



Skredfare – Problemer, kartlegging og sikringstiltak med spesiell fokus på kvikkleire

Bjørn Kalsnes

Avdeling for Risiko, skredgeoteknikk og klimabelastning-RiSK

Skedsmo, 14. juni 2017



Innhold

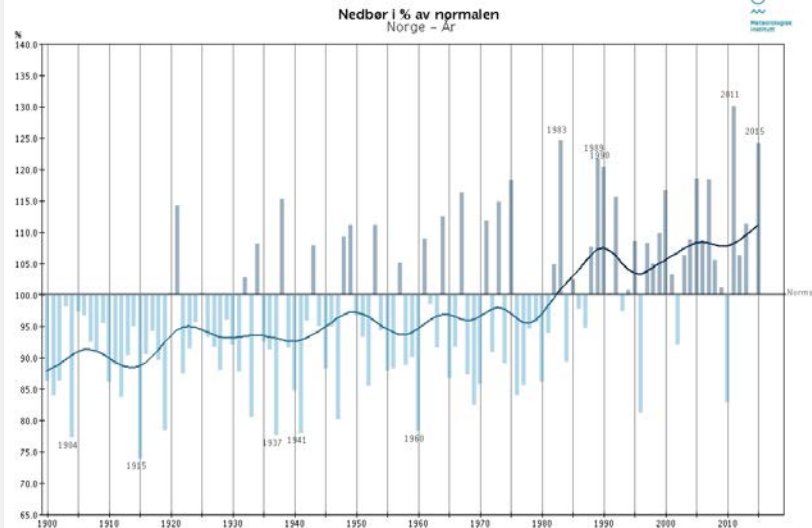
- Naturfare og risiko i Norge
- Hva er kvikkleire?
- Utløsningsmekanismer
- Kartlegging og stabilitetsutredning
- Forvaltning
- Tiltak (skred, byggeaktiviteter)

Naturfarer i Norge



- Løsmasseskred – Jordskred, flomskred og kvikkleireskred
- Snøskred – Tørresnø, våtsnøskred og sørpeskred
- Fjellskred – Steinsprang, steinskred og fjellskred
- Flodbølger etter store fjellskred og undersjøiske skred
- Flommer, inkl. urban flom
- Stormer / stormflo og flom

Det meste er klimarelatert!



Kvantifisering av risiko (fra en naturviterers synspunkt)

$$\text{Risiko} = f(\text{Fare}, \text{Konsekvenser})$$

$$\text{eller Risiko} = f(\text{H}, \text{V}, \text{E}, \text{U})$$

- ↗ **H** = Fare (sannsynlighet for en truende hendelse)
- ↗ **V** = Sårbarhet til utsatte objekter,
- ↗ **E** = Utsatte objekters eksponering
- ↗ **U** = bruks – eller økonomisk verdi til utsatte objekter



For å kvantifisere risiko, må en kvantifisere alle disse elementene for alle utsatte objekter.

Risiko Vurdering og Risiko Håndtering

Risiko håndtering

Hva kan forårsake skade?



Fare identifisering

Hvor ofte kan hendelsen(e) skje (frekvens / intensitet)?



Fare vurdering

Hva er truet?



Identifisering av **utsatte objekter**

Hva er skadepotensialet?



Sårbarhets vurdering

Hva er sannsynligheten for skade?



Risiko estimering

Hva er betydningen av den estimerte risikoen?



Risiko evaluering
(akseptabel/tolerable risiko)

Hva må gjøres?



Beslutninger om tiltak

Risiko vurdering

Jord –og flomskred i Norge



Romsdalen, 2011. Foto Knut Stalsberg, NGU

- Direkte forbundet med vær og klima.
- Ca. 125 døde siste 150 år
- Økonomiske tap fra:
 - Skade på bygg og kritisk infrastruktur
 - Stengte veier, jernbane, etc.

Jord- og flomskred; nedbør og menneskelig aktivitet

Nesten alltid trigget av langvarig og/eller intens nedbør, og snøsmelting, men ofte godt hjulpet av menneskelig aktivitet.



Antatte fremtidige endringer

Jord og flomskred

- Det meste av landet vil oppleve flere døgn med kraftig nedbør og dermed økt hyppighet av jord- og flomskred.

Flom

- Flomhyppigheten vil øke, og fordeles 'jevner' i tid.
- Intens korttidsnedbør og urban flom vil bli et økende problem.

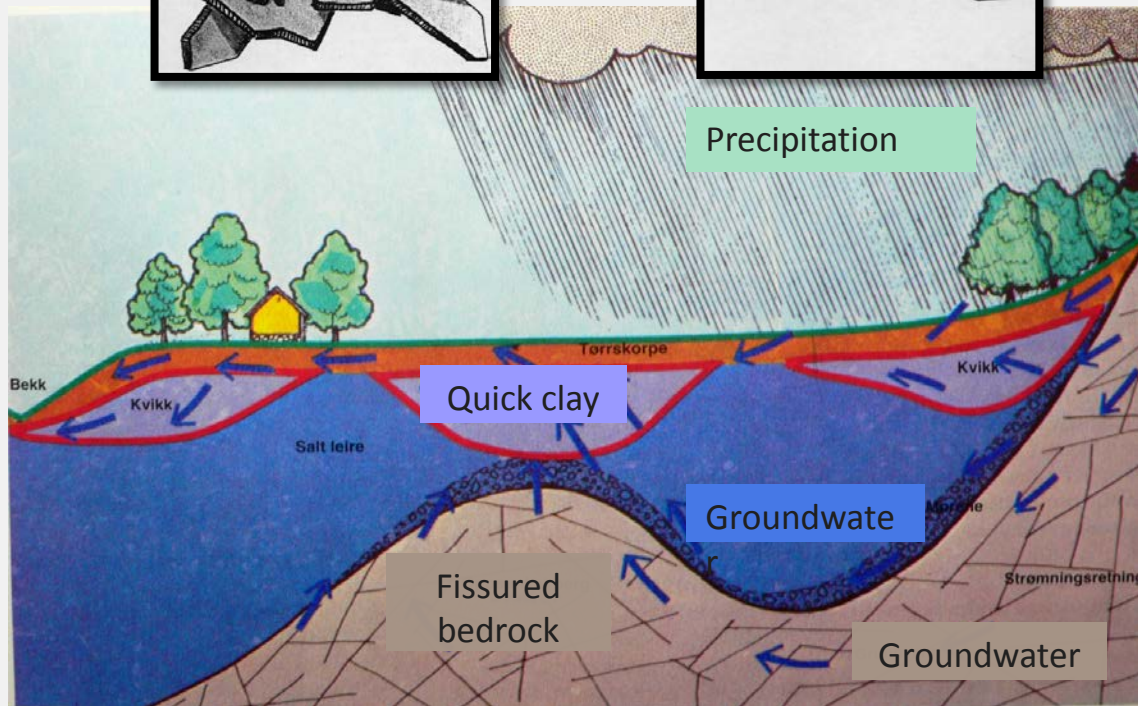
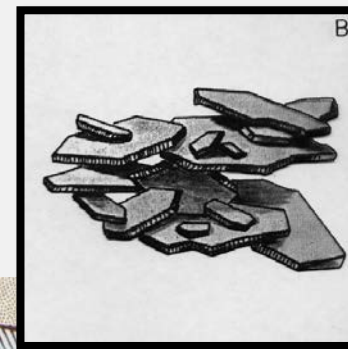
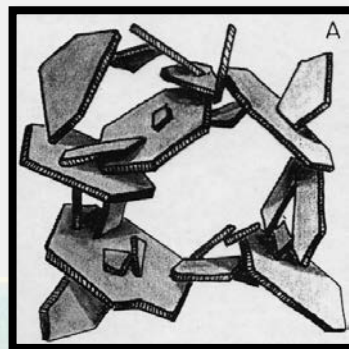
Leirskred (kvikkleire)

- Flest kvikkleireskred i nyere tid er utløst av menneskelig aktivitet
- Faren for naturlig utløste leirskred kan øke på grunn av økt hyppighet av flommer og erosjon i elveleier.



Kvikkleire

- Marin leire der saltet i porevannet er vasket ut.
- Kan forekomme i alle områder under marin grense.
- Store områder på Østlandet og i Trøndelag.
- Mange store ulykker, med > 150 omkomne siste 150 år.
- Overvekt av menneskeskapt utløsning siste 50 år.



After T. Løken

Fra fast og fin leire til 'suppe'



Hva utløser kvikkleireskredene?

Erosjon i vassdragene

Brattere og høyere skråninger

Øker drivende krefter

Nedbør utover det normale

Øker poretrykk og svekker styrke, spesielt i øvre lag

Økt fare for lokale initialscred

Menneskelige inngrep

Fylling ved toppen

Skjæring i foten

Peleramming mm

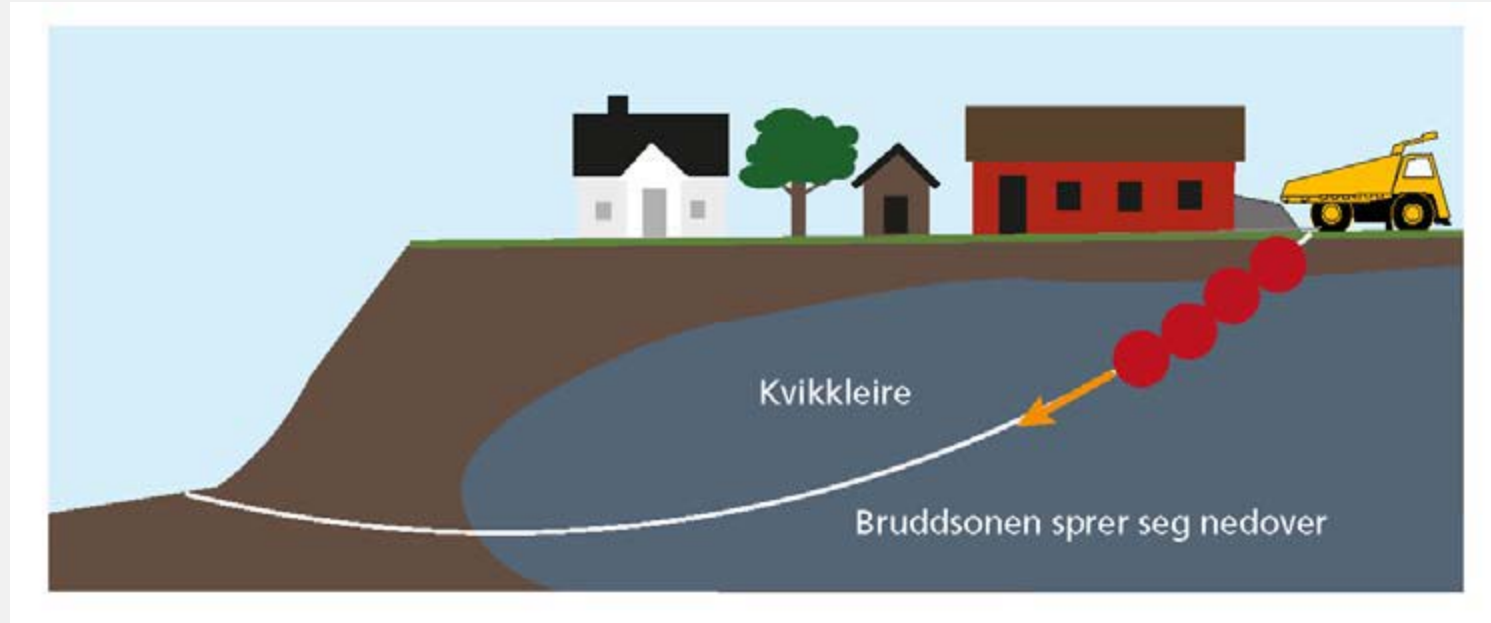
Sprengning

Øker drivende krefter, kan redusere styrke

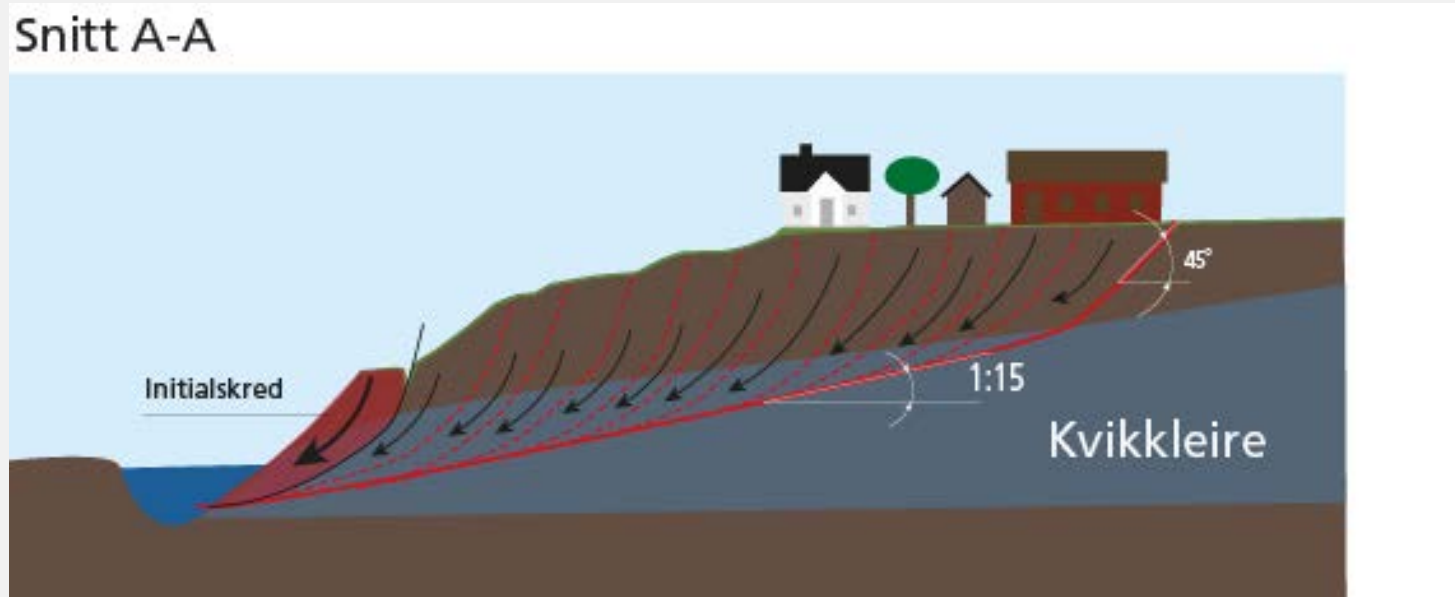
Progressive bakoverskred



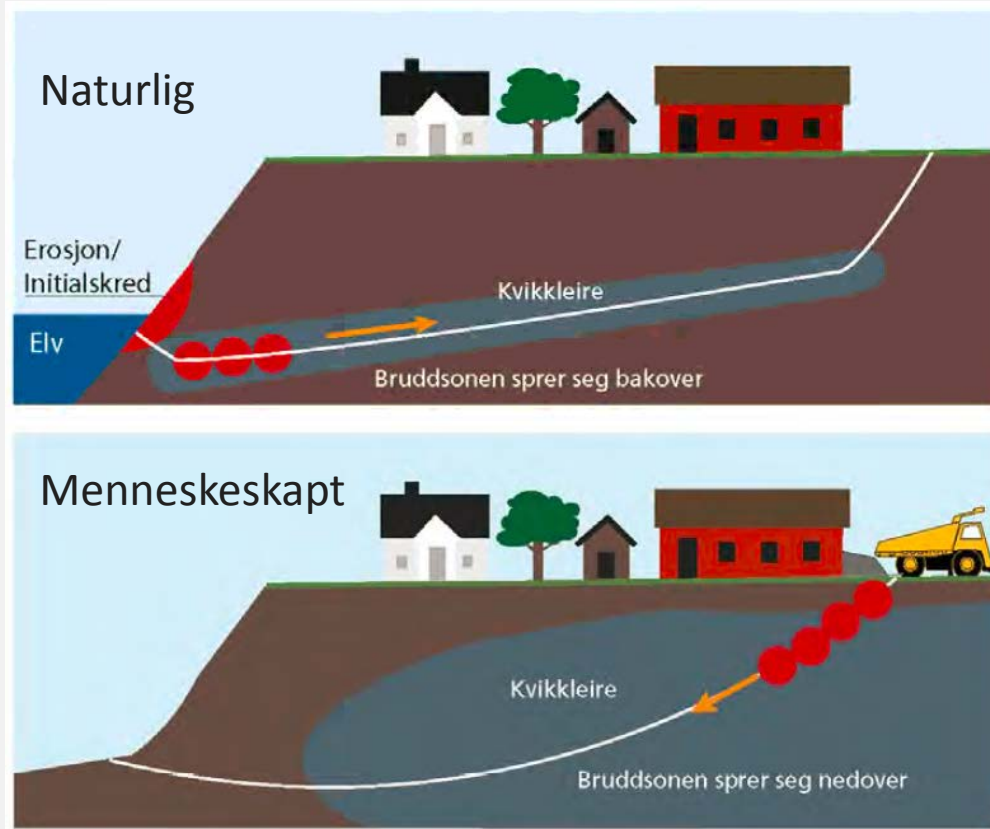
Progressive fremoverskred



Retrogressive (skalkskred)



Kvikkleireskred – typisk utløsning

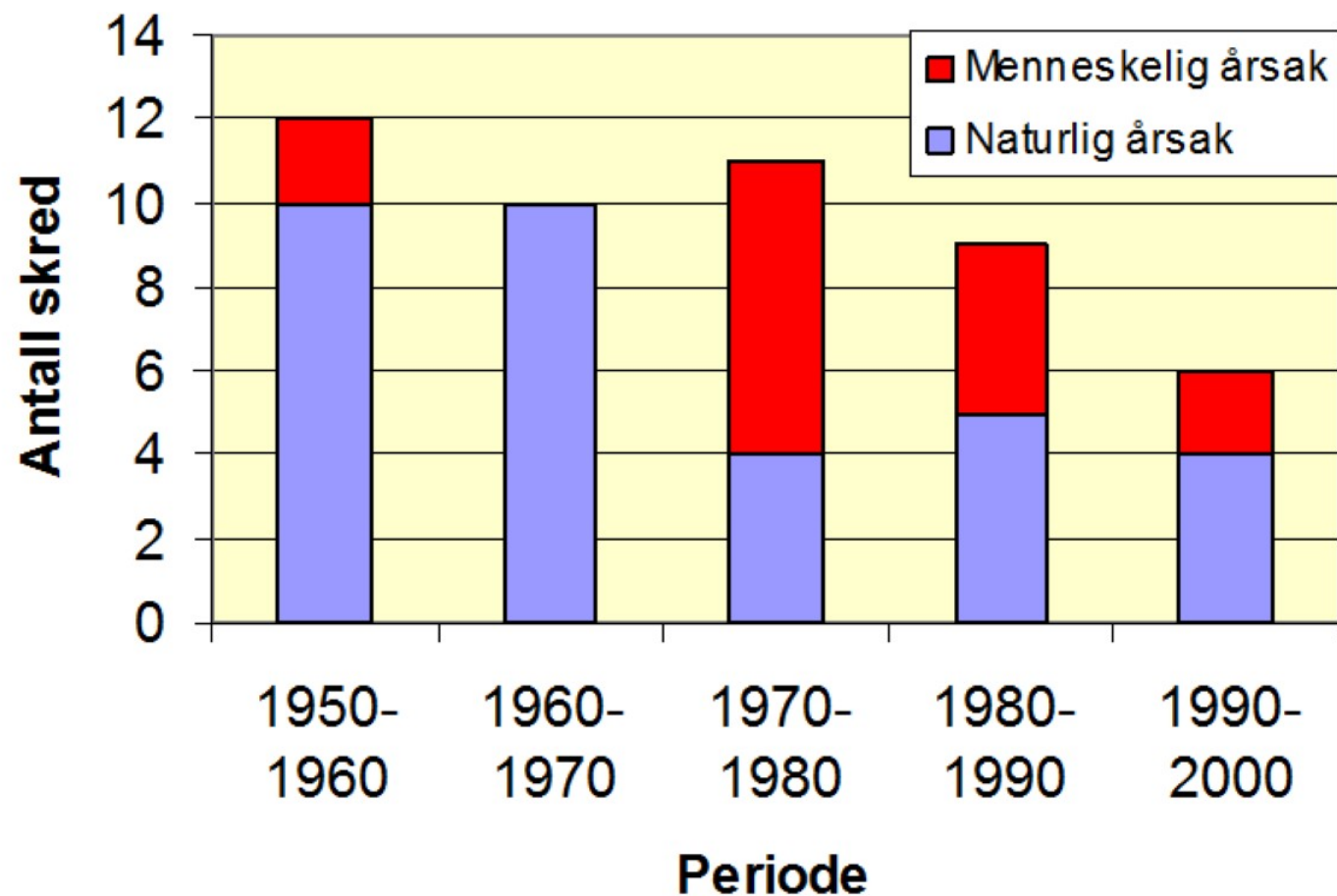


Nyere eksempler

- Overhalla, 2007
- Byneset, 2012

- Kattmarka, 2009
- Lyngen, 2010
- Skjeggestad, 2014
- Sørumsund, 2016

Årsak til store leirskred 1950-2000



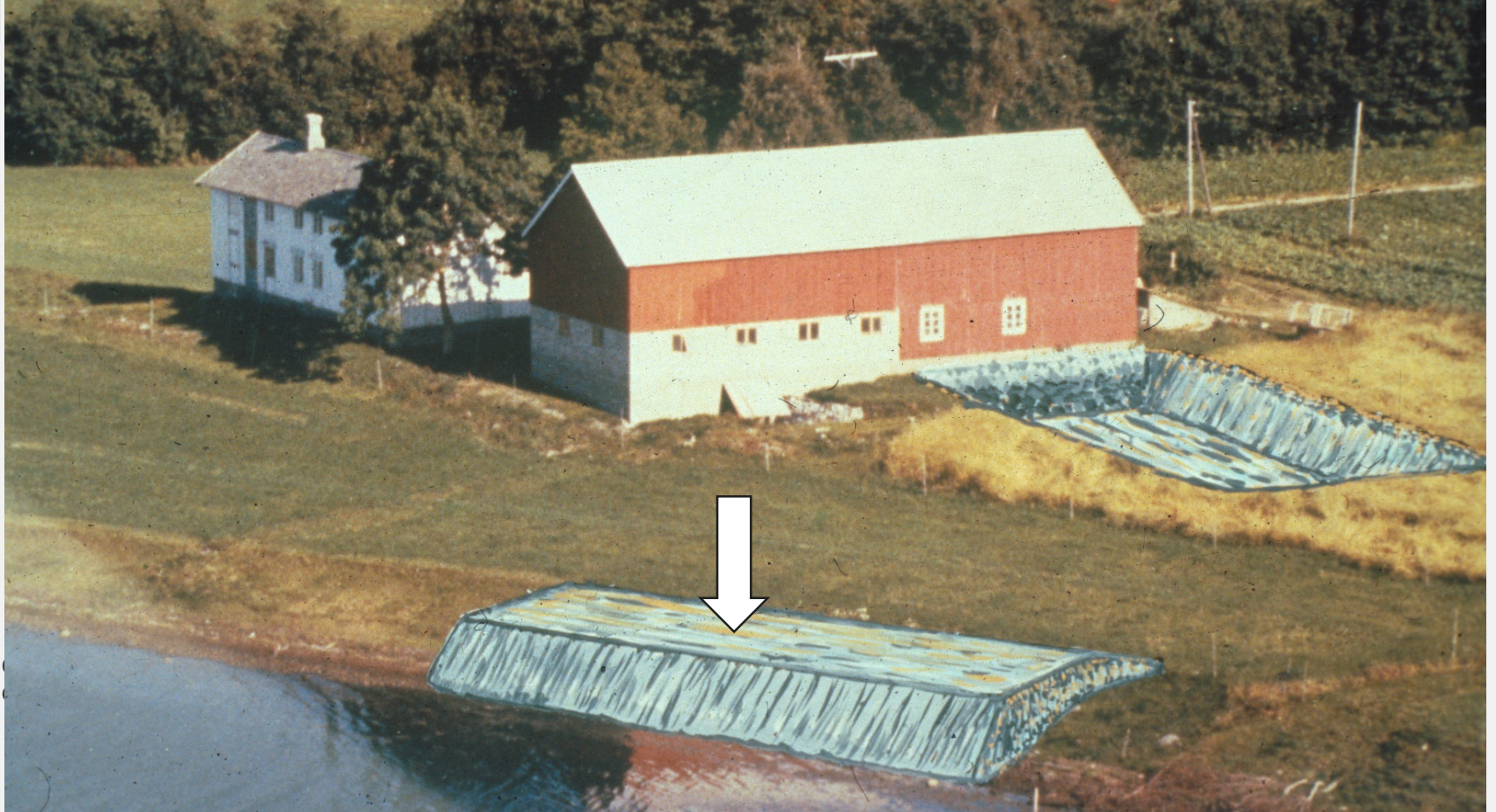
1978 kvikkleireskredet på Rissa

Skredet startet med 200m³ fylling plassert på skråningskanten



Totalt 6 mill m³ raste ut

**En liten fylling førte til
6 mill m3 utrasing!**



No
No

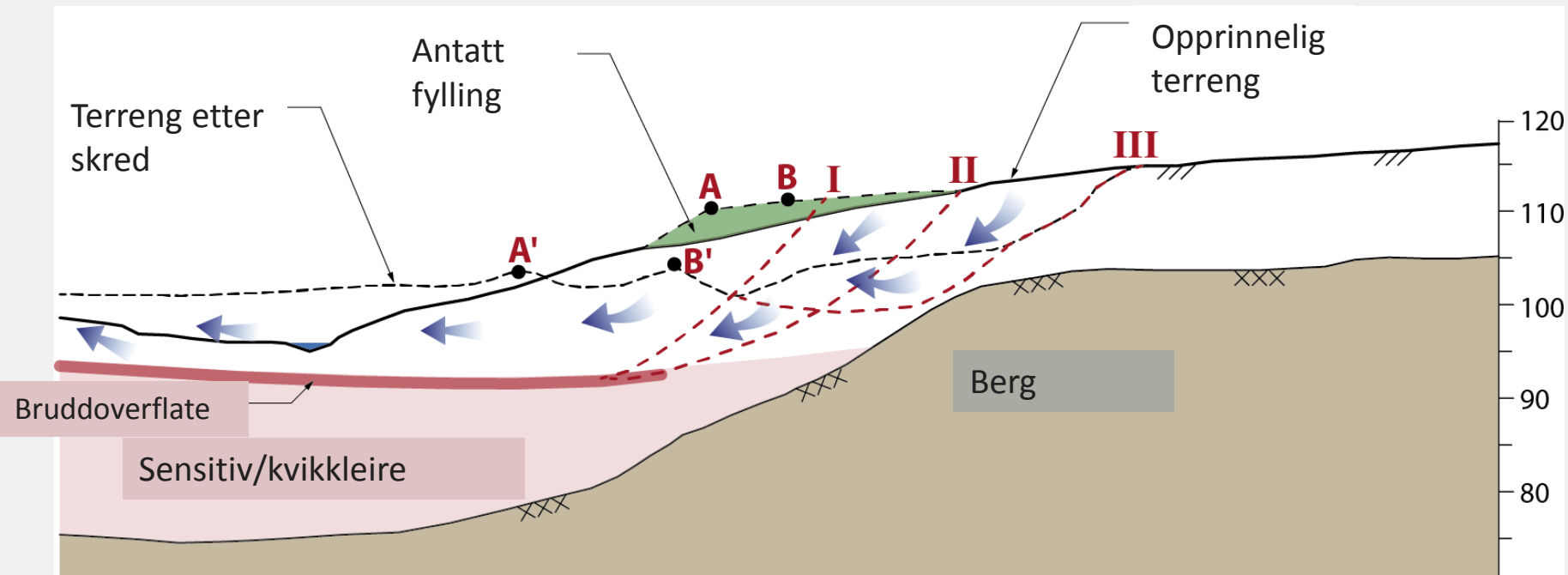
Kattmarkaskredet i 2009 ble utløst av sprengning i forbindelse med utvidelse av vegen



Skjeggestadskredet i 2015



Bruddmekanisme



Antatte fremtidige endringer

Jord og flomskred

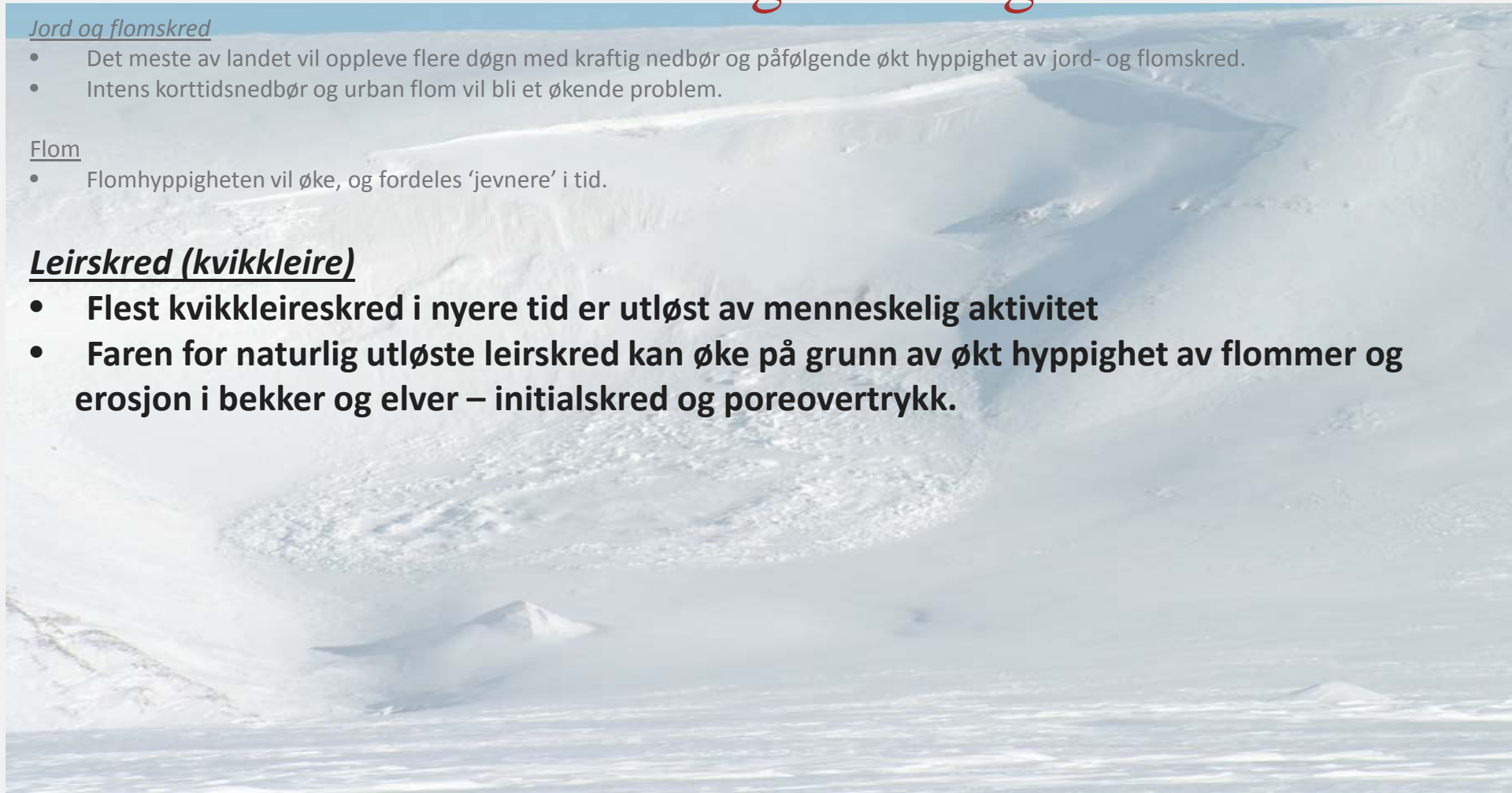
- Det meste av landet vil oppleve flere døgn med kraftig nedbør og påfølgende økt hyppighet av jord- og flomskred.
- Intens korttidsnedbør og urban flom vil bli et økende problem.

Flom

- Flomhyppigheten vil øke, og fordeles 'jevnerer' i tid.

Leirskred (kvikkleire)

- **Flest kvikkleireskred i nyere tid er utløst av menneskelig aktivitet**
- **Faren for naturlig utløste leirskred kan øke på grunn av økt hyppighet av flommer og erosjon i bekker og elver – initialscred og poreovertrykk.**



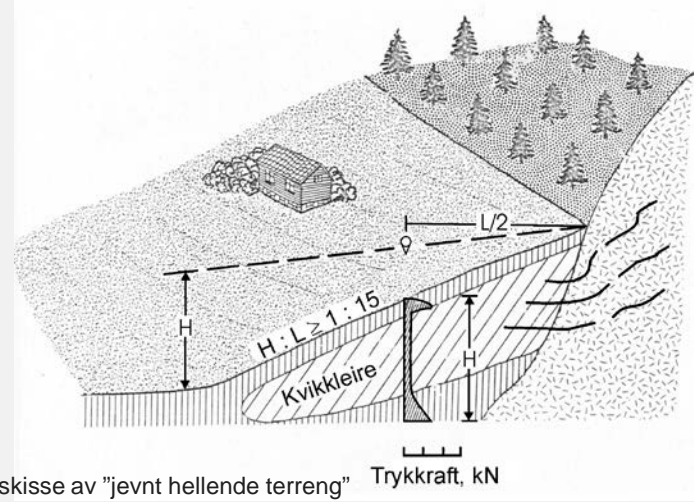
Kartlegging av kvikkleire i Norge

- Etter Rissaskredet i 1978 startet et nasjonalt kartleggingsprogram i regi av Statens Naturskadefond (senere Statens Kartverk og NGU, og nå i regi av NVE)
- Todelt kartlegging:
 - NGU – Kvartærgeologisk kartlegging (marine leirer)
 - NGI – Kvikkleireforekomster
- Program for økt sikkerhet mot leirskred- NVE
 - NGI har utført risikoklassifisering av kartlagte faresoner
 - NVE kvikkleireveiledning 7/2014
- **OBS! For naturlig utløste skred**

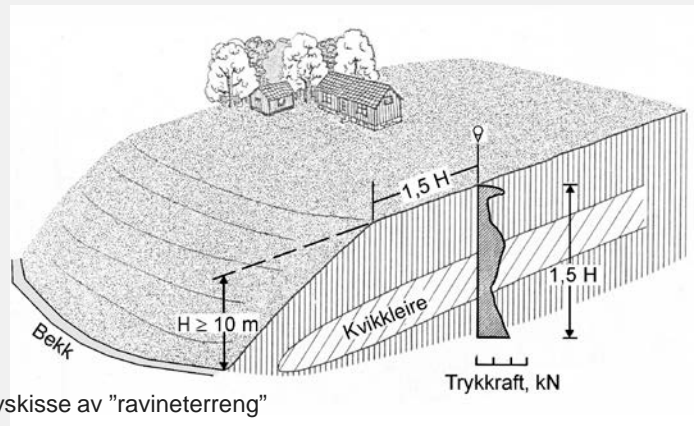
Kriterier for kartlegging av kvikkleireområder:

Topografiske kriterier
+
Grunnundersøkelser

Vær obs på!
Planeringsarbeid
Massedeponi
Grøfting
Anleggsarbeid



Perspektivskisse av "jevnt hellende terreng" Trykkraft, kN



Perspektivskisse av "ravineterreng" Trykkraft, kN

Risikoklassifisering av kvikkleiresoner

Risiko = faregrad x konsekvens

Faregrad:

Lav

Middels

Høy

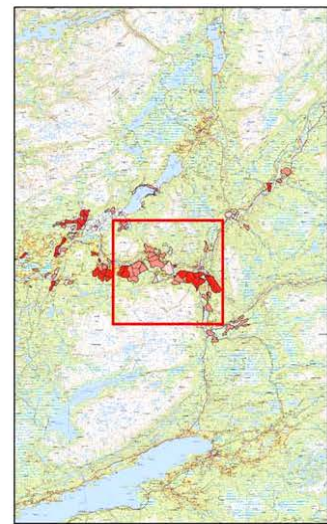
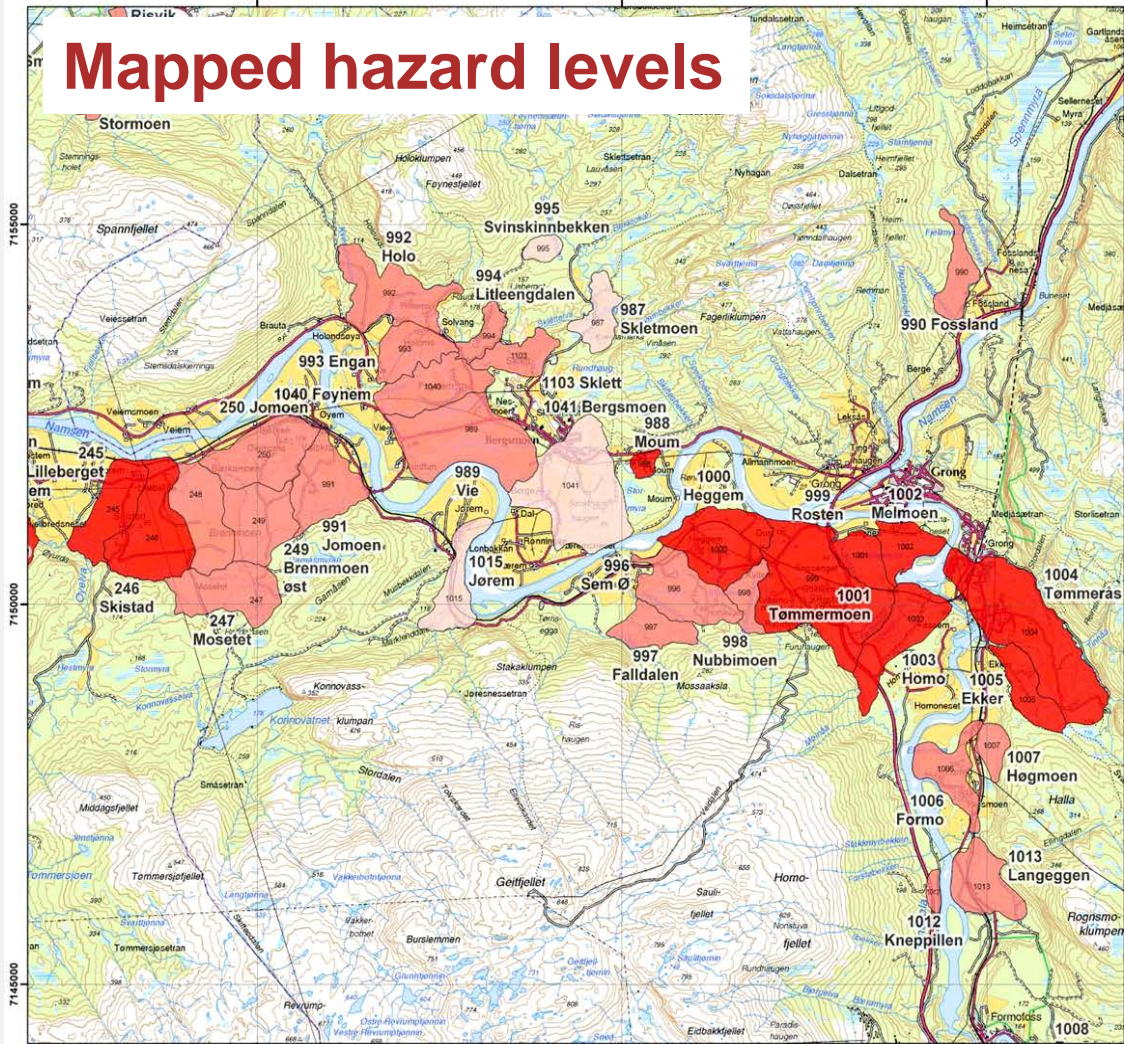
Konsekvens:

Mindre alvorlig

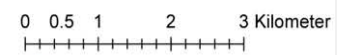
Alvorlig

Meget alvorlig

Mapped hazard levels



Tegnforklaring



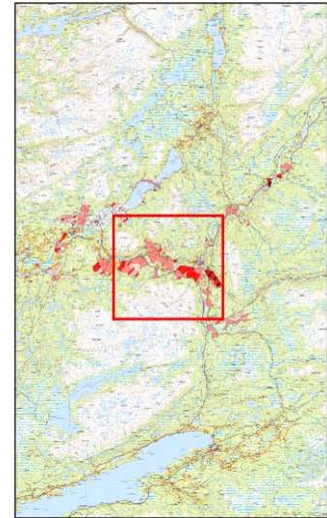
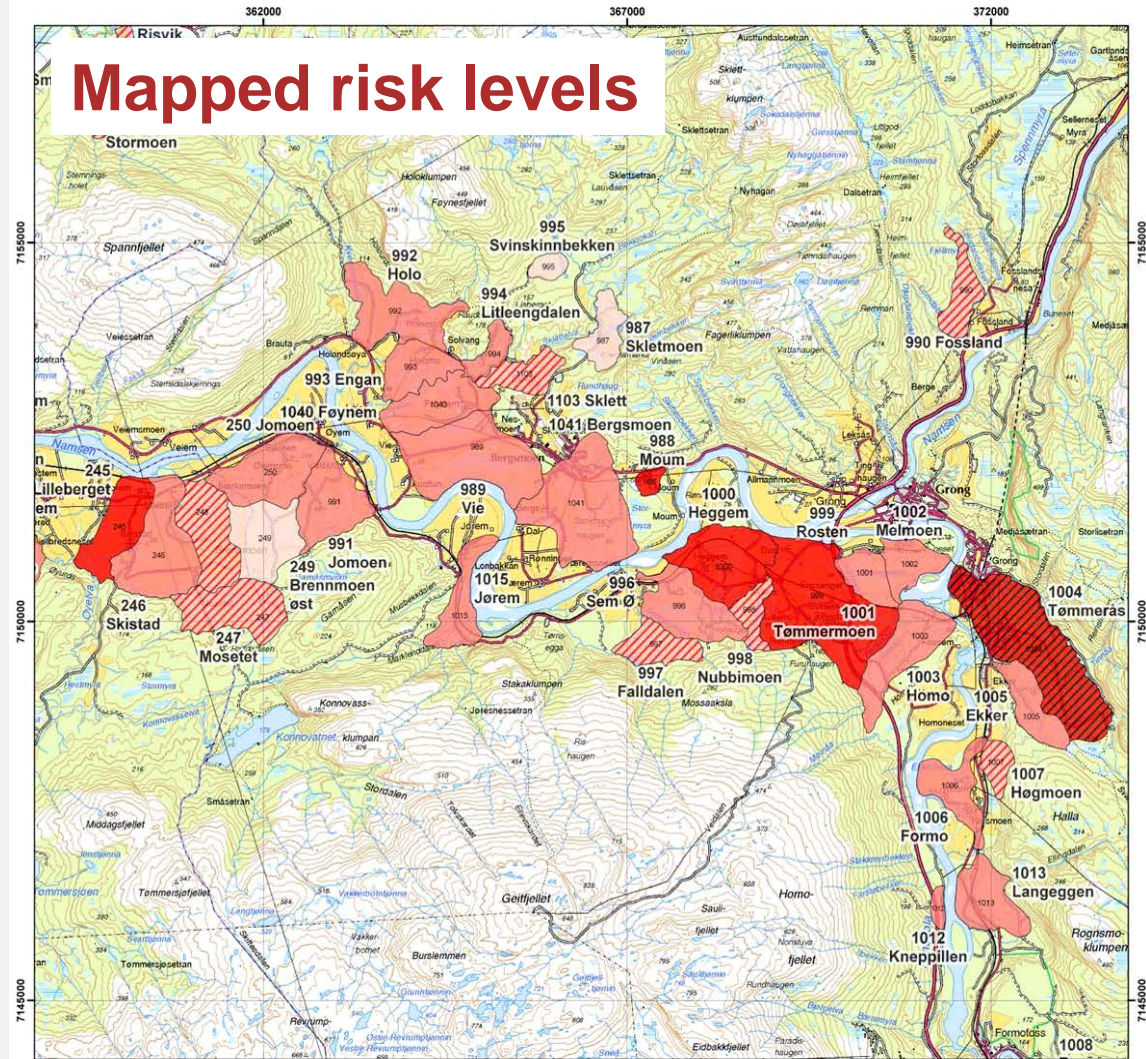
Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

* * *		* * *	
* * *		* * *	

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

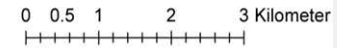
RISIKO FOR KVIKKLERESKRED	Oppgjør: 2009/1008-27	Kartnummer: 03
Faregradkart, Grong	Oppr: TRV	Dato: 2006-03-14
Målestokk: 1 : 50 000	Skala: OAH	
Målestokk overkastet: 1 : 500 000	Oppgjør: OG	
Datum: EUREF55, Kartprosjekt UTM, Sone: 33		

Mapped risk levels



Tegnforklaring

- Risikoklasse**
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5

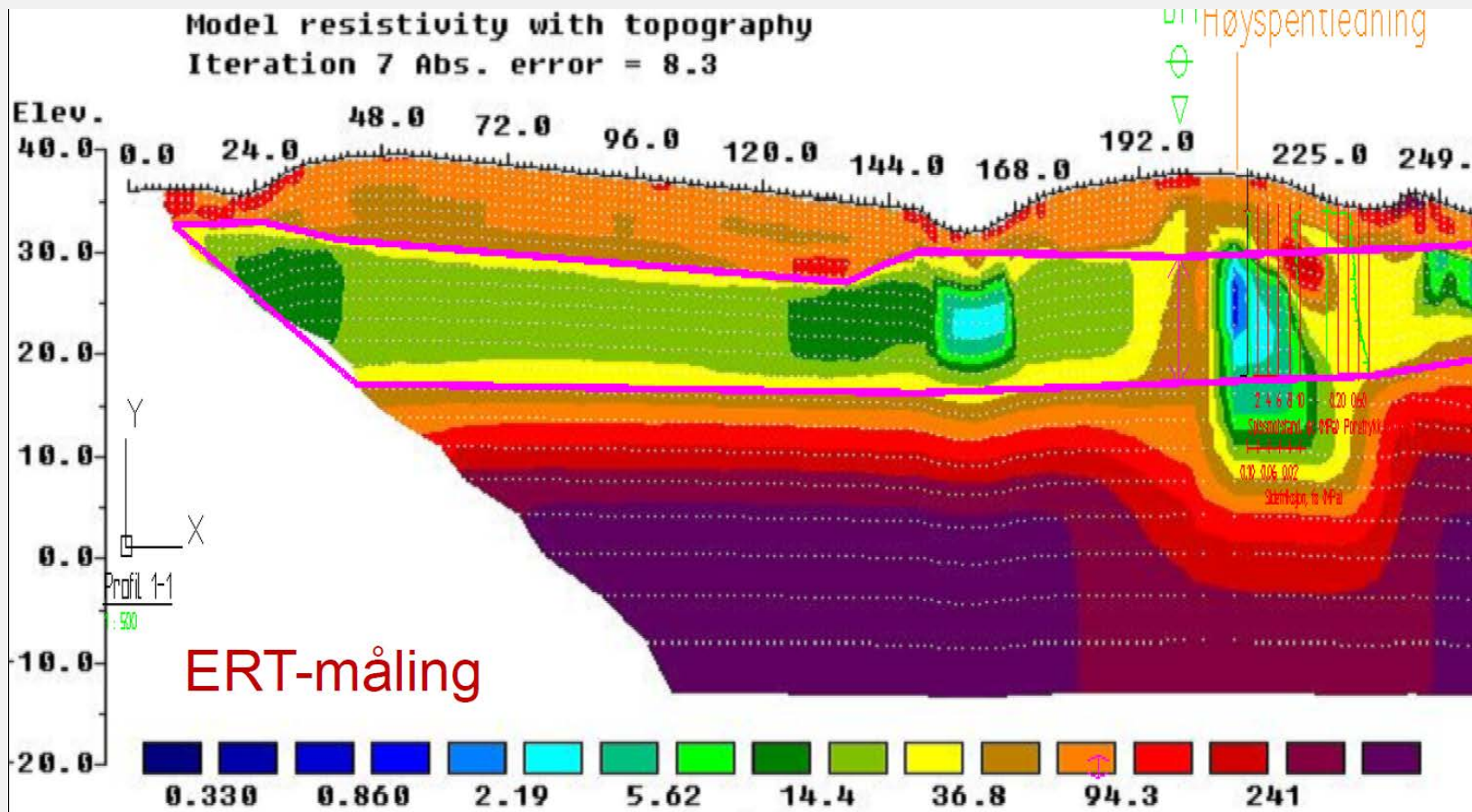


GEOVERST Kartgrunnlag: NS-raster OGEOVERST

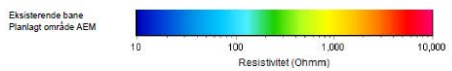
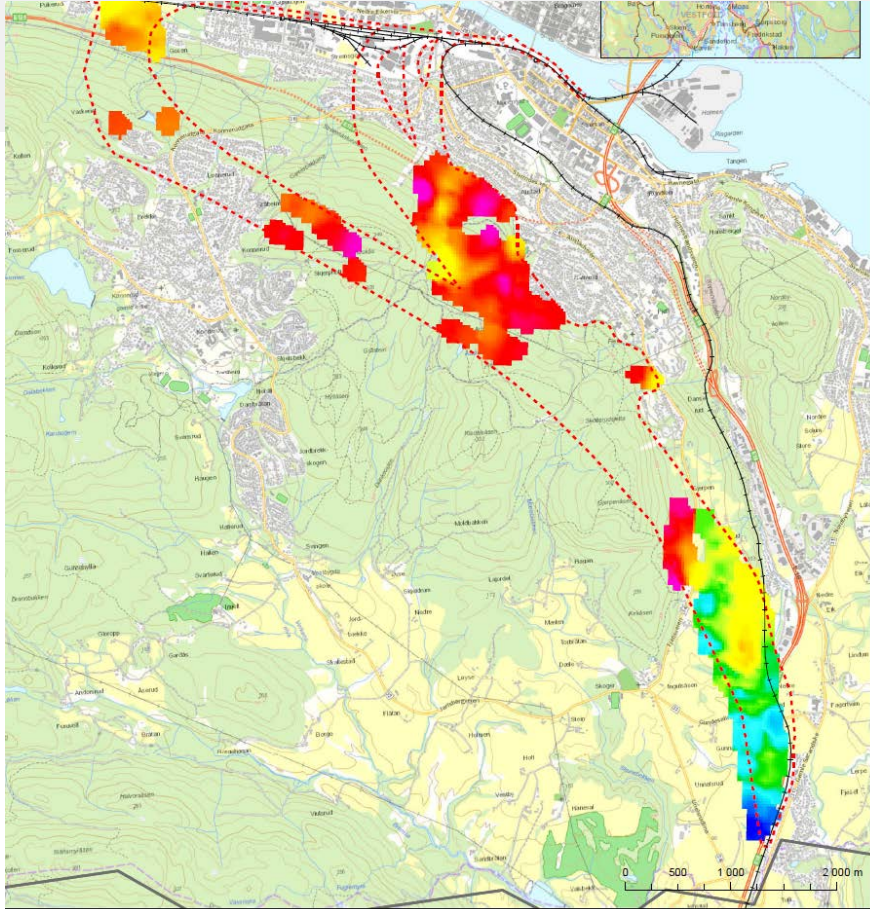
+					
-					
0					
10					

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT	
RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED	Publisert: 20001008-27 Oppdatert: 09
Risikokart, Grong Målestokk hovedkart 1 : 50 000 Målestokk overkart 1 : 500 000	Opprettet: 2004-03-14
Forfatter: OAH	Utvalgt av: NGI
Godkjent av: OG	
Datum: EUREF89 Kartprosjekt: UTM, Zone 33	

ERT to map quick clay



Air-borne ERT



Målestokk (A3): 1:30 000 EUREF89 NTM10

AEM InterCity-prosjektet		
Resistiviteitskart, gjennomsnitt i dybdeintervallet 15-30 m	Prosjektnr. 20150441-04-R	Figur/Rev/Nr. E2 /rev1
Vestfoldbanen Drammen-Kobbervikdalen	Utført HCS	Dato 05.10.2015
	Kontrollert HAN	Godkjent AAP



Figur 3, Takeoff med SkyTEM-ustyret og helikopter fra AirLift (Campus Vestfol)

Forvaltning

- Plan og bygningsloven
 - Relatert til nye konstruksjoner
- TEK10
- SAK10
- NVE kvikkleireveileder 7/2014 (områdeskred)
- Lokalstabilitet: krav til absolutt materialfaktor i samsvar med gjeldende norsk standard. (Eurokode 7)
- Enkelte byggherrer har strengere krav (Bane Nor, SVV).

NVE kvikkleireveileder

7/2014

Tabell 5.2 Tiltakskategorier der det er nødvendig å identifisere, avgrense og faregradsevaluere hele faresonen.

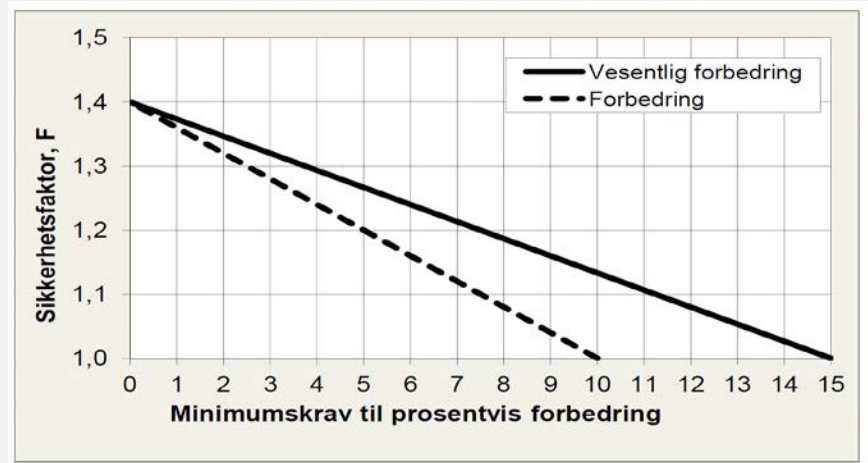
Tiltakskategori. Type tiltak som inngår i tiltakskategorien	Hvordan oppnå tilfredsstillende sikkerhet for ulik faregrad		
	Faregrad før utbygging: Lav	Faregrad før utbygging: Middels	Faregrad før utbygging: Høy
<p>K2: Tiltak som er nevnt under kategori K1 når tiltaket vil påvirke stabiliteten negativt dersom det ikke gjennomføres stabiliserende tiltak utenom selve tiltaket.</p> <p>Dersom tiltaket medfører tilflytting av personer skal tiltaket plasseres i tiltakskategori K3 eller K4.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring **</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring hvis $F > 1,2$, eller</p> <p>c) Forbedring hvis $F \leq 1,2$, se figur 5.1</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K3: Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi (utover tiltak i K0-K2). Ved planlagt større tilflytting/ personopphold gjelder K4.</p> <p>Eksempler er bolighus og fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, mindre utendørs publikumsanlegg, mindre næringsbygg, større VA-anlegg.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring**</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring hvis $F \geq 1,2$, eller</p> <p>c) Forbedring hvis $F < 1,2$, se figur 5.1</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K4: Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold enn tiltak i K3 samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.</p> <p>Eksempler er mer enn to eneboliger /fritidsboliger, rekkehus/boligblokk, bolig- og hyttefelt, skole og barnehage, sykehjem, større næringsbygg, kontorbygg, idretts- og industrianlegg, større utendørs publikumsanlegg, lokale beredskapsinstitusjoner.</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Vesentlig forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>

* Se kapittel 5.3.

** Det er ikke nødvendig med fullstendig utredning av sonen. Selve tiltaket kan utføres med et tilhørende stabiliserende tiltak for å oppnå "ikke forverring" av områdestabiliteten.

Stabilitetsutredning

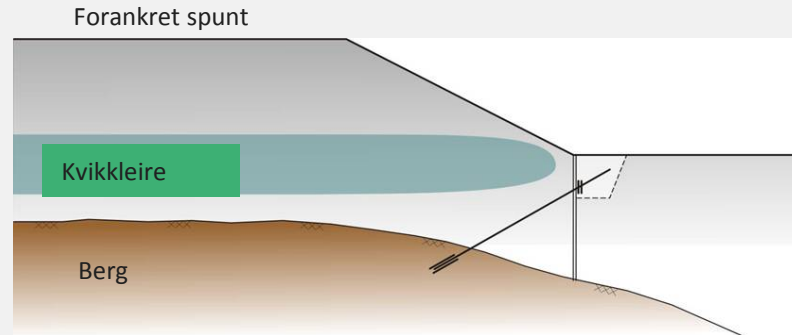
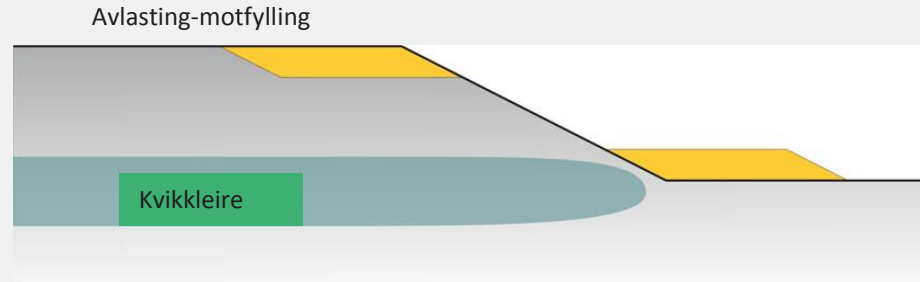
- En del soner er utredet med tanke på områdestabilitet, ikke minst i forbindelse med regulering og nybygging.
- Stabilitetsberegninger basert på detaljerte grunnundersøkelser og laboratorieundersøkelser.
- Krav til beregnet sikkerhetsfaktor gitt i NVEs kvikkleireveileder, basert på tiltakskategori og faregrad, normalt etter prinsippet om at stabiliteten skal forbedres etter gjennomført tiltak.



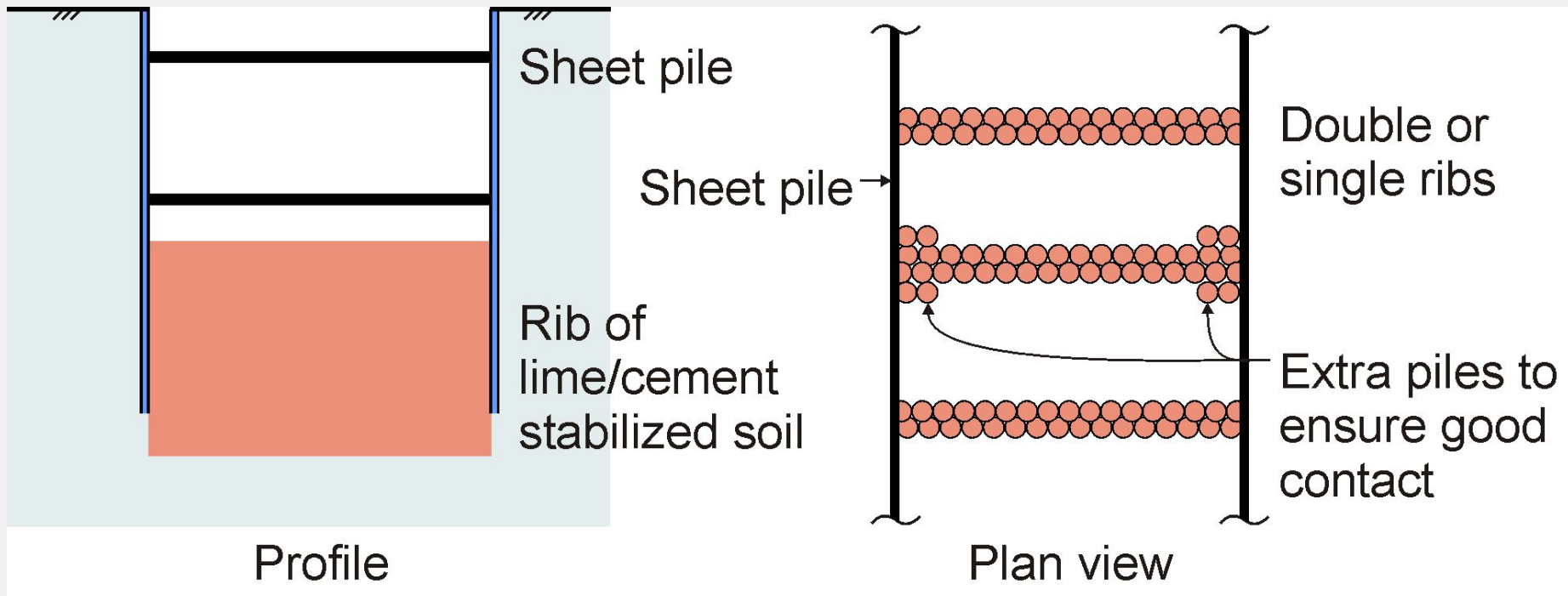
Tiltak

- ↗ Erosjonssikring
- ↗ Geometriske tiltak (motfylling/avlastning)
- ↗ Forankring
- ↗ Grunnforsterkning

Tiltak kvikkleire; geometriske tiltak og forankring

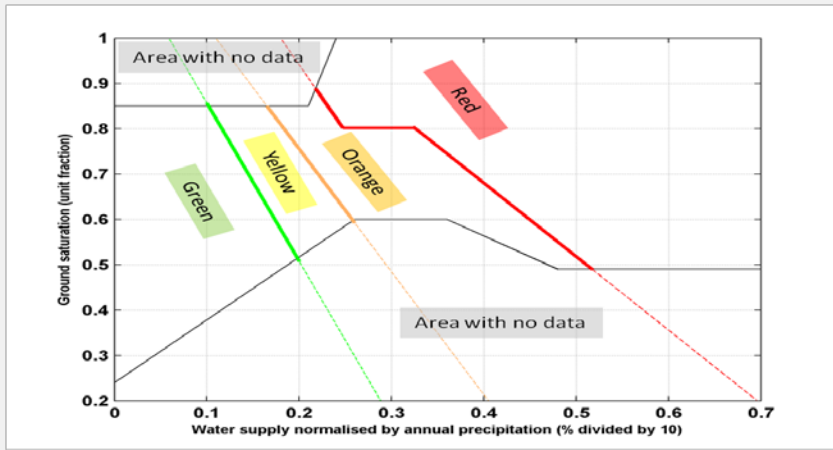


Grunnforsterking med bruk av kalk-sementpeler



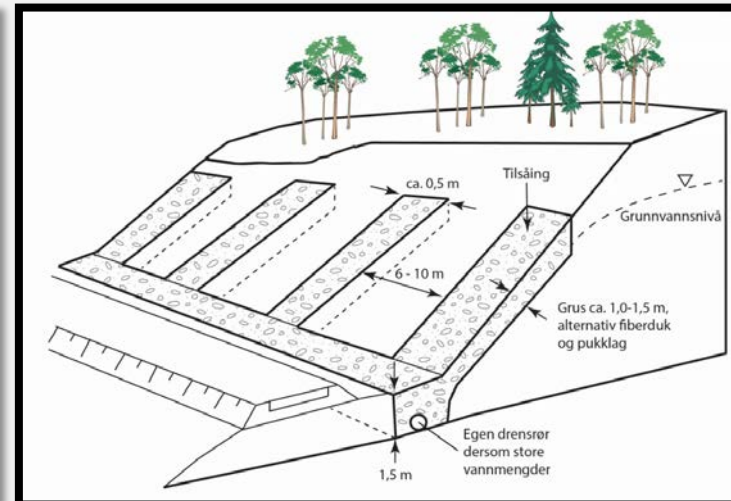
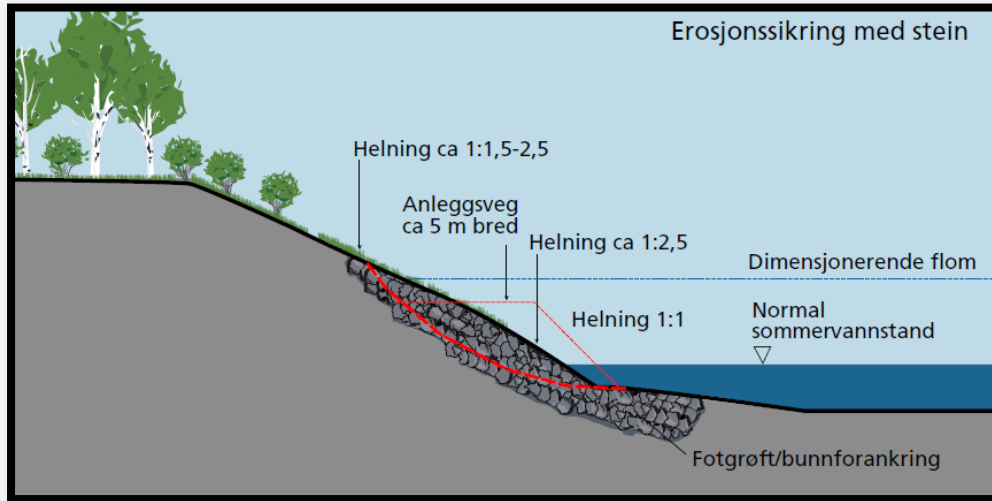
Tilpasning; Jord- og flomskred

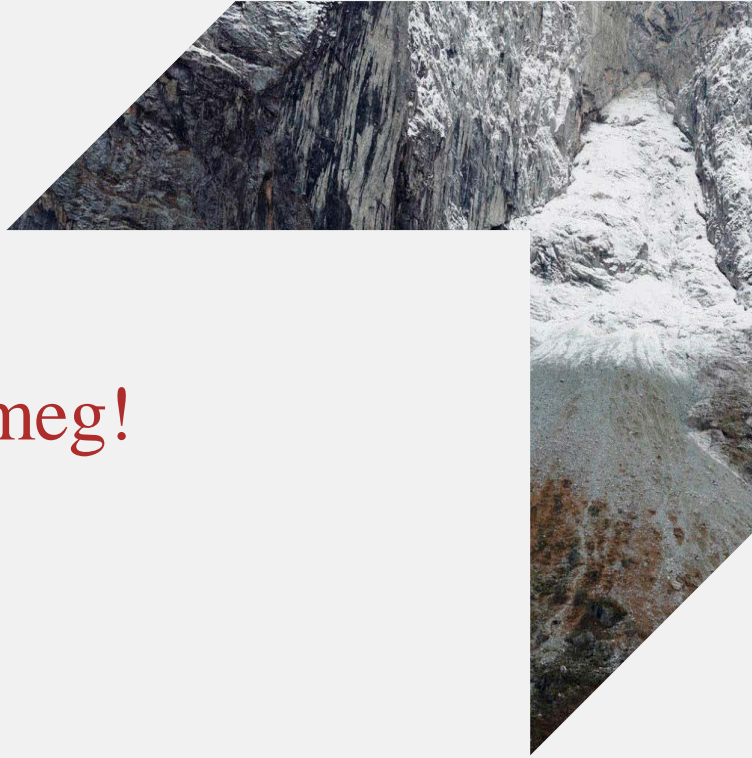
- Kartlegging og god arealplanlegging!! - Følge kravene i Plan og Bygningslovens TEK 10.
- Påpasselighet i skogsdrift og landbruk
- Fysiske sikringstiltak
- Grønne, naturbaserte løsninger
- Overvåking og varsling



Tilpasning; Kvikkleireskred

- God arealplanlegging og følge TEK 10.
- Kartlegging og kjennskap til byggegrunn.
- NB! Følge NVEs veiledere!
- Årvåkenhet, særlig i perioder med mye nedbør; private, lokale og regionale myndigheter.
- Fysiske sikringstiltak (Erosjonssikring, drenering, kalk-sement peler, etc.)





Takk for meg!

bgk@ngi.no

www.ngi.no