

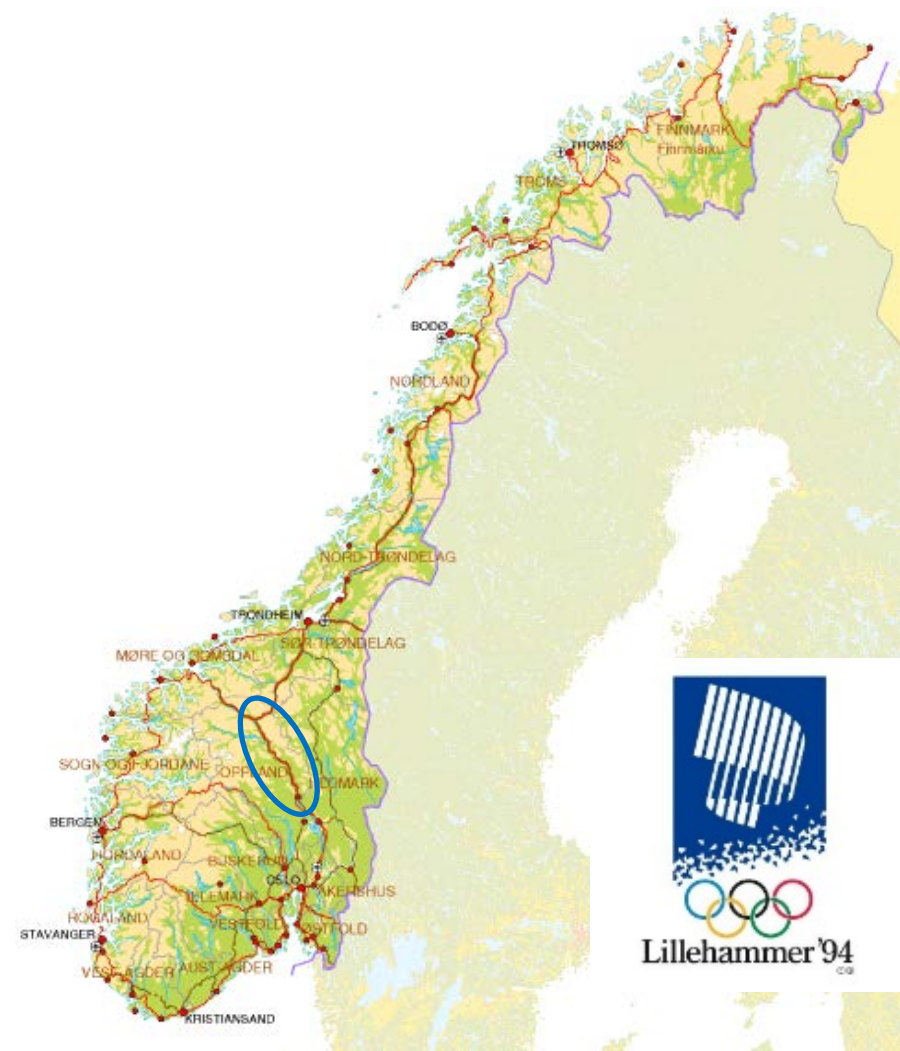


Landslide events in Gudbrandsdalen in June 2011 and May 2013

Søren BOJE, Graziella DEVOLI
NVE workshop, 26th -28th October 2016
Oslo, Norway

Gudbrandsdalen

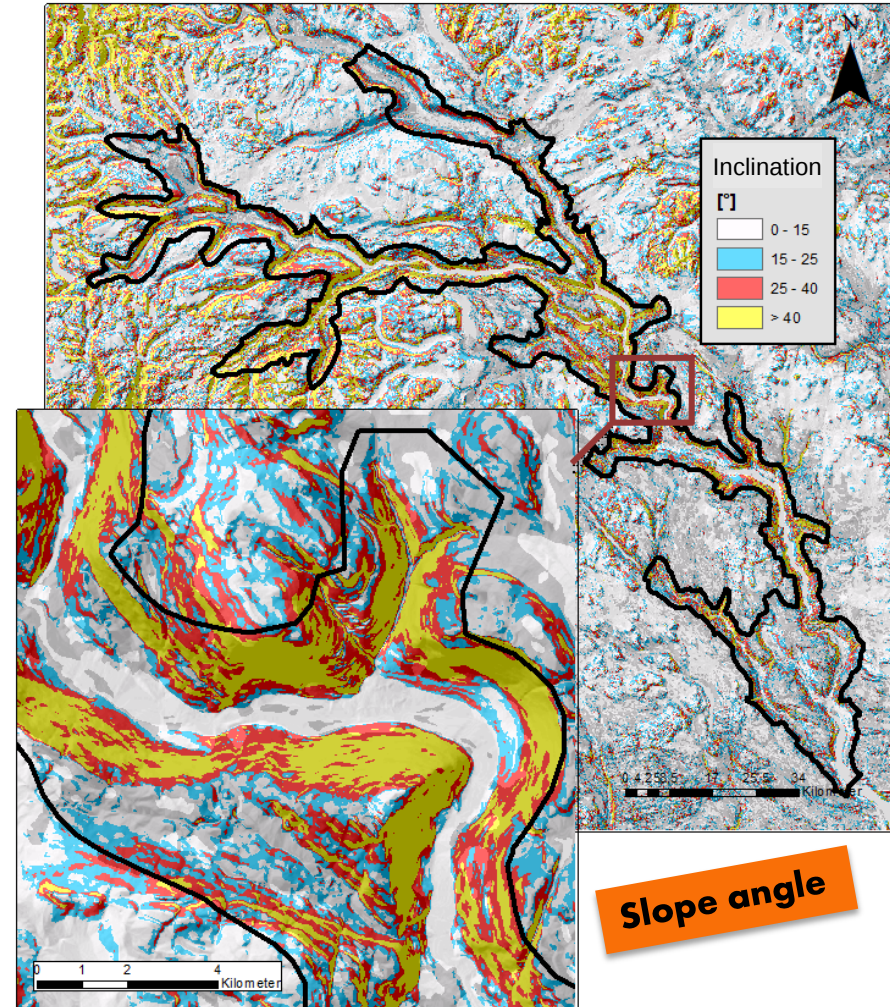
- One of the largest valleys in Norway populated by 70.000 people
- Important road and rail corridor between the Oslo region and the NW coast of S-Norway
- Recreational area with ski resorts and national parks, incl. Lillehammer host of the '94 winter Olympic games
- In historical time frequently struck by flooding as well as landslides



Otta by river Lågen
Photo: Sel kommune

Geology and geomorphology

- Part of the Caledonian orogenesis with bed rock of gneiss, fyllite, micaschist and sandstone
- Glacially shaped U-valley with steep slopes ($25^{\circ} \rightarrow$)
- Slopes are covered by ground moraine (thin till deposits 0.5-1 m thick)
- Valley floor dominated by fluvial deposits from the river Lågen



Challenges



Steep slopes with potential landslides and a confined river channel with repeated flooding



Where to build? Mapping
How to build? Geo-engineers
How to prepare for future events?
Emergency planners
When to alert? Geoscientists
forecasting natural hazards

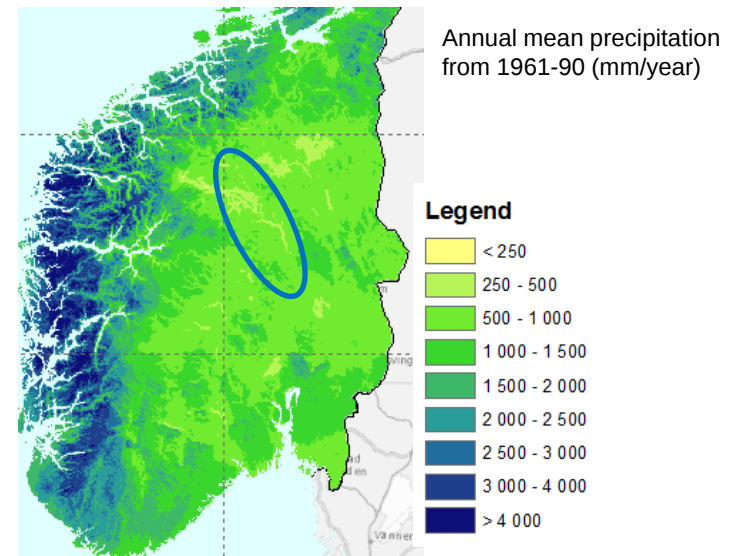
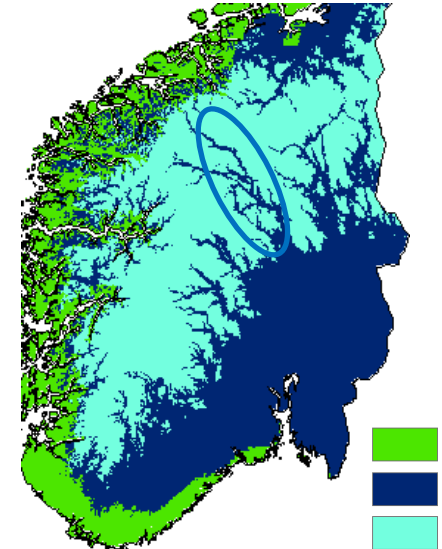
Climate

- Cold temperate / polar climate with cold winters and warm summers
- Accumulation of snow during winter months → spring flood and increased groundwater table in may/june
- Driest part of Norway, precipitation at 200-500 mm/yr, due to rain shadow effect of the Jotunheimen mountain area (peaks at 2400 masl.)

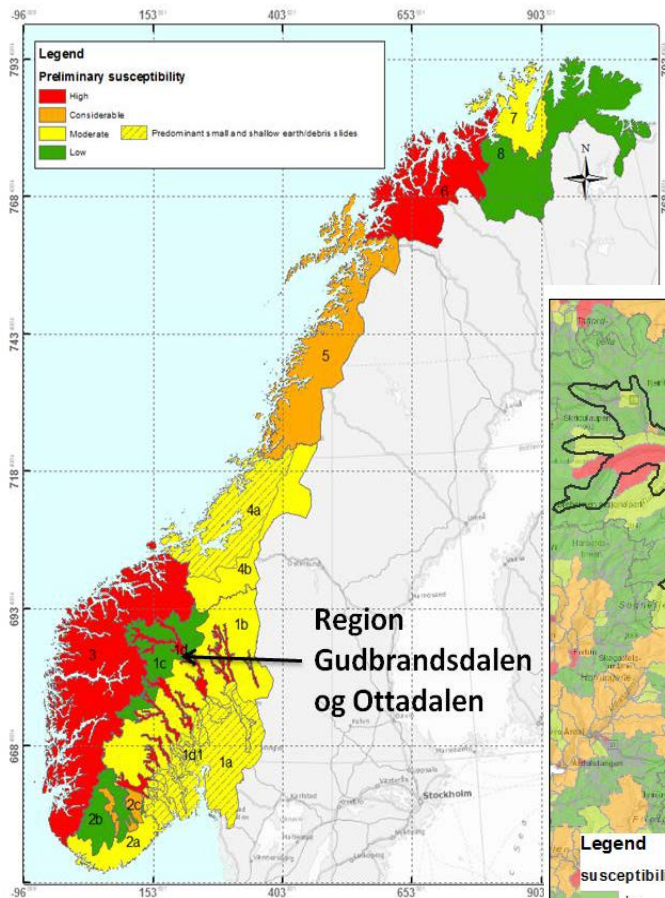
Topographic map



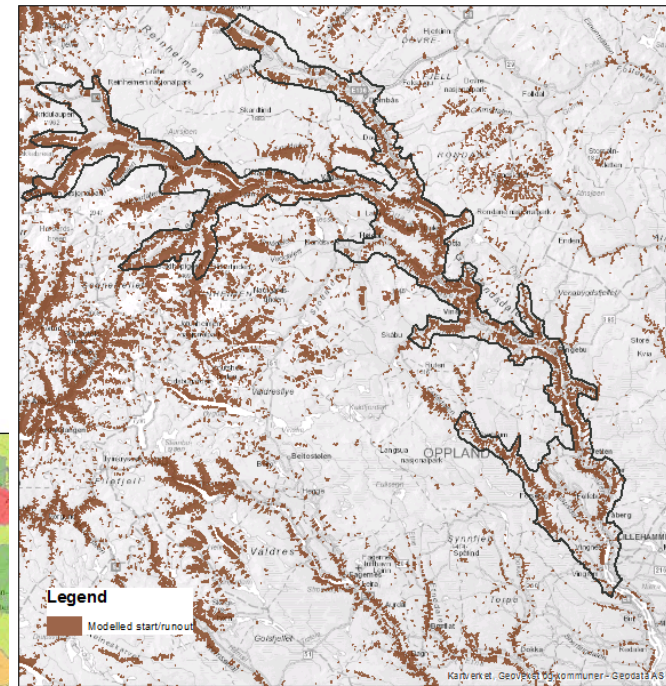
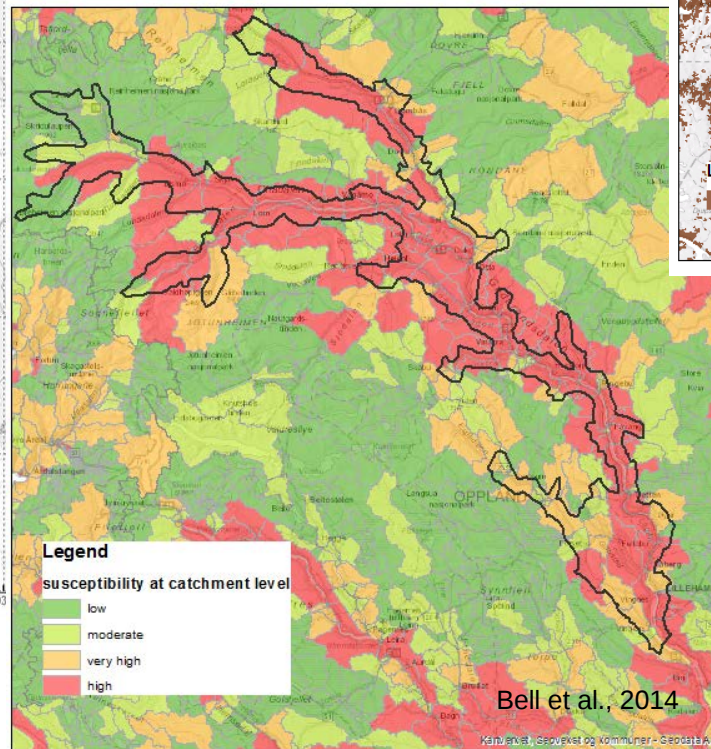
Köppen climate classification map



Main landslide domains



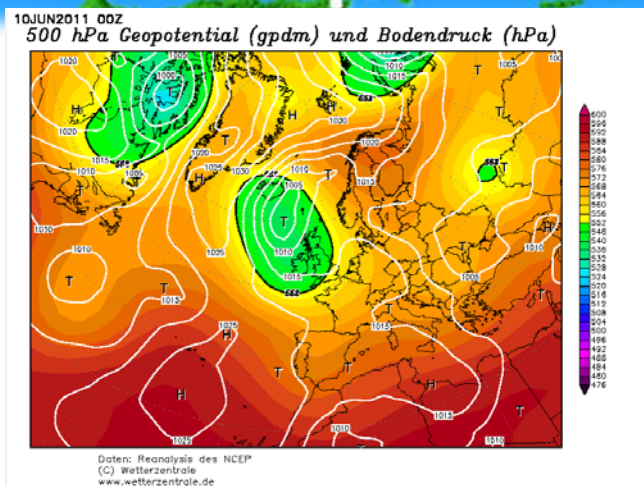
Devoli and Dahl, 2014



June 2011 – LEWS not yet operational



- Low pressure Vb arriving from S-SE with heavy rainfall
- Well predicted 50-yr flood warning for SE Norway and Gudbrandsdalen
- Many observed landslides



Flood warning issued three days in advance for the 9th-10th of June 2011

Varsel om flom

06.06.2011 kl.12:15.

Varslet gjelder for perioden 6.-7.juni.

Vakthavende hydrolog: Ingeborg Kleivane

Issued 6th of June

Varsel om flom for Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal, Oppland og Buskerud.

Det er ventet mildt vær på høyfjellet de nærmeste dagene. Det vil føre til stor snøsmelting i høyreligger vassdrag, som fremdeles har snø igjen i nedbørfeltet. I tillegg vil det lokalt komme byger med store nedbørmengder. Dette i kombinasjon med stor snøsmelting vil føre til vannføringer på nivå over 5-årsflv visse steder.

Også i lavereliggende områder er det ventet nedbør med kraftige byger og lokalt store nedbørmengder. Nedbøren kommer fra sør, og det vil komme jevnt med byger. I områder med kraftige byger, vil små bekl og elver få raskt økende vannføring. Noen steder kan vannføringen kulminere opp mot nivået for 5-årsflv. Det vil være store lokale forskjeller og det er usikkert hvor bygene treffer.

Store nedbørmengder og kraftig snøsmelting kan også lokalt medføre økt fare for løsmasseskred. Dette gjelder først og fremst indre og høyreliggende strøk av Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, og Hordaland.

Varsel om stor flom ("nivå 3")
Varsel om flom ("nivå 2")
Melding fra NVE ("nivå 1")

Updated 8th of June

Melding fra NVE

Oppfølging av flomvarsel datert 6.juni 2011

Utarbeidet av NVEs flomvarslingstjeneste den 08.06.2011 kl.13:45.

Varslet gjelder for perioden 8. - 11.juni 2011.

Vakthavende hydrolog: Ingeborg Kleivane

Høgfjellet i Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal og Oppland

Regn og snøsmelting har ført til vannføringer på opptil 5-årsflom i små og mellomstore elver som drenerer høyfjellsområder. Det er høye temperaturer i fjellet og det er fortsatt ventet høye temperaturer i dagene som kommer. Dette fører til at snøsmeltingen vil fortsette.

I dag onsdag er det ventet lokalt store nedbørmengder i området, spesielt øst for Jotunheimen. Torsdag kommer byger fra sør som kan få hovedtyngden i de nordøstre områdene av Sør-Norge. Bygeværet vil være fram til og med fredag.

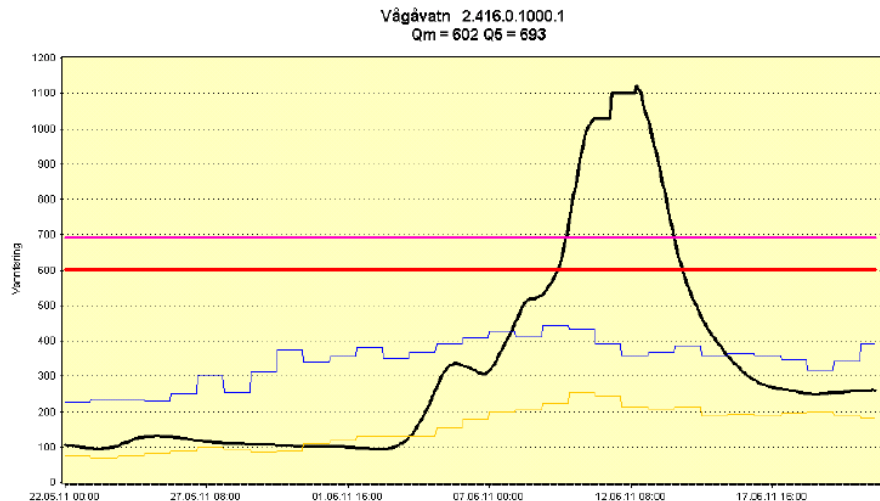
Fortsatt snøsmelting og kraftige byger kan føre til at vannføringen holder seg på dagens nivå, men den kan også øke til nivå over 5-årsflom de mest utsatte stedene. Spesielt utsatt er vassdrag som ligger høyt, som Rauma, Driva og Gudbrandsdalslågen med sideelver.

Det vil være store lokale forskjeller og det er usikkert hvor bygene treffer.

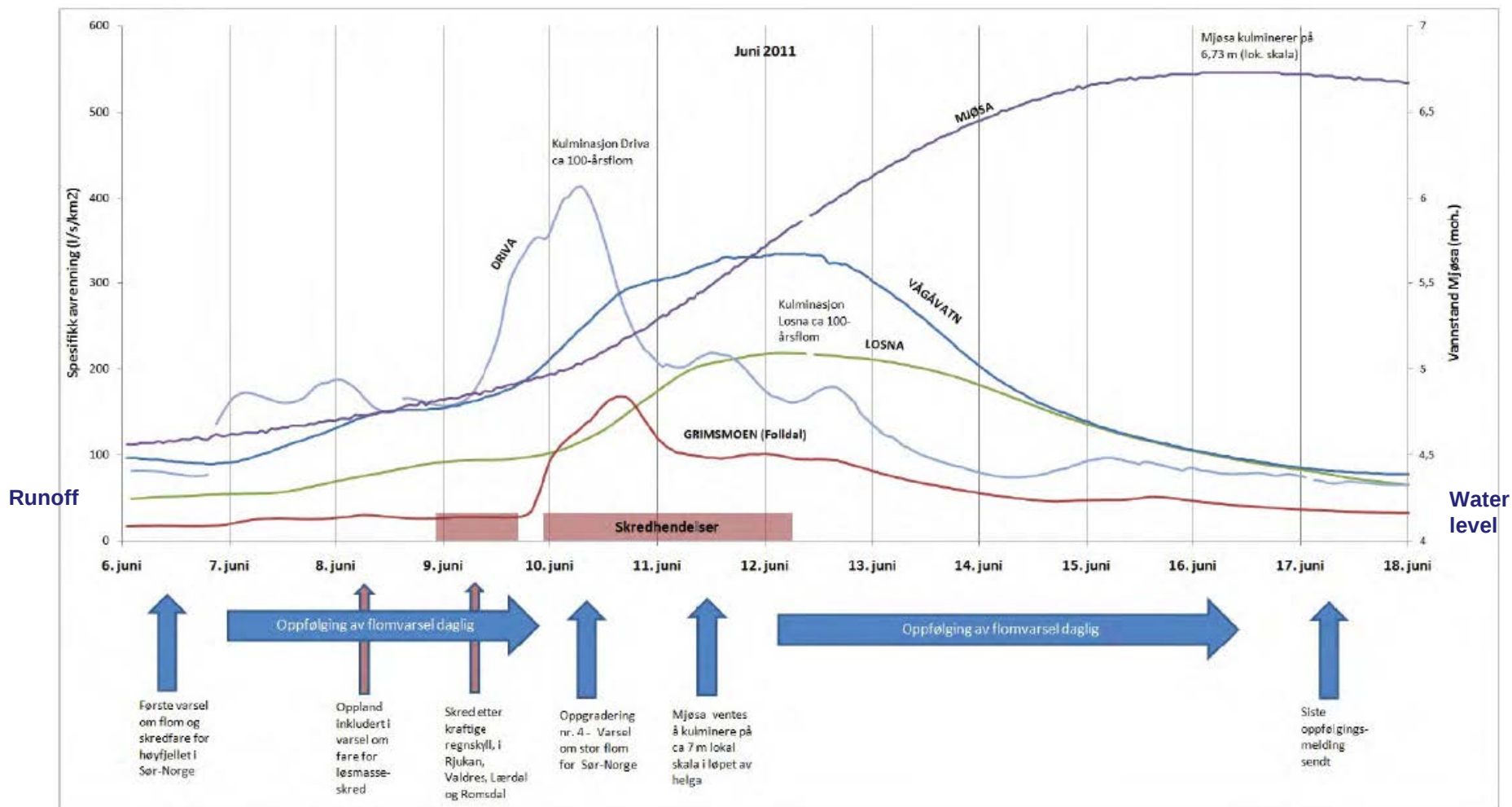
Kombinasjonen av nedbør og kraftig snøsmelting på allerede vannmettet jord fører til økt fare for løsmasseskred.



Many rivers reach the 100 year return period (Driva, Losna og Vågåvatn, all tributary rivers to Lågen). Many other rivers reach water levels similar to the flood in 1995.



River discharge culminations untill retreat of «Lågen»



Landslide types

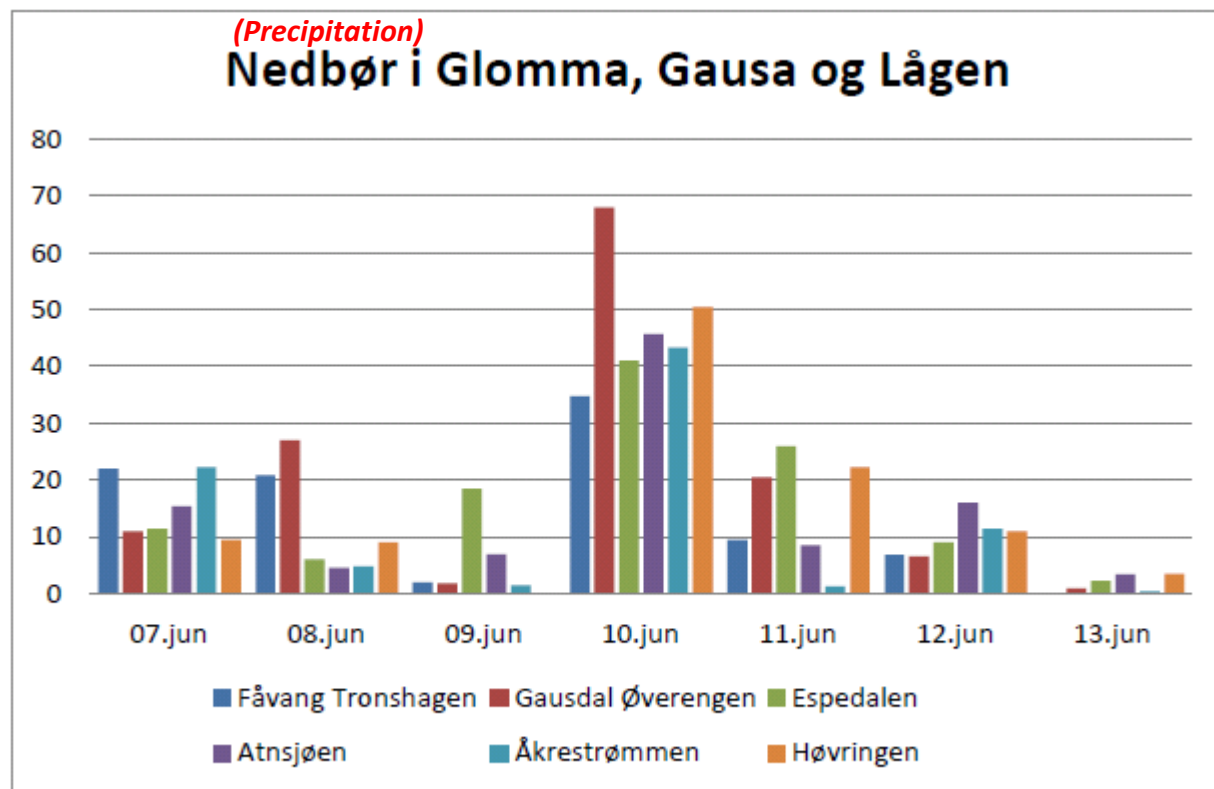




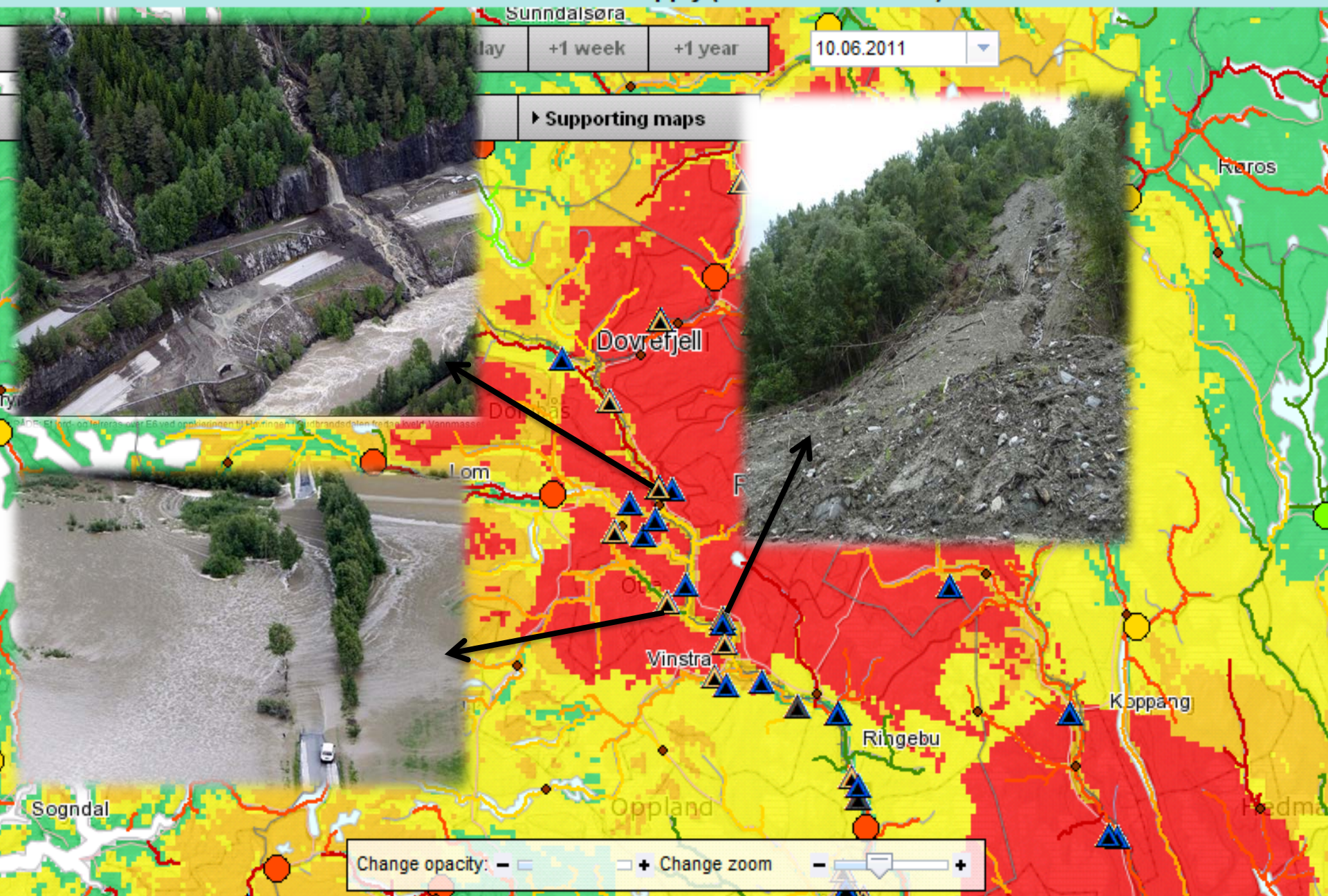


Valuable experience for thresholds!

New gained knowledge of hydrometeorological conditions for initiating landslides in the Gudbrandsdal region was used to validate current thresholds.



Figur 17. Observert nedbør på nokre stasjonar i Glomma, Gausa og Lågen.



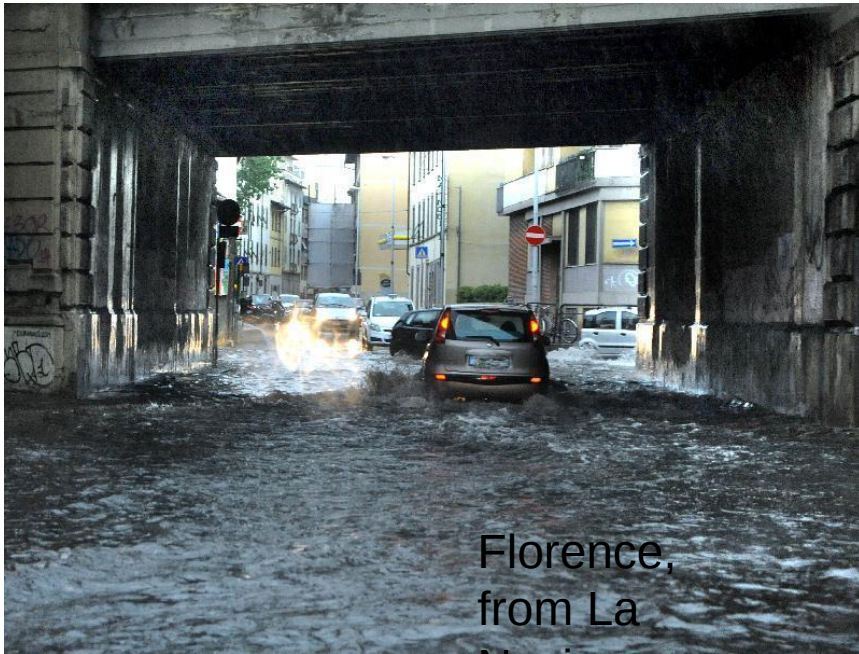
In Italy, June 2011 Some days before

7 giugno 2011 - Maltempo: ancora temporali su Nord-Est

La perturbazione atlantica che sta progressivamente interessando il nord della nostra Penisola apporterà anche nelle prossime ore marcata instabilità ...

6 giugno 2011 - Maltempo: da domani temporali su nord-est

Una perturbazione atlantica induce un flusso di correnti sud-occidentali umide ed instabili sulla nostra penisola che favorirà un graduale peggioramento del tempo sulle regioni centro-settentrionali...



Florence,
from La
Nazione



Redazione

09 GIUGNO 2011

Maltempo: grandinata nel sud est barese, si contano i danni



Tromba d'aria ad Altamura

Il forte rumore spaventa i cittadini
Non si registrano grossi danni

MALTEMPO

TROMBA D'ARIA

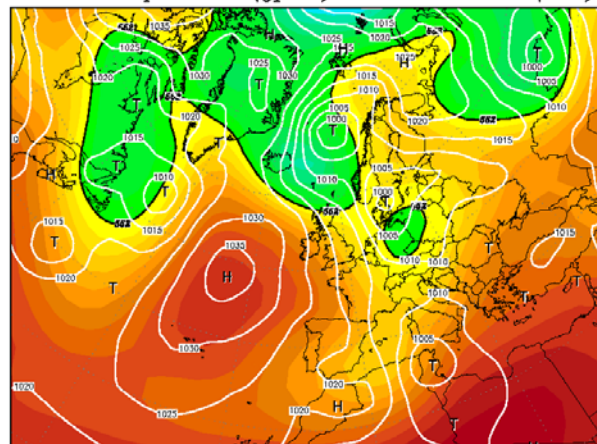
REDAZIONE ALTAMURALIFE

Mercoledì 8 Giugno 2011 ore 15.30

May 2013 – LEWS almost operational



- Low pressure Vb arriving from S-SE with heavy rainfall
- Well predicted 50-yr flood warning for SE Norway and Gudbrandsdalen
- Many observed landslides **predicted!**



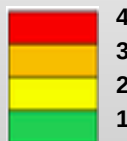
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

May 19th, first indication of a serious situation

Test warning 10:30 a.m. Sunday 19.05.2013

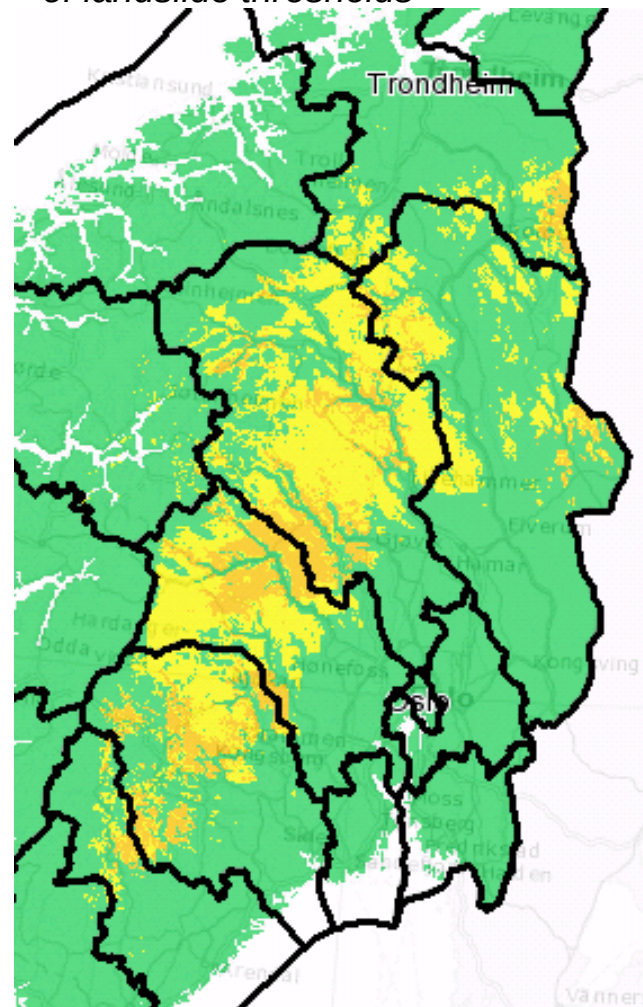
	Dag 0 fra kl. 06:00	Dag 1 fra kl. 07:00	Dag 2 fra kl. 07:00
	19.05.2013	20.05.2013	21.05.2013
Aktsomhetsnivå	2	2	3
Utsatte regioner	Sør-Norge: Områdene langs fjellene i Sør-Norge ned til Agder og høyereliggende strøk av Trøndelag, Akershus og Østfold mandag. Nord-Norge: Nordland, avtagende i Troms og Finnmark		Samme områder
Merknader	Svært usikre nedbørsp		
Varseltekst	Sterk snøsmelting og lokale regnbyger gir fortsa deler av indre strøk av Telemark, Buskerud, Op nedbørsmengder gir økt fare for jordskred i Ake prognosene er usikre Dette gjelder spesielt i ter langs bekker og elver med stor vannføring. Det flomskred som følge av mye regn kombinert me av indre strøk av Telemark, Buskerud, Oppland. Kraftig snøsmelting fører til fare for sørpeskred i snø (> 50 cm) både i Sør og Nord-Norge. Sørpe der vann samles opp, og kanaliseres ofte i forse Fiolettfargen på vedlagt kart viser områder med mm og indikerer potensielle fareområder. Faren for jordskred og sørpeskred er midlertidig og vil øke igjen fra mandag		

Aktsomhetsnivå



Kartene gjelder fra 19.05 kl. 07:00 til 20.05 kl. 07:00
xgeo.no

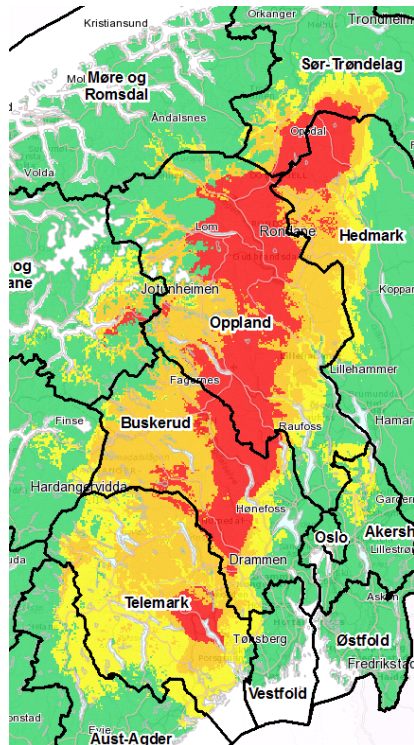
Map with the spatial distribution of landslide thresholds



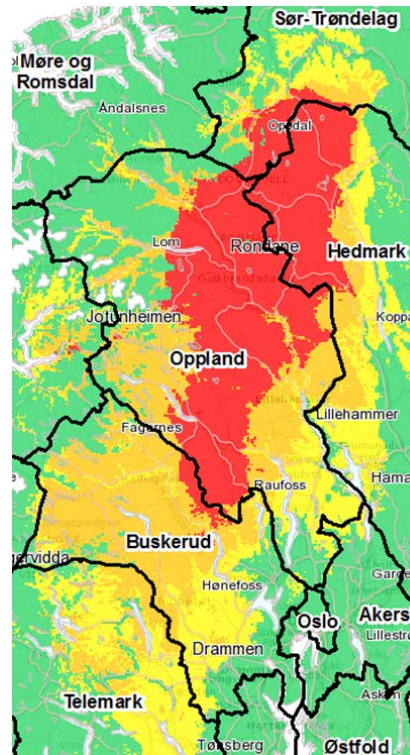
Threshold prognosis for 22nd of May

Based on simulated soil moisture content and relative water supply (rel. rain and snow melt)

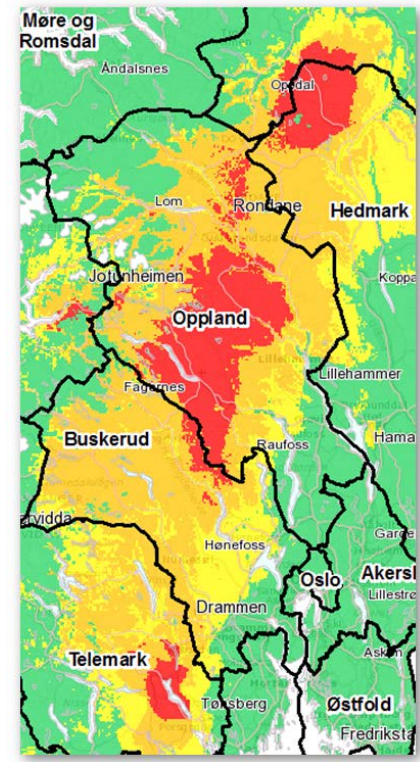
Forecast issued in the morning May 21st



Forecast issued in the evening May 21st



Forecast issued in the morning May 22nd



Issued warning the 22nd

Testvarsel utarbeidet kl. 10:00 Onsdag 22.05.2013

	Dag 0 fra kl. 07:00	Dag 1 fra kl. 07:00	Dag 2 fra kl. 07:00
	22.05.2013	23.05.2013	24.05.2013
Aktshetsnivå	4	2	2
Utsatte regioner	Sør-Norge: Telemark, Buskerud, Oppland, Hedmark, Sør-Trøndelag og S.&F. Nord-Norge (aktshetsnivå 2): Nordland, Troms og Finnmark		
Merknader	Svært usikre nedbørspregner i Sør-Norge: Store lokale variasjoner og stedvis mye regn på Østlandet. I indre strøk av Møre og Romsdal også mulighet for mye regn. <i>Følg værradar!</i>		
Varseltekst	Snøsmelting og lokale regnbyger gir moderat fare, stedvis stor og meget stor fare for jordskred og flomskred i store deler av Telemark og indre strøk av Buskerud, Oppland, Hedmark, Sør-Trøndelag og Sogn og Fjordane. Dette gjelder spesielt i terreng med bratte skråninger og langs bekker og elver med stor vannføring. Det er fortsatt moderat fare for jordskred i Troms og Finnmark som følge av snøsmelting. Kraftig snøsmelting fører til fare for sørpeskred i fjellområder med fortsatt mye snø (> 50 cm) både i Sør- og Nord-Norge. Faren er avtagende i Sør-Norge pga. fallende temperaturer og på steder hvor det er ikke ventes vesentlig regn. Sørpeskred kan løses ut i slakt terreng der vann samles opp, og kanaliseres ofte i forsenkninger og bekkeløp. Sørpeskredene kan utvikle seg til flomskred ettersom de beveger seg nedover bekkeløpene.		

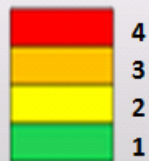
Vurderingen av jordskredfare inkluderer farevurdering for jordskred, flomskred, små utglidninger og sørpeskred.

Varslet er laget av jordskredvarslingsgruppa i NVE
Jordskredfarevarslingen er et samarbeid mellom NVE, met.no, SVV og IBV.

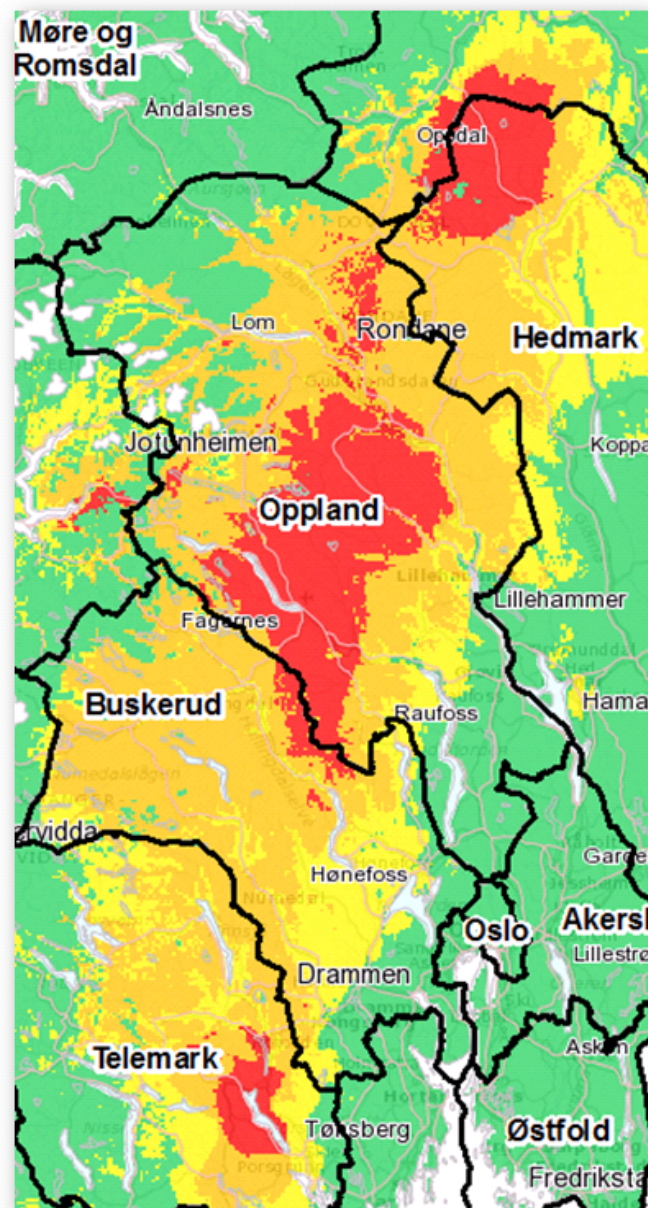
Tjenesten er i test. Det kan være store lokale forskjeller, og derfor er det kun skred ekspertise i felt som kan vurdere skred faresituasjonen lokalt. Politimyndigheten er ansvarlig for iverksettelse av eventuell evakuering.

Kontakt: jordskredvarsling@nve.no eller 22 95 93 60
(NVEs flomvarslingstjeneste og beredskapstelefon)

Aktshetsnivå



Kartene gjelder
Fra 22.05 kl. 07:00
til 23.05 kl. 07:00
xgeo.no



Observations May 22nd

Hus ble tatt av ras på Otta

Beredskapssjef til VG: - Det er kaotisk her



Foto VG



Foto Dagbladet



Foto NTB scanpix

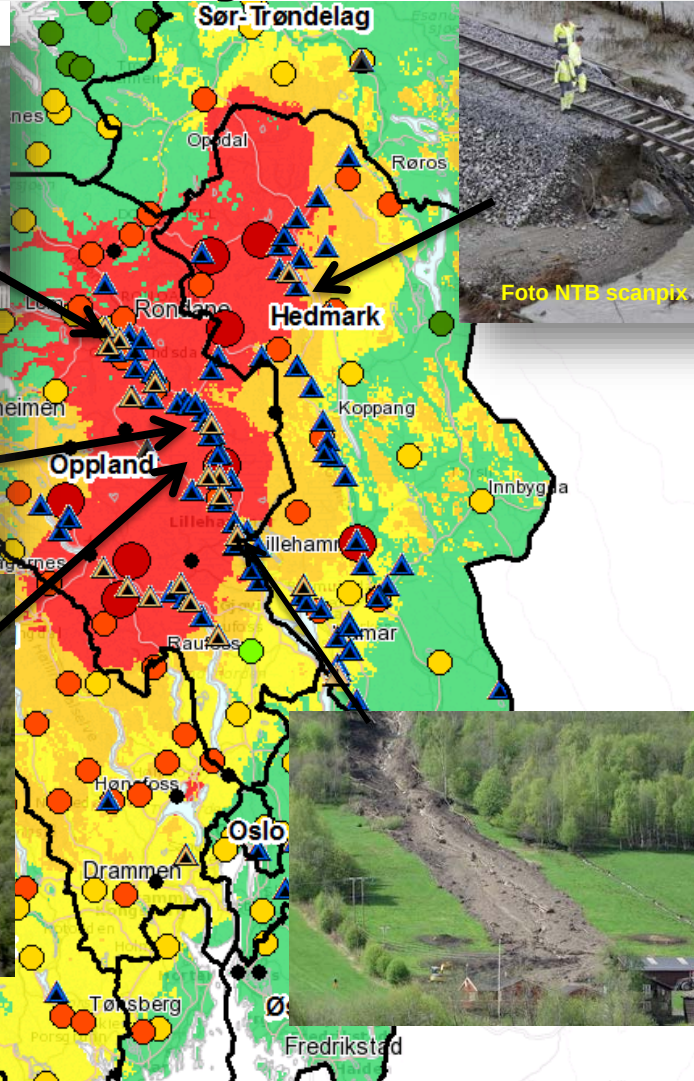


Foto NTB scanpix

Dataeier: Norges vassdrags- og energidirektorat

Faregrad

- Meget stor fare
- Stor fare
- Moderat fare
- Liten fare

Punkt/linjedata

- Hendelser
- Observert faretegn
- Jordhendelser
- ▼ Vannføring døgnet

Symbolene viser observert døgnmiddelvannføring, klassifisert etter flomstatistikk for målestasjonene. Data fra 01.05.2011 til i morgen

Dataeier: Norges vassdrags- og energidirektorat

- Stor flom
- Flom
- Stor vannføring
- Normal vannføring
- Liten vannføring



Figur 3.1.2 Flomskred ved Skeggestad

Photo: NGI report
20130473-01-TN



Figur 3.4.2 Flomskred ved prestebolig, Otta

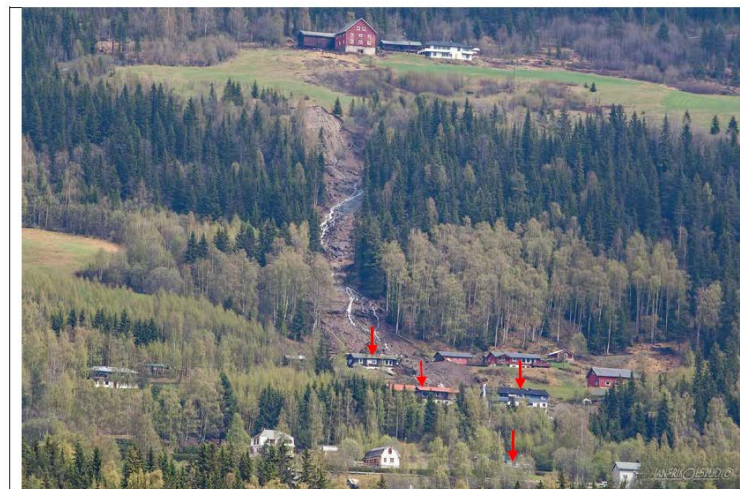
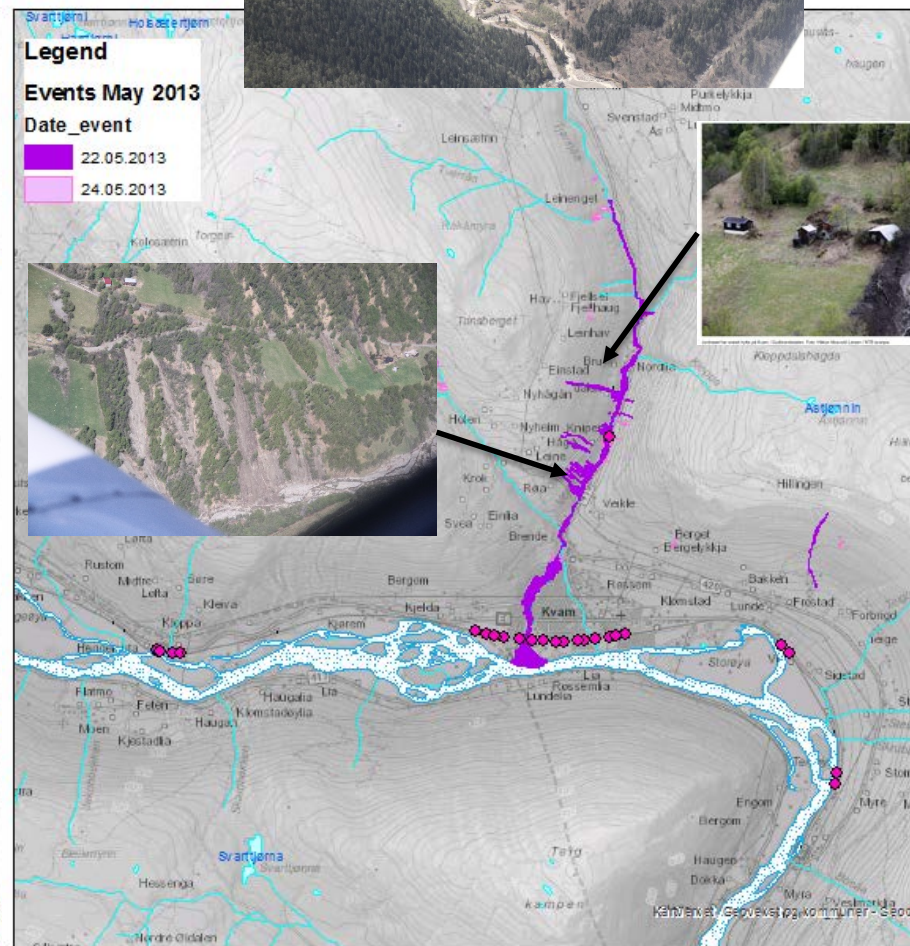
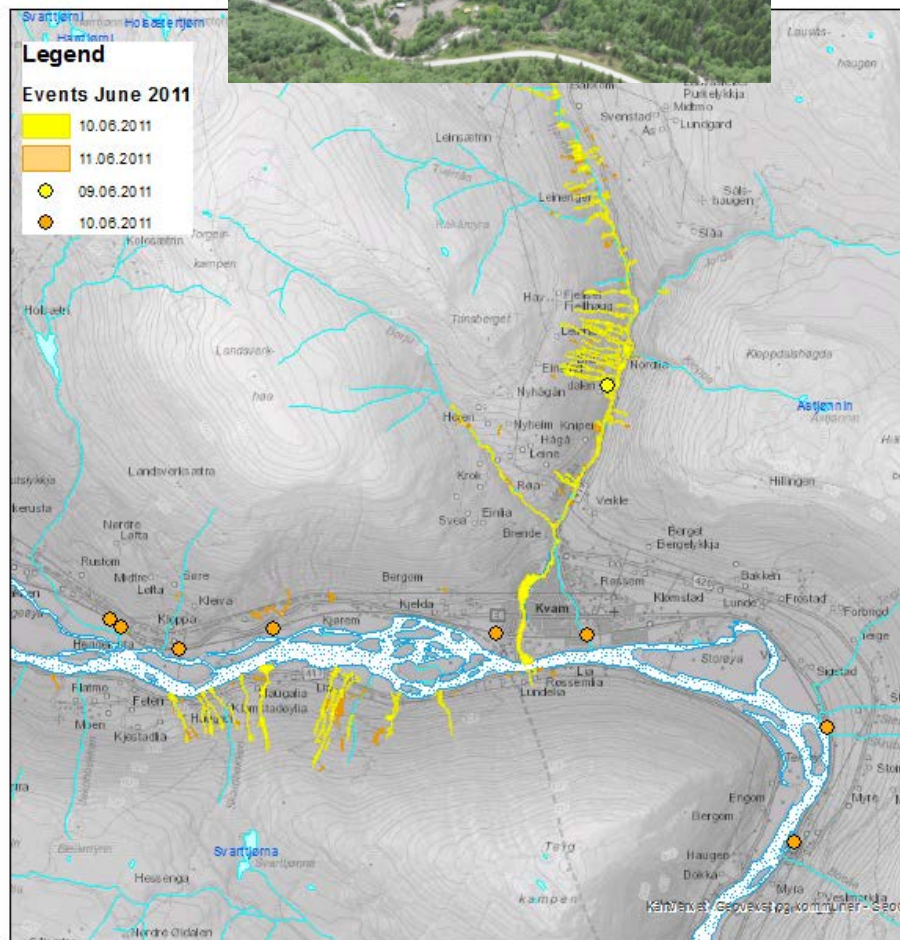


Foto 6 Skredområdet i Aurdal. Røde piler viser de 4 husa som ble truffet av skredet.
Foto: Jan Erik Olsrud, Aurdal.



Similarities 2011 and 2013

- Two cases of Vb weather systems - low pressure systems from central Europe
- Causing a regional landslide situation at the highest level – red lvl 4.



Years of documented Vb flood (and landslide) events

1789 1927 1934 1938 1940 2010 2011 2013

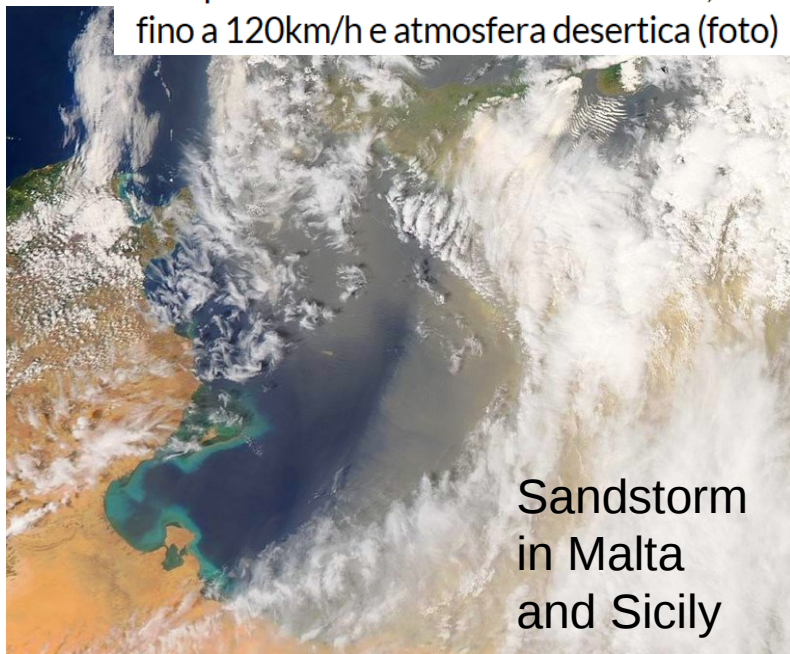
Lessons learned from Gudbrandsdalen

- Vb low pressure systems has potential impacts that matches the highest levels of landslide early warning.
- Weather prediction models (Arome MetCoop / EC) were capable of forecasting Vb low pressure systems affecting Norway well in advance to be used for the landslide EWS.
- When establishing (and consolidating) a landslide EWS, every new extreme regional event can be helpfull in order to validate or adjust hydrometeorological thresholds for future predictions.
- The 2013 event was the first severe event during the test phase that was dealt with as if the LEWS was operational: communication, registering landslides, etc.

In Italy, 16 and 17 of May 2013...

Some days before

Tempeste di sabbia su Malta e in Sicilia, scirocco fino a 120km/h e atmosfera desertica (foto)



Sandstorm
in Malta
and Sicily

Maltempo: il nord è sott'acqua e adesso preoccupa la piena del Po. Nuova allerta per il weekend: il punto della situazione

A cura di [Peppe Caridi](#) 17 maggio 2013 - 21:43

[f](#) [Liker](#) 416 k



Forte maltempo sul Nord-Est: esondazioni anche in Friuli, oltre 250 mm

Leggi anche: Vicenza, LIVELLO BACCHIGLIONE in calo dopo picco di 5,80 m ► MALTEMPO causa un morto nel Veronese ► Ancora piogge su regioni del centro nord, ma meno abbondanti ► Veneto sott'acqua: fiumi esondano, è allarme per la piena del Bacchiglione ►

[f](#) Mi piace

[f](#) Condividi

[t](#) Follow @meteoigiornaleit

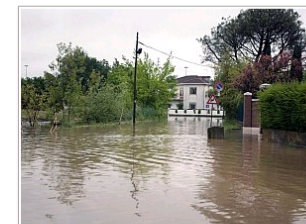
[G+](#)

+2665 Consigliato su Google

Pubblicato da:

Mauro Meloni

17-05-2013 ore 12:20



Allagamenti diffusi in Veneto: qui siamo nel padovano, con lago d'acqua su alcune strade di Piombino Dese. Fonte [mattinopadova.gelocal.it/](#)

VENETO, E' EMERGENZA - Abbiamo già dato ampi resoconti di quanto accaduto in Veneto: il sorvegliato speciale era il fiume Bacchiglione che però è iniziato a calare di livello. La città di Vicenza pare aver scampato il pericolo di una nuova alluvione. Tutta la regione fa però i conti con il maltempo: si è registrata una vittima nel veronese, a causa degli ingenti allagamenti nella zona di Lavagno. Anche i fiumi Brenta e Piave sono su livelli sostenuti e preoccupano ancora, mentre è già in corso una stima dei danni, che si annunciano pesantissimi: il governatore del Veneto ha annunciato che chiederà lo stato di calamità naturale. Queste sono le piogge maggiori registrate nel corso della giornata di ieri: Valnora (Valle di Seren).