>*University of Oslo, Norway*

<sup>3</sup>*Dalhousie University, Halifax, Canada*

<sup>4</sup>*Technical University of Munich, Germany*

The characteristic system of steep sided fjords and valleys in Norway implicates a high potential risk for the population and infrastructure through natural hazards such as rock slope failures and rockslides. More than 170 people have lost their lives in the last 100 years due to large rock masses dropping into the fjord causing displacement waves of several tens of meters height. The triggering mechanisms of these events are still poorly understood which hinders a required comprehensive risk management.

While a number of rock slope failures can temporally be ranged into the first millennium after deglaciation, there is evidence that rock slope failures and rockslides have occurred in Norway throughout the entire Holocene. Since seismicity plays a minor role in Norway, we expect water pressure and frost-thaw cycles of altitudinal permafrost to have a significant impact on slope instabilities along pre-existing planar bedrock structures.

To investigate the driving factors of historical events and currently active slope instabilities we conduct a multi methodological approach on several study sites. The Mannen site is one of four high-risk rock instabilities in Norway and continuous monitoring and early warning practices are in place. A 20 m high back scarp and a partly disclosed sliding surface define a ca. 5.3 M m<sup>3</sup> large instable rock mass with recent movement rates of 5-6 cm a<sup>-1</sup> in the upper part. First results of surface exposure dating with <sup>36</sup>Cl reveal a non-linear postglacial movement pattern which will be evaluated with additional <sup>10</sup>Be samples. Although recent permafrost studies suggest a regional boundary of altitudinal permafrost of ca. 1500 m a.s.l., data collection is under way to determine whether the north facing rock walls of 1295 m a.s.l. Mannen are influenced by permafrost.

A complex system of various quaternary deposits exists at the foot of the slope indicating a long and complex history of rock-avalanche activity. Several generations of rock-avalanche deposits overlay a fine grained ca. 20 m high terrace which could be verified with the results of an 700 m long ERT transect. To evaluate the time evolution of the rock avalanche activity with respect to climate variability, at least five different depositional events are covered with 14 surface exposure dating sample points. This multi-methodological approach allows a better understanding of coupling processes between climate conditions, permafrost occurrence and rock slope instabilities.

## **Localized rock fall detached out of a deep seated gravitational slope deformation in Hemsedal**

---

*A. Hormes, I. Jillerö, A. Hellman & J. Eliasson*

*Department of Earth Sciences, University of Gothenburg, Box 460, S-405 30 Gothenburg, anne.hormes@gvc.gu.se*

Deep seated gravitational slope deformations (DSGSD) are widespread phenomena in various steep mountainsides that were glaciated in Quaternary. These complex slope instabilities are known to host minor instability phenomena such as rock falls, rock slides and localized rock avalanches, but their distribution in space and time are not well understood. There are still many open questions regarding the potential DSGSD triggers for destabilization.

The study area in Hemsedal is dominated by green schist, mica schist, mylonite and metagabbro, and situated close to major NW-SE striking faults.

We used remote sensing, ArcGIS analysis and classical field mapping in order to identify a yet not described DSGSD. Foliations strike in NW-SE and the slope dips towards SW. A rock fall at Imrestind has developed out of the DSGSD and was modelled with the RAMMS: Rockfall module.

Such spatial relationship of rock falls in the mapped DSGSD area provides a basis for studies of present potential deformation with models and first step to evaluate hazard potential.

## **Quantifying structural controls of rockfall activity on alpine limestone cliffs: a LiDAR-based geological approach in the Bavarian Alps.**

---

*B. Jacobs & M. Krautblatter*

*Technical University of Munich, Chair of Landslide Research, Arcisstraße 21, 80333 Munich, Germany, benjamin.jacobs@tum.de*

In mountainous regions, rockfall represents one of the most hazardous processes potentially threatening human life and infrastructure. For risk assessment and dimensioning rockfall mitigation, a thorough understanding of rockfall processes is crucial. Here, the rate of backweathering and rockfall supply are key factors for sediment budget assessment in rock slope environments. However, recent LiDAR approaches do not cover the entire spectrum of rockfall magnitudes (e.g. small fragmental rockfall, rare large events) and many former rockfall studies do not address geological and geotechnical factors controlling rockfall.

The test setup was deliberately chosen to reduce the degrees of freedom for rockfall-controlling factors. Lithology, aspect, slope gradient and porosity were kept uniform but scan sites with varying bedding orientation and joint density were chosen systematically along a 600 m high limestone cliff. systematically along a 600 m high limestone rock face. Terrestrial laser scanning (TLS) was used to detect and quantify rockfall activity (mm/a) at five selected rock walls of the north-facing rock slopes of the Reintal Valley over the course of one year. Additionally, structural data were obtained by traditional scanline measurements and LiDAR-based analysis. The compatibility of LiDAR methods was tested by validating the data with existing rockfall inventories obtained by direct measurements by Krautblatter et al. (2012).

The result is an almost complete rockfall inventory (cm<sup>3</sup> to km<sup>3</sup>) for the study site. Furthermore, data show a high discrepancy in seasonal rockfall activity as well as between favorable bedding orientation and daylighted bedding. A significant effect of joint spacing on rockfall activity is not evident in the data or overlain by the bedding orientation effect. Nevertheless, the differences in estimated block sizes between the observed rock walls is clearly visible in the TLS derived particle size distribution. However, the effect of secondary

and primary rockfall on the results is still subject of discussion. Also, locally unique stress fields and the history of local rock slope evolution is an issue.

Here we have chosen a well-established test site to (i) systematically analyse the structural geological imprint on rockfall activity in limestone cliffs and (ii) to validate the explanatory power of the incomplete rockfall size coverage of TLS at sites with frequent small fragmental rockfall.

Krautblatter, M., Moser, M., Schrott L., Wolf, J. & Morche, D., 2012. Significance of rockfall magnitude and carbonate dissolution for rock slope erosion and geomorphic work on Alpine limestone cliffs (Reintal, German Alps). In: *Geomorphology*, 167-168: 1-14. DOI:10.1016/j.geomorph.2012.04.007

## An empirical approach for determining the evolution and behavior of rockslide dams

---

V.U. Jakobsen<sup>1</sup>, R.L. Hermanns<sup>1,2</sup> & T. Oppikofer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NTNU, [vegard.utstol.jakobsen@gmail.com](mailto:vegard.utstol.jakobsen@gmail.com)

<sup>2</sup> Geological Survey of Norway, Postboks 6315 Sluppen, 7491 Trondheim, Norway

De sekundære konsekvensene av store fjellskred er en potensiell risiko for mennesker som bor i norske daler. Blokkering av dreneringssystemer fører til oversvømmelse oppstrøms. Dambrudd av dreneringsblokaden tillater frigivelse av enorme vannmasser som utsetter mennesker som bor nedstrøm for en enorm risiko.

Denne presentasjonen introduserer et verktøy som kan brukes for å estimere dam-høyde til framtidige fjellskred. Verktøyet er basert på geomorfologisk undersøkelse av skredemninger i fylkene; Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, Hordaland og Rogaland (Jakobsen, 2015). Verktøyet er basert på empirisk analyse, og anser dam-volum og dalbredde som de viktigste parameterne for å forutsi dam-høyde. Parameterne er basert ved hjelp av en 2-dimensional varians-analyse. Databasen som dannet grunnlaget til den empiriske ligningen består av 19 elementer.

$$D_h = (D_v/2,76E+05) * e^{-(V_w/8,03E+02)} - (V_w/6,66E+01) + 31,12$$

Hvor  $D_h$  er dam høyde (m),  $D_v$  er dam volum ( $m^3$ ) og  $V_w$  er dalbredde (m). DBI (Dimensionless Blockage Index) er en empirisk tilnærming for dam-stabilitet som anser dreneringsareal ( $A_b$ ), dam-volum ( $V_d$ ) og dam-høyde ( $D_h$ ) som definerende parametere for stabiliteten til en skredemninger (Ermini & Casagli, 2003). Man kan forutsi stabiliteten til framtidige skredemninger ved å erstatte dam-høyde med likningen ovenfor.

$$DBI = \log((A_b * ((D_v/2,76E+05) * e^{-(V_w/8,03E+02)} - (V_w/6,66E+01) + 31,12)/V_d)$$

Andre faktorer påvirker også stabiliteten til skredemninger. Det øverste laget til fjellskredavsetningen kontrollerer mottastanden mot erosjon (Weidinger, 2011). Kornanalyser av skredemningene; Gloppedalsura og Månavatnet illustrer hvordan karakteren til avsetninger påvirker dam-stabilitet, og levetiden til demningen.

## **The Evolution of Fault Zone Roughness**

---

*K. Jarsve, K. Mair & A. Souche*

*Department of Geosciences, University of Oslo, kristtja@student.geo.uio.no*

During earthquakes and rockslides, stress overcomes friction between neighbouring blocks of rock forcing them to slide along a fault plane. As the blocks move, erosion between them creates grooves, asperities and generates gouge material. The asperities, or roughness, are irregularities such as ridges and troughs in the surface. The wavelength and amplitude of the roughness as well as its orientation may affect not only the rupture mechanics but also the transport properties of the fault zone. Knowledge of the fault geometry and roughness is therefore important to understand major geohazard relevant processes such as rupture propagation, transport properties, slip dynamics, and formation of fault gouge. The roughness not only gives a record of what has happened in the past, but also how an interface will slide in future. In my master's thesis I will use Discrete Element Modelling (DEM) to investigate how fault roughness evolves with sliding and how mechanical behaviour of the fault is influenced.

## **Mot en sørpeskredindeks for Norge – validering av SNOWPACK for norske forhold**

---

*S. Jordet*

*Universitetet i Oslo, Institutt for geofag, 0316 Oslo, sigurjor@student.geo.uio.no*

Våtsnøskred er en type skred som forekommer på våren, når regn- eller smeltevann perkolerer gjennom snøpakken og reduserer snøens styrke. Våtsnøskred beveger seg vanligvis med langt lavere hastighet enn snøskred i tørt snø, men grunnet høyt vanninnhold, som medfører høy densitet i snøen, vil denne typen skred ofte kunne medføre større skade på alt fra skog, bygninger og infrastruktur som måtte befinne seg i skredbanen. I motsetning til tørre snøskred som vanligvis utløses på grunn av at ekstra vekt, for eksempel et kraftig snøvær eller en skiløper, påføres snøpakken, er årsaken til at våtsnøskred utløses oftest at snøpakken blir svekket, noe som fører til at denne typen skred vanligvis utløses naturlig. En enda større trussel mot infrastruktur er sørpeskred. Sørpeskred er flomliknende type skred som utløses når snøen blir vannmettet. Utløsende årsaker er vanligvis kraftig regnvær og intens snøsmelting som fører til at snøen raskt mettes med vann. I tillegg kan også vann, for eksempel i bekker, som demmes opp av snø gjennom vinteren og som frigjøres under snøsmeltingen på våren være utløsende årsak for sørpeskred. Sørpeskred kan bevege seg hurtig og utløses og bevege seg i langt slakere terreng enn snøskred. Dette fører til at sørpeskred kan ha veldig stor rekkevidde og føre til stor skade, gjerne også i områder uten snø.

Snødekkets utvikling er observert gjennom en rekke snøprofiler som ble gravd i området rundt NGIs skredstasjon Fonnbu på Strynefjellet og Finse på Hardangervidda gjentatte ganger gjennom vinteren og våren 2016. I snøprofilene er lagdeling i snøpakken, hardhet, kornstørrelse, kornform og fuktighet registrert for hvert enkelt lag. I tillegg er temperatur og tetthet målt med jevne intervaller nedover i snøpakken. Ved å kjøre SNOWPACK med

metrologiske data fra værstasjonen ved Fonnbu og med forskjellige værstasjoner på Finse, vil det gjøres simuleringer av snødekket ved disse lokalitetene. I dette studiet vil vi først undersøke i hvilken grad snødekkessimuleringsmodellen SNOWPACK fra SLF i Sveits er i stand til å reprodusere den observerte oppbygningen av snødekket gjennom vinteren. Fokus vil være på avgjørende parametere for våtsnøskred slik som vanninnhold. Deretter vil vi utvikle en indeks for våtsnøskred basert på modellerte snøpakkeegenskaper med SNOWPACK. I tillegg til snøprofilene kan bildeserier fra områdene rundt værstasjonene brukes til å fastslå på hvilket tidspunkt våtsnøskred ble utløst. Dette kan benyttes til å undersøke om disse hendelsene samsvarer med spesielle endringer i snødekkessimuleringene. Et ultimatumål er å kunne overføre indeksen for våtsnøskred til en sørpeskredindeks. Ettersom sørpeskred avhenger av andre faktorer i tillegg til snøforholdene er dette utfordrende, men man kan likevel gjøre nytte av fysiske beregninger i snøpakken.

## **Stabilitetsanalyse av Kassen ovenfor Bandak – en ustabil fjellside i Telemark**

---

*K. Krogh<sup>1</sup> & R.L. Hermanns<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), Trondheim, kajakr@stud.ntnu.no*

<sup>2</sup> *Norges Geologiske Undersøkelse, Trondheim*

Kassen (884 m.o.h) ligger i Kviteseid kommune i Telemark fylke ovenfor innsjøen Bandak som strekker seg 27 km i VNV-ØSØ retning. På N-siden av fjellet rett ovenfor Bandak innsjø ligger et svært oppsprukket ustabil fjellområde med overflateareal på 3,2 km<sup>2</sup>. Kartlegging av området er en del av NGUs nasjonale skredkartleggingsarbeid og prosjekt- og masteroppgave er utført i samarbeid med NGU.

Den bakre grensen av det ustabile området består av en opptil 100 m høy vegg. I vest er den laterale grensen tydelig i form av en markant økning av deformasjonsgraden innenfor noen titalls meter. I den østlige delen av området er grensen vanskeligere å definere da denne er preget av en gradvis deformasjonsovergang på omtrent 900 meter fra udeformert fjell, fjell med innsynkninger, fjell med noen få sprekker til sterk oppsprukket fjell. Størst oppsprekking starter direkte langs en flere kilometer lang regional forsenkning med strøkretning mot NØ.

Resultatene fra 1788 målinger av fall og fallretning har vist at bergmassen er gjennomført av fire hovedsprekkesett kalt J1, J2, J3, J4. Disse har henholdsvis fall/fallretning på 025/87, 313/19, 127/79 og 243/68. Foliasjonen i bergmassen er generelt svakt definert, men er tidvis parallell med J2. Basert på variasjoner i orienteringen av hovedsprekkesettene er området delt inn i fire strukturdomener. Stabiliteten har blitt vurdert gjennom en kinematisk analyse hvor det mest slående er at utglidning er mulig langs sprekkesett J2 for brattere deler av skråningen. Enkle profiler er konstruert for alle strukturdomenene, disse viser at biplanær utglidning er mulig med sprekkesett J2 som utglidningsflate og enten sprekkesett J1 eller J3 som bakre utløsningsflater. Kileutglidning er kun mulig langs skjæringslinjen mellom sprekkesett J3 og J4 in det østlige strukturdomene. Utveltning er hovedsakelig mulig langs sprekkesett J1 for brattere deler av skråningen.

3-års forflytnings målinger ved bruk av dGNSS-systemet viser at det ustabile fjellpartiet ikke har noen klar bevegelsesretning innenfor måleintervallet.

Data fra batymetriske målinger sammen med historiske hendelsesrapporter bekrefter imidlertid at steinskred har forekommet; en postglasial fjellskredavsetning vises tydelig på bunn av Bandak innsjø rett under en utpreget depresjon kalt Amfiteateret. Glasiale blokker



lokalisert i øvre del av Amfiteateret indikerer at det forhistoriske kollapse må ha skjedd fra ytterste kant av dette området som danner et mindre skred-arr i terrenget.

Videre arbeid vil fokusere på farevurdering av forskjellige skredscenarier. I tillegg vil en todimensjonal stabilitetsmodell beregnet med Phase2 bli gjort langs to profiler i det ustabile området, en av dem inkluderer en frittstående fjellformasjon kjent som "Skipet". Stabilitetsmodellen vil være basert på strukturmålinger, ruhetsmålinger, trykkfasthet av sprekkeplan utført med Schmidt hammer i felt og bergmekaniske tester i laboratoriet fra bergmasseprøver fra Kassen.

## **Rock wall permafrost across Norway: Relevance, preliminary results and perspectives in the framework of the CryoWALL project**

---

*F. Magnin<sup>1,2</sup>, B. Etzelmüller<sup>1</sup>, S. Westermann<sup>1</sup>, R.L. Hermanns<sup>3</sup> & P. Hilger<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Department of Geosciences, University of Oslo, 0316 Oslo, Norway, [florence.magnin@geo.uio.no](mailto:florence.magnin@geo.uio.no)*

<sup>2</sup> *EDYTEM Lab, University Savoie Mont Blanc, CNRS, 73376 Le Bourget du Lac, France*

<sup>3</sup> *Geohazard and Earth Observation team, Geological Survey of Norway, 7040 Trondheim, Norway*

The investigation of permafrost in steep slopes is a young research field that has started in the European Alps in the early 2000s and in Norway during the 2010s. Its interests are manifold and belong as much to climate and geomorphological sciences as to socio-economical issues. The degradation of permafrost in steep slopes can trigger rock falls and rock slides, possibly leading to cascading effects such as snow avalanches and tsunamis. Some events have already had dramatic consequences and the understanding of the distribution of permafrost in rock walls, its evolution and its role in the triggering of slope hazards is becoming crucial for sustaining human activities and lives in mountainous areas.

One of the objectives of the CryoWALL project is to better assess rock wall permafrost distribution and long-term evolution across Norway in order to improve the understanding of its role in steep slope destabilisations, and make progress towards risk assessments. To address this goal, 20 rock surface temperature sensors have been installed along a latitudinal transect of steep rock faces (from 60°50'N to 69°46'N) during summers 2015 and 2016 in various sun-exposures. These installations complete the first five loggers installed in Jotunheimen in 2009 and 2010 in the framework of the CryoLINK pioneer project in the investigation of rock wall permafrost in Norway.

The registered rock surface temperature time series will be used for (a) characterizing the distribution of rock wall permafrost across Norway, (b) running steady-state and transient numerical models of rock wall permafrost for selected sites, and (c) adjusting an empirico-statistical model to map rock wall permafrost distribution for the entire country.

In this presentation, we will provide a short overview of the relevance of rock wall permafrost for assessment of geohazards, deliver the preliminary results of rock surface temperature measurements, and draw perspectives in terms of numerical and statistical models of rock wall permafrost distribution and changes over time.

## **Seismicity of the Nordland area, Norway**

---

*J. Michalek<sup>1</sup>, L. Ottemoeller<sup>1</sup>, I. Janutyte<sup>2</sup>, C. Lindholm<sup>2</sup>, B.M. Storheim<sup>1</sup> & M.L. Strømme<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *University of Bergen, Norway, jan.michalek@uib.no*

<sup>2</sup> *Norsar, Norway*

The Nordland area (65-70N; 8-18E) is tectonically active part of Norway. Enhanced seismicity may reflect on off-shore subsidence combined with the uplift of landmasses usually attributed to glacial isostatic adjustment (related to Pleistocene unloading). Detailed monitoring of seismic activity in the Nordland area was done in August 2013 – June 2016 as a part of the NEONOR2 project and information obtained from analysis of earthquakes together with geodetic data should be the key inputs for modeling of deformation and uplift patterns and their mechanisms in the region. Local network of 26 broad-band stations was deployed and together with the permanent NNSN stations in that area it contained 33 stations within span 350 x 200 km. About 1250 earthquakes of  $M > 0.0$  was recorded during the project period and new map of seismicity of that area was retrieved.

## **Strukturell og geomorfologisk kartlegging av den mulig ustabile fjellsiden Liane i Fortunsdalen, Sogn og Fjordane**

---

*K. Mo, B. Soldal & H. Henriksen*

*Høgskulen i Sogn og Fjordane, Institutt for naturfag, postboks 133, 6851 SOGNDAL, Katrinem93@hotmail.com*

Liane er et potensielt ustabil fjellparti i Fortunsdalen, Sogn og Fjordane. I forbindelse med en bacheloroppgave i Geologi og Geofare ved HiSF er det gjennomført kartlegging av strukturegeologiske og geomorfologiske forhold i fjellsiden. I tillegg er det utført måleserier av vannføring, temperatur og elektrisk ledningsevne i to av fire kilder som renner ut ved foten av partiet. Målet med undersøkelsene har vært å finne ut om strukturene i berggrunnen ligger til rette for at området kan være ustabil og dermed bidra til å danne grunnlag for vurdering av behovet for videre undersøkelser og eventuell overvåking av fjellsiden.

Berggrunnen i Liane består av glimmerskifer. Bergarten er foldet og foliasjon heller inn i fjellsiden med varierende slak til moderat helningsvinkel. Orienteringen av foliasjonen ligger i utgangspunktet til rette for god stabilitet. Det er fire, nær vertikale og vertikale, sprekkesett i området. S1 og S2 er de mest dominerende med strøk NNW-SSØ (S1) og VNV-ØSØ (S2). Sprekker tilhørende disse to settene minner om revner. S3 og S4 har strøkretning NNØ-SSV og ØNØ-VSV. I tillegg forekommer skrenter med strøkretning NØ-SV og helning 40-75 grader ut fra fjellsiden og skrenter med motsatt fallretning som kan tolkes som scarps (S-strukturer) og counterscarps (CS-strukturer) etter Agliardi et. al (2001). En mulig baksprekk har samme orientering som S-skrentene, men disse skrentene har for stor helningsvinkel til å ha utgående nede i fjellsiden. Det ble ikke observert andre potensielle glideplan i løpet av feltarbeidet.

Basert på den strukturegeologiske kartleggingen ble det definert fire avgrensede blokker og mulige scenarier for utrasing. Scenario 3 omfatter hele det potensielt ustabile området mens

scenario 2 er en mindre del av scenario 3. Scenario 1 og scenario 2 vurderes som de mest sannsynlige. Hvis den største blokken (scenario 3) glir ut, vil det føre til et fjellskred med et volum opptil 135 millioner m<sup>3</sup>. De mest sannsynlige scenariene vil gi fjellskred med volum på 5 og 11 millioner m<sup>3</sup>

Bergartsgrensen mellom glimmerskiferen og en underliggende kvartsitt er for dyptliggende og for slak til å kunne utgjøre et glideplan. Variasjoner i orientering av foliasjonen indikerer overveltede/isoklinale foldestrukturer i området, og en eventuell skjærsone i en foldesjenkel kan fungere som et hovedglideplan i kombinasjon med S-skrenter med bratt helling utover i dalen.

Geomorfologien og observerte strukturer ved Liane er typiske for et ustabil område. Skredavsetninger ved foten av det potensielt ustabile fjellpartiet indikerer tidligere skredaktivitet. Innsynkninger i randmoreneavsetninger i tilknytning til sprekker indikerer at området har vært eller er i bevegelse, men det ble ikke observert tydelige tegn på dette. Undersøkelsene i kildene tyder på at to forskjellige sprekkesystemer og/eller glideplan transporterer overflatevann som infiltrerer i sprekkesystemet i fjellplatået over.

## **Rombakstøtta, Narvik. Morfologisk og strukturell kartlegging av det ustabile området, samt avsetninger fra tidligere hendelser**

---

*O.A. Morken<sup>1</sup>, P. Hilger<sup>2</sup> & R.L. Hermanns<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), Trondheim, oddandremorken@gmail.com*

<sup>2</sup> *Norges Geologiske Undersøkelse, Trondheim*

Bidraget omfatter en presentasjon av et masterprosjekt som fokuserer på å gjøre en farevurdering av et ustabil fjellparti på Rombakstøtta (1230 m.o.h.). I tillegg foretas en bakover analyse av historiske og forhistoriske skred fra samme fjellet. Prosjektet er relatert til NGUs kartleggingsprogram av ustabile fjellsider i Norge og forskningsprosjektet CRYOWALL. Rombakstøtta ligger ca. 7 km NØ for Narvik, Nordland, og det ustabile området befinner seg ca. 1200-1100 m.o.h. på en nordvendt side. Skråningen nedenfor er dekt av kolluviale masser, med varierende utløpslengde, form og blokkformer.

Både Ofofbanen, E6 og flere kraftledninger ligger inne i de urmassene. I 1996 ble Ofofbanen skadet av steinsprang bestående av store blokker på ca. 50-100 m<sup>3</sup>. Tidligere skred har kommet mye lengre ned og avsetningene rekker helt ned til fjorden, noe som kan tyde på at en del av urmassene stammer fra fjellskred. Opprinnelsen til den øvre delen av massene er først og fremst steinsprang.

Jernbaneverket satte opp målebolter over hovedbaksprekken i 1997, det er foretatt målinger på disse fram til 2012. Ett av fem boltesett viser bevegelse - en krymping av sprekken på 88 mm.

NGU installerte 3 nye boltesett for måling med ekstensometer under feltarbeidet i august/september 2016. .

Under feltarbeidet ble det foretatt detaljert kartlegging av bergartsstrukturene med en fokus langs 7 scanlines som krysser tre oppsprekte blokker. I tillegg ble bergarten beskrevet i

detalj. Schmidt-målinger, ruhetsmålinger ble tatt samt steinprøver for bergmekanisk test i laboratoriet, disse parameterne vil inngå i en stabilitetsberegning .

Avsetningene ble undersøkt og var naturlig delt i 4 lobate rygger som antas å være ulike hendelser. 100 blokker i hver av de 4 avsetningene ble undersøkt for størrelse, rundingsgrad og sfærisitet. Schmidt-målinger av 2 deler av avsetningene ble tatt for å bestemme forvittringsgrad kan være en indikasjon av relativ alder.

De neste arbeidsskrittene omfatter blant annet:

- Kinematisk analyse av det ustabile området.
- Volum-kalkulasjoner og utløpsanalyse.
- Fare- basert på det norske systemet.

Hovedmål av oppgaven i tillegg til fareklassifisering av de nåværende ustabile fjellområde er, å utarbeide karakteriska som kan hjelpe å skille mellom fjell- og steinskredavsetninger innenfor samme ur.

## **Modelled post-glacial permafrost conditions in steep rock-walls in Norway**

---

*K.S. Myhra<sup>1,2</sup>, S. Westermann<sup>1</sup> & B. Etzelmüller<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> UiO, Department of Geosciences, P.O. Box 1047 Blindern, 0316 Oslo, k.s.myhra@hisf.no

<sup>2</sup> Høgskulen i Sogn og Fjordane, Postboks 133, 6851 Sogndal

Glacial slope steepening and changing stress conditions during glacier retreat are often proposed as the main mechanisms of post-glacial rock slope failures. This is a probable explanation for the large number of failure events that occurred shortly after deglaciation, but several field studies indicate that many rock slope failure events occurred several thousand years after deglaciation. This imply that other mechanisms than glacial debuitressing may have contributed to post-glacial rock slope failures, among them thawing permafrost.

With the aim to gain improved understanding of post-glacial permafrost dynamics and its potential influence on rock slope failures, we have modelled the evolution of ground temperatures in Norwegian rock walls from the *Weichselian glacial maximum* (20 000 cal. Yr. BP) until present with CryoGrid 2D, a two-dimensional heat conduction model. Our numerical results imply that the temporal and spatial evolution of permafrost in steep rock walls through the post-glacial period were highly influenced by deglaciation dynamics. Several periods with increased rock slope failure activity in western Norway coincides with periods with modelled thawing permafrost conditions. Concurrently, steep rock walls experienced large temperature variations that may have influenced rock wall stability and contributed to post-glacial failure mechanisms

## Back Calculation of Avalanche Dimensions from Laser Scanning and SfM-Photogrammetry

---

A. Prokop<sup>1</sup>, J.-M. Friedt<sup>3</sup>, U. Enzenhofer<sup>2</sup> & F. Tolle<sup>4</sup>

<sup>1</sup> The University Centre in Svalbard, Arctic Geology Department, alexander.prokop@unis.no

<sup>2</sup> Snow Scan GmbH, Vienna, Austria

<sup>3</sup> FEMTO-ST/Time & Frequency, UMR CNRS 6174, Univ. Franche-Comte, Besancon, France

<sup>4</sup> TheMA, UMR CNRS 6049, Univ. Franche-Comte, Besancon, France

After avalanche events happen it is always difficult to collect useful data from the avalanche dimensions such as snow volume that was released in the avalanche starting zone, entrained in the track and deposited in the accumulation zone. Usually rapidly changing weather conditions or measures taken to remove the snow for emergency rescue preclude the possibility to collect useful data after the avalanche occurred. Snow depth data of the slopes involved prior to the avalanche basically never exists, if the avalanche was not artificially released for a scientific test. But such data is vitally important to calculate avalanche dynamic parameters and in tragic cases such as the avalanche that occurred in Longyearbyen Svalbard on December 19th 2015 for event documentation to improve hazard mapping. In this work we explain how it is possible using sfm-photogrammetry done using pictures from a simple smart phone camera or other cameras using a fixed objective in combination with terrestrial laser scanning to achieve such data. We discuss data accuracy we achieved investigating the Longyearbyen avalanche and explain a methodology that can be used for snow depth mapping for back calculation of avalanche or any other geohazard event anywhere in the world.

## Det ustabile fjellpartiet Tytefjell: Fareklassifisering av forskjellige scenarioer.

---

Ø. Rem<sup>1</sup>, R.L. Hermanns<sup>2</sup> & M. Böhme<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), Institutt for geologi og bergteknikk (IGB), Sem Sælands veg 1, 7491 Trondheim, Norge, oyvindrem@gmail.com

<sup>2</sup> Norges Geologiske Undersøkelse, Trondheim

NGU er i gang med å identifisere, kartlegge, klassifisere og ferdigstille fare- og konsekvensanalyser for alle ustabile fjellpartier i Norge. Som en del av dette langsiktige prosjektet er det blitt utført fareklassifisering av det ustabile fjellpartiet Tytefjell ved hjelp av detaljert strukturgeologisk kartlegging og analyser av høyoppløste digitale terrengmodeller. Det ustabile fjellpartiet Tytefjell ligger langs Vindafjord i Rogaland i en østvendt skråning bestående av fyllitt. Det antas at tilstedeværelse av svake grafittlag senker skråningsstabiliteten i området. Ingen utgående glidestruktur ble observert og derfor er det sannsynlig at det ustabile fjellpartiet fortsetter under havnivå. På grunn av de lavoppløste batymetridataene er det ikke mulig å avgrense det ustabile området nøyaktig. Morfologiske strukturer og deformasjon over et stort område indikerer en dypgående gravitativ skråningsdeformasjon (DSGSD) på flere hundre millioner m<sup>3</sup>.

Strukturkartlegging resulterte i fem hovedsprekkesett (fallretning/fall): J1(119/87), J2(213/87), J3(354/89), J4(067/43) og J5(274/87). Gjennomsnittlig orientering for foliasjonen er 000/22. Seks scenarioer ble definert i det ustabile fjellpartiet basert på avgrensede sprekker som danner mulige bruddflater. Scenarioene varierer i volum fra  $>500 \times 10^6 \text{ m}^3$  for hele det ustabile partiet, til  $400 \times 10^3 \text{ m}^3$  for utglidning av blokker i fronten av skråningen. En kollaps av de to største scenarioene er vurdert til å være lite sannsynlig hvis man sammenligner med postglasiale og historiske skredhendelser i Norge. De fire undersøkte scenarioene havner innenfor den moderate fareklassen i NGUs system for fare- og risikoklassifisering. Utløpsmodellering viser at en kollaps av scenario 6 med høy sannsynlighet vil kunne forårsake en flodbølge. Oppskyllingshøyden ble estimert ved hjelp av VAW-modellen og resulterte i en estimert oppskylling på 6-7 meter på østsiden av fjorden.

Modellresultatene ble sammenlignet med en empirisk flodbølgerelasjon utviklet av NGU. Videre undersøkelser ble gjort for å undersøke hvordan flere parametere, som oppskyllingsvinkel og vanddyb, påvirker usikkerhetene i den empiriske relasjonen. Dette ble gjort ved å analysere oppskyllingshøyder og batymetridata fra seks tidligere hendelser. Det ble ikke funnet signifikant korrelasjon mellom de nye parameterne og den eksisterende empiriske relasjonen. Det er derfor ikke fordelaktig å inkludere de nye parameterne i den empiriske relasjonen basert på gjeldende datagrunnlag. Anvendelse av den eksisterende empiriske relasjonen på scenarioene ved Tytefjell gav resultater som stemmer godt med estimatene fra VAW modellen. Det er imidlertid behov for mer forskning for å kunne erstatte VAW modellen med en empirisk relasjon for at denne skal kunne brukes til estimering av oppskyllingshøyder.

## **Verdien av multi-sensor satellitt- og bakkebaserte radarmålinger på ustabile fjellområder i Troms**

---

*L. Rouyet<sup>1</sup>, H.Ø. Eriksen<sup>1</sup>, M. Bredal<sup>1,2</sup>, T.R. Lauknes<sup>1</sup>, M. Eckerstorfer<sup>1</sup>, J. Dehls<sup>3</sup> & Y. Larsen<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Norut, 9294 Tromsø, Norge, [line.rouyet@norut.no](mailto:line.rouyet@norut.no)

<sup>2</sup> Institutt for Geologi, UiT-Norges Arktiske Universitet, 9037 Tromsø, Norway

<sup>3</sup> Norges Geologiske Undersøkelse, Postboks 6315 Sluppen, 7491 Trondheim

Satellittbasert Synthetic Aperature Radar Interferometry (InSAR) har etablert seg som en viktig teknologi for deteksjon, kartlegging og overvåking av overflatebevegelser relatert til ustabile fjellområder. InSAR skaffer verdifull informasjon om romlig variabilitet og tidsutviklingen av deformasjoner på grunn av stor dekning, uavhengig av vær- og lysforhold, og med høy nøyaktighet langs radarens sikreretning (line-of-sight: LOS). Flere SAR sensorer med forskjellige egenskaper (LOS, dekning, radar frekvens, osv) kan brukes for å skaffe komplementær informasjon om studieområder. Med kort repetisjonstid (6 dager), C-band (5.5 cm bølgelengde) og stor romlig dekning (250 km), har de nye europeiske Sentinel-1a/b satellittene potensial til å revolusjonere fremtidige undersøkelser av ustabile områder ved bruk av InSAR. I tillegg har bakkeradarsystemer blitt utviklet for å gi komplementær LOS, bedre temporal og romlig oppløsning, spesielt fornuftig for kontinuerlig overvåking av høyrisiko.

Området rundt Lyngsalpene, Kåfjorden og Skibotndalen i Nord-Troms er kjent for å inneholde mange aktive fjellskred (Hermanns et al., 2013) og periglasiale landformer (Lilleøren & Etzelmüller, 2011). Fjellskredene Nordnes og Gamanjunni3 er av spesiell

interesse siden de er klassifisert som høyrisikoobjekter og er under kontinuerlig overvåking. I tillegg har andre interessante fjellskred og steinbreer blitt undersøkt ved hjelp av både SAR satellitter og bakkeradar.

Foredraget vil introdusere teknikkene for å få fram deformasjonsmålinger ved SAR eksemplifisert ved siste satellitt- og bakkeradarresultater fra ulike sensorer: TerraSAR-X, Radarsat-2, Sentinel-1 og GPRI (Gamma Portable Radar Interferometer) bakkeradaren. Det inkluderer 1) studier på fjellskred (Nordnes, Gamánjunni3 og Oksfjellet) om romlig variabilitet av deformasjon, 2D InSAR dekomponering fra multi-geometri målinger, tidsserier og sammenligning med geologisk og geomorfologisk informasjon og in-situ deformasjonsdata (Eriksen et al., in review; Eckerstorfer et al., in review; Bredal, 2016); 2) studier på periglasielle landformer (Ádjet, Njárgavárri) om kombinasjon av InSAR, SAR off-set-tracking og bakkeradar for å dokumentere akselerasjon på rakt bevegelige steinbreer (Eriksen et al., in prep).

- Bredal, M. 2016. A structural, geomorphological and InSAR study of the unstable rock slope in Oksfjellet, Kåfjord, Troms. Masteroppgave. Institutt for Geologi, UiT-Norges Arktiske Universitet.
- Eckerstorfer, M., Eriksen, H.Ø., Christiansen, H.H., Lauknes, T.R., Rouyet, L. & Blikra, L.H. Comparing geomorphological field- and InSAR mapping of the periglacial landscape at Nordnesfjellet, Northern Norway. *Geomorphology*, in review.
- Eriksen, H.Ø., Lauknes, T.R., Larsen, Y., Corner, G.D., Bergh, S.G., & Dehls, J.F., Visualizing and Interpreting Surface Displacement Patterns on Unstable Slopes Using Multi-Geometry Satellite SAR Interferometry (2D InSAR). *Remote Sensing of Environment*, in review.
- Eriksen, H.Ø., Lauknes, T.R., Hindberg, H., Larsen, Y., Rouyet, L. & Eiken, T. Temporal and spatial evolution of a rock glacier in relation to climatic variation in Northern Norway: observed using InSAR and orthophotos. *In prep.*
- Hermanns, R.L., Blikra, L.H., Anda, E., Saintot, A., Dahle, H., Oppikofer, T., Fischer, L., Bunkholt, H., Böhme, M., Dehls, J.F., Lauknes, T.R., Redfield, T.F., Osmundsen, P.T. & Eiken, T. 2013. Systematic Mapping of Large Unstable Rock Slopes in Norway. In: C. Margottini, P. Canuti & K. Sassa (Eds.), *Landslide Science and Practice*, 29-34, Springer Berlin Heidelberg.
- Lilleøren K.S. & Etzelmüller, B. 2011. A regional inventory of rock glaciers and ice-cored moraines in Norway. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 93(3), 175-191.

## An Assessment of Runout Models Applied to Rock Fall Events in Norway

---

J. Salthaug<sup>1</sup>, J. Strømsvåg<sup>2</sup>, K. Mair<sup>3</sup>, O. Galland<sup>3</sup> & G. Håland<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institutt for Geofag, Universitetet i Oslo, johansal@student.geo.uio.no

<sup>2</sup> Vegteknisk, Region Sør, Statens Vegvesen

<sup>3</sup> PGP, Institutt for Geofag, Universitetet i Oslo

<sup>4</sup> Vegteknisk, Statens Vegvesen

Runout models are an essential tool in evaluating the risk of infrastructure being impacted by mass movements. Rock falls inherently have a high degree of randomness and have proven difficult to model accurately. In this study, the usefulness of four different rock fall runout models will be addressed by comparing results from each model to previous rock fall events. These models include two 3D models and two 2D models. Given the large effect of small terrain features on a rock trajectory, a high accuracy DEM acquired from SFM photogrammetry will be used as a basis for the modelling in 3D. The implications of the results could possibly affect the software choices of official agents involved in infrastructure maintenance and planning. If proven useful, SFM photogrammetry could be implemented further in future modelling

## Trekantformede jordskred - sammenligning av fem hendelser i Norge

---

G. Sandøy<sup>1</sup>, L. Rubensdotter<sup>1</sup> & T. Medgard<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Norges Geologiske Undersøkelse, 7040 Trondheim, gro.sandoy@ngu.no, lena.rubensdotter@ngu.no

<sup>2</sup> Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 7491 Trondheim

<sup>3</sup> I dag ved: Statens vegvesen, 6863 Leikanger, tore.hallingstad.medgard@vegvesen.no

Trekantformede jordskred (også kalt *ikke-kanalisert jordskred*; *debris avalanche*) er en skredtype som kjennetegnes ved at skredet utvider seg langs skredløpet og beveger seg med høy hastighet. Dette bidrar til at slike hendelser kan bli svært ødeleggende for samfunnet. Denne typen jordskred er ikke den vanligste i Norge, men det har vært flere store hendelser de siste årene. NGU startet et NVE-finansiert forskningsprosjekt i 2013 for å se nærmere på trekantformede jordskred. Det er spesielt viktig med mer kunnskap for å lokalisere kildeområder for slike skred. Målet i studien var å finne viktige parametere som karakteriserer løснеområdet og faktorer som bidrar til at skredet utvider seg.

Fem trekantformede jordskred som skjedde i Møre og Romsdal mellom 2003 og 2015 er kartlagt. Trekantformede jordskred i Norge er lite beskrevet tidligere, og prosjektet har fokusert på detaljert feltkartlegging av geomorfologien og stratigrafien i løснеområdet og utløpsområdet. I tillegg har vi utført GIS-analyser for å se nærmere på parametere knyttet til topografien, som bla. helningsgrad, siktevinkel og dreneringsveger. Denne studien har også sett på tilgjengelige klimadata for hver lokalitet, før og etter skredhendelsen.

Det viser seg at det er flere fellestrekk for de utvalgte skredene. Alle utløses etter kort intens nedbør etter en lengre periode med ingen eller lite nedbør. Trekantformede jordskred løsner ikke langs eksisterende bekkeløp som ofte er tilfelle for andre typer jordskred. GIS-analyser av topografien viser imidlertid at løsnepunktene har et visst dreneringsområde. Dette ble også observert i felt i form av sesongbaserte dreneringsveger ovenfor løснеområdene. En viktig konklusjon fra dette prosjektet er at alle de kartlagte skredene har sin egen karakter og består av en kompleks stratigrafi med flere sedimentenheter med ulike egenskaper og porøsitet. Feltkartlegging viser at stratigrafien i løснеområdene er varierende og består av lag av både in-situ forvitret berggrunn, og/eller forvitret morene som er dekket med tynt humuslag. Videre har vi sett at skredene utvider seg i partier med tynt løsmassedekke og glattpolert bergoverfalte, mens de skjærer seg ned og kanaliseres i områder med tykt løsmassedekke, eller soner med oppknust berggrunn.

## Ulike skredprosesser sine samverknader på same skredvifte: Korleis vert flaumskred som prosess påverka av andre skredprosesser på Gråfonnvifta, Innfjorddalen, Rauma kommune

---

S.Ø. Skei<sup>1</sup>, G. Vatne<sup>1</sup> & L. Rubensdotter<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), Trondheim, silje.skei@gmail.com



Kolluviale skredvifter er bygd opp av skråningsprosessar som ofte er diskutert kvar for seg, til tross for at dei i verkelegheita kan vere svært tett kopla saman. Repeterande flaumskred, snøskred, steinsprang og fjellskred har over tid bygd opp ei stor kolluvial vifte på 1,5km<sup>2</sup> kalla Gråfonnvifta, delvis oppe på avsetjingane av fleire gamle fjellskred og morene.

Hovudmålet med masteroppgåva var å oppnå betre forståing for korleis andre prosessar kan ha påverka flaumskredhendingar som landskapsutviklande prosess på Gråfonnvifta.

Studieområdet ligg i den glasialt utforma Innfjorddalen i Rauma kommune, i ei vestvend skråning. Området er sterkt prega av høge alpine fjelltoppar, årssnittnedbør er på om lag 1500mm, og berggrunnen er dominert av gneis. Flaumskredprosessane på vifta er fordelt i to områder, høvesvis mot sør og nord på viftesystemet. Dei to flaumskredområda skil seg frå kvarandre i utløysings- transport- og avsetjingsområdet, til tross for at dei har same kjeldeområde. Forskjellane viser seg mellom anna ved at det sørlege flaumskredsystemet kan sjå ut som om det har ein meir direkte tilførsel frå steinsprang, medan forvitra kolluvialt materiale i større grad kan ha påverka det nordlege flaumskredsystemet. I tillegg ser dei to flaumskredsystema ut til å ha ulik påverknad av snøskred. Generelt har materiale frå fleire av flaumskredhendingane blitt avsett lengre ned i skråninga i det sørlege flaumskredsystemet, enn i det nordlege. I det sørlege flaumskredsystemet er det også teikn på ei tidlegare endring i flaumskredaktivitet, då ein del av systemet i seinare tid har vore inaktivt, og avsetjingane her ligg i tilsvarande terrenghøgde som i det nordlege flaumskredsystemet.

Feltarbeide og kvartærgeologisk kartlegging av studieområdet gjennom digital fotogrammetri i ArcGIS, har vore nytta som hovudmetodar for å løyse oppgåva. I tillegg er det utført analyse av meteorologiske data, flyfoto, samt vegetasjons- og sedimentprøver. Oppgåva er ein del av eit forskingsprosjekt i samarbeid mellom NGU og NVE.

Resultata viser at nedbør som regn åleine ikkje har vore utløysande faktor ved to kjende flaumskredhendingar. Vidare undersøkingar har vist at snøsmelting, forvitningsprosessar og eigenskapar ved berggrunnen kan vere faktorar som har ført til utløysingar av repeterande flaumskred.

## **European Plate Observing System (EPOS): A pan-European research infrastructure for georesources and geohazards**

---

*K. Tellefsen & K. Atakan*

*University of Bergen: Department of Earth Science, EPOS-N, Allégaten 41 5020 Bergen, Karen.Tellefsen@uib.no*

The European Plate Observing System (EPOS - [www.epos-eu.org](http://www.epos-eu.org)) is a planned research infrastructure for European solid Earth science, integrating existing research infrastructures to enable innovative multidisciplinary research. It is included in the Roadmap of the European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) in December 2008. Following an initial four years (2010-2014) with a **Preparatory Phase project (EPOS-PP)** funded by EU-FP7, EPOS has now started its **Implementation Phase project (EPOS-IP)** which is funded by Horizon2020 Program of the EC for the period 2015-2019. After its construction during the implementation phase, EPOS will enter its **Operational Phase from 2020** onwards.

Parallel with this, the Norwegian National EPOS Consortium (NNEC), which was established in 2009, has now succeeded in establishing the **EPOS-Norway** (EPOS-N - [www.epos-no.org](http://www.epos-no.org)) **project** funded by the Research Council of Norway (RCN) for five years during the period

2016-2020. The goal of EPOS is to offer tools and data to promote and facilitate innovative approaches for a better understanding of the physical processes controlling earthquakes, volcanic eruptions, unrest episodes, and tsunamis as well as those driving tectonics and Earth surface dynamics. This overarching goal will be achieved throughout the integration of existing and newly developed national and trans-national RIs that provide multidisciplinary data recorded by monitoring networks, acquired in laboratory experiments, and produced by computational simulations. The establishment of EPOS will, therefore, foster worldwide interoperability in Earth sciences and provide services to a broad community of researchers. This will promote major advances in the understanding of the dynamic processes occurring in the Earth, particularly relevant in the context of georesources and geohazards.

Earth science explores the driving forces behind geo-hazards, such as earthquakes, volcanic eruptions, landslides and floods. Earth scientists use natural and experimental data to model how geo-hazards arise and evolve. Combining data on rock properties, structural geology, climatic conditions and seismology with remote sensing techniques allow researchers to monitor unstable slopes, giving societies at risk from landslides a clearer idea of their potential exposure.

Earth science data can contribute to more effective decision making in multiple ways: identify emerging problems, trends and changes and monitoring of ongoing situations. Combining a sound physical understanding of natural hazards with the means to monitor and predict their occurrence will mitigate their effects, help authorities to predict and plan for natural disasters better, leading to improved risk management and decreasing the impact of such episodes. EPOS services will help managers make well-informed decisions based on accurate scientific data.

## **Effects of Geohazards and Severe Weather Events as a Retrospect throughout 2009/2010 on the Rail Transport in Norway**

---

*M. Troon*

*Former Senior Principal Engineer at JBV, PO box 1886, 0124, Oslo, Norway, marko.troon@gmail.com*

Unforeseeable and severe weather events have been some of the reasons throughout 2009/2010 for natural processes which have caused catalytic events of a complex nature, such as rock falls, landslides, small scale avalanches and flood. These catalytic events have caused cessation of traffic on several railway lines in Norway. Owner, Norwegian and foreign railway operators were unprepared for the extreme weather conditions that occurred in winter 2009/2010. The response to weather challenges has been marked by improvised measures rather than pre-established routines and caused a shift of freight and passenger transport from rail to road where the conditions have been same in many cases.

Keywords: Geohazards, weather, landslide, flood, rock falls, emergency preparedness, crisis management



NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE  
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse  
Postboks 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse  
Leiv Eirikssons vei 39  
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00  
E-post [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)