

NGU Rapport 2004.023

Skredfarekartlegging i Vestfjorddalen

Rapport nr.: 2004.023		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel: Skredfarekartlegging i Vestfjorddalen					
Forfatter: Sletten, K. ¹ , Blikra, L.H. ¹ , Dahlgren, S. ² , Sandersen, F. ³ ¹ Norges geologiskeundersøkelse; ² Regiongeologen, Regionsamarbeidet Buskerud Telemark Vestfold; ³ Norges Geotekniske Institutt			Oppdragsgiver: Tinn Kommune, Regionsamarbeidet Buskerud Telemark Vestfold; NGU, NGI		
Fylke: Telemark			Kommune: Tinn		
Kartblad (M=1:250.000)			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Vestfjorddalen		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 68 Pris: 420,- Kartbilag: 10		
Feltarbeid utført: 2000, 2001		Rapportdato: 16.04 2004		Prosjektnr.: 268902	
				Ansvarlig: <i>Jan Steinar Rønning</i> Jan Steinar Rønning	
Sammendrag: Skredfarekartleggingen gir et viktig grunnlag for å gjøre Vestfjorddalen og Rjukan by til et tryggere sted å bo. Dette prosjektet er utført som et samarbeid mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU), Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Regionsamarbeidet Buskerud Telemark Vestfold, v /Regiongeologen. I Vestfjorddalen finner en alle typer skred, noe som gjør området velegnet for å vurdere arbeidsmetodikk som innbefatter samarbeid mellom flere institusjoner med komplementær kompetanse. Prosjektet må kunne sies å være et pionerarbeid i Norge, og vil danne et viktig grunnlag for lignende kartlegging andre steder i landet. Vestfjorddalen i Tinn har i historisk tid vært utsatt for både jord-, snø-, stein- og fjellskred, og det er tidligere utført skredfarevurderinger i avgrensede områder. Det er imidlertid et stort behov for en fullstendig kartlegging av faren for ulike typer skred i området. Det er satt spesiell fokus på undersøkelser av faren for jordskred ettersom flere historiske hendelser vitner om stor skade og tap av menneskeliv knyttet til dette faremomentet. Det er i dette prosjektet utført detaljert skredgeologisk kartlegging i Vestfjorddalen ved Rjukan for å dokumentere de ulike skredtypene som kan opptre, og for å verifisere kildeområder, skredbaner og mulige utløpsområder for ulike typer skred. Basert på disse undersøkelsene og modeller for beregning av utløpslengder for snøskred, er det laget faresonekart for ulike skredtyper. Kartleggingen og skredfarekartene som er laget viser at relativt mye bebyggelse ligger innenfor skredfaresonene. Dette er områder som ikke tilfredstiller Plan- og bygningslovens krav til sikkerhet for ny bebyggelse. Det er jordskred som kvantitativt utgjør den største faren i Vestfjorddalen. Snøskredfaren er begrenset til den sørlige dalsiden, spesielt fra den nordvendte fjellsida oppunder Gaustatoppen. Steinsprangfaren går noen steder så langt ut at den ligger innenfor bebyggelse. Et usikkerhetsmoment er faren for store fjellskred med lang rekkevidde. Dette er ikke tatt med i betraktning ved utarbeidelsen av faresonene, men bør følges opp i enkelte områder. Dette gjelder særlig området ved Svaddenipun hvor det er registrert store sprekker som kan avløse store skred med lang rekkevidde. Faresonekartet vil være et viktig hjelpemiddel for Tinn kommune i arealplanleggingen og i forbindelse med beredskapsplaner, samt ved vurdering av sikringstiltak. Det blir anbefalt at kommunen så raskt som mulig setter i gang en prosess for håndtering av beredskap i forbindelse med jordskredfaren ved store nedbørsmengder.					
Emneord: Skredfare		Steinsprang		Arealplanlegging	
Jordskred		Skred		Beredskap	
Snøskred		Løsmassekartlegging		Skredsikring	
Fjellskred		Klima		Overvåking	

INNHold

1.	INNLEDNING	5
2.	SIKKERHETSKRAV FOR BYGGEGRUNN	5
3.	SKREDTYPER.....	6
3.1	Snøskred.....	6
3.2	Løsmasseskred (jordskred/flømskred).....	7
3.3	Steinsprang og fjellskred	7
4.	METODER	8
4.1	Løsmassekartlegging og gravinger	8
4.2	Undersøkelser av områder utsatt for steinsprang og fjellskred	10
4.3	Analyse av skråningsvinkler	11
4.4	Vurdering av rekkevidde for snøskred	11
4.5	Vurdering av rekkevidde for steinsprang.....	11
4.6	Rekkevidden av fjellskred	12
4.7	Historiske kilder	13
5.	HISTORISKE SKREDHENDELSER I VESTFJORDDALEN	13
5.1	Rapportering av jordskred.....	14
5.2	Rapportering av steinsprang.....	14
5.3	Rapportering av Fjellskred	14
5.4	Rapportering av snøskred	14
5.5	Utløpslengde.....	15
6.	SKREDFARE	16
6.1	Snøskred.....	16
6.2	Løsmasseskred (jordskred og flømskred)	17
6.2.1	Jordskredaktivitet i Vestfjorddalen	17
6.2.2	Jordskredfrekvenser	18
6.3	Steinsprang og fjellskred	19
6.3.1	Bergrunn og topografi	19
6.3.2	Bruddsoner	20
6.3.3	Gamle fjellskred i Vestfjorddalen	20
6.3.4	Undersøkte kildeområder for steinsprang og fjellskred	25
6.3.5	Ustabil fjellparti ved Svaddenipun.....	27
7.	SKREDFARESONER	31
7.1	Faresone snøskred	32
7.2	Faresone jordskred	32
7.3	Faresone steinsprang.....	32
8.	KLIMA OG SKREDFARE	33
8.1	Sammenheng mellom nedbør og skred på Rjukan i perioden 1900-2003.....	33
8.2	Klimaendringer og endringer i skredfare.....	34
9.	MENNESKELIGE INNGREP OG SKREDFARE.....	34
9.1	Hogst.....	34
9.2	Veianlegg	35
9.3	Utgravinger og plassering av bebyggelse	35
9.4	Hvorfor ble det så ille på Rjukan i 1927?.....	35

10.	KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER FOR OPPFØLGING.....	37
10.1	Arealplanlegging.....	37
10.1.1	Faresonekart utenfor Rjukan by	37
10.1.2	Kildeområder for fjellskred.....	38
10.2	Sikringstiltak.....	38
10.2.1	Sikring og forebyggende tiltak mot jordskred.....	38
10.2.2	Sikring mot snøskred.....	39
10.2.3	Sikring mot steinsprang og fjellskred.....	39
10.3	Beredskap.....	39
10.3.1	Jordskred	39
10.3.2	Snøskred	40
10.3.3	Fjellskred.....	40
11.	REFERANSER.....	41

KARTVEDLEGG:

Kartvedlegg 1. Løsmassekart Vestfjorddalen, øvre del
Kartvedlegg 2. Løsmassekart Vestfjorddalen, midtre del
Kartvedlegg 3. Løsmassekart Vestfjorddalen, nedre del
Kartvedlegg 4. Faresonekart Vestfjorddalen – Alle skredtyper
Kartvedlegg 5. Faresonekart Vestfjorddalen – Snøskred
Kartvedlegg 6. Faresonekart Vestfjorddalen – Jordskred
Kartvedlegg 7. Faresonekart Vestfjorddalen – Steinsprang
Kartvedlegg 8. Historiske skred i Vestfjorddalen
Kartvedlegg 9. Viktige bruddsoner i Vestfjorddalen
Kartvedlegg 10. Helningsvinkler og oversikt over undersøkte områder for steinsprang og fjellskred

VEDLEGG:

VEDLEGG 1. NGI rapporter om skredfare i Vestfjorddalen (A og B)
VEDLEGG 2. Registrerte historiske skred på Rjukan og i Vestfjorddalen (Tabell X1)
VEDLEGG 3. Logg fra gravegrop på Gaustad
VEDLEGG 4. Logg fra gravegrop på Moe
VEDLEGG 5. Logg fra gravegrop på Moe vestre
VEDLEGG 6. Nedbør mai-november på Rjukan og historiske jordskred, steinsprang og fjellskredhendelser i perioden 1900-2003. (Tabell X2)
VEDLEGG 7. Plott av nedbørsdata fordelt på årsnedbør og maksimum måneds nedbør.
VEDLEGG 8. Kommentarer til nedbørdata
VEDLEGG 9. Oversikt over kildeområder for steinsprang, steinskred og fjellskred
VEDLEGG 10. Resultater fra målinger på Svaddenipun

1. INNLEDNING

Skredfarekartleggingen i Vestfjorddalen har som målsetning å gjøre Vestfjorddalen og Rjukan by til et tryggere sted å bo. Prosjektet ble etablert etter initiativ fra Regiongeologen for Buskerud, Telemark og Vestfold. Prosjektet er gjennomført som et samarbeid mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU), Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Regiongeologen for Buskerud, Telemark og Vestfold. Prosjektansvarlig har vært NGU. Prosjektet er finansiert gjennom bevilgning fra Tinn kommune, samt gjennom bevilgninger fra NGU, NGI og Regionsamarbeidet Buskerud Telemark Vestfold. Utgifter til fotografering av fjellsidene i Vestfjorddalen fra helikopter ble dekket av Tinn kommune, Telemark fylkeskommune og Norges Energi og Vassdragsdirektorat (NVE), Region Sør.

Feltundersøkelsene er foretatt av Kari Sletten, Lars Harald Blikra, Sven Dahlgren, Frode Sandersen, Kjell S. Nilsen og Terje Bargel. Totalt er det brukt ca 65 dager i felt. Åse Rønningen (NGU) har produsert alle digitale kart. Irene Lundquist (NGU) har laget figurer.

Vi takker spesielt Per Pynten, Rjukan, som har gjennomgått alle årganger av Rjukan Arbeiderblad og Rjukan Dagblad for å finne omtaler av skredhendelser. Vi takker også Rjukan bibliotek og Norsk Hydro for velvillighet med å finne fram gamle fotografier fra Rjukan. Prosjektet er utført i løpende kontakt med plansjef Tore Lien, Tinn kommune.

Vestfjorddalen i Tinn har i historisk tid vært utsatt for både jord-, snø-, stein- og fjellskred, og NGI har tidligere utført skredfarevurderinger i avgrensede områder (Vedlegg 1). Tidligere rapporter og befaringer i forkant av prosjektet viste at det var et stort behov for en fullstendig kartlegging av faren for ulike typer skred i området. Det er satt spesiell fokus på undersøkelser av faren for jordskred ettersom flere historiske hendelser vitner om stor skade og tap av menneskeliv knyttet til dette faremomentet. Faren for jordskred er i mindre grad vurdert i tidligere rapporter.

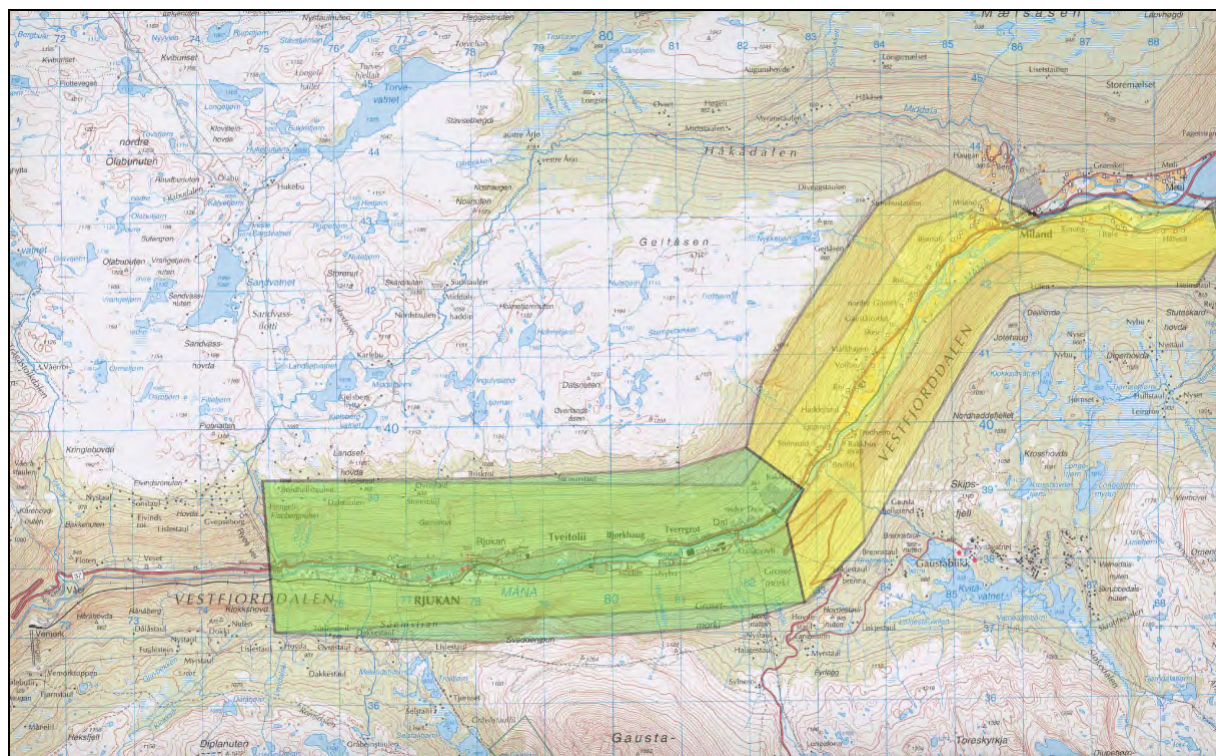
Det er i dette prosjektet utført detaljert skredgeologisk kartlegging i Vestfjorddalen for å dokumentere de ulike skredtypene som kan opptre, og for å verifisere kildeområder, skredbaner og mulige utløpsområder for ulike typer skred. Basert på disse undersøkelsene, samt numeriske og statistiske modeller for beregning av utløpslengder for snøskred, er det laget faresonekart for de ulike skredtypene. Faresonekartene vil være et viktig hjelpemiddel for Tinn kommune i arealplanleggingen og i forbindelse med beredskapsplaner, samt ved vurdering av sikringstiltak.

Begge dalsidene i Vestfjorddalen er vurdert i dette prosjektet (Fig. 1), og geologisk kartlagt med vekt på dokumentasjon av kildeområder og skredavsetninger. Detaljert kartlegging og farevurdering er prioritert i områder med tett bebyggelse i utløpssonen for skred, eller der andre forhold skulle tilsi høyt farenivå.

2. SIKKERHETSKRAV FOR BYGGEGRUNN

Vestfjorddalen ble i stor grad utbygd på begynnelsen av 1900 tallet, før en hadde sikkerhetskrav i forhold til skredfare. Plan- og bygningsloven, som kom i 1965, ga et generelt krav om skredsikker byggegrunn. I 1985 kom det graderte grenseverdier for ny byggegrunn, med maksimalt farenivå (nominell sannsynlighet for skred) på $3 \cdot 10^{-3}$ pr. år for vanlige bolighus. Det vil si inntil ett skred pr. 333 år i gjennomsnitt.

I 1987 ble minstekravet for vanlige bolighus (sikkerhetsklasse 2) skjerpet til et farenivå på 10^{-3} pr. år (inntil ett skred pr. 1000 år i gjennomsnitt). Denne grensa gjelder også i dag (Tekniske forskrifter til Plan- og bygningsloven, 1997 - med tilhørende veiledning fra april 1999). For enkle bygg (sikkerhetsklasse 1) er 10^{-2} pr. år det største tillatte farenivået (skredintervall 100 år). For større bygg (sikkerhetsklasse 3) skal farenivået være under 10^{-3} pr. år (sjeldnere enn 1 skred pr. 1000 år), alt etter konsekvensen av skader på bygget (personbruk og økonomisk verdi).



Figur 1. Oversiktskart fra Vestfjorddalen. Det er gjort detaljert kartlegging og utarbeidet faresonekart i det grønne området til venstre. I områdene videre østover ned til Tinnsjøen er det kun gjort sporadiske undersøkelser og kartlegging (gule farge)

3. SKREDTYPER

Fire ulike skredtyper er vurdert i denne rapporten. Disse har vi klassifisert som; 1) snøskred, 2) løsmasseskred (jordskred/flomskred), 3) steinsprang og 4) fjellskred. Dalsidene i Vestfjorddalen er utsatt for alle disse skredprosessene, men hyppigheten av, og størrelsen på de ulike typene skred kan variere mye fra område til område. På vedlagte kart har vi brukt ulike symboler for disse fire hovedtypene av skred (Kartvedlegg 1, 2 og 3).

3.1 Snøskred

Snøskred kan deles inn etter vanninnhold: Tørrsnøskred, våtsnøskred og sørpeskred. Alle typer snøskred kan transportere med seg løsmasser som stein, grus, trestokker osv, men materialinnholdet kan variere svært mye. Snøskred utløses normalt i dalsider med gradienter mellom 30° og 60° der skogen ikke står for tett, og ofte etter store snøfall, gjerne i kombinasjon med sterk vind. Snøskred utløses også i mildværsperioder om vinteren, og i perioder med hurtig snøsmelting om våren som følge av rask temperaturstigning og/eller

kraftig regn. Forsenkninger i fjellsidens leside vil utgjøre den største faren for oppsamling av snø og utløsning av snøskred.

På nordsiden av Vestfjorddalen vil snøskred være forholdsvis sjeldne grunnet beliggenheten i forhold til de framherskende vindretningene, samt den generelt slakere fjellsiden. Snøskred er derfor mye mer vanlige på sørsiden av dalen, spesielt nedenfor Gaustatoppen hvor det også har gått en rekke historisk kjente snøskred. Det er bygget snøskredvoll ved byggefeltet på Svadde for å sikre bolighus.

Sørpeskred som består av vannmettet snø går gjerne i forbindelse med kraftig snøsmelting og følger vanligvis dreneringsveier i fjellsida. Sørpeskred kan gå vinterstid etter større snøfall når det slår om til mildvær og regn. Skred kan også løsne på vårparten i grovkornet snø med liten fasthet ved plutselig varmluftsinnslag eller kraftig solinnstråling. Sørpeskred er mest vanlig i kystnære og nedbørsrike områder, og vi regner derfor ikke med at sørpeskred vil være et stort problem for bebygde områder i Rjukan.

3.2 Løsmasseskred (jordskred/flomskred)

Løsmasseskred omfatter skred i de avsetningene som ligger over den faste berggrunnen.

Jordskred er masser av stein, grus, sand og jord med varierende innhold av vann som er i bevegelse. Vannrike jordskred langs mindre og større bekker blir gjerne kalt flomskred.

Jordskred utløses normalt i skråninger med gradient over 30°, og som regel i forbindelse med store nedbørsmengder, eller når regn kombineres med rask snøsmelting. I områder uten skog eller på dyrka mark kan det utløses jordskred i skråninger som er ned mot 25°.

Jordskred i bratt terreng følger ofte en definert kanal (skredbane) nedover dalsiden, mens materialet avsettes i mer eller mindre definerte vifter av ulik størrelse ned mot dalbunnen. Gjentatte jordskred kan bygge opp store jordskredvifter.

I Vestfjorddalen vil løsmasseskred hovedsakelig omfatte jordskred i morenemateriale i de bratte fjellsidene. Løsmassene som ligger i fjellsidene i Vestfjorddalen er for en stor del gjennomskåret av opp til 20 m dype skredbaner som stedvis skjærer seg helt ned til berggrunnen. En del av kanalene starter langt oppe på fjellet, og flere steder er skredviftene i enden av kanalene nede i dalen bebygd.

3.3 Steinsprang og fjellskred

Skred i fast fjell deles i steinsprang (steinblokker som løsner i en bratt fjellside), og fjellskred (store bergstykker som går ut). Et fjellskred vil normalt gå mye lenger ut i dalbunnen enn enkeltblokker fra steinsprang. Begge dalsidene i Vestfjorddalen har kildeområder for steinsprang og fjellskred. Det er registrert historiske fjellskred i dalen, og flere områder er forbygd for å hindre steinsprang ned mot bebyggelse.

Følgende inndeling er brukt for klassifisering av steinsprang og fjellskred (følger NGI's inndeling):

Steinsprang: Opptil 1.000 m³

Mindre fjellskred: 1.000 – 100.000 m³

Fjellskred: Større enn 100.000 m³

Volumet ovenfor refererer til volum utrast materiale. Volumet i fast fjell før utrasing er mindre enn etter ras. Begrepet pakket volum baserer seg på at ved sprengning av fjelltuneller øker massen med 1,4 når sprengsteinen legges i tipp. "Tilbakepakket" volum for rasmateriale i ur blir volumet av ura multiplisert med 0,7143.

4. METODER

4.1 Løsmassekartlegging og gravinger

Løsmassekartleggingen (kvartærgeologisk kartlegging/kartlegging av jordartsgrenser) er utført i samsvar med NGUs standard for løsmassekartlegging/kvartærgeologisk kartlegging (Bergstrøm *et al.* 2001), men med spesiell fokus på dokumentasjon av skredavsetninger og skredbaner (se Blikra & Sæmundson, 1998). En slik detaljert kartlegging og dokumentasjon av ulike typer skredavsetninger gir grunnlag for evaluering av skredfaren og rekkevidden av skred. I kartleggingen er det brukt flyfoto og økonomisk kartverk. Befaringer er foretatt i de fleste områder, mens detaljerte feltobservasjoner er gjort i utvalgte områder (uthevet i kartvedlegg 1).

Videre er det utført gravearbeider (groper) i dalbunnen for å kunne si noe mer om skredtyper og skredfrekvens. I slike gravegroper eksponeres lag på lag med avsetninger nedover i bakken, og i skredområder vil en vanlig lagfølge være en veksling mellom skredavsetninger og begravde jordsmonn/torvlag som vist på figur 2. Gjennom flere forskningsprosjekter ved NGU er det utarbeidet kriterier som brukes ved tolkning av skredavsetninger i slike gravegroper (se for eksempel Blikra 1994; Blikra & Aa 1996; Blikra og Nemec, 1998; Blikra og Sæmundsson, 1998; Sletten, 2002). På denne måten er det mulig å vurdere hvilken skredtype som har avsatt skredmassene, og dermed få en forståelse for hvilke skredprosesser som dominerer i skråningen over gravegropa.

Det organiske jordsmonnet/torva mellom skredlagene kan dateres med ^{14}C -metoden. Ved å datere den øverste cm av jordlaget/torva får vi datert når dette jordlaget ble begravd av et skred, og dermed får vi en alder på selve skredhendelsen.

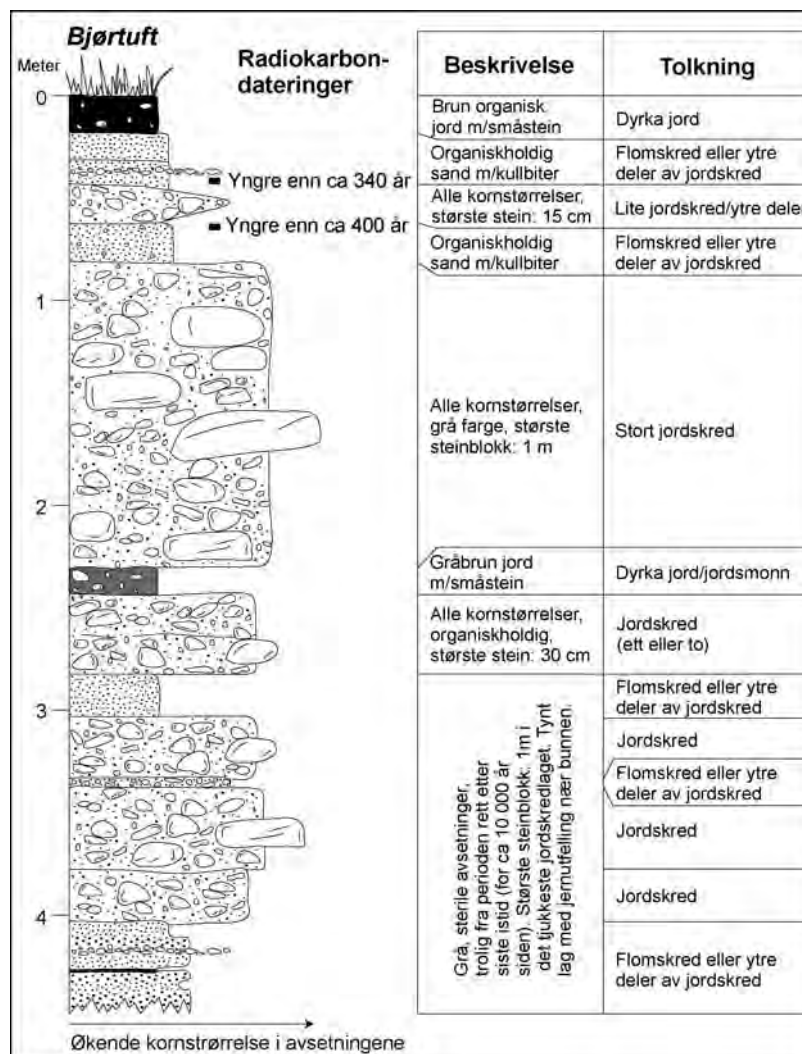
Informasjon fra gravegroper har ofte vist seg å gi svært viktige data for vurdering av rekkevidder og frekvenser av skred. Dette vil igjen være viktige for å anslå sannsynligheten for skred i en skredfarekartlegging. I sammenheng med skredfarekartleggingen i Vestfjorddalen ble det utført 4 gravinger for å anslå frekvensen av jordskred bakover i tid på følgende lokaliteter; Bjørtuft (en grop), Moe (to groper) og Gaustajordet (en grop). Gravegropene er merket av på kartvedlegg 1-3, og skisse av avsetningene som ble funnet i gropene er presentert i figur 3 og vedlegg 3, 4 og 5. Fire prøver av organisk materiale er datert ved Laboratoriet for radiologisk datering ved NTNU i Trondheim (Tabell 1). Det var vanskelig å finne egnete lokaliteter for graving i de tett bebygde områdene på Rjukan. De valgte områdene vil imidlertid gi et generelt bilde over hyppigheten av skred i dalsidene i Vestfjorddalen.

Tabell 1. Radiokarbon dateringer fra gravegroper på Bjørtuft og Gausta. Dateringene er gitt med ett standardavvik og kalibrert i henhold til Stuiver and Reimer (1993).

Grop	Dyp (cm)	Lab. ref.	Materiale	^{14}C alder før nåtid	Kalibrert alder før nåtid	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Bjørtuft	Ca 40	TUa-3062	Trekull, furu	175 ± 60	Yngre enn ca 340	- 26,1
Bjørtuft	Ca 65	TUa-	Trekull, bjørk, hassel	240 ± 95	Yngre enn ca 400	- 26,1
Gausta	Ca 80	TUa-3063	Trekull, bjørk	2240 ± 65	2195-2385	- 26,1
Moe	Ca 370	T-15293A	Sediment	1220 ± 95	1300-1055	- 27,7



Figur 2. (A) Graving på Gaustadjordet; **(B)** Gravegrop på Gaustadjordet; **(C)** Jordprofil fra gravegrop på Moe, med et brunt jordlag mellom to jordskredavsetninger. Foto: S.Dahlgren.



Figur 3. Skisse (logg) av avsetningene eksponert i gravegropa på Bjørtuft.

4.2 Undersøkelser av områder utsatt for steinsprang og fjellskred

Strukturene i berggrunnen i Vestfjorddalen og tilgrensende fjellområder er undersøkt på flyfoto og ved feltarbeid i perioden 2000, 2001, 2002 og 2003. Hovedstrukturer er vist på kartvedlegg 9.

Ved vurderinger av risiko for fjellskred må naturligvis bratte lier i dalføret undersøkes. Disse er ikke spesielt lett tilgjengelige og mange steder er kart til liten nytte. For å lette dette arbeidet ble dalsidene i Vestfjorddalen fotografert systematisk fra helikopter den 15. mai 2001 (nordsida) og i slutten av juni 2001 (sørsida) av S. Dahlgren.

I ett område, Svaddenipun, ble det opprettet provisoriske målestasjoner for å eventuelt registrere om det kunne være store bevegelser i dette fjellmassivet. Målinger er blitt utført i 2000, 2001 og 2003 på disse stasjonene. I Tveitolia har NGI utført målinger siden 1974.

Fjellsidene i Vestfjorddalen er undersøkt i så stor grad det har vært praktisk mulig innenfor rammene av prosjektet. Undersøkte områder er vist på kartvedlegg 10 og kommentert i vedlegg 9. Undersøkelsen kan inndeles som følger:

Nøye undersøkt: Relativt omfattende feltundersøkelser (flere befaringer, kartlegging, målinger av ulike slag)

Befart: Avstandsvurdering (se nedenfor) og enkel befaring i det aktuelle området (vurdering i hele eller deler av området)

Rekognosert: Avstandsvurdert (med kikkert nede i dalen, motsatt dalside, fra toppen, fra helikopter eller foto tatt fra helikopter)

Ikke undersøkt:

- Vanskelig tilgjengelig terreng og som er for skogbevokst for avstandsvurdering
- Stabilitet av tippmateriale fra industrianlegg (fra vanntuneller mm).
- Effekten av vanntrykk fra vann i tuneller som går gjennom større bruddsoner (for eksempel vanntunnelen til Mår kraftstasjon som går gjennom bruddsonen ved Holskuta).

Ikke undersøkte områder er ikke kommentert verken i vedlegg 9 eller vist i kartvedlegg 9 og 10. Det finnes imidlertid noen få spredte observasjoner fra "ikke undersøkte" områder.

4.3 Analyse av skråningsvinkler

Når skredfaren skal vurderes er det nødvendig å gjøre en analyse av skråningsvinkler i den aktuelle dalsiden. Dette kan gjøres ved hjelp av digitale kart og programvare ArcGis som gir et kart hvor gradienter innen gitte grenseverdier er markert. Gradientanalyser brukt under fastsettelse av faregrense for jordskred og steinsprang i Vestfjorddalen er presentert som et kart over skråningsvinkler (Kartvedlegg 10). Kartet viser 5 klasser for skråningsgradienter. Områder med helning mellom 0 og 28° regnes for stabile med tanke på utløsning av skred. Jordskred vil normalt utløses i områder med helning mellom 28 og 45°. Det er delt i to klasser: 28-35° og 35 - 45° for å få et inntrykke av hvor det er brattest. Utløsning av steinsprang / fjellskred vil skje i områder som er brattere enn 45°. På kartet er også de bratteste områdene delt i to klasser: 45 - 60° og 60 - 90°.

4.4 Vurdering av rekkevidde for snøskred

Rekkevidden av snøskred blir vurdert ved bruk av dynamiske og statistiske modeller og kjennskap til tidligere skred. Også de lokale topografiske og klimatiske forhold på stedet har stor betydning. Geomorfologiske spor etter skred og eventuelle skader i vegetasjonen vil også gi nyttig informasjon.

I de dynamiske modellene kan friksjonsforholdene både i snømassene og mot underlaget varierer. I tillegg inngår flyte høyden på skredmassene. Den statistiske modellen baserer seg på kjent rekkevidde av 206 skredbaner i Norge. Rekkevidden blir korrelert mot ulike terrengfaktorer som erfaringsmessig har betydning for utløpslengden.

Modellene er beheftet med usikkerhet, og det må i tillegg brukes skjønnsmessige vurderinger som baserer seg på topografiske og klimatiske forhold på stedet og kjennskapet til tidligere skred. Usikkerheten er størst i fjellsider der det er få opplysninger om tidligere skred og der hyppigheten av skred er lav.

4.5 Vurdering av rekkevidde for steinsprang

Rekkevidden av steinsprang baseres i første rekke på en detaljkartlegging av observerte skredblokker sammen med en vurdering av stabiliteten av avløste partier i de bratte fjellhamrene.

I tillegg finnes det flere beregningsmetoder for å vurdere rekkevidden av skredblokker. De kan deles inn i tre hovedgrupper:

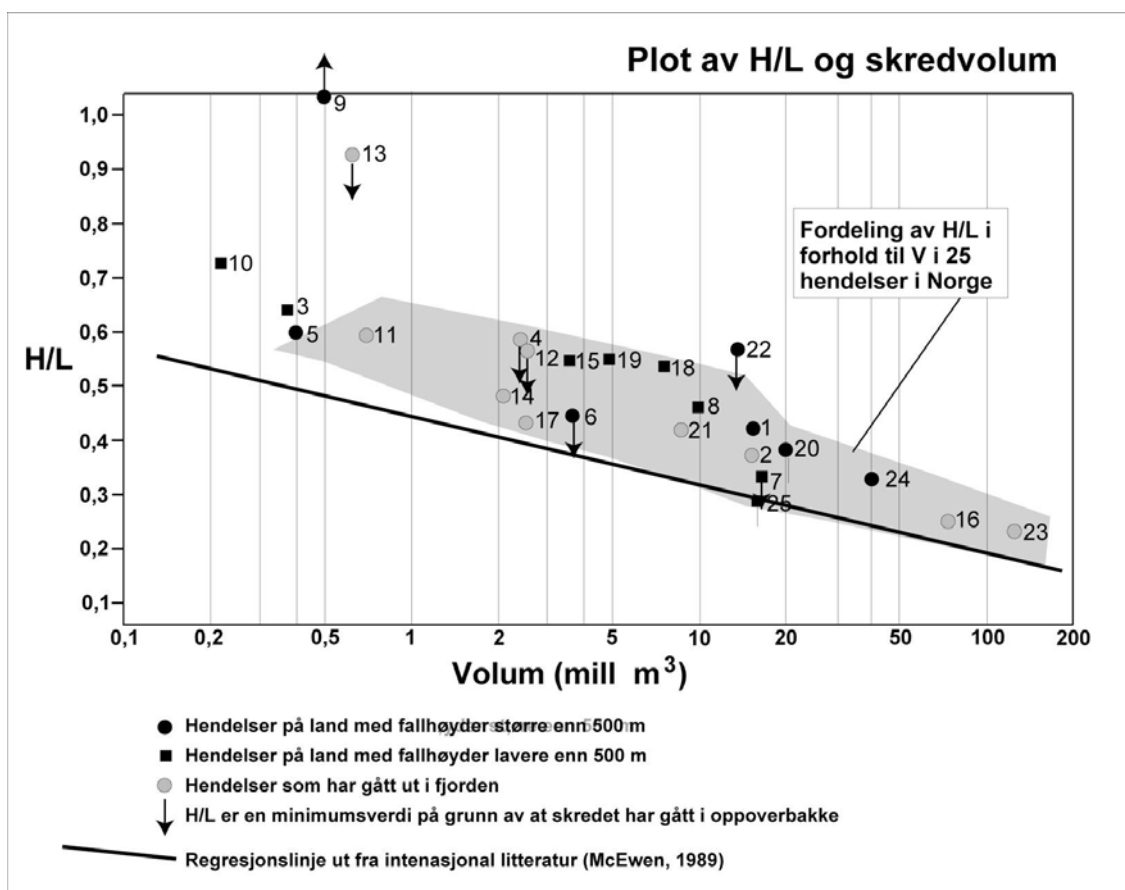
- Rekkevidde av store fjellskred større enn 10 000 m³ basert på volumet av utfallet

- Rekkevidde av enkeltblokker basert på en fysisk modell som simulerer sprangforløpet
- Rekkevidde av enkeltblokker basert på topografiske faktorer

Den første modellen tar utgangspunkt i det faktum at kartlegging av fjellskred har vist at de største skredene har en tendens til å nå lengst ut i dalbunnen. I den andre modellen legges terrengprofilen inn sammen med friksjonsforholdene langs skredbanen, blokkstørrelse og blokkform. Modellen gir en indikasjon på sprangforløpet og rekkevidden av enkeltblokker. Den topografiske modellen benytter data fra kartlegging av skredblokker på mange lokaliteter i hele Norge. For disse dataene blir rekkevidden av skredblokkene sammenlignet med et sett terrengfaktorer (høyden av fjellhammeren og fjellsida, skråningsvinkler i ura og utenfor urområdet).

4.6 Rekkevidden av fjellskred

Vurdering av mulig rekkevidde av større utglidninger i fjell (fjellskred) er ofte problematisk. En enkel måte er å anslå utløpsrekkevidden ut fra data fra gamle fjellskred. Da kan en benytte forholdet mellom fallhøyde/utløpslengde (H/L) og volum av potensielt utfallsområde (Fig. 4). Dette er blitt gjort for å anslå rekkevidden av store utglidninger fra Svaddenipun (se Fig. 17 i kap. 6.3.5). Siden fjellskred er svært sjeldne hendelser er ikke slike skred tatt hensyn til i utarbeidelsen av skredfarekartene som opererer med en sannsynlighet på 1 skred pr. 1000 år.



Figur. 4. Oversikt over forholdet mellom rekkevidden (L), fallhøyden (H) og volumet av store fjellskred i Norge (modifisert fra Blikra m.fl., 2001). Data fra Rjukan er ikke tatt med her.

4.7 Historiske kilder

Den geologiske kartleggingen i Vestfjorddalen viser at det har gått hundrevis av skred av ulike typer i dalen etter siste istid. Historiske beretninger er imidlertid viktige for å vise at skred foregår i dalføret også i vår tid. I kapittel 5 blir skred fra historiske beretninger oppsummert og kritisk drøftet (se oversikt i kartvedlegg 8 og vedlegg 2). Kildene som er brukt er:

- Ulike bygdebøker og andre trykte beretninger.
- Aviser; Rjukan Arbeiderblad og Rjukan Dagblad (1900-tallet); samlet av Per Pynten.
- Øyenvitner (tilbake til 1927).
- Gamle fotografier i arkivene hos Norsk Hydro og Rjukan bibliotek (ca 1900-1927).

En gjennomgang av kommunens arkiver, samt matrikler hvor det er oppført skatteavtak som følge av skred vil også kunne gi gode skredhistoriske data. Et slikt arbeid er foreløpig ikke utført.

For vurdering av framtidig skredrisiko kan historiske skreddata gi viktig informasjon om:

- Hyppighet av skredhendelser (frekvens)
- Type skred
- Konsekvensene av skred
- Er noen spesielle årstider mer utsatt enn andre?
- Hvilke områder som er særlig utsatt for skred
- Årsakene for at skred utløses (for eksempel kraftig regnvær eller jordskjelv)

Det er imidlertid åpenbare mangler i de historiske kildene som maner til forsiktighet i bruken av dem:

- Det totale kildematerialet er lite.
- Tidsrommet vi har rapporter fra strekker seg ikke lenger tilbake i tid enn til ca 1720 (kanskje 1667).
- Kildene blir færre og mer usikre og upresise jo lenger bakover i tid vi kommer.
- De eldste kildene rapporterer kun om ekstremhendelser der folk omkom eller hendelser hvor flere gardsbruk ble tatt av skred.
- Heller ikke nyere kilder som vår egen tids aviser, framstiller skredhyppigheten og hvor de forekommer særlig objektivt.

5. HISTORISKE SKREDHENDELSER I VESTFJORDDALEN

De historiske skredhendelsene er summert i vedlegg 2 og i kartvedlegg 8. Av dette framgår det at:

- Totalt 13 personer omkom som følge av skred i perioden 1752 til 1934.
- Mange gardsbruk, veier, bruer og annen infrastruktur har i flere omganger vært utsatt for kolossale ødeleggelser som følge av skred.
- Skog og jordbruksarealer har gjentatte ganger vært rasert av skred.
- Jordskred forekommer hyppigst av alle skred
- Det er når mange jordskred blir utløst i løpet av et døgn eller to de mest omfattende ødeleggelsene har forekommet (1752, 1858, 1927)
- Oftest blir det nevnt at skredene foregikk under/etter et voldsomt regnvær.
- De store jordskredhendelsene skjedde alle i løpet av sommermånedene (23. august 1752; primo juli 1858; 28.-29. juni 1927; august 1950)

5.1 Rapportering av jordskred

I Telemark har Tinn lenge vært kjent for mange skred (Løvenskiold, 1784; Helland, 1900). Blant lokalbefolkningen blir særlig Mæl og Rollag oppfattet som områder særlig utsatt for jordskred. Dette området har historisk sett hatt den største befolkningstettheten i Vestfjorddalen, og naturlig nok vært det området hvor mange kunne gjøre observasjoner, og hvor skred lettest kunne få store konsekvenser. De omtalte store jordskredhendelsene i 1752, 1720? og 1858 er alle fra Mæl/Rollag.

Rjukan by ble bygget fra ca 1907. Før den tid var det kun noen få, spredte gardsbruk i denne delen av dalføret. I 1927 var det ca 8000 innbyggere i byen. Selv om det gikk flere hundre jordskred i Tinn dette året, blant annet over 20 jordskred ved Mæl/Rollag (Einung, 1943), var det ødeleggelsene på Rjukan som sto i fokus og som ble rapportert i avisene.

De historiske kildene tenderer derfor til å fokusere på jordskred der det har blitt store ødeleggelser av hus og veier og der det bor flest folk.

5.2 Rapportering av steinsprang

”Alle” som bor på Rjukan kan fortelle om mindre steinsprang. ”Ingen” vet imidlertid når disse hendelsene egentlig fant sted. Som regel blir ikke steinsprang nevnt i avisene med mindre de har ødelagt hus, (Rjukan sykehus 1985; Skriugata 1982), vært nær ved å ødelegge hus (Tveitolia 1974, 1995) eller falt ned på jernbanelinje (1953). Steinsprang er en vanlig, men underrapportert hendelse i Vestfjorddalen.

5.3 Rapportering av Fjellskred

Historiske fjellskred er rapportert kun to steder i Vestfjorddalen (Vedlegg 2). Et lite fjellskred kan også ha gått ved Skaråsen seter i 1690, men dette er uklart.

Digerur ved Bjørtuft i 1789

Dette skredet på over 1 million kubikkmeter gikk sannsynligvis under ”Stor-Ofsen” 21.-23. juli i 1789 (Fig. 10). Skredet blir ofte tidfestet til 1792, men dette var trolig året for offentlig befarings og skattenedskrivelse på eiendommen Bjørtuft.

Svaddenipun i 1927/1934/1964

Et mindre fjellskred ble rapportert fra Svaddelia i juni 1927. Dette gjorde skader på jord og skog, og demmet opp elva slik at flere boliger fikk vannskader (Einung, 1943). I 1934 er det rapportert et lite fjellskred i Svaddeliene som ikke nådde helt ned i dalen. I oktober 1964 gikk det et fjellskred på flere 10.000m³ i Svaddelia (NGI-rapport 64/902). Svaddeveien ble sperret, et lager med maskineri ble knust og ei diger steinblokk spratt over elva og inn i en hage i Tinngata. Skredet førte også til strømbrydd.

5.4 Rapportering av snøskred

Svaddeområdet, Maristien og Håkanesfjellet er kjent som steder hvor det hyppig går snøskred i Tinn (H. Einung i Rjukan Dagblad 5.7.1927). I 1999-2003 har det vært mulig å se spor etter snøskred i fjellsidene også andre steder (bl.a. øst for Kvitåi), men tilsynelatende blir dette ikke beskrevet i avisene. Snøskredhendelser vi har funnet omtalt er:

- 1800: En person omkom ved Berge
- 1929: Svadde?? En omkom? Usikre opplysninger (T.Lien pers komm)

- 1988: Svadde, 150 m breidt, men ikke skade på hus eller personer (Rjukan Arbeiderblad 4.2.1988).
- 2001: Svadde. I mai 2001 gikk det et sørpeskred (Fig. 5) som ble fanget opp av sikringsvullen som var bygget inn mot bebyggelsen (P. Heidenreich Riis pers. medd. til S.Dahlgren).



Figur 5. Snøskred, Svadde, mai 2001. Snøskredbanene sees tydelig. Skredet til høyre ble ledet vekk fra boligene av skredsikringsvoll nederst til høyre. Foto: S.Dahlgren.

5.5 Utløpslengde

Utløpslengden, det vil si hvor langt ut i dalføret skredet går, er en meget viktig parameter for vurdering av skredrisiko. Om dette finnes det dårlig med historiske data. I 1927 gikk store deler av skredet ved Rjukan kirke direkte ut i Måna. Under Svaddenipun demte fjellskred opp elva slik at noen hus ble oversvømmet i 1927. Seinere, i forbindelse med et relativt stort fjellskred i 1964, spratt en stor blokk over Måna og inn i bebyggelsen på motsatt side. På fotografier kan vi se at det ved Bøen var skredvifter ut mot nåværende Sam Eydesgt i 1907 (Fig. 6). Også i Skriugata viser foto fra 1911 at gamle skredavsetninger måtte fjernes før bebyggelsen kunne settes opp.



Figur 6. Foto fra før Rjukan by ble påbegynt (1907) ved Bøen som viser utløp av skredmasser helt ut mot elva forbi der hvor Sam Eydesgt ligger i dag. Arkivfoto Norsk Hydro, Rjukan.

6. SKREDFARE

6.1 Snøskred

Snøskred er kun et problem på sørsida av dalen. Det ligger ikke mange bygninger i potensielt skredutsatt område, men veien som går gjennom området kan flere steder bli utsatt for snøskred. NGI rapport 904012-1 av 1 juni 1990 på oppdrag for Statens vegvesen i Telemark gir en beskrivelse av skredfaren på denne veistrekningen. Også de historiske dataene viser at Svaddeområdet er spesielt utsatt for snøskred.

Relativt store snøskred kan bli utløst fra den nordvendte fjellsida oppunder Gaustatoppen. Her ligger det flere forsenkninger som kan samle snø når det blåser fra sektoren sørøst-vest. I spesielle vær-situasjoner med tørr snø nedover i fjellsida kan snøskred passere over en utflatning kote 1200-1300 og følge to bekkefor-senkninger (Svaddebekk og Nybubekken) som kommer ned like vest for industriområdet på Svadde. Disse snøskredene kan nå helt ned til elveløpet til Måna.

I tillegg kan det bli utløst mindre snøskred fra de bratte svabergområdene uten vegetasjon i nedre deler av fjellsida. Særlig utsatt er fjellsida under Svaddenipun der snøskred kan passere over vegen østover fra gravlunden. For øvrig vil skredene i hovedsak følge bekkefor-senkninger. Snøskred i disse lavereliggende områdene blir gjerne utløst i forbindelse med mildværsinnslag etter snøfall.

Sørpeskred går vanligvis i tilknytning til dreneringsveier i forbindelse med kraftig snøsmelting. Det har blitt observert sørpeskred langs bekken som kommer ned mot

sikringsvollen på Svadde. Det er også mulig at sørpeskred kan gå langs andre bekkefar i undersøkelsesområdet. Det er vanskelig å avgrense nøyaktig hvor stor utbredelse skredmassene kan få i dalbunnen, men vi regner med at faresonene for snø- og jordskred i hovedsak også dekker de potensielle fareområdene for sørpeskred.

6.2 Løsmasseskred (jordskred og flomskred)

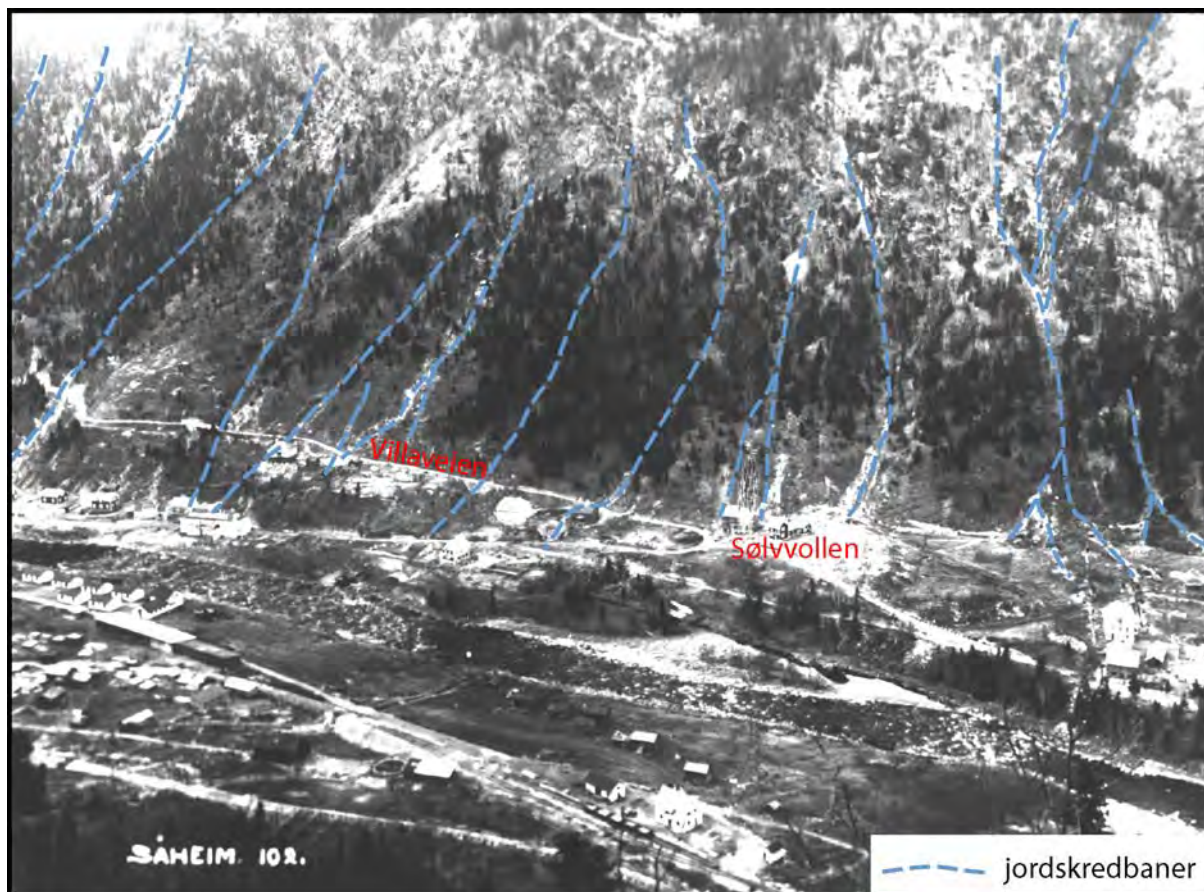
6.2.1 Jordskredaktivitet i Vestfjorddalen

Løsmassekartet (Kartvedlegg 1, 2 og 3) viser tydelig at jordskred har vært en aktiv prosess i Vestfjorddalen gjennom lang tid. Jordskredbaner og jordskredavsetninger er kartlagt i et stort omfang i begge dalsider og i hele dalens lengde (Fig. 6, 7 og 8). De historiske kildene viser at jordskred også har vært et problem etter at dalen ble utbygd på begynnelsen av 1900 tallet.

Jordskred en potensiell fare i hele dalføret og på begge sider av Vestfjorddalen. Tjukke moreneavsetninger i den nordre dalsiden, og til dels i den sørlige dalsiden, er kildemateriale for mange jordskred. Også steinsprangmateriale avsatt oppe i dalsidene vil kunne skli ut i et jordskred. Det siste er mest aktuelt i den sørlige dalsiden, men også i den nordre dalsiden er det avsatt tjukke lag med steinsprangmateriale under bratte fjellskrenter. Store steinsprang kan også destabilisere løsmassedekket og utløse store jordskred. Dalsidene i Vestfjorddalen er bratte nok for å få utløst jordskred de fleste steder (se helningsvinkler i kartvedlegg 10), men faren for jordskred vil variere med tilgang på kildemateriale, variasjon i dreneringssystem, gradient og inngrep, slik som traktor-/ skogsbilveier. Totalt sett må nok jordskred sees på som den største trusselen mot mennesker og bebyggelse sammenliknet med de andre skredtypene, og problemene er trolig størst i nordre dalside hvor det meste av bebyggelsen ligger, og hvor det ser ut som om skredene har potensial til å nå forholdsvis langt ut i dalbunnen.



Figur 7. Rjukan sentrum i 1910. Skredavsetningene går ut i områder som ble bebygd på begynnelsen av 1900-tallet. En stor steinblokk merket med gul ring ligger langt ut i dagens bebyggelse. Arkivfoto Norsk Hydro, Rjukan.



Figur 8. Jordskredbaner synlige på foto fra begynnelsen av 1900-tallet går rett gjennom områder som i dag er utbygd.

De historiske skredhendelsene tyder på at hele Vestfjorddalen er utsatt for jordskred, uten at enkeltområder peker seg ut med klart større skredfare. Et mulig unntak er der Middøla kommer ut i Vestfjorddalen. Her er det flere alvorlige hendelser med skred og elvebrudd (1723, muligens 1752, 1858, 1927, 1933 og 1934). Tjukke avsetninger med løsmasser i nedre del av Håkådalen, ved Miland, Mæl og Rollag kan gjøre disse området spesielt utsatt. Vi har ikke undersøkt disse områdene i denne omgang.

6.2.2 Jordskredfrekvenser

Gravegropene fra Bjørtuft, Gausta og Moe (Fig. 3 og vedlegg 3, 4 og 5) viser at det har gått store jordskred på disse lokalitetene i perioden etter siste istid (ca siste 10 000 år). Dessverre var det få jordlag som lot seg datere i disse gropene. Dateringene (Tabell 1) viser likevel at det har gått minst to store jordskred på Moe i løpet av de siste ca 1300 år, ved Gausta er det registrert et jordskred som gikk for ca 2300 år siden, samt flere store skred som er eldre. På Bjørtuft har det gått en rekke skred. To eller tre jordskred er utløst her i løpet av de siste 400 år. Ut i fra andre data fra sørøst Norge (Sletten, 2002) er det rimelig å anta at jordskred utløses oftere eller i størrelsesorden 1 skred pr. 1000 år i de fleste skredbanene i Vestfjorddalen.

Jordskredkatastrofen på Rjukan i 1927 er blitt omtalt som den verste noensinne (Einung 1943). Vi vet imidlertid lite om jordskredhendelser i denne delen av Vestfjorddalen før 1907. De historiske dataene (Vedlegg 2) viser flere jordskredhendelser på Rjukan i løpet av disse hundre årene, men skredomfanget i 1927 er uten sidestykke. Et viktig spørsmål er om 1927-hendelsen er enestående også i lengre perspektiv. På Mæl og Rollag var hendelsene i 1752,

1858 og 1927 av omtrent samme omfang. Faktisk kan det virke som om 1858 hendelsen var den verste i dette området (Vedlegg 2). Felles for disse hendelsene var at ”det synes som om jorda i alle fjellsidene løsna samtidig”. Usikkerhet i kildene tillater imidlertid ikke noen nærmere kvantifisering av disse forholdene, men vi kan konkludere med at 1752, 1858 og 1927 alle var svært alvorlige skredhendelser. Det er også mulig at skredhendelsene i 1789 (fjellskredet ved Bjørtuft og en rekke jordskred) var en slik stor skredhendelse. Dette gir selvsagt lite grunnlag for en god statistisk vurdering av alvorlige jordskredhendelser. De tre førstnevnte alvorlige skredhendelsene foregikk imidlertid i løpet av ca 175 år. Vi kan derfor antyde at 1927-hendelsen er en 100-års hendelse heller enn en 500- eller 1000-års hendelse.

Jordskredkatastrofen i Vestfjorddalen i 1927 ble som kjent utløst av voldsomt regnvær i kombinasjon med snøsmelting. NGI har tidligere beregnet sannsynlig gjentakelsesintervall for nedbørsintensiteten i slutten av juni 1927, basert på DNMIIs målestasjoner på Rjukan og i Tuddal (E. Hestnes, 1996). Tabellen er gjengitt nedenfor (Tabell 2) og viser at døgnnedbør av den intensitet som utløst jordskredene i 1927 statistisk har et gjentakelsesintervallet på henholdsvis 300 år og 700 år for Tuddal og Rjukan. Dette kan imidlertid diskuteres siden de historiske hendelsene mer antyder 100-års hendelser.

Tabell 2 Nedbørsdata fra Tuddal og Rjukan for slutten av juni 1927.

	24 timer		48 timer		72 timer		120 timer		240 timer	
	mm	år	mm	år	mm	år	mm	år	mm	år
Tuddal	121,0	300	156,1	300	177,9	230	200,0	230	223,1	90
Rjukan	134	700	148,3	200	178,6	230	201,4	230	213,4	65

6.3 Steinsprang og fjellskred

6.3.1 Bergrunn og topografi

Berggrunnen i dalsidene i Vestfjorddalen består nesten utelukkende av omvandlete sure lavaer (rhyolitter). Rhyolittene er deformert i varierende grad. Stedvis er de sterkt rekrystallisert og kan da se ut som svært finkornete gneiser. Dette gjelder særlig i den østlige delen av dalføret. Helt vest i dalføret, ved Vemork og Krosso, og på Gaustatoppen (ovenfor Svaddenipun) er det omvandlete sandsteiner (kvartsitter). Noen steder er rhyolittene og sandsteinene gjennomført av basiske ganger omvandlet til amfibolitter. I området opp for Skriugata og Rjukan sjukehus er det en veksling mellom rhyolitt og amfibolitt, noe som bidrar til sterke variasjoner i forvitring og oppsprekkingsgrad. Ved Rjukan Sjukehus har amfibolitten en spesiell sammensetning og har vært brukt som kleberstein. Dette er m.a.o. en spesielt bløt bergart.

Topografien spiller en vesentlig rolle for mulighetene for utfall av steinsprang og fjellskred. Den østlige delen av Vestfjorddalen er en utpreget U-dal. Fjellsidene er ganske glatte, oftest uten store framstikkende partier. Imidlertid er det flere unntak, og det er stort sett ved disse unntakene eventuelle framtidige skred kan forventes å bli utløst. Slike områder er:

- Store bruddsoner som skjærer fjellsidene
- Spesielt oppsprukne partier
- Åpne sprekker
- Framspring kombinert med uheldig helning av bergartsstrukturer (foliasjon, kløv) eller sprekkeplan.

6.3.2 Bruddsoner

De største bruddsonene som skjærer fjellsidene i Vestfjorddalen er vist på kartvedlegg 9. I og ved bruddsonene er fjellet knust i større eller mindre grad. De viktigste bruddsonene på nordsida er:

1. Øverland-Holskuta-Bakkhus
2. Ingolfsland-Steinarstaul-Glupen
3. Rjukan sentrum-Dalsnuten-Hisaten
4. Kisibekk-Middølstjern - N Geitåsen

På sørsida er det trolig kun bruddsonene ved Svaddenipun som er av interesse (dalsida vest for Svaddenipun er ikke med i undersøkelsen). Der bruddsonene går ut i bratte fjellsider kan en derfor forvente at det lett kan skje utfall. Tilsynelatende er det også en nær sammenheng mellom de store bruddsonene og gamle fjellskred i Vestfjorddalen (Kartvedlegg 9).

De aller fleste bergarter har en struktur hvor de mekanisk sett er svakere langs noen plan enn langs andre. (Dette er ikke det samme som sprekkeplan, se nedenfor). Slike strukturer er:

Lagdeling: Eksempel på lagdeling er sandsteinslag fra en opprinnelig sandavsetning som blir "forsteinet". Rhyolittene er bare unntaksvis lagdelte. De omvandlete sandsteinsbergartene ved Vemork-Krosso og på Gaustatoppen er imidlertid klart lagdelte, men siden disse bergartene ikke strekker seg ned i den delen av Vestfjorddalen som blir vurdert her er lagdeling ikke særlig viktig for skredfarevurderingene.

Foliasjon / kløv: Dette er strukturer framkommet ved deformasjon av bergartene på stort dyp i tidligere geologiske tider. Bergartene kan bli mer eller mindre skifrige langs slike strukturer. Dersom en slik skifrighet faller ut mot dalføret i ei fjellside kan dette gi svakhetsplan og være steder hvor fjellskred eventuelt kan finne sted.

Oppsprekning er vanlig i alle bergarter. Sprekkedannelsene kan ha mange årsaker og sprekkeplanene kan variere i retninger og antall pr volumenheter. I de fjellsidene det er spesielt mye sprekker, åpne sprekker eller større sprekkeplan som faller ut mot dalen kan det være særlig stor fare for utfall.

Disse parametrene er vurdert i store deler av fjellsidene for å inngå i vurderingen av fare for framtidige fjellskred i Vestfjorddalen.

6.3.3 Gamle fjellskred i Vestfjorddalen

For å vurdere hva som kan komme til å skje i framtida er det lagt stor vekt på å undersøke gamle fjellskred i Vestfjorddalen. Disse fjellskredene eller større ansamlinger av materiale dannet ved steinsprang og steinskrud er summarisk ført opp i tabell 3, og vist i kartvedlegg 1, 2, 3 og 9.

Bøura.

Denne ura ligger rett i vestkant av Rjukan sjukehus (Fig. 9). Vi vet ikke når skredet gikk, men det gikk i kleberstein (amfibolitt) som i visse soner er en forholdsvis svak bergart. Skredfronten går nesten helt ned til Sam Eydesgt. Skredet ser ut til å ha vært fra amfibolitten i en spesielt oppsprukket grensesone mot rhyolittene.

"Digerur", Bjørtuft

Dette skredet gikk trolig i forbindelse med "Stor-Ofsen" i 1789 og ødela det meste av jordbruksarealet til denne gården. Befaring og "avtak" var i 1792. Skredet er opp mot 1 million m³. Skredfronten går helt ned til de nåværende husene på garden (Fig. 10), og det var omtrent her husene sto på 1700-tallet også. Ingen hus eller mennesker ble skadet.

Den utraste bergarten er en rhyolitt med klar foliasjon. I dag ser det ut til at det utraste materialet må ha vært fra et platå med et underliggende stup mot dalen eller at det kanskje har vært en framspringende knause. Ned i vestkant av utfallsområdet går i dag Røyså med til tider relativt stor vannføring. To store bruddsoner med henholdsvis VNV-ØSØ og NNV-SSØ retning treffes i utfallsområdet eller rett nedenfor dette.

Utløsning av dette skredet var trolig styrt av følgende forhold:

- Det regnet ustyrtelige mengder i forbindelse med "Storofsen". Røyså må ha vært stor. Likeså må tilsiget av vann fra platået og vannmagasineringsen i det overliggende Nykketjern vært uvanlig stor.
- De to store bruddsonene må ha gjort fjellet oppsprukket.
- En rest av en knause eller platå i utfallsområdet tyder på at dette må ha vært større før skredet.
- Foliasjonen i området heller svakt utover og langs fjellsida.

Oppbygging av store vanntrykk på de store bruddsonene kan ha vært avgjørende for den store utglidningen.

Tabell 3. Gamle fjellskred og større ansamlinger av masser fra steinsprang og steinskred. Se lokalisering i kartvedlegg 9.

Navn, sted	Bergart	Utfalls- høyde m	Utfalls- lengde m	Volum 1000 m ³	Pakket volum 1000 m ³	Merknad
Bøura, Rjukan sjukehus	Amfibioitt/ Kleberstein	400	550	410	290	Trolig ett stort skred
Skriugata	Rhyolitt og amfibolitt	200	300	x	x	
Øverland, Tinn museum	Rhyolitt	225	350	10	7	Volumet er anslått nokså subjektivt for "siste større skred". Ura er større, men trolig en følge av flere mindre skred.
Tveitolia	Rhyolitt	350	400	1	0,7	1974 steinsprang
Holskuta- Tvergrot	Rhyolitt	400	600	x	x	
Kyrkjå	Rhyolitt	200	250	225x	160x	
Svaddelia (RS-1; spesialområ- de SVN)	Rhyolitt	775 (max)	1000	960	685	Denne rasura er utvilsomt en følge av mange skred. Volumberegningen gjelder totalt volum av ura
Svaddelia øst (østre del av RS-1)	Rhyolitt	450	500	525	375	Utvilsomt flere skred, men hoved andelen kan være relatert til ett stort skred
Sønnstaul	Rhyolitt	275	400	300x	210x	Trolig ganske mange skred
Hisaten, nedre	Rhyolitt	350	300	450	320	Kan være ett større skred. Ura er omtrent 1 km breid, men ha kun kort utfallslengde
Digerur, Bjørtuft	Rhyolitt	420	700	875	625	Trolig kun ett skred. Dette skredet gikk sannsynligvis under "Stor-Ofsen" i 1789

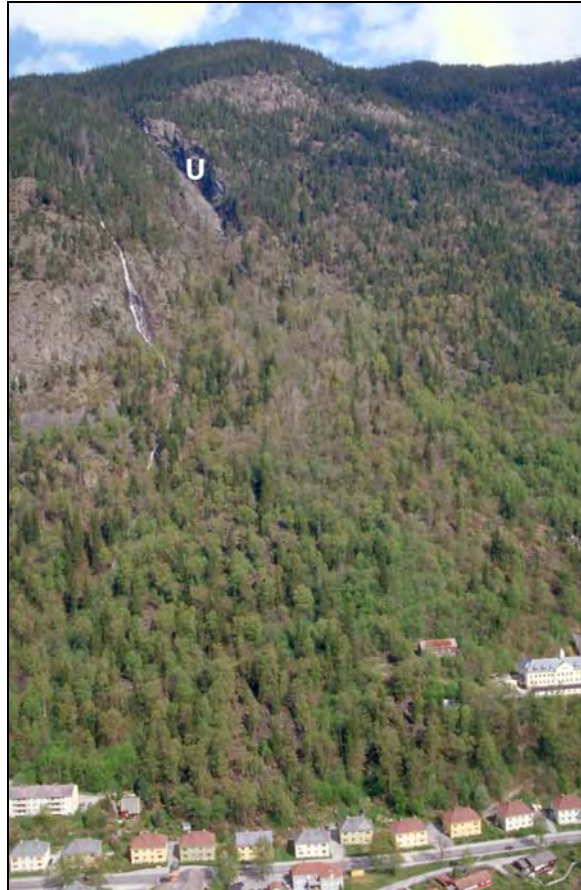
Utfallshøyde: Målt fra antatt utfallsområde til fronten av skredura.

Utfallslengde: Horisontalavstanden fra utfallsområdet til skredurfronten.

Volum: Basert på beregning av urvolumet i følge avgrensninger fra kartlegging og antatte gjennomsnittlige mektigheter (gjennomsnittstykkelser). Volumene må ansees som usikre, men av korrekt størrelsesorden.

Pakket volum: Volum multiplisert med en faktor på 0,7143 for å pakke løs ur tilbake til "fast fjell". Dette tilsvarer omtrent volumøkningen på 1,4 som observeres for overgangen fra fast fjell til sprengstein deponert i tipper ved sprengning av tunneler.

x) ura er trolig et resultat av mange steinsprang / små fjellskred. Ikke volumberegnet.



Figur 9. Bøura, Rjukan sjukehus. Utfallsområdet (U) består av kleberstein. Foto: S. Dahlgren.



Figur 10. Digerur ved Bjørftuft. Fjellskred som sannsynligvis gikk under "Storofsen" i 1789. Garden Bjørftuft fikk skatteavtak etter befarung i 1792. Foto: S.Dahlgren.

Skriugata

Skredmassene ovenfor Skriugata ser ut til å ha blitt til gjennom mange mindre skred. I området er det mange sprekkesoner, særlig inn mot den store amfibolitten i Gamlenut. Skredmassene fra gamle skred (fra fotografier) tyder på at utfallsmaterialet nådde ut i eller litt forbi nåværende Skriugata.

Tveitolia

Dette området er vel kjent for steinsprang og små fjellskred i 1974 og 1995 (Fig. 11). Det er bygget rassikringsvoll ovenfor bebyggelsen og bevegelser i grunnen i utfallsområdet har vært overvåket av NGI siden 1974.

Øverland, Tinn museum

På museumstomta ligger det store steinblokker som åpenbart har rast ned lia. Inn mot fjellet er det skredurer etter flere mindre hendelser. Materialet ser ut til å komme fra to utfallssteder:

1. I området langs den store knusesonen fra Holskuta (område RN-15 i kartvedlegg 10)
2. Fra Øverlandskuta (område RN-14 i kartvedlegg 10)

Det kan se ut som om fjellet er særlig oppsprukket på begge sider av den store bruddsonen og at denne derfor er viktig for lokalisering av utfall.



Figur 11. Tveitolia. Utfallsområdet (U) er markert. Foto: S.Dahlgren.

Tverrgrot – Kyrkja

Langs samme bruddsone som den som går ned til Tinn Museum og over til Glupen ligger det ei stor skredur innafor Kyrkja (Kartvedlegg 9). Disse rasmassene kommer åpenbart fra området ved den store bruddsonen. Nede i dalen noe øst for Tverrgrot er det ei ur som ligger nedenfor Holskuta – Kyrkja. Det er uklart om denne ura også kan knyttes til utfall fra den store bruddsonen.

Hisaten

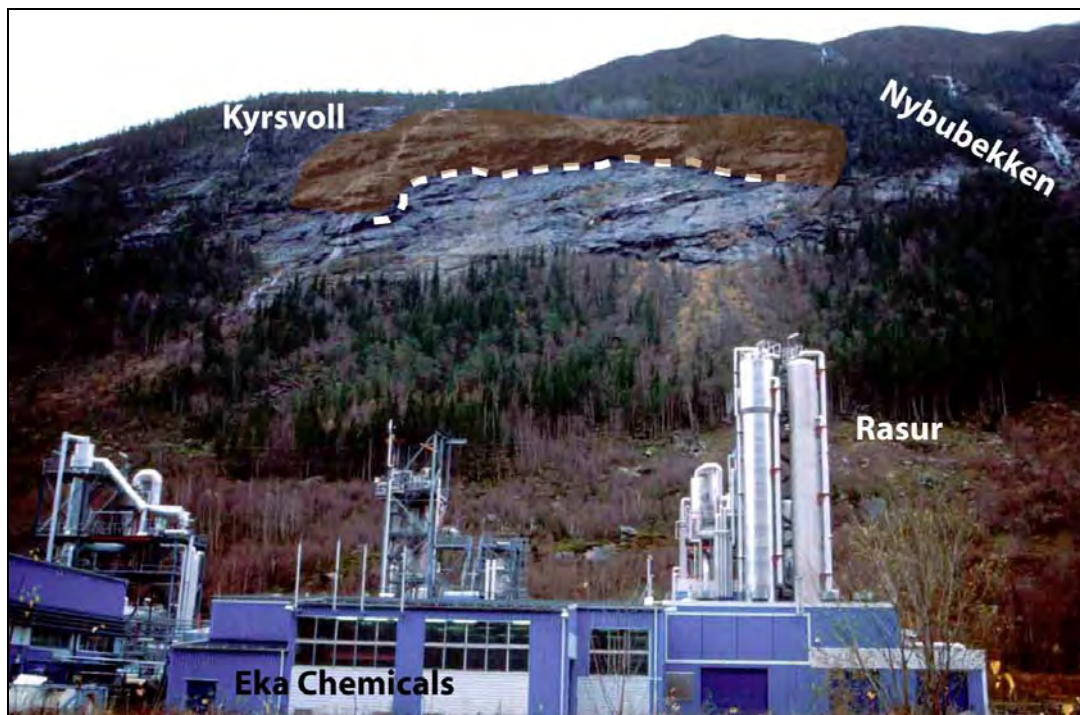
Hisaten ligger rett opp for Målarhagen og Gullsmedhagen (Kartvedlegg 9). Dette området består av rhyolitt med foliasjon som heller slakt ut mot dalen. Det er to rasurer, øvre og nedre. Det er den nedre som er av interesse m.h.t. mulig utrasing ned i dalen. Utfallsområdet er sterkt oppsprukket og det er store åpne sprekker både horisontalt og vertikalt. Under dette utfallsområdet ligger det ei ur nedover mot dalen.

Det oppsprukne området ligger i skjæringspunktet mellom 2 store bruddsoner, hvor den ene går over Dalsnuten til Rjukan sentrum og den andre kan følges i NV-SØ retning fra dalen op minst opp på plataet. Mekanismen for generering av utfall her kan være høyt vanntrykk i bruddsoner og langs foliasjon. Sprekkene i dette utfallsområdet er imidlertid så åpne og har en så spesiell geometri at en ikke skal se bort i fra muligheten for at utfallet kan ha blitt forårsaket av jordskjelv.

Sønnstaul

Skredavsetninger ovenfor Akzo Chemicals fabrikk på Sønnstaul har åpenbart kommet ned fra Grosetmorkje og Kjøvjåkoll øst for Nybubekken (se område RS-3 i kartvedlegg 10). Det er åpenbart flere mindre skred her. Hovedsvakhetssonen er trolig et sleppeplan med et anslått 50-60° fall ut mot dalen (Fig. 12).

Vanntrykk i sleppeplan har trolig vært viktig for utløsning av skred her. Sleppeplanet fortsetter oppover lia med et overhengende fjellparti ovafor, anslagsvis i størrelsesorden 1-3 millioner m³. Dette kan være labilt og bør overvåkes (Fig. 12).



Figur 12. Sønnstaul – Eka Chemicals (H₂O₂ fabrikk). Sleppezone (stiplet kurve) heller ut mot dalen og går på skrå opp under et betydelig overheng markert med rødt. Foto: S.Dahlgren.

Svaddelia

I Svaddelia under Svaddenipun (RS-1 i kartvedlegg 10) er det betydelige volumer med skredavsetninger (Tabell 3, Vedlegg 9 og Kartvedlegg 1 og 9), minst 1,5 millioner m³. Dette er åpenbart avsetninger dannet ved flere skred. Skredet her i 1964 var i størrelsesorden noen 10-talls tusen m³. Store steinblokker ligger i Måna nedenfor Svaddelia (Fig. 13)

I den østlige delen av RS-1 virker det som om utfallsområdene ikke er fra øverst oppe i Svaddenipun, men muligens fra 2/3 oppe i lia. Dette området ligger særlig vanskelig til og det har foreløpig ikke vært mulig å undersøke sprekkesonene i denne fjellveggen. I 1964 hadde det vært langvarig regnvær før utfall i Svaddelia, og en sammenheng er temmelig sannsynlig. Se også omtale av spesialområde Svaddenipun.



Figur 13. Store steinblokker, flere over 1000 m³, i Måna nedenfor Svaddelia. Legg merke til at store rasblokker på den nordlige sida av Måna er blitt overfylt av fyllmasser og er bebygd. Store blokker fra tidligere skred har altså gått lenger ut enn til Månas nåværende løp. Foto: S.Dahlgren.

Utløsende mekanismer for fjellskred

Fra studiene av de gamle fjellskredene i Vestfjorddalen synes følgende trekk å være karakteriserende (Kartvedlegg 9):

- De er knyttet til store bruddsoner
- Det finnes sprekkoplan / sleppesoner eller foliasjon som heller utover mot dalen
- Høy nedbør og høyt vanntrykk på sprekkesystemene kan forklare flere av de store skredene
- Jordskjelv som utløsningsmekanisme kan ikke utelukkes.

6.3.4 Undersøkte kildeområder for steinsprang og fjellskred

Det gis her noen generelle kommentarer til de undersøkte områdene som er omtalt i vedlegg 9 og vist i kartvedlegg 9 og 10. Faren for steinsprang synes å være til stede mange steder i hele dalføret, se vedlegg 9. Ett område ved Rjukan sentrum (vest i Skriugata) er det trolig grunn til å undersøke i detalj da steinsprang kan true bebyggelsen umiddelbart under (Fig. 14).

Områder som har størst sannsynlighet for større utfall synes først og fremst å være knyttet til de fjellsidene der de skjæres av de store bruddsonene som er vist på kartvedlegg 9. Følgende

områder synes å ha et potensial for mindre fjellskred, områder som bør undersøkes nærmere, samt følge systematisk med hva som skjer av mindre utfall og steinsprang:

- Skriugata vest
- Tveitoskuta
- Bjørkhaug
- Grimarsnås
- Øverlandskuta
- Øst for Øverlandskuta
- Kviteberg

NGI har foretatt bevegelsesmålinger i Tveitolia. Disse målingene viser blant annet:

- Det er ikke påvist noen sammenheng med nedbør.
- Det ser ikke ut til å være bevegelser på sprekkene i utfallsområdet før utfallet skjer. Derimot er det diverse bevegelser på sprekkene etter at utfallet har skjedd. Deretter stabiliserer området seg tilsynelatende igjen.

Disse resultatene er kanskje ikke hva en skulle forvente å finne og er ikke oppløftende m.h.t. varsling av forestående skred. En mulig forklaring på dette fenomenet kan være at det området en måler på er for lite til å fange opp bevegelser i forkant av skred. Se ytterlige kommentarer om dette under oppfølgende undersøkelser (Kap. 10).



Figur 14. Skriugata vest, RN-1 i kartvedlegg 10. Markert felt har nær vertikale sprekker omtrent parallelle til fjellsiden. Feltet bør undersøkes grundigere om fare for store utfall. Foto: S.Dahlgren.

Følgende to områder kan ha et potensial for større fjellskred:

- Svaddenipun
- Kjøvjåkoll

I området langs nordsida av Vestfjorddalen fra Tvergrot til Miland er det en svakt utoverhellende foliasjon langs hele dalsida. I oppfølgingsundersøkelsen vil det være særlig viktig å undersøke områdene ved:

- Holskuta-Bakkehus
- Glupen
- Jiljun (øst for Glupen)
- Hisaten
- Røyså

I de fleste av disse områdene er det store bruddsoner, enkelte store åpne sprekker og betydelig vannføring i bekker / åer. I Glupen går det normalt ikke noe særlig vann. Normalt går vannet ned i Stampebekk fra Dalsnuten ned mot Nyland. Ved visse snøsmeltingssituasjoner demmer imidlertid snøen enkelte tjern oppe på Dalsnuten og vannet kan da bli kanalisert til Glupen. Dette fenomenet er vel kjent på Rjukan, og har forårsaket problematiske flommer og flomskred. NVE (E. Beheim pers. komm) har imidlertid laget en terskel oppe på Dalsnuten og problemet er betydelig redusert.

6.3.5 Ustabilt fjellparti ved Svaddenipun

På Svaddenipun ble det raskt observert at det var en rekke betydelige, åpne sprekker i et område på toppen, ca 100 meter innover topplataet og et stykke nedover i fjellsida (se område SVN i kartvedlegg 10). Dette området krevde åpenbart nærmere undersøkelser. Det er utført feltarbeid (2000-2003) med kartlegging av sprekker på bakken og systematisk måling av sprekkevidde over tid. Fjellsida ned mot Rjukan og plataet oppe på Svaddenipun ble undersøkt fra helikopter i 2001. Klatreutflukter fra Rjukan og opp stupet til Svaddenipun var planlagt både i 2001 og 2003, men ble stoppet av kraftig regnvær.

Avgrensning av området

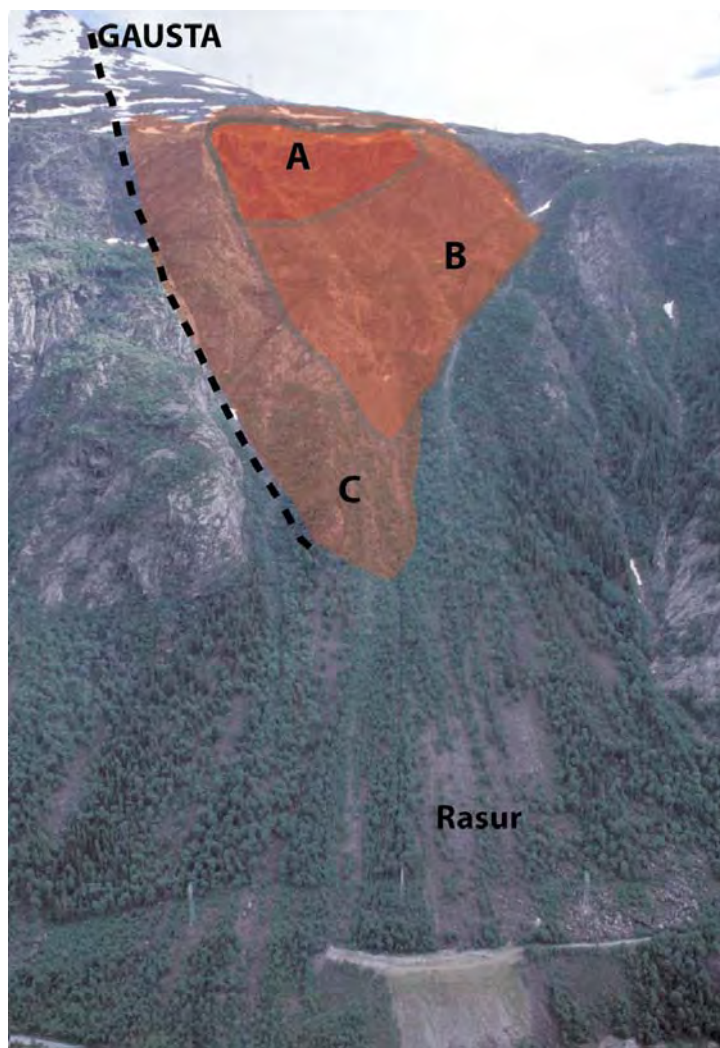
Oversiktsfotografier fra Svaddenipun viser omfanget av dalsida som har store sprekker (Fig. 15). Maksimum lengde på området i øst-vest retning er ca 600 meter, fra stupkanten og innover er området maksimalt 150 meter. Det er foreløpig uklart hvor dypt nedover stupet de åpne sprekke og bruddsonene går, men det må være mellom 150 og 500 meter.

Kløy, bruddsoner og åpne sprekker

Hovedbruddsonen i bakkant av det ustabile partiet er en åpen sprekk som fortsetter steilt nedover til ukjent dyp (Fig.16). Det er mulig denne bruddsonen representerer en forkastning hvor blokka ut mot dalen har sklidd ned ca 10 meter i forhold til innenforliggende fjellmassiv. Dette er imidlertid usikkert da dette også kan være et erosjonsfenomen. På denne hovedbruddsonen er det en ansamling av store steinblokker som gjør direkte observasjoner umulig. I dette området kommer det ned en bekk fra et høyereliggende område mot Gausta som drenerer ned i sprekke og blir borte.

Parallelt den bakre hovedbruddsonen er det en annen bruddsone som også trolig er åpen. Fra Gaustatoppen går det en stor bruddsone som avgrenser det oppsprukne området mot øst (stiplet linje i Fig.15).

Åpne sprekker finnes i ganske stort antall fra stupkanten og innover til hovedbruddsonen (Fig. 16). I øst følger disse åpne sprekke kløven som er utviklet i rhyolitter. Vestover er sprekke ikke i samme grad styrt av kløven i rhyolittene (vedlegg 10).



Figur 15. Svaddenipun sett fra helikopter. Rasura og områdene A, B og C er omtalt i teksten. Foto: S.Dahlgren.

Måleresultater

For å finne mulige bevegelser på de åpne sprekkeene ble flere av dem målt i perioden 2000-2003 (Vedlegg 10 og Fig. 16). Det er ikke påvist store bevegelser i måleperioden. Målingene er imidlertid usikre og enkelte måledata tyder på at fjellmassivet kan være i bevegelse. For å kartlegge mulige bevegelser i dette fjellmassivet må det følges opp med mer presise målinger.

Mulige ustabile områder

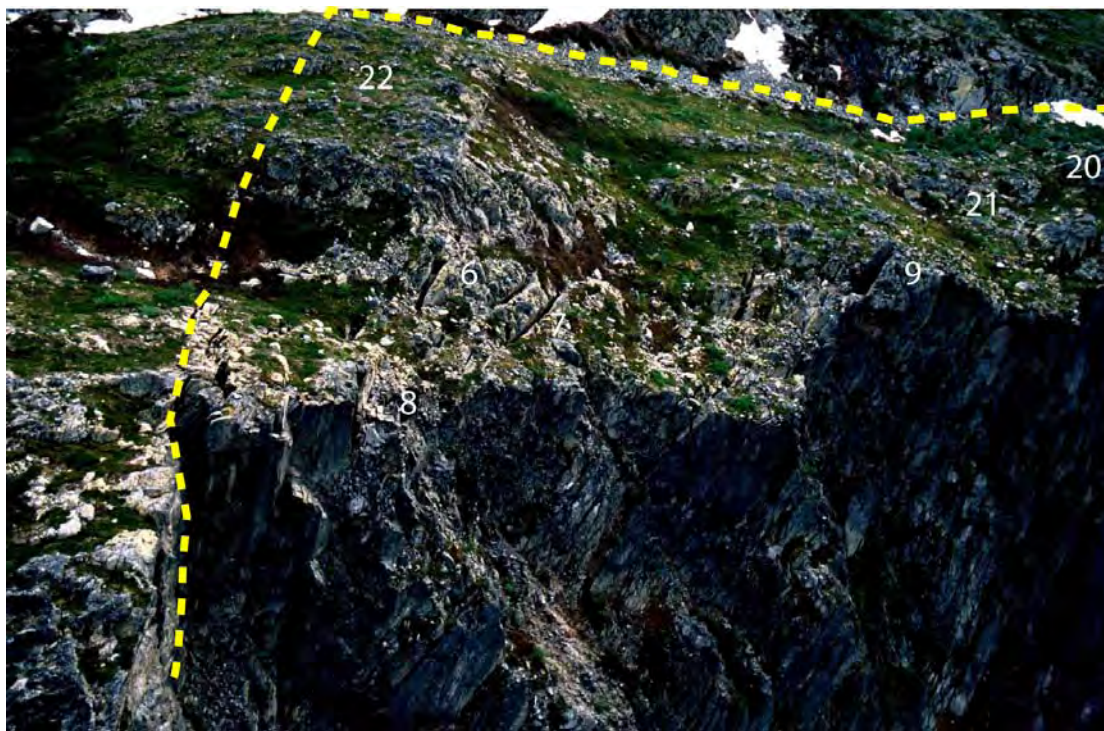
Vurdering av graden av ustabilitet på Svaddenipun krever ytterligere undersøkelser. Vesentlige mangler er presisjonsmålinger av bevegelser på sprekker, samt en grunnleggende forståelse av sprekkesystemet nedover fra stupkanten. Her er det satt opp 3 ulike alternativer av de ustabile områdene (A, B og C i Fig. 15):

A. Det påvist mest oppsprukne området. Dette er ca 400 m langt i øst-vest retning, ca 100 m inn fra stupkanten og antas å fortsette minst ca 100 m nedover stupet. Dette gir et volum på ca 4 millioner m³.

B. Det samme området som ovenfor kan fortsette nedover lia ca 300 meter. Dette området er trapes-formet og gjennomsnittlig høyde er satt til ca 250 meter. Dette gir et volum på ca 10 millioner m³.

C. Områdene A og B kan forsette østover til stor bruddsone fra Gausta. Totalvolumet av dette blir da utvidet til ca 18 millioner m³.

Volumet av mulige utfallsområder nede i lia øst for hovedbruddsonen fra Gausta er ikke vurdert da det ikke har vært mulig å komme til i dette området foreløpig.



Figur 16. Helikopterfoto av Svaddenipun fra dalen i sør. Det sterkt oppsprukne fjellpartiet er avgrenset av stiplet kurve. I bakkant er det en stor åpen sprekkesone. Noen målestasjoner er avmerket med tall. Foto: S.Dahlgren.

Utløpsrekkevidder for ustabile områder

Store volum er avgrenset av store åpne sprekker ved Svaddenipun. Anslagene over volum for de tre alternative er på henholdsvis 4, 10 og 18 mill m³. I tillegg vil en stor utglidning her også kunne ta med seg ura som ligg nedenfor, noe som vil kunne resultere i ytterligere 1 mill m³ masse. Rekkevidden av fjellskred fra disse områdene er anslått ved å benytte forholdet mellom volum og H/L (Fallhøyden/Rekkevidden) slik det er vist i figur 4. Fallhøyden er satt til 700 m i alle alternativene. Setter vi inn de 3 volumanslagene i diagrammet ser vi at vi får en H/L faktor på mellom 0,28 og 0,57 (Fig. 17). Dette gir følgende rekkevidder (L):

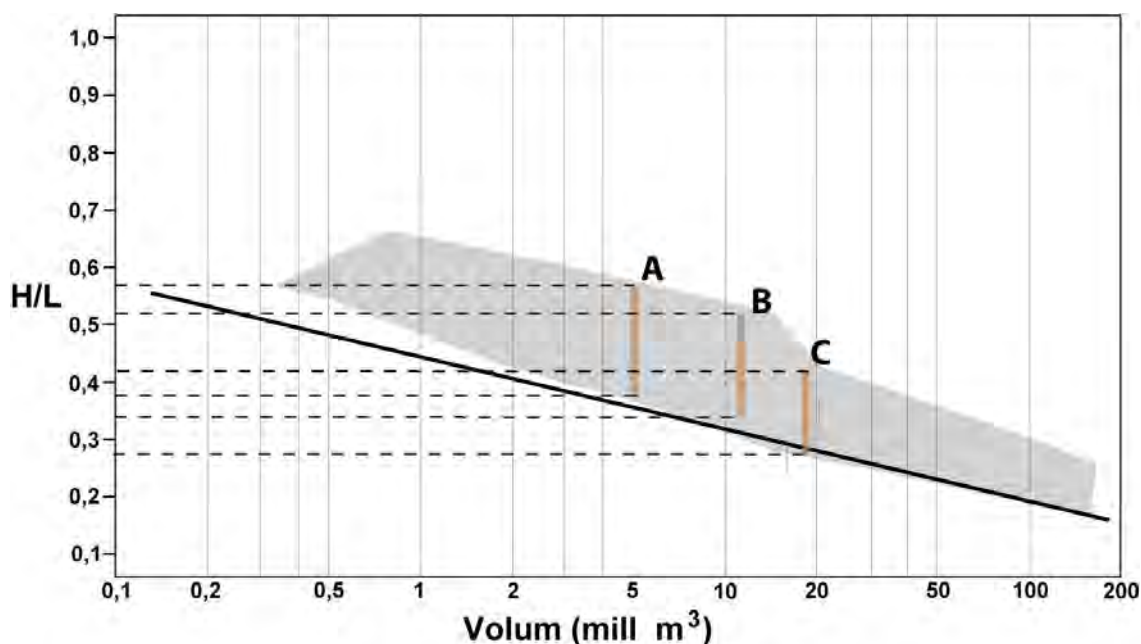
A. Volum = 5 mill m³, H = 700 m, H/L = 0,38-0,57, L = 1840-1230 m

B. Volum = 11 mill m³, H = 700 m, H/L = 0,34-0,52, L = 2060-1350 m

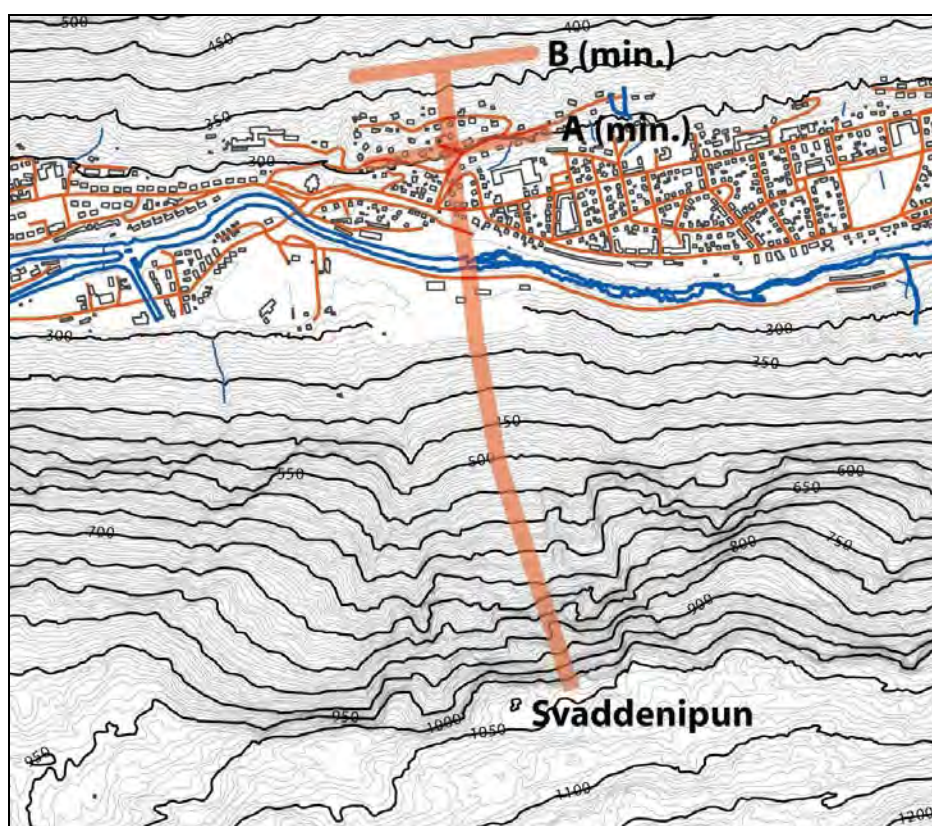
C. Volum = 19 mill m³, H = 700 m, H/L = 0,28-0,42, L = 2500-1670 m

Disse anslagene viser at det minste alternativet vil kunne få en rekkevidde på mellom 1,2 og 1,8 km og det største volumet en rekkevidde på mellom 1,7 og 2,5 km (Fig. 18). Dette viser helt klart at også det minste volumanslaget vil føre til et fjellskred som mest sannsynlig vil krysse hele dalføret og berøre store bebygde områder (Fig. 19). Rekkevidden av store fjellskred vil dermed være begrenset av motsatt dalside. Det er viktig å være klar over at også

utfall av mindre volumer kan ta med seg ura nedenfor og utløse et større skred med stor rekkevidde som dermed vil kunne berøre bebygde områder.



Figur 17. Diagram som viser forholdet mellom volum og H/L (Fallhøyde/utløpsrekkevidde) for fjellskred (se også Fig. 4). De 3 volumanslagene for det ustabile området på Svaddenipun er lagt inn (A, B og C). De stiplede linjene viser resulterende H/L verdier, se diskusjon i teksten.



Figur 18. Minimums rekkevidde av mulige store fjellskred fra Svaddenipun ut fra to alternative volumer, A (5 mill m³) og B (11 mill. m³), se figur 17.



Figur 19. Svaddenipun. Utsikt fra kanten av stupet ned mot Rjukan. Eventuelle steinsprangblokker og større fjellskred vil bli ledet ned mellom to høye fjellrygger (stiplede røde kurver). Foto: S.Dahlgren.

Konklusjoner for Svaddenipun

- Et volum av størrelsesorden 4 millioner m³ er sterkt oppsprukket på toppen av Svaddenipun. Dette området ligger ca 750 meter over Måna som ligger ca 1 km i horisontaldistanse fra et potensielt utfallsområde.
- Det er kjent (bl.a. i 1964) at det har gått mindre fjellskred (noen 10.000 m³) i dette området. Før skredet i 1964 gikk det flere steinsprang i samme området. De mange åpne sprekke tyder på at det vil gå flere skred her. Det er foreløpig vanskelig å si noe om sannsynligheten for et stort fjellskred fra området.
- Anslagene over rekkevidden til et stort utfall viser at et fjellskred vil kunne krysse hele dalføret (Fig. 18).
- På grunn av de svært store konsekvensene ved et stort fjellskred bør fjellsida undersøkes nærmere med henblikk på gjennomføring av et permanent overvåkningssystem.

7. SKREDFARESONER

Skredfare, eller «nominell sannsynlighet for skred», er sannsynligheten for at en lengdeenhet på 30 m på tvers av skredretninga skal bli truffet av skred, jf. veiledningen til Tekniske forskrifter til Plan- og bygningsloven. Dette betyr at en lengre sammenhengende grenselinje med et farenivå på 10⁻³ pr. år vil kunne bli truffet av skred langt oftere enn en gang hvert 1000 år, fordi hver enhet på 30 m har et farenivå på 10⁻³ pr. år.

Det er ikke mulig å gi eksakte tallverdier på skredfare. Særlig for sjeldne skred er slike anslag usikre. Ut fra historiske skredobservasjoner, geologiske data, gradientanalyser og modeller for utløpsrekkevidder, har vi så godt som mulig skissert grensene for farenivåene 10⁻³ pr. år for jordskred, steinsprang og snøskred fra Krossåi i vest til Nedre Dale i øst (Kartvedlegg 4, 5, 6 og 7). I kartvedlegg 4 er faresonene for alle skredtyper presentert på samme kart.

NGI har utarbeidet flere rapporter som omhandler skredfaren lokalt i Vestfjorddalen (Vedlegg 1). Disse er brukt ved fastsettelse av faregrensene i denne rapporten.

7.1 Faresone snøskred

Faregrensen for snøskred er vurdert ut i fra tidligere rapporter som beskriver snøskredfare i området (vedlegg 1), modeller for beregninger av rekkevidden til snøskred og tidligere kjente snøskred. I tillegg er det gjennomført en feltbefaring med observasjon av terrengforhold som har betydning for snøskredfaren og spor etter tidligere skred i vegetasjonen og løsmassedekket. Det er videre tatt hensyn til skredforebygningene på Svadde.

Å fastlegge grense for skredutløp med en bestemt sannsynlighet, for eksempel 10^{-3} pr. år, er vanskelig. Modellene er imidlertid et godt hjelpemiddel til å angi riktig størrelsesorden både på frekvens og rekkevidde for snøskred. Faresonene for snøskred er vist i kartvedlegg 5.

7.2 Faresone jordskred

Faregrensen 10^{-3} for jordskred er hovedsakelig basert på kartlegging av tidligere jordskred og hvor langt ut i dalbunnen disse har gått, samt gradientanalyser av dalsidene (Kartvedlegg 6). Ut fra gravegroper og de historiske hendelsene er det konkludert med at det kan gå jordskred med en sannsynlighet på 10^{-3} eller høyere i alle eksisterende skredbaner. I dag er dalbunnen og nedre del av dalsiden for en stor del bebyggt, spesielt på nordsiden av Måna. Dette betyr at bygninger vil kunne virke som fangmurer for jordskred slik at disse ikke vil kunne bevege seg like langt ut i dalsiden som i eldre tider.

De ytterste deler av et vannholdige jordskred består av vann, sand og slam som har potensial til å bevege seg svært langt ut fra dalsiden. Ved fastsettelse av faregrense for jordskred er det imidlertid bare tatt i betraktning skredmasser som kan gi større fysiske bygningsmessige skader.

En usikkerhetssone er lagt til faregrensa for jordskred for å synliggjøre usikkerheten som ligger i fastsettelsen av denne grensa.

7.3 Faresone steinsprang

Bakgrunn for inntegningen av faregrensen 10^{-3} for steinsprang er tidligere NGI rapporter, historiske data og modeller utviklet ved NGI for beregning av rekkevidden til steinsprang (Domaas, 1994; Domaas, 2002).

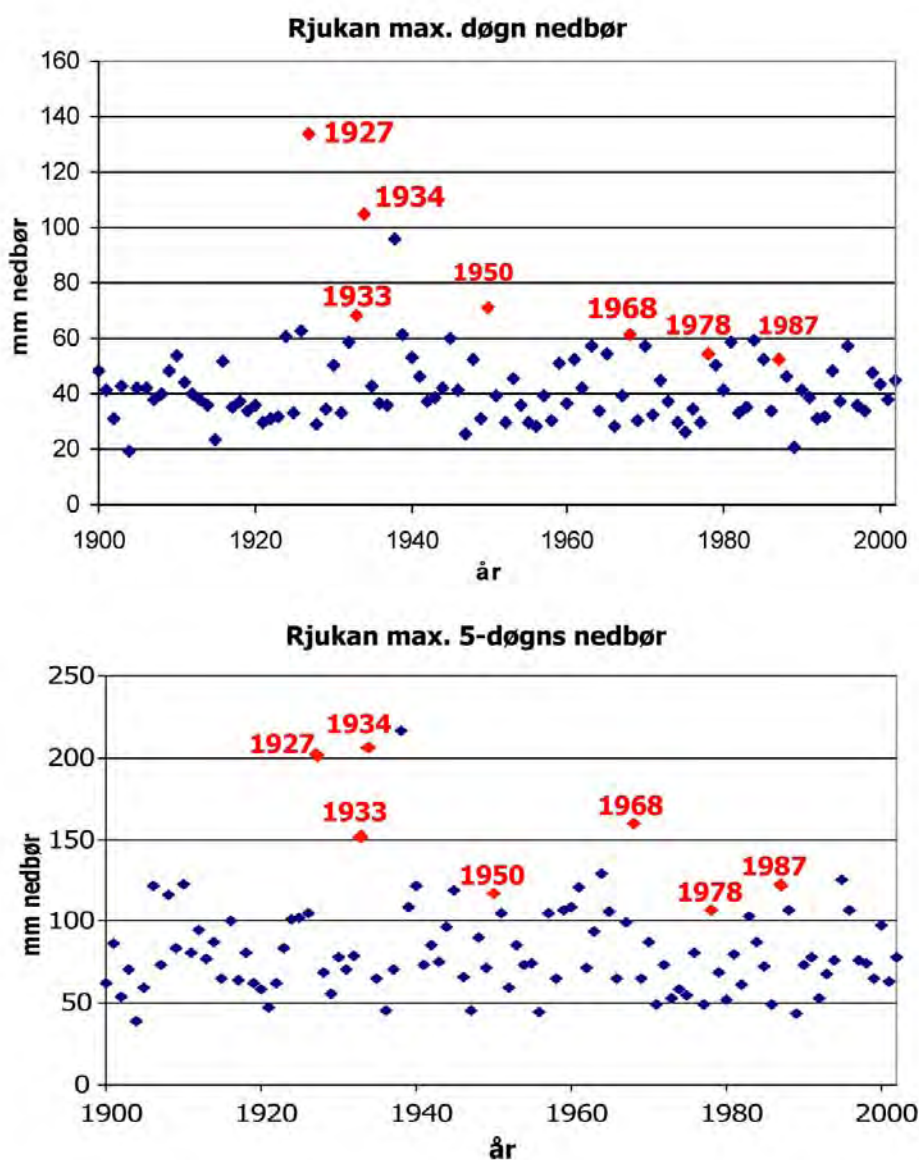
Grensen tar ikke høyde for utløsning av store fjellskred som erfaringsmessig har lengre rekkevidde enn enkeltblokker. Fragmenter av større blokker som løsrives ved knusing ved støt (flogstein) vil også kunne nå lengre enn den angitte grensen.

Ved inntegning av faregrensen er det tatt hensyn til lokale terrengformasjoner, fordi markerte forsenkninger har en tendens til å virke styrende på steinsprangene. Normalt vil derfor steinsprang ha størst sannsynlighet til å få de største utløpene langs forsenkninger. Det er spesielt på nordsida av dalen at markerte raviner i nedre delene av fjellsida vil påvirke rekkevidden av steinsprang. Det er også forsøkt å ta hensyn til at bygninger vil ha bremsende effekt på steinsprang. Faresonene for steinsprang er presentert i kartvedlegg 7.

8. KLIMA OG SKREDFARE

8.1 Sammenheng mellom nedbør og skred på Rjukan i perioden 1900-2003

Vi har fått tilgang på oversikter over døgnnedbør på Rjukan i perioden 1900-1956 fra NVE og 1957-2002 fra DNMI. Disse dataene er systematisk gjennomgått og sammenfattet i vedlegg 6. For hvert år er det satt opp kolonner med maksimum døgnnedbør, dato, maksimum nedbør for en 5-dagers periode, maksimum månedsnedbør og maksimum årsnedbør. Bare sommernedbør er med i tabellen (mai-november), bortsett fra i årsnedbør. For november nedbøren er det kun regnet med det som falt som regn på Rjukan. Denne nedbøren kan imidlertid delvis ha falt som snø i høyere strøk, men dette er ikke evaluert. De registrerte skredhendelsene i vedlegg 2 er satt inn i vedlegg 6 for å se på sammenhengen mellom dato for skredhendelser og nedbørsdataene. Nedbørsdataene i vedlegg 6 er plottet i diagrammer i vedlegg 7 og figur 20. Se også kommentarer til diagrammene i vedlegg 8.



Figur 20. Maksimum døgnnedbør og 5 døgns nedbør for hvert år mellom 1900 og 2003 på Rjukan. Jordskredhendelser som falt sammen med maksimum døgnnedbør er markert med rødt.

Nedbørsdataene fra NVE og DNMI, sammenholdt med de historiske skreddataene (Vedlegg 6 og 7) antyder at det er liten korrelasjon mellom jordskredhendelser og årsnedbør/månedsnedbør. Fire av de dokumenterte jordskredhendelsene siden 1900 kan imidlertid korreleres direkte til høy (over 60mm) nedbør i løpet av ett døgn. Av disse hendelsene står 1927 i en særstilling, men også i 1933, 1934, og 1968 viser klar sammenheng med høy døgnnedbør. Disse hendelsene er merket i figur 20. Høy døgnnedbør i juni i kombinasjon med snøsmelting (slik det var i 1927), kan se ut til å være spesielt ugunstig. Mange historiske jordskredkatastrofer har imidlertid også foregått i de andre sommermånedene 1752 (august), 1789 (juli), 1858 (juli) og 1950 (august). Spesielt høy døgnnedbør i sommermånedene ser derfor ut til å være den viktigste enkeltårsaken til jordskred. Datagrunnlaget er for lite til å kunne gi eksakte verdier for hvor mye nedbør som skal til før faren for jordskred øker dramatisk slik at tiltak bør settes i gang, men flere av de store jordskredhendelsene de siste 100 år har kommet når døgnnedbøren overstiger 60mm. Imidlertid gikk det også jordskred i 1978, 1987 og i 2000 i perioder med døgnnedbør under 60 mm.

8.2 Klimaendringer og endringer i skredfare

RegClim (koordinert forskningsprosjekt for utvikling av *scenarier for klimautviklingen i Norden, omliggende havområder og deler av Arktis ved en global oppvarming* <http://www.nilu.no/regclim>) har utarbeidet prognoser for hvordan klimaet vil utvikle seg regionalt i Norge de neste 50 år. Flere steder i landet vil økte nedbørsmengder kunne føre til økt skredfare. I følge RegClims prognoser ligger Rjukan i et området hvor det ikke forventes høyere gjennomsnittlige nedbørsmengder, verken i form av regn eller snø. Derimot kan det bli noe vanligere med store mengder nedbør over kort tid. Også sterk vind kan forventes å forekomme litt oftere. Til sammen vil dette kunne føre til noe økt skredfare, men endring i skredfaren i Vestfjordalen vil på kort sikt trolig være mer avhengig av menneskelige inngrep i dalsidene.

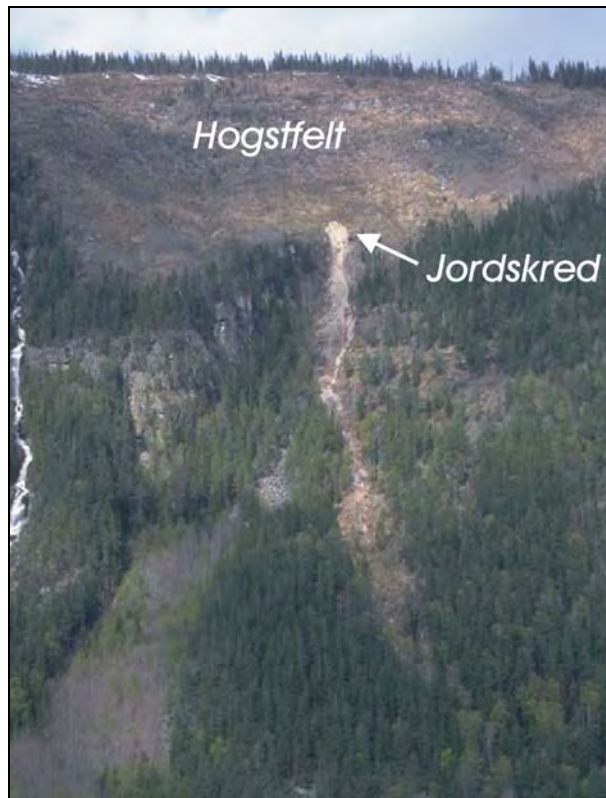
9. MENNESKELIGE INNGREP OG SKREDFARE

Menneskelige inngrep i form av hogst og gravearbeider kan ha stor innvirkning på skredfaren i dalsidene.

9.1 Hogst

Vegetasjon har ofte betydelig effekt på risikoen for erosjon og utløsning av skred i bratte skråninger (Rankka og Fallsvik, 2003). Vegetasjonen virker positivt inn på skråningsstabiliteten på flere måter, blant annet ved at røttene hjelper til å forankre jorda. Vanninnholdet i jorda vil også minke og avrenningshastigheten vil være mindre enn i uvegeterte områder. En tett vegetasjon vil i tillegg kunne fange opp materiale som eroderes høyere opp i skråningen. Mindre snø vil kunne legge seg på bakken i vegeterte områder, og snøsmeltingen vil gå saktere på grunn av skyggen fra trærne. Vegetasjon vil også virke stabiliserende på et snødekke.

Hogstfelt i bratte skråninger vil derfor øke faren for både jordskred og snøskred (Fig. 21). Også områder hvor store trær har rotveltet vil være utsatt fordi vann lett vil kunne infiltrere ned i bakken der jorda er blottlagt. Ung skog vil derfor være bedre enn gammel skog med tanke på skredfare (Rankka og Fallsvik, 2003).



Figur 21. Jordskred utløst i et hogstfelt i bratt dalside på østsiden av Røyså mellom Gauståjordet og Bjørtuftgrenda. Eksempel på hvordan menneskelig aktivitet kan øke jordskredfaren. Foto: S.Dahlgren.

9.2 Veianlegg

Veianlegg i bratte skråninger har i flere tilfeller resultert i utglidninger og jordskred grunnet utilstrekkelig dimensjonering av dreneringssystemet (Sandersen, 1988). Skråningen kan også bli lokalt brattere, samtidig som jorda blottlegges. Ekstra uheldig er veier i hogstfelt, fordi man da kombinerer to uheldige inngrep. I Vestfjorddalen er det flere mindre og større veianlegg i dalsidene.

9.3 Utgravinger og plassering av bebyggelse

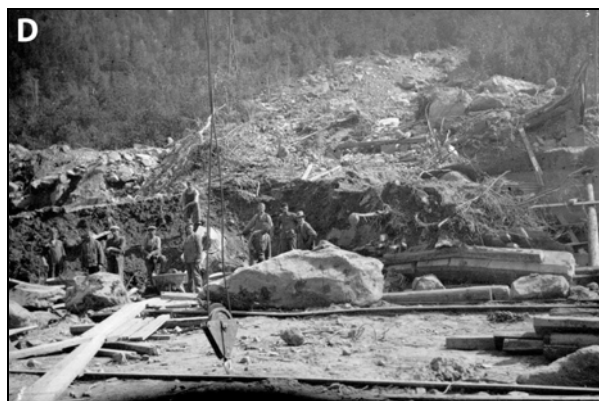
Ved graving i bratte skråninger, for eksempel ved utgraving av tomter, vil skråningen over bli mer ustabil ved at foten av skråningen fjernes og skråningen lokalt blir brattere. Dreneringsveier i bakken kan også bli endret, noe som være uheldig. Mange tomter på Rjukan er gravd inn i foten av dalsidene eller høyere opp i skråningene. Dette medfører generelt en høyere fare for jordskred, samtidig som disse bygningene ligger innenfor rekkevidden av skred som utløses høyere opp i dalsiden.

På gradientkartet (Kartvedlegg 10) kommer det frem flere bratte skråninger i nedre del av fjellsiden. Mange boliger er plassert kloss inntil disse skråningene som i mange tilfeller har gradienter godt over 28°. Også boliger på toppen av de lokale brattkantene kan være utsatt hvis jordskred løsner i skråningen under dem. Et eksempel på en slik bratt skråning er området mellom Villaveien og riksvei 37 vest for Sølvvollen. Her har utgraving til tomter trolig bidratt til å øke gradientene i den fra før meget bratte skråningen.

9.4 Hvorfor ble det så ille på Rjukan i 1927?

Den spesielt høye nedbøren kombinert med snøsmelting i slutten av juni 1927 er en viktig, men trolig ikke eneste årsak til at skredkatastrofen på Rjukan dette året (Fig. 22). Før 1907

eksisterte ikke Rjukan, men i årene deretter ble byen raskt til. For å få plass til byen i det trange dalføret ble det gravet i hele dalbunnen og langt oppover liene (Fig. 22). Mot elva og andre steder ble det planert og fylt på masser. Flere steder ble sandmasser gravet ut slik at overliggende løsmasser ble ustabile. Bønder i området advarte nybyggerne mot å bygge på skredfarlige steder (Einung, 1943), men disse områdene ble likevel utbygget. Dette gjelder bl.a. Rjukan jernbanestasjon, Bøen (Skriugata) og ravina bak Rjukan kirke, alle steder hvor det seinere har gått betydelige skred (Fig. 22).



Figur 22. Konsekvenser av jordskredet på Rjukan 29 juni 1927. **(A)** Hus smadret av jordskred i Skriugata; **(B)** Ved Rjukan kirke. Skredbanen kan ses oppe til høyre. Skredet tok presteboligen som sto på en oppbygd voll i ravina til høyre for kirken. Et par hus mellom Sam Eydesgt. Og elva ble knust; **(C)** Jordskredmasser over Sam Eydesgt. Ved Rjukan kirke. Omtrent 4500 m³ skredmasser måtte kjøres bort fra kirkeplassen, Sam Eydesgt. Og jernbanelinja. Merk de typisk usorterte skredmassene i gravesnittet; **(D)** Jordskredbane mot fabrikkbygning der 6 arbeidere omkom; **(E)** Jordskred mot hus ved Rjukan jernbanestasjon; **(F)** Sam Eydesgt etter flom- og skredkatastrofen. Under uværet var gata uframkommelig for kjøretøyer. Arkivfoto Rjukan bibliotek.

På gamle fotografier kan det sees at det var lite vegetasjon i liene. Dette kan skyldes flere hundre års beiting og vedhogst, men i perioden før 1927 ble det utvilsomt hogd ut kraftig i liene for å lage transportveier, kraftlinjer etc. Flere hus ble også åpenbart lagt i gamle skredbaner, som for eksempel presteboligen ved Rjukan kirke (Fig. 22B). Ved høy nedbør måtte dette få konsekvenser. I dag er det mye mer vegetasjon oppover dalsidene i Vestfjorddalen enn i 1927. Dette er en faktor som nok reduserer faren for jordskred i forhold til tidligere.

10. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER FOR OPPFØLGING

Skredfarekartleggingen i Vestfjorddalen gir et fundamentalt grunnlag for å gjøre Vestfjorddalen og Rjukan by til et tryggere sted å bo. Denne rapporten gir et vesentlig bidrag til risiko og sårbarhetsanalyser mht skredfare i Vestfjorddalen i Tinn kommune. For første gang finnes det en totaloversikt over fare for jordskred, steinsprang, fjellskred og snøskred i området rundt Rjukan. Rapporten bør brukes aktivt i både den løpende arealplanleggingen og i beredskapssammenheng. Det er også viktig at anbefalinger om oppfølging aktivt følges opp.

Gjennom geologisk kartlegging og bruk av historiske kilder har vi klart å få en ganske brukbar forståelse for hyppighet, omfang og årsaker til ulike skredhendelser i Vestfjorddalen. Det er imidlertid grunn til å tro at det har gått langt flere skred bare de siste 100 årene enn det vi har kunnet lese om i avisene som er de viktigste historiske kildene i denne perioden. Dette skyldes at skred som ikke fører til materielle ødeleggelser på hus og infrastruktur eller skader folk ikke blir viet oppmerksomhet i mediene. For å øke forståelsen for framtidige skred i dalføret anbefaler vi kommunen å utføre en systematisk registrering av større steinsprang, snøskred, jordskred og fjellskred. Økt forståelse for årsaker og virkning vil på sikt føre til bedre beredskap og økt trygghet for beboerne.

10.1 Arealplanlegging

Plan- og bygningsloven setter klare krav til sikkerhet mot skred for boligområder, skoler, andre bygg og annen infrastruktur. Denne rapporten gir Tinn kommune detaljerte skredfarekart for bruk i arealplanleggingen (Kartvedlegg 4, 5, 6 og 7). Skredfarekartene gir en total oversikt over skredfaren i de mest sentrale deler av dalen ved Rjukan, og vil kunne legges direkte inn i kommunens arealoversikt. Skredfaresonene er digitale og følger alle krav til internasjonale og nasjonale SOSI standarder. Selv om denne undersøkelsen er omfattende er det fortsatt mange oppgaver å følge opp i Vestfjorddalen.

10.1.1 Faresonekart utenfor Rjukan by

Det bør utarbeides faresonekart også for nedre deler av Vestfjorddalen (øst for Dale, Fig. 1). Særlig er dette viktig for området Middøla-Miland-Mæl-Rollag når det gjelder jordskred, og for de bratte fjellsidene mellom Dale og Miland med hensyn på fjellskred. I denne omgang er det utført kun litt geologisk kartlegging i denne delen, og selv om dette er presentert i kartvedlegg til rapporten er disse undersøkelsene ikke tilstrekkelige for utarbeidelse av skredfarekart. Oppfølgingen av kartleggingen av jordskredfare ved Middøla-Miland-Mæl-Rollag bør utføres i samarbeid med NVE som arbeider med flomsonekart i samme område.

Ekstremnedbøren i 1927 førte til flom og mange jordskred. Muligens var det tilsvarende forhold i Vestfjorddalen i 1934, 1858 og 1752. Dette kan tyde på at ekstremnedbørsituasjoner kan forekomme med en hyppighet på ca 100 år eller mindre, men statistikken er for dårlig til å konkludere hvor hyppige slike situasjoner er. For bedre å kunne evaluere hyppighet av skred

og flom vil det være viktig å se på de naturlige frekvensene av slike hendelser. Både NGU og Universitetet i Bergen har foretatt slike studier i skred og flomavsetninger, blant annet i jordskredavsetninger i Gudbrandsdalen og i en serie flomavsetninger på deltaet i Atnsjøen. Disse avsetningene er daterbare og skred- og flomfrekvensene kan på denne måten kartlegges i rimelig detalj. Tilsvarende arbeid kan tenkes utført i jordskredvifter i nedre deler av Vestfjorddalen og på deltaene ut i Tinnsjø ved Mæl, Austbygde og Atrå. Dette vil kunne øke kunnskapen om skred- og flomhyppighet i Tinn gjennom flere hundre år og vil være viktig for faresonerer både når det gjelder jordskred/flomskred og flom.. Universitetet i Bergen, v/ Prof. Atle Nesje, stiller seg positiv til et samarbeid om dette, for eksempel gjennom studentarbeider. Dette er et arbeid som også må involvere Tinn kommune, NVE og Øst-Telemarken Brukseierforening.

10.1.2 Kildeområder for fjellskred

To kildeområder for potensielle større fjellskred bør undersøkes videre. Dette er:

- Svaddenipun
- Overhengende fjellparti opp for Sønnstaul – Akzo Chemicals

I disse områdene bør det settes opp et nettverk av fastpunkter for presisjonsmålinger for å finne ut om det er bevegelser i fjellpartiene over tid. Dette for å vurdere om disse fjellpartiene på sikt bør overvåkes kontinuerlig. I tillegg bør målingene i Tveitolia utvides til å omfatte et større område enn i dag. Dette også for å vurdere kontinuerlig overvåkning.

10.2 Sikringstiltak

Skredfarekartene vil også kunne brukes som fundament for vurdering av eventuelle sikringstiltak. I utgangspunktet foreslås det ikke noen omfattende sikringstiltak, men visse forebyggende og beredskapsmessige tiltak er viktige:

10.2.1 Sikring og forebyggende tiltak mot jordskred

Største faren i Vestfjorddalen er jordskred. Dette kan ved ekstreme forhold true mange hus i hele dalføret. Praktisk er det imidlertid svært vanskelig i stor skala å sikre bebyggelsen mot jordskred. Likevel kan det være mindre områder som kan være aktuelle for sikringstiltak, men dette er ikke vurdert i denne rapporten.

De viktigste tiltakene kommunen og grunneierne kan gjøre for å redusere faren og konsekvensene av jordskred er av forebyggende og beredskapsmessig art (se eget avsnitt om beredskap nedenfor). Forebyggende tiltak mot jordskred omfatter:

- Dreneringen av vann fra dalsidene ut til Måna må til enhver tid fungere godt. Dette betyr at alle dreneringsløp og rør må holdes fri for trær, kvister, søppel, fyllmateriale etc. Det må ikke bygges hus, garasjer eller liknende som hindrer god drenering. Kommunen må sørge for et godt og systematisk vedlikehold av dreneringssystemene. Rør for drenering må ha en dimensjon som er egnet for avledning av store vannmengder.
- Kraftig og frisk vegetasjon i liene vil være en viktig faktor for å redusere faren for erosjon og jordskred ved ekstrem nedbør. Snauhogst i liene må derfor unngås. Det er likevel viktig at det foretas en viss skogskjøtsel for å fjerne gamle trær. Rotvelt fra store, gamle trær kan føre til erosjon og mulig jordskred.
- Etablering av traktorveier og skogsbilveier, eller annen aktivitet som ødelegger den naturlige terrengoverflaten i dalsidene, er forbundet med økt fare for erosjon og jordskred, og bør derfor unngås så langt det er mulig.

10.2.2 Sikring mot snøskred

NGI foreslår ikke noen nye sikringstiltak mot snøskred ut over de tiltakene som allerede er utført på Svadde etter tidligere anbefalinger fra NGI.

10.2.3 Sikring mot steinsprang og fjellskred

Steinsprang vil forekomme fra tid til annen langs hele dalføret. Sikring mot steinsprang er vanskelig å utføre i stor skala. Imidlertid bør et mindre område opp for vestenden av Skiugata følges opp. Denne bør snarest undersøkes av geologer for grundig vurdering av stabilitet og eventuell sikring. Det er også svært vanskelig å sikre kildeområder for potensielt store fjellskred. Slike områder må overvåkes som en del av kommunens beredskap.

10.3 Beredskap

Tinn kommune har ansvaret for å utarbeide beredskapsplaner mht skredfare. Disse planene må omfatte kriterier for når, hvor og hvordan tiltak skal settes i gang. Beredskapsplanlegging er ikke tema for denne rapporten, men skredfarekartene for snø og jordskred gir viktig grunnlagsinformasjon for utarbeidelse av beredskaps- og evakueringsplaner. Disse kartene vil dessuten være essensielle ved evakuering av folk i en eventuell krisesituasjon.

Ekstrem nedbør over kort tid, det vil si i perioder på under 24 timer, er en sannsynlig viktig faktor for utløsning av både jord-, snø- og fjellskred. Kontinuerlige og detaljerte nedbørsmålinger vil derfor være viktig i kommunens beredskapsarbeid. Kommunen bør derfor så raskt som mulig etablere en målestasjon for nedbør som foretar kontinuerlige og presise målinger. Denne bør etableres f.eks. i forbindelse med brannstasjonen slik at nedbøren kan overvåkes døgkontinuerlig.

Detaljene for beredskap ved fare for snø-, jord- og fjellskred vil være noe ulike. Slik beredskapsplanlegging må gjennomføres i tiden som kommer. Her vil vi imidlertid gi noen retningslinjer som kan brukes for beredskap inntil bedre kriterier, planer og rutiner er utarbeidet.

10.3.1 Jordskred

Det er først og fremst i forbindelse med jordskredfare det må utarbeides beredskapsplaner da disse utgjør den største faren for skred mot boligområder. Jordskred utløses åpenbart i sommer- og høst månedene som følge av ekstrem nedbør over kort tid. Derfor er nedbørsmålinger spesielt viktige. Som en foreløpig retningslinje foreslår vi følgende tiltak dersom nedbøren i løpet av 24 timer eller mindre overstiger:

- **50 mm:** Kommunens beredskapsansvarlige må snarest forberede mulige tiltak.
- **60-80 mm:** Alarmberedskap. Kontinuerlig vurdering av evakuering av utsatte boligområder.

Effekten av nedbør bør også vurderes sammen med temperaturforholdene. Dersom den ekstreme nedbøren kommer samtidig med snøsmelting (jfr. 1927) kan effekten bli dramatisk. Dersom nedbøren kommer som regn på Rjukan, men som snø oppe på fjella rundt vil dette ha dempende virkning på jordskredfare.

For den konkrete utarbeidelsen av evakueringsplaner på Rjukan anbefaler vi det blir gjort en oppfølging for å identifisere de enkelte bygningene som ligger særlig utsatt til, for eksempel direkte utenfor store jordskredløp. Dette vil være bygninger som bør evakueres først under en krisesituasjon. Dette bør gjøres av kommunen i samarbeid med fagekspertise i felt.

10.3.2 Snøskred

I helt ekstreme værssituasjoner kan det teoretisk tenkes å oppstå store løssnøskred fra Gaustatoppen. Store flaksnøskred er det ikke mulig å sikre seg mot, men det er viktig å lage en beredskapsplan for en potensiell ekstremssituasjon. En slik situasjon kan tenkes å oppstå som følge av ekstrem nedbør ved flere kuldegrader og vind fra sektoren sørøst til vest.

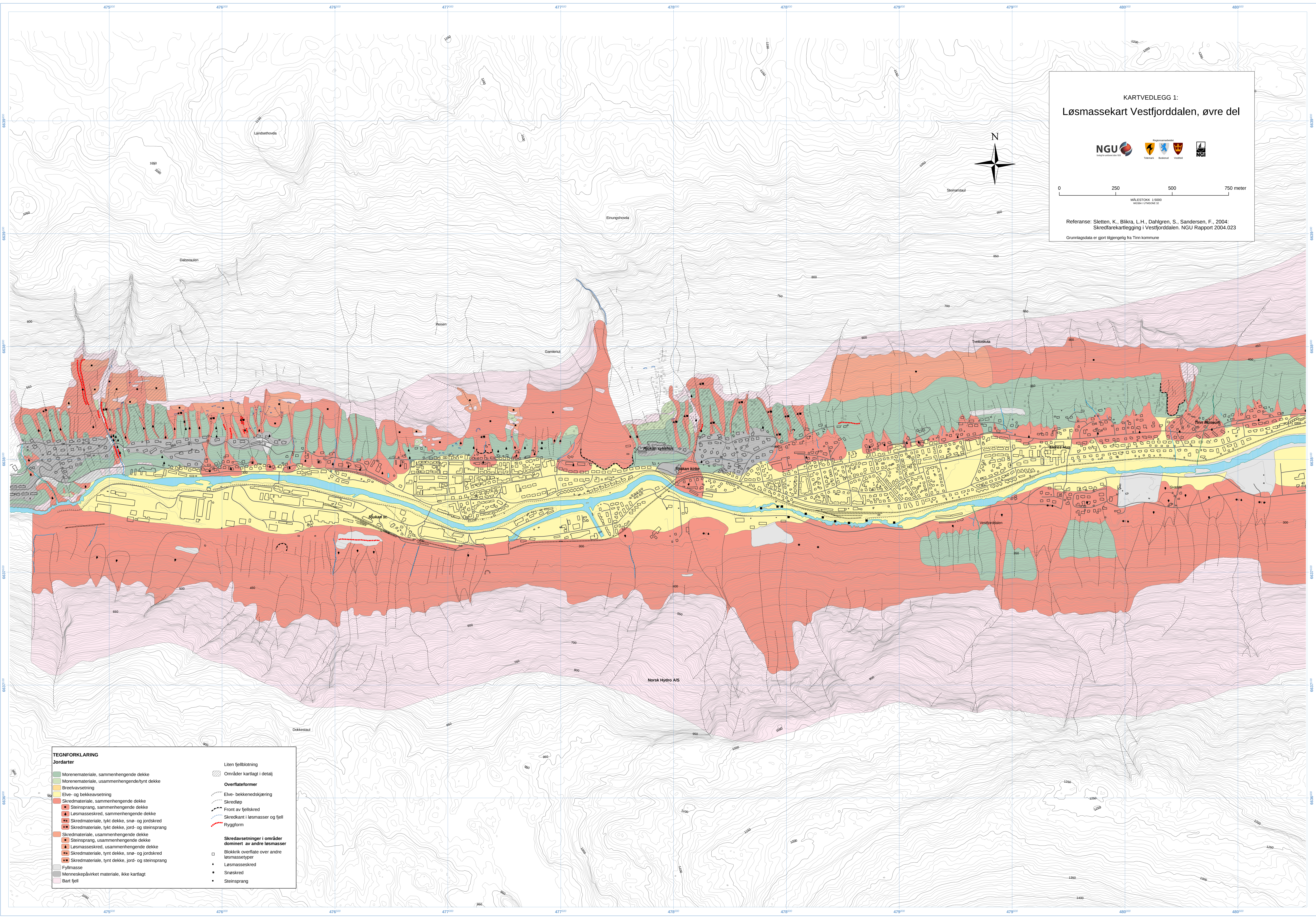
10.3.3 Fjellskred

Store fjellskred er svært sjeldne hendelser, men konsekvensene kan være enorme og det er vanskelig og krevende å sette opp konkrete kriterier for beredskap og evakuering. Det store fjellskredet ved Bjørtuft ble trolig utløst av ekstrem nedbør under "Stor-Ofsen" i 1789. Mindre fjellskred fra Svaddenipun i 1927 og 1964 ser også ut til å ha blitt utløst som følge av kraftig nedbør. Ekstrem nedbør kan derfor trolig også øke fjellskredfaren.

Det viktigste beredskapsmessige tiltaket mot fjellskred er imidlertid å overvåke mulig ustabile fjellområder. Flere steder i landet der det har gått store fjellskred ble det ofte rapportert om økt steinsprangaktivitet forut for skredet. Videre er det dokumentert til dels store bevegelser i de ustabile fjellpartiene i mange år forut for skredhendelsen. I mange tilfeller er det også registrert en akselererende bevegelse like forut for store fjellskred. Overvåking i form av bevegelsesmålinger i kombinasjon med registrering av steinsprangaktivitet vil derfor være viktig når en har dokumentert bevegelser av store fjellparti.

11. REFERANSER

- Bergstrøm, B., Reite, A., Sveian, H. og Olsen, L.** 2001: Feltrutiner, kartleggingsprinsipper og standard for kvartærgeologisk kartlegging/løsmassekartlegging ved NGU. *NGU Rapport 2001.018*.
- Bing, L.H.** 1810: Topografiske Efterretninger angaaende Øster-Raabygglaugets sorenskriverie. Kongsberg
- Blikra, L. H.** 1994: Postglacial colluvium in western Norway: Sedimentology, geomorphology and palaeoclimatic record. Dr Scient avhandling, Universitetet i Bergen.
- Blikra, L.H., Braathen, A., & Skurtveit, E.** 2001: Hazard evaluation of rock avalanches; the Baraldsneset-Oterøya area. *Norges geologiske undersøkelse Rapport 2001.108*.
- Blikra, L. H. og Nemec, W.** 1998: Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record. *Sedimentology* 45, 909-959.
- Blikra, L. H. og Sæmundsson, T.** 1998: The potential of sedimentology and stratigraphy in avalanche-hazard research. *Norwegian Geotechnical Institute Publication* 203, 60-64.
- Blikra, L. H. og Aa, R.** 1996: Skredfarekartlegging i Lærdal i samband med den nye stamveien Oslo-Bergen. *NGU rapport 96.055*.
- Domaas, U.** 1994: Geometrical Methods of calculating rockfall range. *NGI-report 585910-1*.
- Domaas, U.** 2002: Steinsprang. E 16 Eråksøynane, Lærdal. *Teknisk Notat 2002-06-17*.
- Einung, H.H.** 1926: Tinn saga. Bind 1.
- Einung, H.H.** 1943: Storflommen i Tinn 27. og 28. juni 1927. Tinn kommunes forlag.
- Einung, H.H.** 1953: Tinn saga. Bind 2.
- Hestnes, E.** 1996: Tvergrot Vest, Rjukan. Skredfarevurdering av aktuelt utbyggingsområde. *NGI rapport 954047-1*.
- Løvenskiold, B.H.** 1784: Beskrivelse over Bradsbjerg Amt og Scheens Bye med sine forstæder. Christiania.
- Helland, A.** 1900: Norges Land og folk. Bratsberg Amt.
- NGI:** Se rapportoversikt i vedlegg 1
- Pynten, P.** 2001: Omtale av flom, steinsprang og ras i Vestfjorddalen. Vesentlig avisreferater (upaginert).
- Rankka, K. og Fallsvik, J.** 2003: Förstärkningsåtgärder för slänter och raviner i morän och annan grov sedimentjord. *FoU rapport*, Rädningsverket. Karlstad.
- Sandersen, F.** 1988: Faktorer som har betydning for utløsning og rekkevidde av flomskred og mulige sikringsmetoder. *NGI rapport 58300-8*.
- Sletten, K.** 2002: Holocene mass-movement processes in Norway, and the development of a moraine complex on Svalbard. Geomorphology, sedimentology, chronostratigraphy and palaeoclimate. *Upublisert doktorgradsavhandling, Universitetet i Bergen*.
- Stuiver, M. and Reimer, P. J.** 1993: Extended ¹⁴C data base and revised CALIB 3.0 ¹⁴C age calibration program. *Radiocarbon* 35, 215-230.



KARTVEDELEGG 1:
Løsmassekart Vestfjorddalen, øvre del



0250500750 meter

Referanse: Sletten, K., Blikra, L.H., Dahlgren, S., Sandersen, F., 2004: Skredfarekartlegging i Vestfjorddalen. NGU Rapport 2004.023
Grunnlagsdata er gjort tilgjengelig fra Tinn kommune

TEGNFORKLARING

Jordarter

Morenemateriale, sammenhengende dekke

Morenemateriale, usammenhengende/tynt dekke

Breelavsetning

Elve- og bekkeavsetning

Skredmateriale, sammenhengende dekke

Steinsprang, sammenhengende dekke

Løsmasseskred, sammenhengende dekke

Skredmateriale, tykt dekke, snø- og jordskred

Skredmateriale, tykt dekke, jord- og steinsprang

Skredmateriale, usammenhengende dekke

Steinsprang, usammenhengende dekke

Løsmasseskred, usammenhengende dekke

Skredmateriale, tynt dekke, snø- og jordskred

Skredmateriale, tynt dekke, jord- og steinsprang

Fyllmasse

Menneskepåvirket materiale, ikke kartlagt

Bart fjell

Liten fjellblotning

Områder kartlagt i detalj

Overflateformer

Elve- bekkenedskjæring

Skredløp

Front av fjellskred

Skredkant i løsmasser og fjell

Ryggform

Skredavsetninger i områder dominert av andre løsmasser

Bløkkrik overflate over andre løsmassestyper

Løsmasseskred

Snøskred

Steinsprang

KARTVEDLEGG 2:
Løsmassekart Vestfjorddalen, midtre del



0250500750

MÅLSTOKK 1:5000
WGS84 UTMZONE 32

Referanse: Sletten,K., Blikra, L.H., Dahlgren, S., Sandersen, F., 2004:
Skredfarekartlegging i Vestfjorddalen. NGU Rapport 2004.023

Grunnlagsdata er gjort tilgjengelig fra Tinn kommune

TEGNFORKLARING

Jordarter

Morenemateriale, sammenhengende dekke

Morenemateriale, usammenhengende/tynt dekke

Breelavsetning

Elve- og bekkeavsetning

Skredmateriale, sammenhengende dekke

Steinsprang, sammenhengende dekke

Løsmasseskred, sammenhengende dekke

Skredmateriale, tykt dekke, snø- og jordskred

Skredmateriale, tykt dekke, jord- og steinsprang

Skredmateriale, usammenhengende dekke

Steinsprang, usammenhengende dekke

Løsmasseskred, usammenhengende dekke

Skredmateriale, tynt dekke, snø- og jordskred

Skredmateriale, tynt dekke, jord- og steinsprang

Fyllmasse

Menneskepåvirket materiale, ikke kartlagt

Bart fjell

Liten fjellblotning

Overflateformer

Elve- bekkenedskjæring

Skredløp

Front av fjellskred

Skredkant i løsmasser og fjell

Ryggform

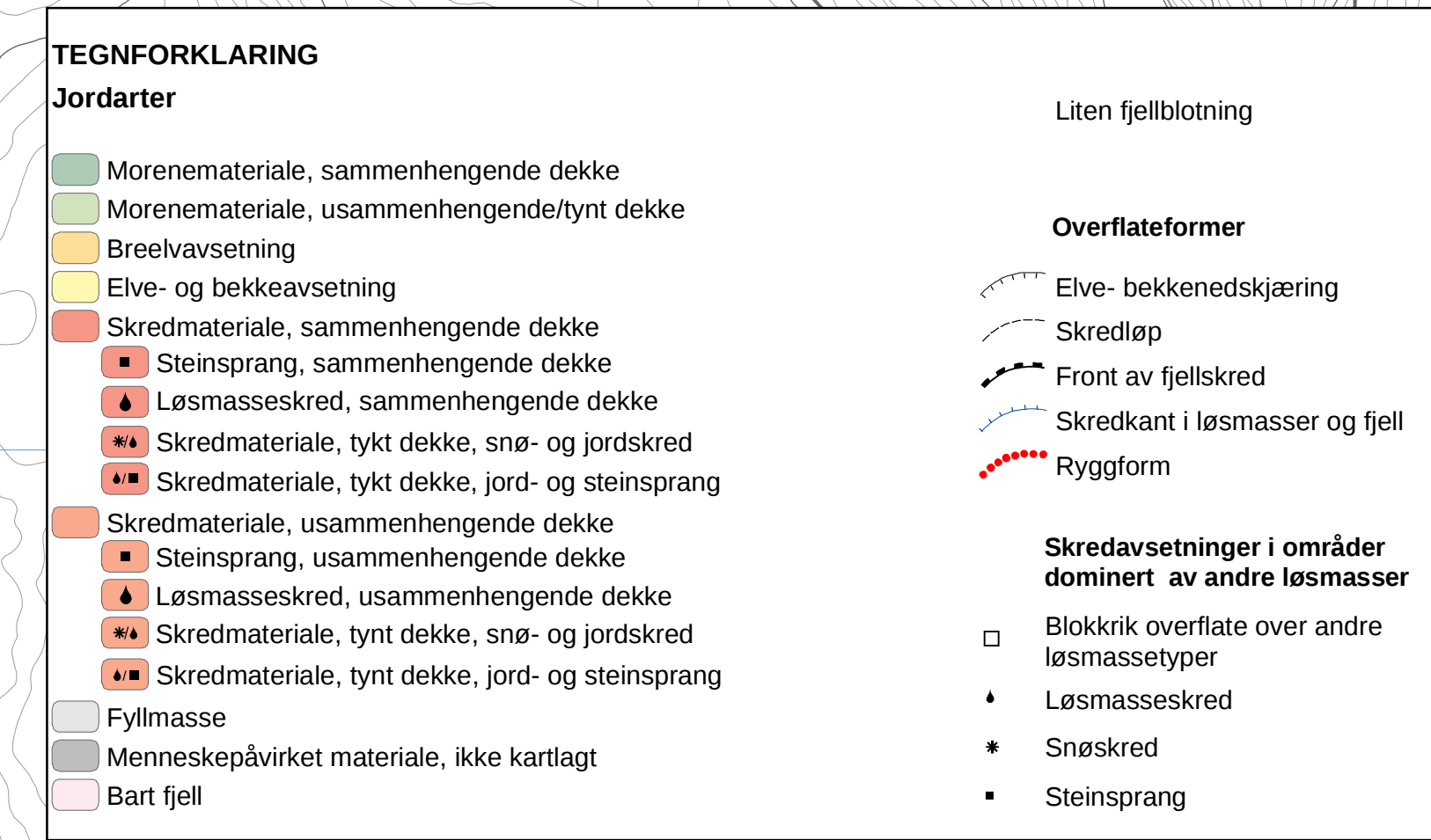
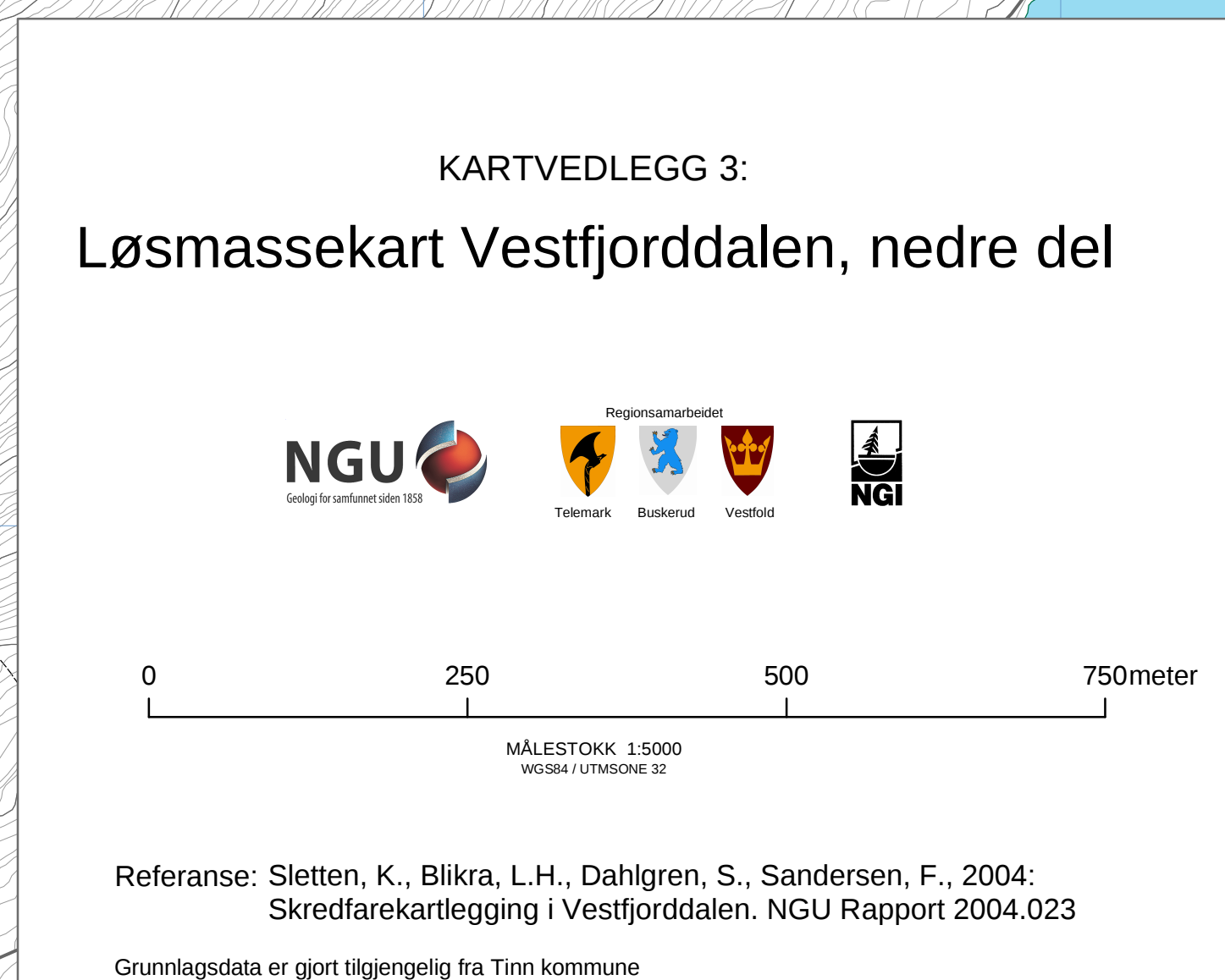
Skredavsetninger i områder dominert av andre løsmasser

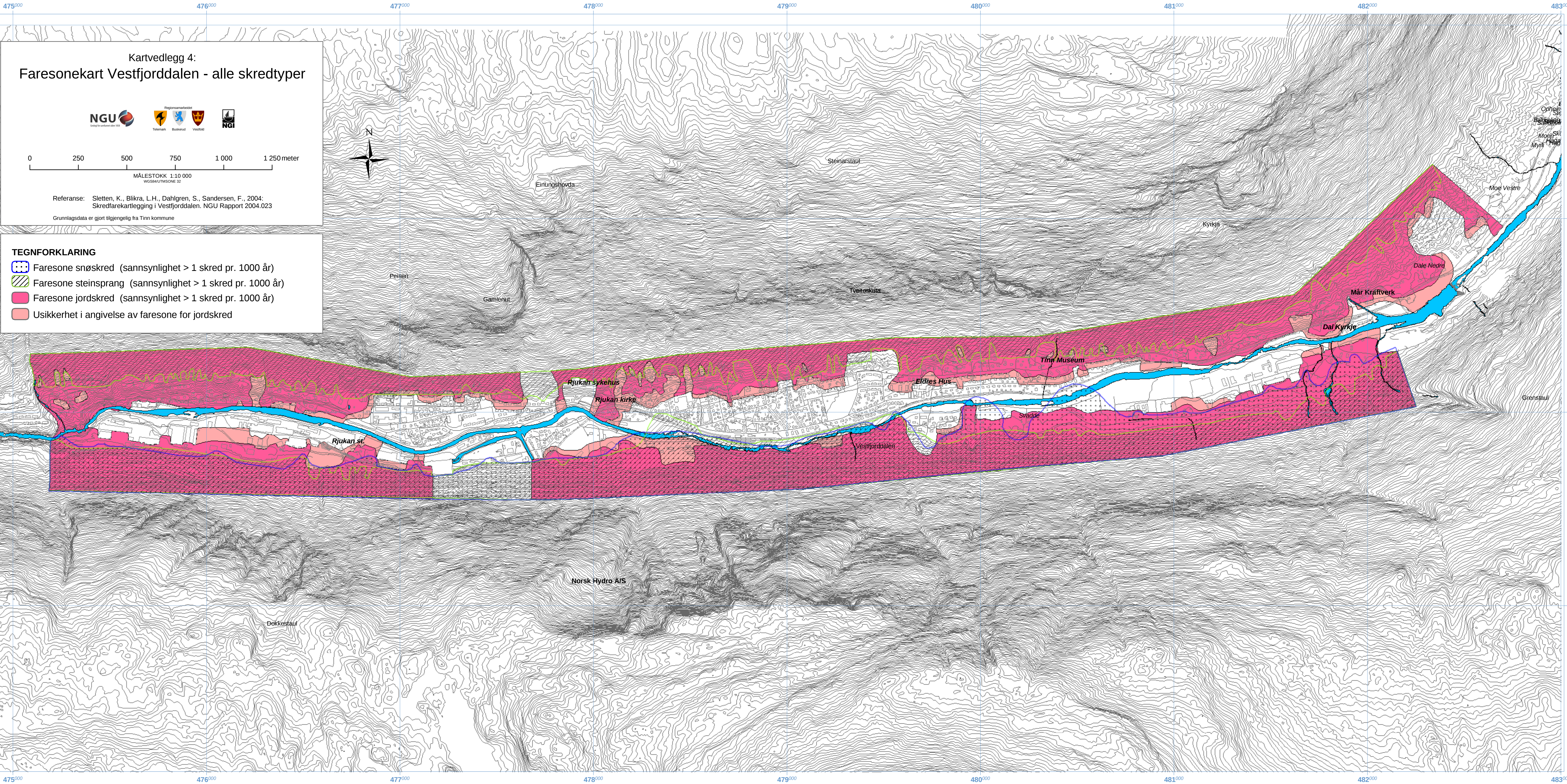
Blokkrik overflate over andre løsmassetyper

Løsmasseskred

Snøskred

Steinsprang





Kartvedlegg 4:
Faresonekart Vestfjorddalen - alle skredtyper



0 250 500 750 1 000 1 250 meter

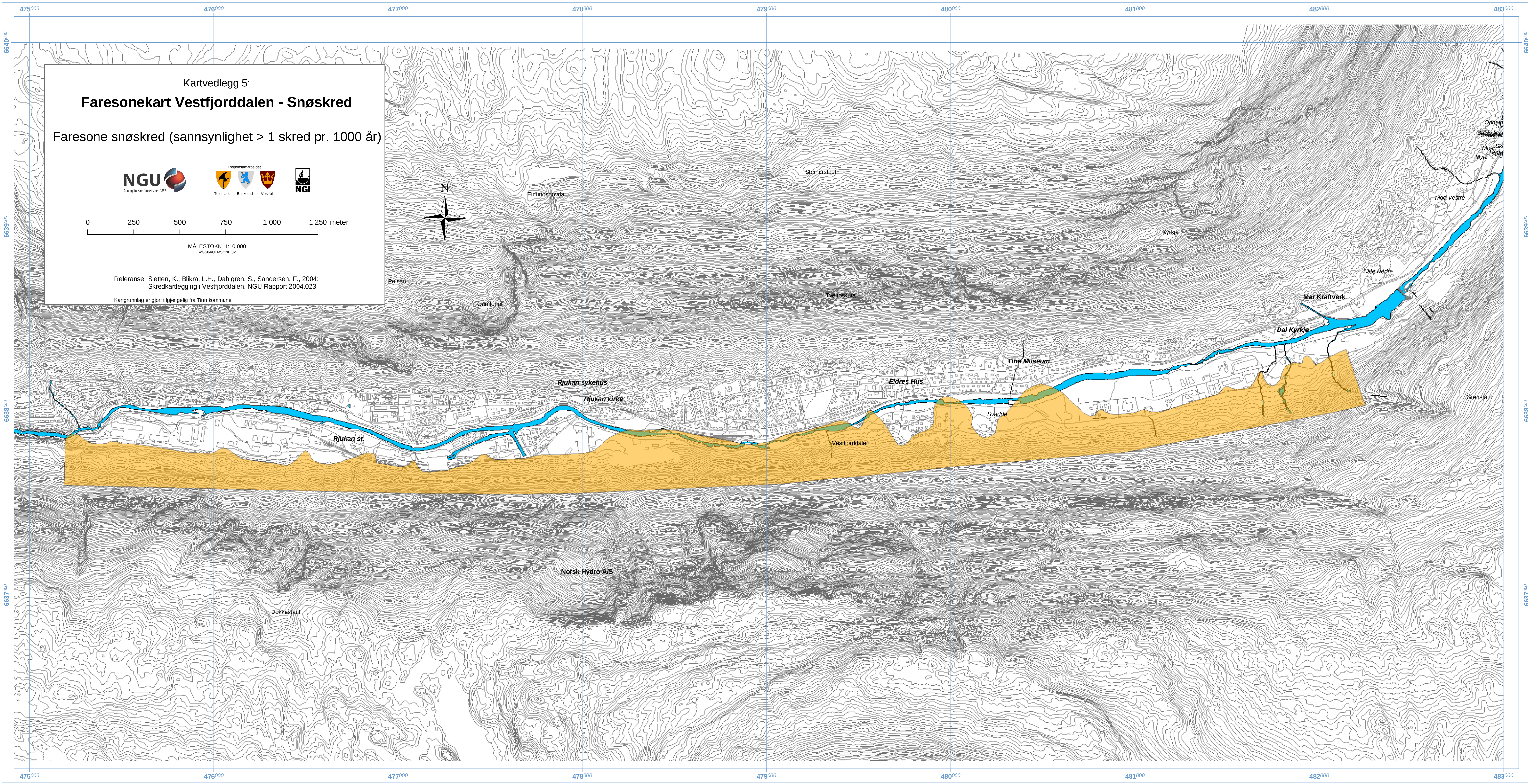
MÅLESTOKK 1:10 000
WGS84UTMSONE 32

Referanse: Sletten, K., Blikra, L.H., Dahlgren, S., Sandersen, F., 2004:
Skredfarekartlegging i Vestfjorddalen. NGU Rapport 2004.023

Grunnlagsdata er gjort tilgjengelig fra Tinn kommune

TEGNFORKLARING

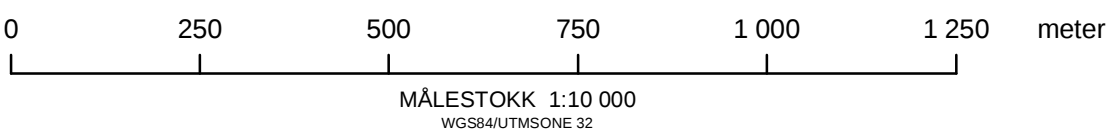
- Faresone snøskred (sannsynlighet > 1 skred pr. 1000 år)
- Faresone steinsprang (sannsynlighet > 1 skred pr. 1000 år)
- Faresone jordskred (sannsynlighet > 1 skred pr. 1000 år)
- Usikkerhet i angivelse av faresone for jordskred



Kartvedlegg 6:
Faresonekart Vestfjorddalen - Jordskred

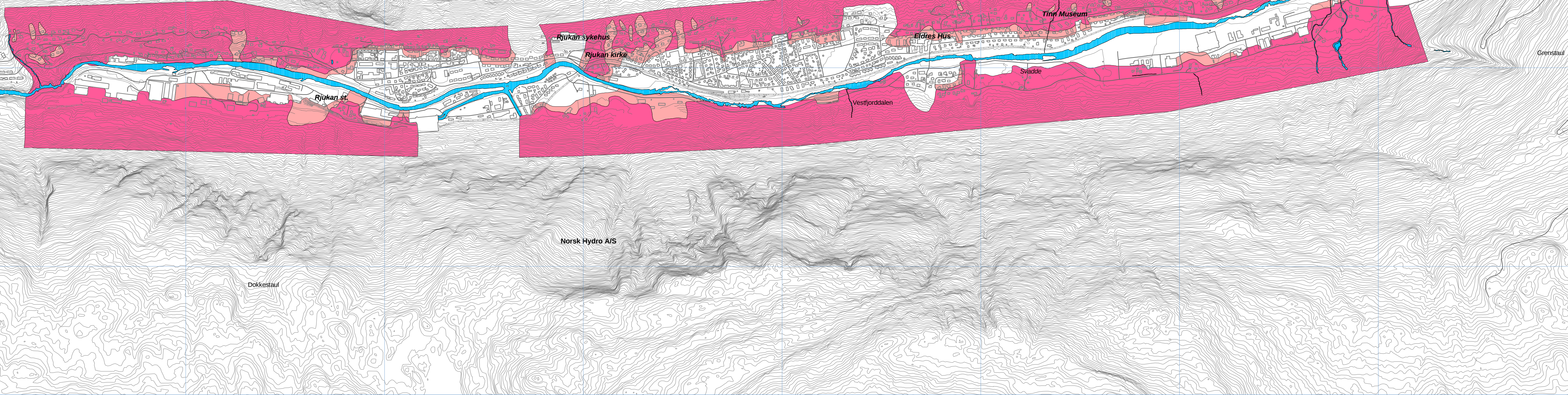
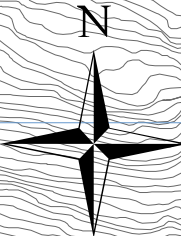


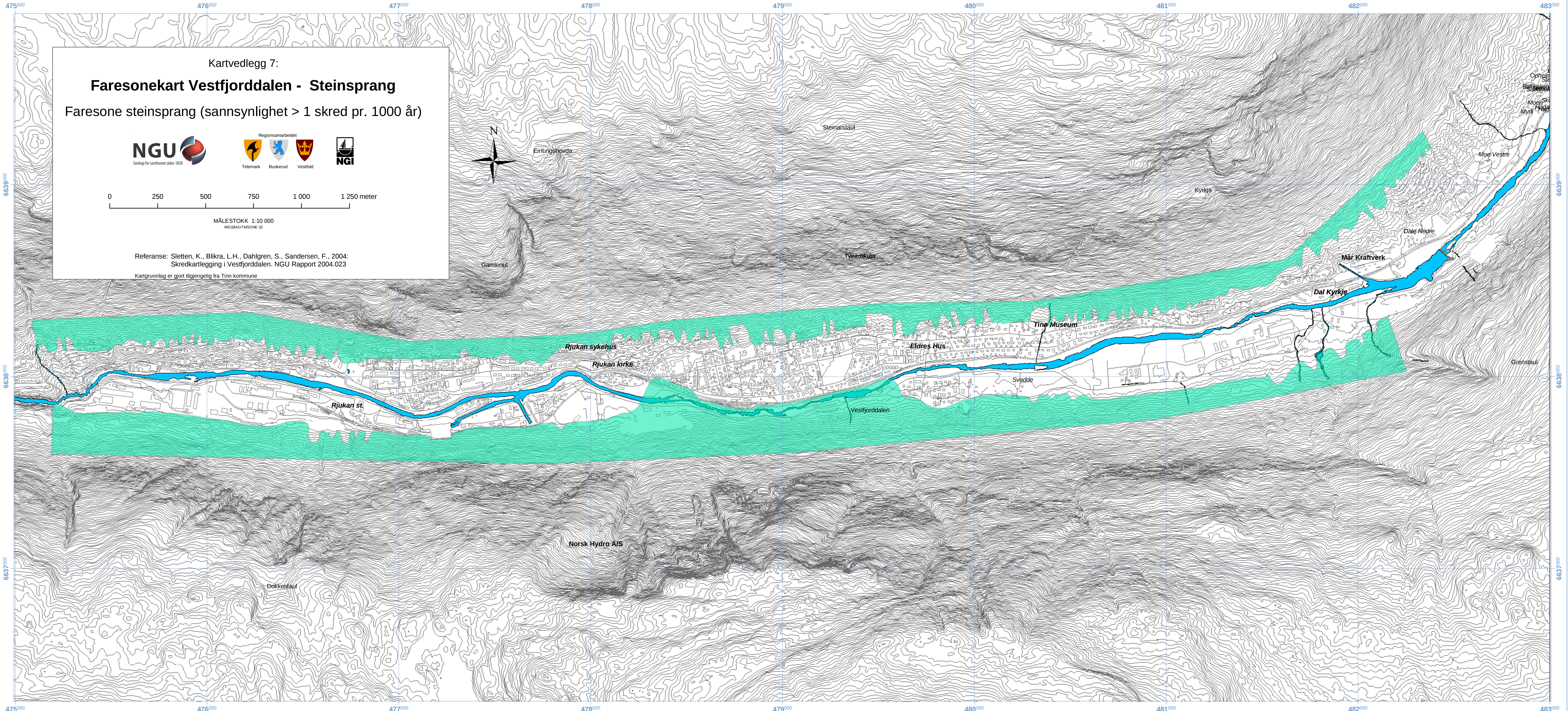
- Faresone jordskred (sannsynlighet > 1 skred pr. 1000 år)
- Usikkerhet i angivelse av faresone for jordskred



Referanse Sletten, K., Blikra, L.H., Dahlgren, S., Sandersen, F., 2004:
Skredkartlegging i Vestfjorddalen. NGU Rapport 2004.023

Kartgrunnlag er gjort tilgjengelig fra Tinn kommune





Kartvedlegg 7:

Faresonekart Vestfjorddalen - Steinsprang

Faresone steinsprang (sannsynlighet > 1 skred pr. 1000 år)



Geologi for samfunnet siden 1858

Regionsamarbeidet



Telemark



Buskerud



Vestfold



NGI

0

250

500

750

1 000

1 250 meter

MÅLSTOKK 1:10 000

WGS84/UTMZONE 32

Referanse: Sletten, K., Blikra, L.H., Dahlgren, S., Sandersen, F., 2004: Skredkartlegging i Vestfjorddalen. NGU Rapport 2004.023

Kartgrunnlag er gjort tilgjengelig fra Tinn kommune

6639 000

6638 000

6637 000

6639 000

6638 000

6637 000

KARTVEDLEGG 8:

HISTORISKE SKRED
I VESTFJORDDALEN

TEGNFORKLARING

Fjellskred / større steinsparng

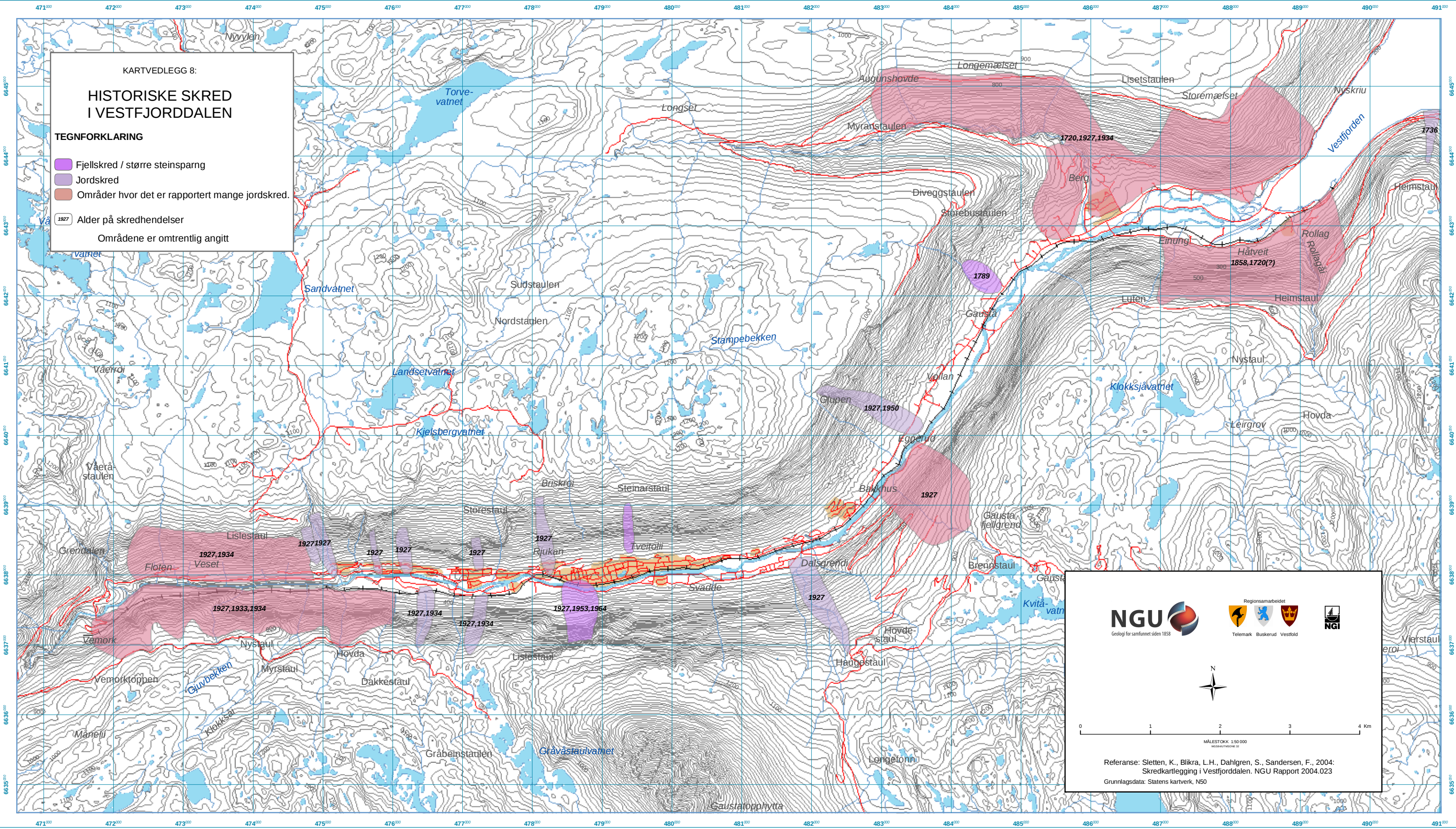
Jordskred

Områder hvor det er rapportert mange jordskred.

1927

Alder på skredhendelser

Områdene er omtrentlig angitt



NGU

Geologi for samfunnet siden 1858

Regionsamarbeidet

Telemark Buskerud Vestfold

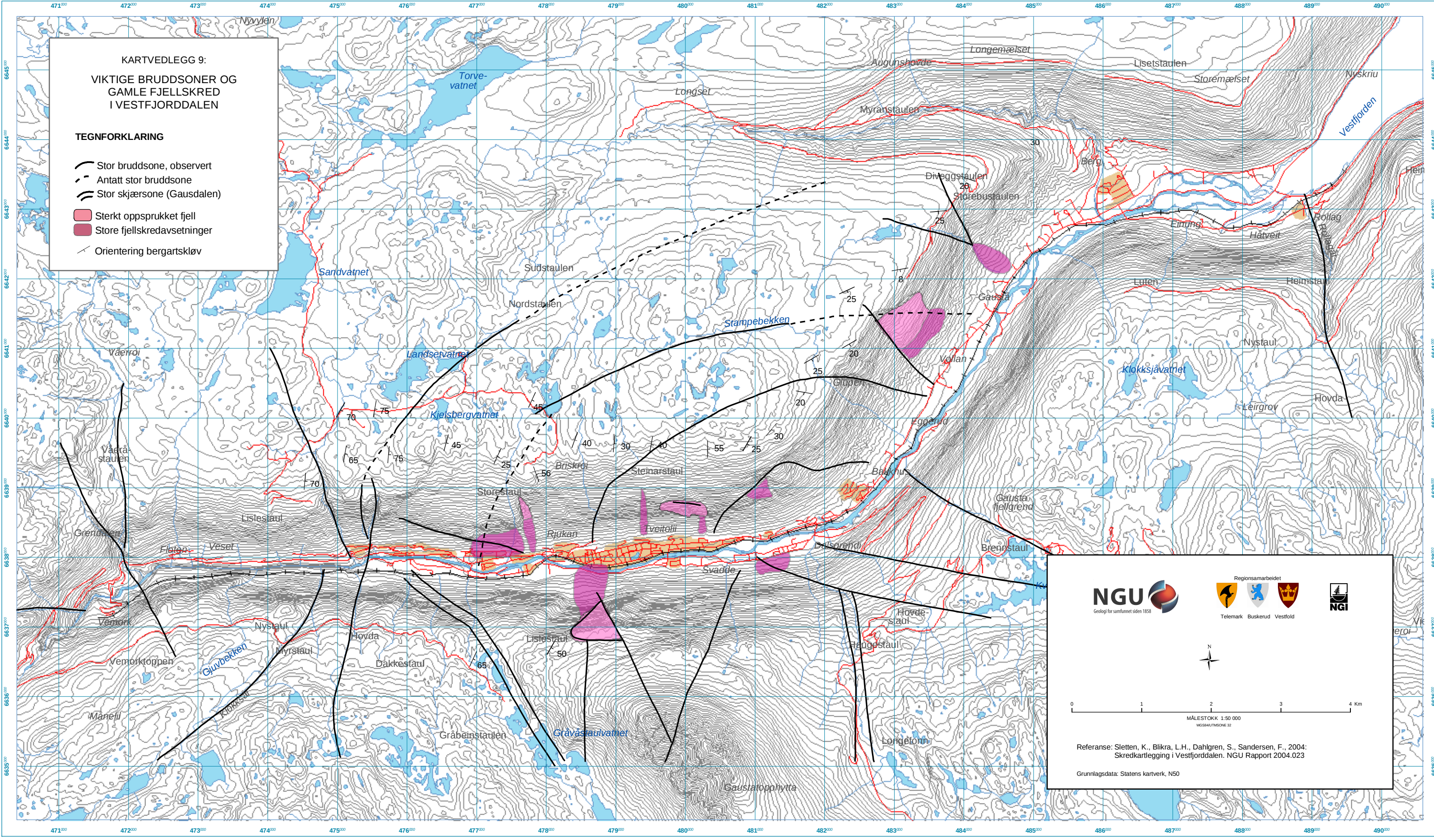
NGI

0 1 2 3 4 Km

MÅLSTOKK 1:50 000

WGS 1984 UTM 32

Referanse: Sletten, K., Blikra, L.H., Dahlgren, S., Sandersen, F., 2004:
Skredkartlegging i Vestfjorddalen. NGU Rapport 2004.023
Grunnlagsdata: Statens kartverk, N50



KARTVEDLEGG 9:
VIKTIGE BRUDDSONER OG
GAMLE FJELLSKRED
I VESTFJORDDALEN

TEGNFORKLARING

- Stor bruddsone, observert
- - Antatt stor bruddsone
- == Stor skjærsone (Gausdalen)
- Sterkt oppsprukket fjell
- Store fjellskredavsetninger
- ↖ Orientering bergartskløv



Geologi for samfunnet siden 1858

Regionsamarbeidet

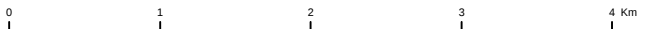


Telemark Buskerud Vestfold





N



0 1 2 3 4 Km

MÅLESTOKK 1:50 000
WGS84UTMSONE 32

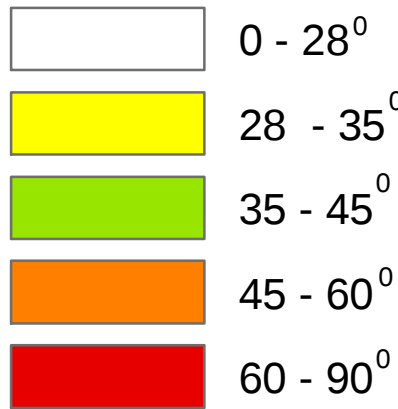
Referanse: Sletten, K., Blikra, L.H., Dahlgren, S., Sandersen, F., 2004:
Skredkartlegging i Vestfjorddalen. NGU Rapport 2004.023

Grunlagsdata: Statens kartverk, N50

KARTVEDLEGG 10:

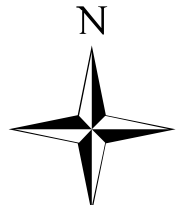
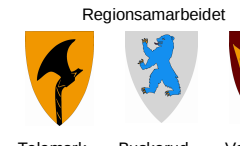
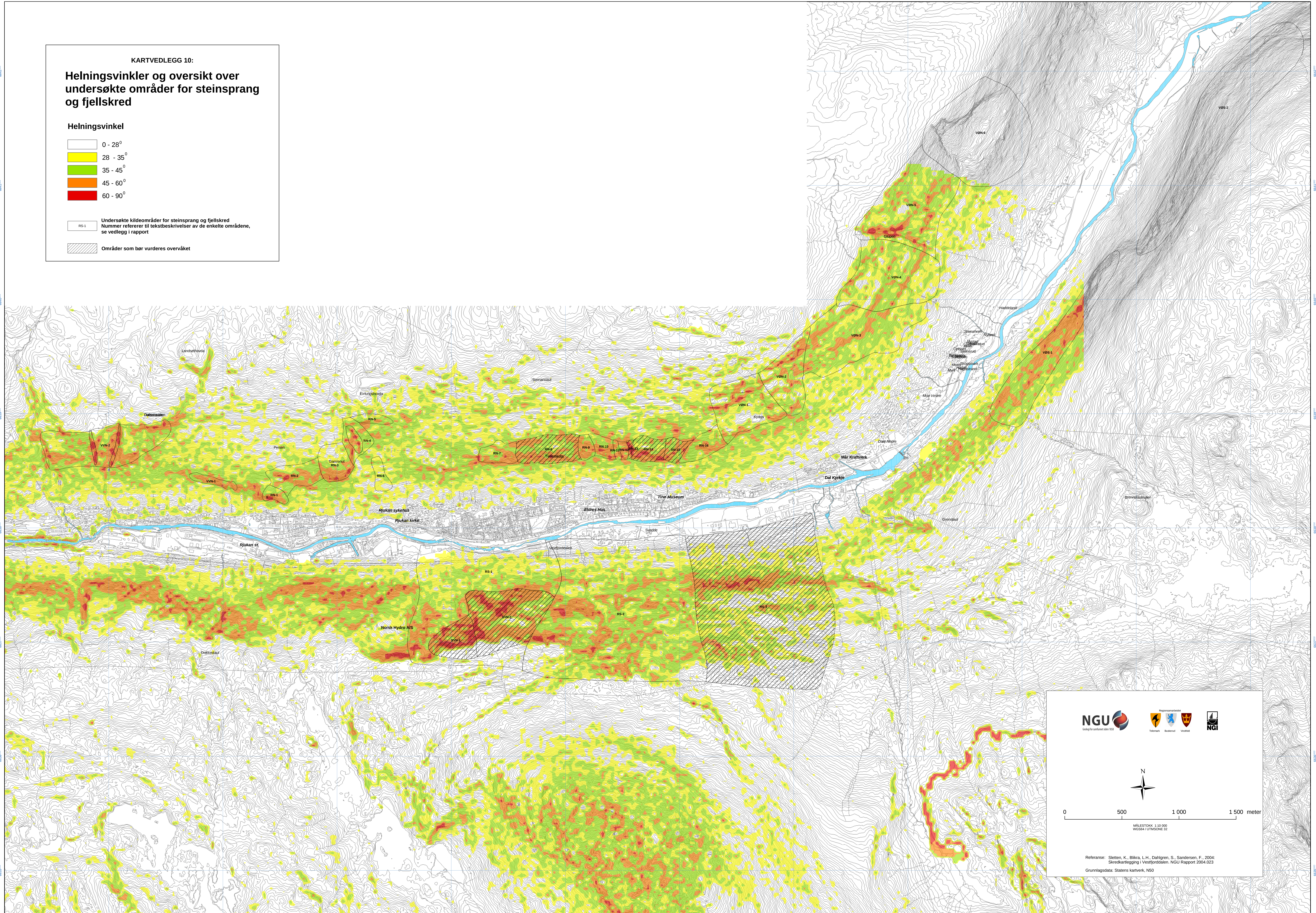
Helningsvinkler og oversikt over undersøkte områder for steinsprang og fjellskred

Helningsvinkel



RS-1 Undersøkte kildeområder for steinsprang og fjellskred
Nummer refererer til tekstbeskrivelser av de enkelte områdene, se vedlegg i rapport

Områder som bør vurderes overvåket



0 500 1000 1500 meter

MALESTOKK 1:10 000
WGS84 / UTMZONE 32

Referanse: Skotten, K., Blikra, L.H., Dahlgren, S., Sandersen, F., 2004:
Skredkartlegging i Vestfoldalen. NGU Rapport 2004/023
Grunnlagsdata: Statens kartverk, N50

Vedlegg 1

Tabell 1 NGI-rapporter om skredfare i Vestfjorddalen brukt ved fastsettelse av faregrenser for snøskred.

Saksnummer	År	Beskrivelse
80435-1	1980	Vurdering av fare for skred mot planlagt byggefelt Svadde
80435-2	1984	Svadde boligområde. Sikring mot skred
80435-3	1996	Svaddeområdet, Rjukan, Tinn kommune. Revisjon av skredgrenser.....
81455-1	1981	Tinn billag A/S. Skredfare som funksjon av klimatiske forhold
83472-1	1983	Vemork, skredfare overbygg
86473-1	1986	Tinn kommune. Svadde industriområde. Skredfarevurdering
884007-1	1988	Svaddeområdet. Vurdering av akutt fare for snøskred
904012	1990	RV 37/04 Rjukan, skredfare/tiltak
954043-1	1995	Gaustatoppen. Foreløpig vurdering av snøskredfare i planlagt alpinområde
964062	1996	Skredfarevurdering Rjukan stadion (svømmehall)
984008-1	1998	Vurdering av skredfare mot planlagt boligfelt
20011207-1	2001	Skredfarevurderinger - Destinasjon Rjukan. Oversiktsplan
20011207-2	2002	Risiko og sårbarhet. Destinasjon Rjukan

Tabell 2 NGI-rapporter om skredfare i Vestfjorddalen brukt ved fastsettelse av faregrenser for steinsprang og jordskred.

Prosjektnummer	År	Oppdragsgiver	Stikkord
74420	1974	Tinn kommune	Vurdering av steinskredfare Rjukan
78439	1978	Tinn kommune	Skredfare Sølvollen, Rjukan
78448	1978	Tinn kommune	Adminiparken, Rjukan
80435	1980	Tinn kommune	Undersøkelse "under" Gausta, Svadde
81455	1981	Tinn Billag A/S	Verksted Rjukan
82474	1982	Tinn kommune	Skriugata, steinsprangfare, Sikring
85457	1985	Telemark fylkeskommune	Rjukan sykehus, skredfarevurdering
86467	1986	Norsk Hydro, Rjukan	Krosso, fjellskred/stabilitet
86473	1986	Tinn kommune	Svadde industriområde, skredfaregrenser
884007	1988	Tinn kommune	Svadde, akutt skredfare
904016	1990	Tinn kommune	Rjukan nord - tidligere rapporter
904069	1990	Tinn kommune	Øverlandsåsen, skredfare
954047	1995	Tinn kommune	Tverrgrot-Vest, skredfarevurdering
954048	1995	Tinn kommune	Øverlandslia, skredfarevurdering
954080	1995	Tinn kommune	Skredfarevurdering Tveitolia
954100	1995	Tinn kommune	Skredfare tomteareale Ekornveien
964062	1996	Tinn kommune	Skredfarevurdering Rjukan stadion (svømmehall)
964082	1996	Tinn kommune	Skredfare og tiltak i planområde Bjørkhaug, Tinn
964083	1996	Tinn kommune	Skredfare og eventuelle tiltak for bebyggelse og planområde Skogveien, Tinn
984008	1998	Tinn kommune	Skredfarevurdering boligfelt Rjukan sentrum
994007	1999	Tinn kommune	Steinsprang og sikring, Skibakkesletta
994067	1999	Norsk Hydro	Steinsprang mot veg, Rjukan

VEDLEGG 2.

REGISTRERTE HISTORISKE SKRED PÅ RJUKAN OG I VESTFJORDDALEN, TELEMARK

Se oversikt i kartvedlegg 8

År / Dato	Skredtype	Sted	Konsekvens	Ref.
1667-1673	Steinsprang / lite fjellskred (?)	Tveito	"Ur over aker og eng"	3
1690	Lite fjellskred (?)	Berge, Skaråsen seter	Låven tatt av "fjellskred"	3
1723 (?) (1720?)	Jordskred og elvebrudd	Middøla / Miland	Hus på Tollevsluten forsvant. Usikker tidsangivelse og hendelse.	RD 5.7.1927
1736	Jordskred	Bjørkeneset	Gard bygd opp att etter skriu (usikkert når skredet gikk)	3
1752 23. august	26 jordskred Flere jordskred	"Paa begge sider av Mæls kirke" "Godeset og Marum" (Gauset og Mårem)	5 gårder forsvant på Mæl, men også andre plasser ødelagt. To småbruk tatt av skred 4 personer drept	1, 2
1792? (Trolig 1789)	Fjellskred Mange jordskred	Nord Bjørtuft Mellom og Syd Gausta Øvre Bøen, Sudistog Nedre Bøen	Skog og nesten hele jordbruksarealet tatt. Avtak i 1792, samtidig med avtak i Numedal etter skred som var relatert til "Stor-Ofsen" i 21.-23. juli 1789 Mye jordbruksareal ødelagt 1792 referer trolig til befarings, mens skredene trolig foregikk under "Stor-Ofsen" i 21.-23. juli 1789	3
1800	Snøskred	Berge, ovafor Rjukanfossen (?)	"Gardshusa flytta fleire alen" 1 person drept	4
1858, primo juli	46 jordskred	Mæl hardest ramma. Bjønndalsskrio og Uppigardsskrio de største. Nord-Rollag	Bruer tatt (Uddarsbrui, Dalsbrui, Ingolfslandbrui). Skog og jordbruksarealer ødelagt. Flere gardsbruk ødelagt. Dyr drept i fjøs opp for Rollag 1 person drept av skred i Husevollalen	RD 5.7.1927
1879	Mange jordskred	Flere steder i Tinn	Jordbruksarealer og uthus ødelagt	5 (AF)

År / Dato	Skredtype	Sted	Konsekvens	Ref.
1927 28.-29.6	2 jordskred	Gunbjørgset, Nordre Miland	Skog ødelagt	6
	1 jordskred	Håkaset, Nordre Berge	Skog ødelagt	RA 29.6.27 RA 30.6.27
	20 jordskred	Håkaset	Skog ødelagt	Konrad Anderson pers medd
	Elveerosjon /elvebrudd	Middøla / Miland	Vegen ødelagt i 2 km lengde. Store jordbruksarealer borte. Husa på Kanton forsvant. Flere hus skakke	
	1 jordskred	Haddelandsjiljo	Gardene Haddeland og Roe betydelig skadet. 40 mål dyrka mark ødelagt. Veggen borte i 100 m lengde	
	7 jordskred	Kvitåa, Dale	Skog ødelagt	
	1 jordskred	Grosetbekken	Stein og grus over betydelige jordbruksarealer	
	1 jordskred	Øverland stasjon		
	1 jordskred erosjon av fyllinger	Rjukan stasjon	Hus smadret Jernbanevogner begravet 400 jernbanevogner med skredmasser kjørt bort fra stasjonsområdet. Jernbanespor mot Vemork forsvant i 30 m lengde	
fortsettes	1 jordskred	Såheimsbekken	Hager og gårds plasser ødelagt	

År / Dato	Skredtype	Sted	Konsekvens	Ref.
fortsatt 1927 28.-29.6	1 jordskred	Emballasjefabrikken	Skredet tok ca 25 sekunder i følge øyenvitner. Jernbanevogner tatt, lut-tanker smadret, fabrikkssilo knust. 6 personer drept	fortsatt
	4 steinsprang / mindre fjellskred	Svaddenipun / Mæland	Skade på jord og skog. Demmet opp elva slik at boliger ble oversvømmet.	6 RA 29.6.27 RA 30.6.27
	1 jordskred	Rjukan kirke	Presteboligen smadret. Frikirken smadret. Andre hus skadet. 3500 m ³ skredmasser kjørt vekk fra jernbanespolet, Sam Eydesgt og kirkeplassen	Konrad Anderson pers medd
	Erosjon	Sam Eydesgt ved Rjukan torg	Gata bortgravd. Hager og kjellere fylt med skredmasser	
	1 jordskred	Skriugata 25	Nr 25 smadret, 2 uthus smadret, 2 andre hus skadet	
	1 jordskred	Skriugata (hos <i>Engell</i>)	Uthus smadret, hage fylt av skredmasser	
	1 jordskred	Villavn, ved direktørboligen og Flekkebyen	Vegen forsvant i 30-40 m lengde 2 hus i Flekkebyen skadet	
	1 jordskred	Villavn (ved <i>Poulssons</i> hus)	Villavn og hovedvegen ødelagt i flere meters bredde. Lagerhus av sement ramlet sammen.	
	1 jordskred	Krossåa	2 bruer tatt, veiene borte.	
	1 jordskred	Krosso	1 hus omgitt av skredmasser og nær tatt, men ble reddet	
	Ca 30 jordskred	Vemork jernbanelinje	Ras under / over jernbanelinje	
fortsettes				

År / Dato	Skredtype	Sted	Konsekvens	Ref.
fortsatt 1927 28.-9.6	12-13 jordskred	Havsstaul	Vegen tatt av skred 12-13 steder	fortsatt 6 RA 29.6.27 RA 30.6.27
	1 jordskred	Våeråa	Vegbrua tatt, kvernhus og gammel husmannsplass "Brua" tatt.	
	2 jordskred	Våerberget	Vegen sperret	
1933 21.6	Flere jordskred	Rjukan jernbanestasjon	Hus fulle av stein og grus Jernbanesporet raste ut	RD 21.6.33 RA 21.6.33 RA 22.6.03 RD 23.6.03
		Våer-Krokan	Veien raste ut	
		Kraftledningsveien	"Stort ras"	
		Middøla	Elvebrudd	
1934 6.8	Fjellskred(?)	Svaddeliene	Nådde ikke helt ned i dalen	RD 6.8.34 RA 6.8.34
	Jordskred	Fjellsida opp for Ingolfslund	Nådde ikke helt ned i dalen	
	Jordskred	Vemorklinja	1 gutt omkom	
	Jordskred	Rjukan jernbanestasjon	Jernbanelinja tatt av skred	
1934 1.9	Jordskred	Skriugata	Ras ned i gårdsrom	RD 3.9.34 RA 3.9.34

År / Dato	Skredtype	Sted	Konsekvens	Ref.
1950 August (både tidlig og seinere i august)	Mange jordskred	"Flere steder"	Flere ras over veien / vei rast ut. Store jordbruksarealer satt under grus	RA 10.8.50 RD 17.8.50 RD 19.8.50 RD 21.8.50 RA 21.8.50
	Jordskred	Nyland	Ras over veien. Store jordbruksarealer satt under grus	RD 22.8.50
	2 jordskred	Kraftledningsveien	Veien tatt 2 steder	Beboer (Møller)
7.10.1953	Steinsprang	Svaddelia fra 780 m høyde	3-4 m ³ blokk falt på og ødela jernbanesporet	RD 9.10.53 RA 9.10.53
24.5.1958	1 steinsprang	Svaddelia	Svaddevegen sperret og kraftledning ødelagt Vei rasert	RA 27.5.58
14.10.1964	1 fjellskred	Svaddelia	Flere 10.000 m ³ . Garasjer og lagerbygning ødelagt. Vei sperret. Utløst av kraftig regn. Strømbrudd Stienblokk falt ned i Tinngt.; Beboerne i Tinngt. evakuert	NGI- 64/902 RA 14.10.64 RD 15.10.64 RA 15.10.64 RA 16.10.64 RA 4.12.64
1968 4.9	Jordskred	Vemorklinja	Jernbanelinja i løse lufta	RA 4.9.68
	Flere Jordskred	Veiene i Tinn	Veiene rast ut	RA 5.9.68 RA 5.9.68
1970 3.7	Steinsprang	Svaddelia	Stor blokk falt ned på Svaddeveien	RA 3.7.70 RA 4.7.70 RA 15.7.70

År / Dato	Skredtype	Sted	Konsekvens	Ref.
1974 30.9	Steinsprang	Tveitolia	Store steinblokker falt nær hus. Ca 300 m ³ Befolkning evakuert i Tveito-området. Rassikringsvoll bygget	RA 30.9.74 RA 1.10.74 RA 3.10.74 RA 17.10.74 RA 23.10.74 RA 24.10.74 RA 25.10.74 RA 29.10.74 RA 17.12.74
1978 4.7	Jordskred	Bøhagenlia, Villaveien	Hage raste ut	RA 5.7.1978
1979 15.8	Elvebrudd	Veset Blindtarmen	Veier raste ut flere steder	RA 15.8.79
1980 (??)	Jordskred	Gullsmedhaugen	Ras ved (med?) tømmerhus. Usikker tidsangivelse	Lars Vår pers medd
1982 14.10	Steinsprang	Skriugata	10 m ³	NGI 82474-1 RA 14.10.1982
1985	Steinsprang	Rjukan Sykehus	Steinblokk, ca 300 kg, traff og ødela veggen på Rjukan sykehus	NGI 85457-1
1987 okt	1 jordskred	Sam Eydesgt. 331	Skredmasser mot hus og ut på vei. Ingen materielle skader.	Beboer Pers medd.
1988 3.2	Snøskred	Svadde	150 m bredt. Ikke materiell skade.	RA 4.2.1988
1995.06	Steinsprang	Tveitolia		NGI-data
2000 12.10	Jordskred	Sam Eydesgt 211	Bekk gravde bort fundament for hus i ravine ved "Meny"	RA 13.10.2000
2001 mai	Snøskred	Svadde	Skredsikring vernet bebyggelse mot skredet.	Pål Heidenreich Riis pers medd

Vedlegg 2, forklaringer

Referanser:

1. B.H. Løvenskiold (1784) Beskrivelse over Bradsbiørg Amt og Scheens Bye med sine forstæder. Christiania.
2. H.H. Einung. (1926) Tinn saga. Bind 1.
3. H.H. Einung. (1953) Tinn saga. Bind 2.
4. Lars Hess Bing (1810) Topografiske Efterretninger angaaende Øster-Raabygglaugets sorenskriverie. Kongsberg
5. Astor Furseth, informant: Nils J. Gvammen
6. H.H. Einung (1943) Storflommen i Tinn 27. og 28. juni 1927. Tinn kommunes forlag.

NGI + nummer = NGI-rapport nummer

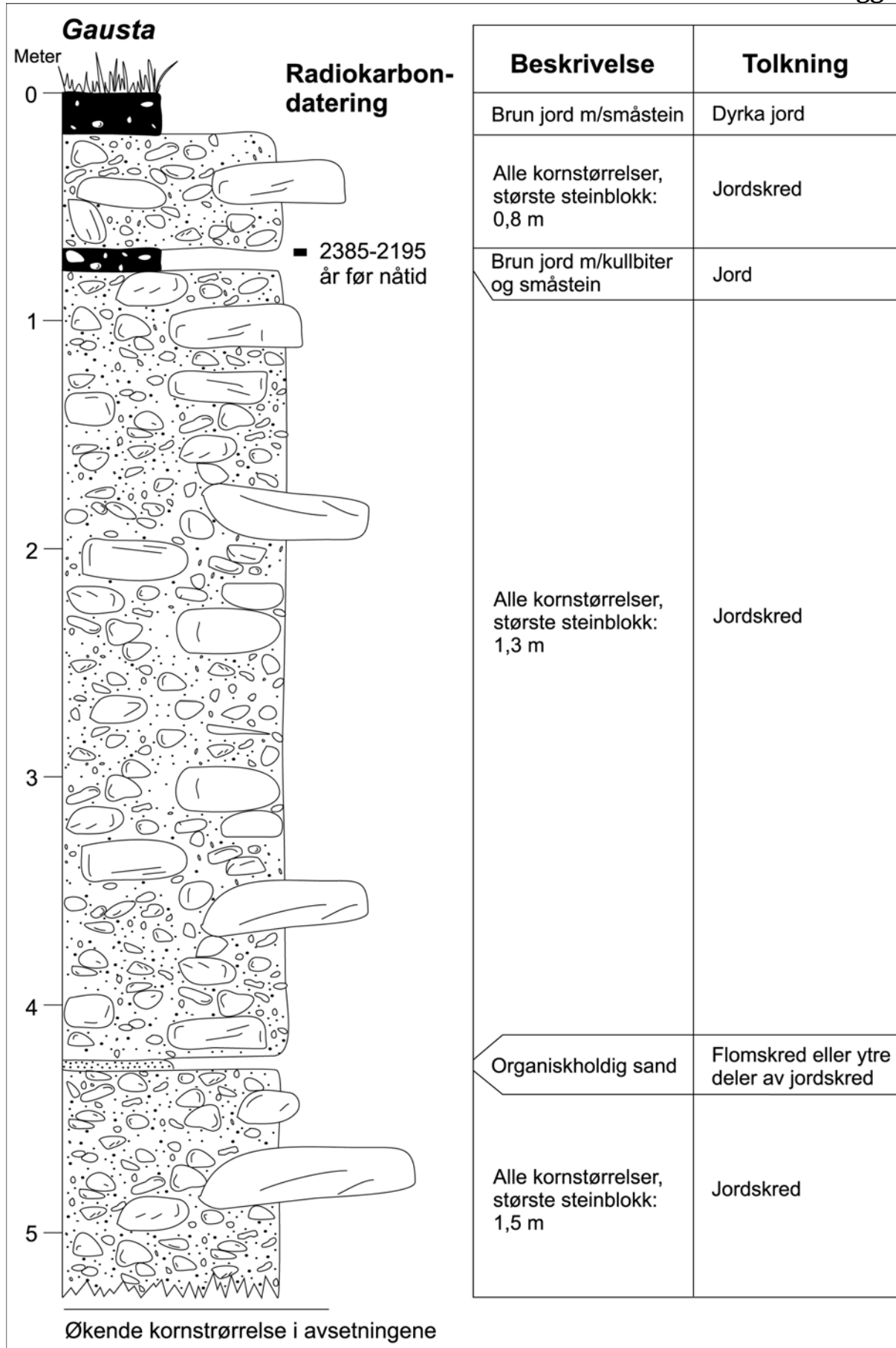
RD = Rjukan Dagblad

RA = Rjukan Arbeiderblad

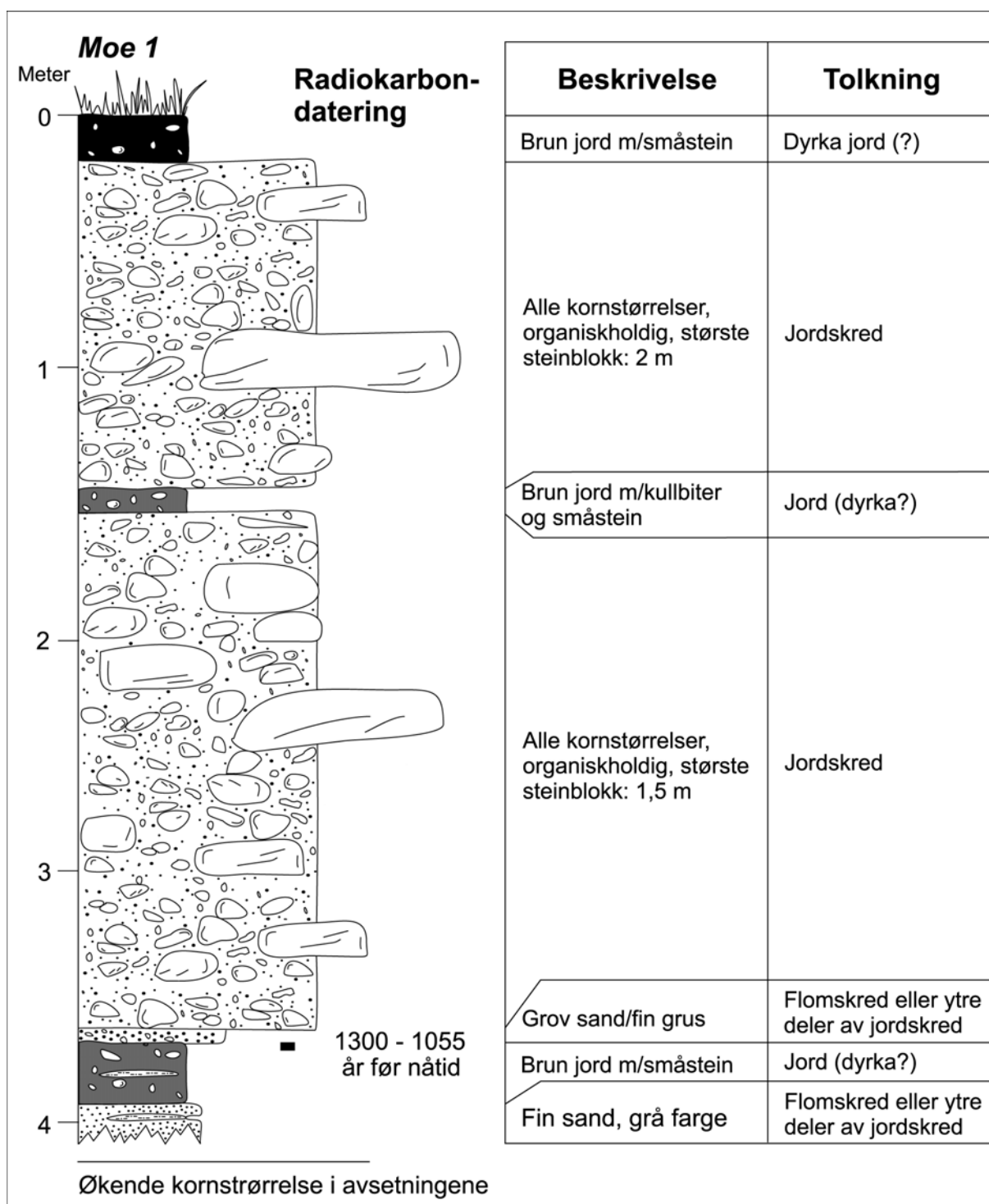
Skredene i denne tabellariske oversikten er sammenstilt av Regiongeologen TBV med bakgrunn i diverse primærkilder, samt med avisartikler fra Rjukan Arbeiderblad og Rjukan Dagblad gjennomgått av Per Pynten, Mars 2001

Denne oversikten er sammenliknet med skredhendelser som inngår i Nasjonal skreddatabase for Norge (*skrednett.no*), koordinert og ledet av NGU. Astor Furseth har bidratt med de historiske dataene til denne databasen. Det er i noen tilfeller uoverensstemmelse mellom oversikten i denne rapporten og dataene i *skrednett.no*. M.h.t. tid og sted anser vi herværende oversikt for å være den ”korrekte” da primærkildene er direkte benyttet.

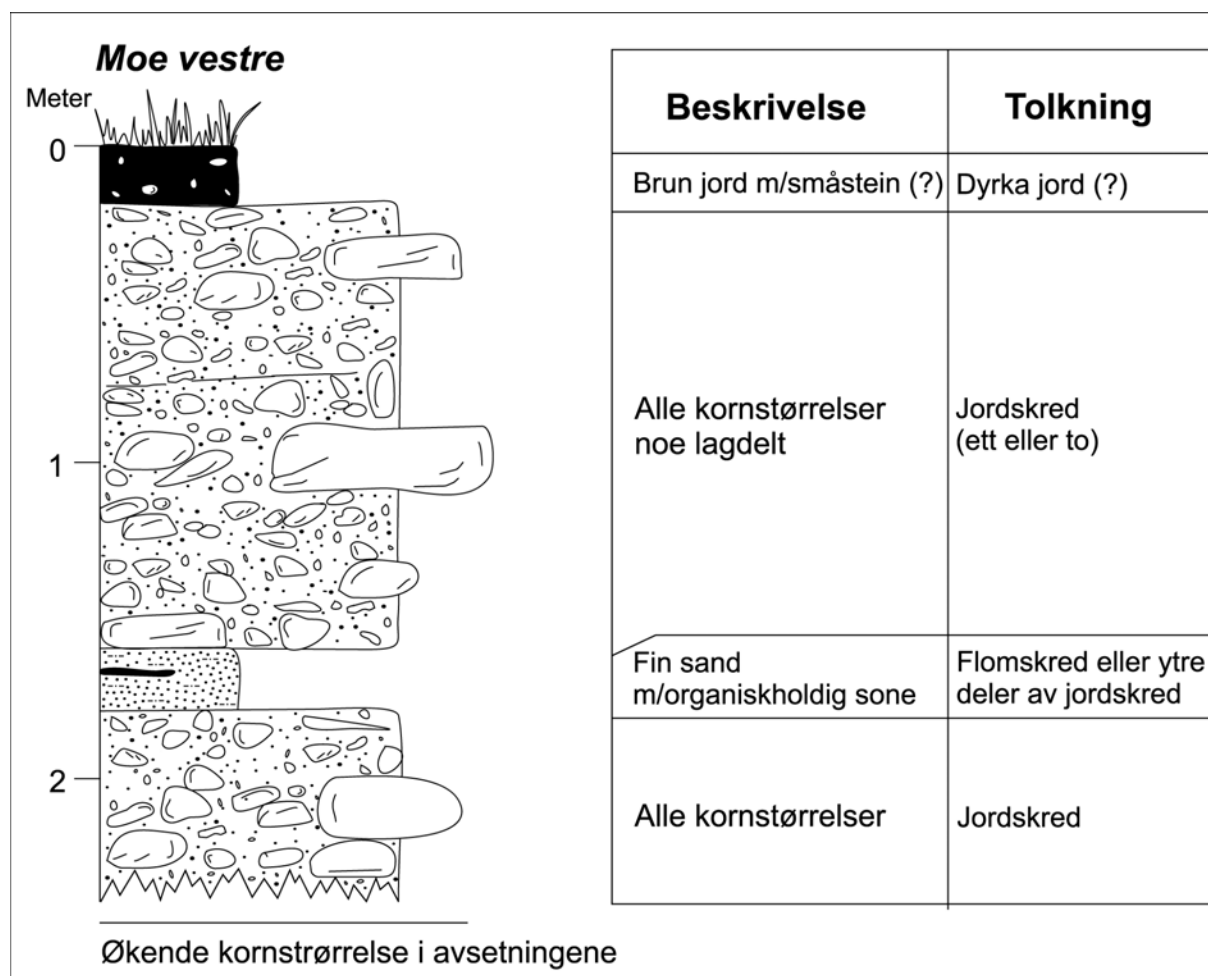
Vedlegg 3



Vedlegg 4



Vedlegg 5



Vedlegg 6

Nedbør mai-november (regnvær) på Rjukan, og historiske jordskred- steinsprang og fjellskredhendelser i perioden 1900-2003.

Se også diagrammer i figur 20 og i vedlegg 7.

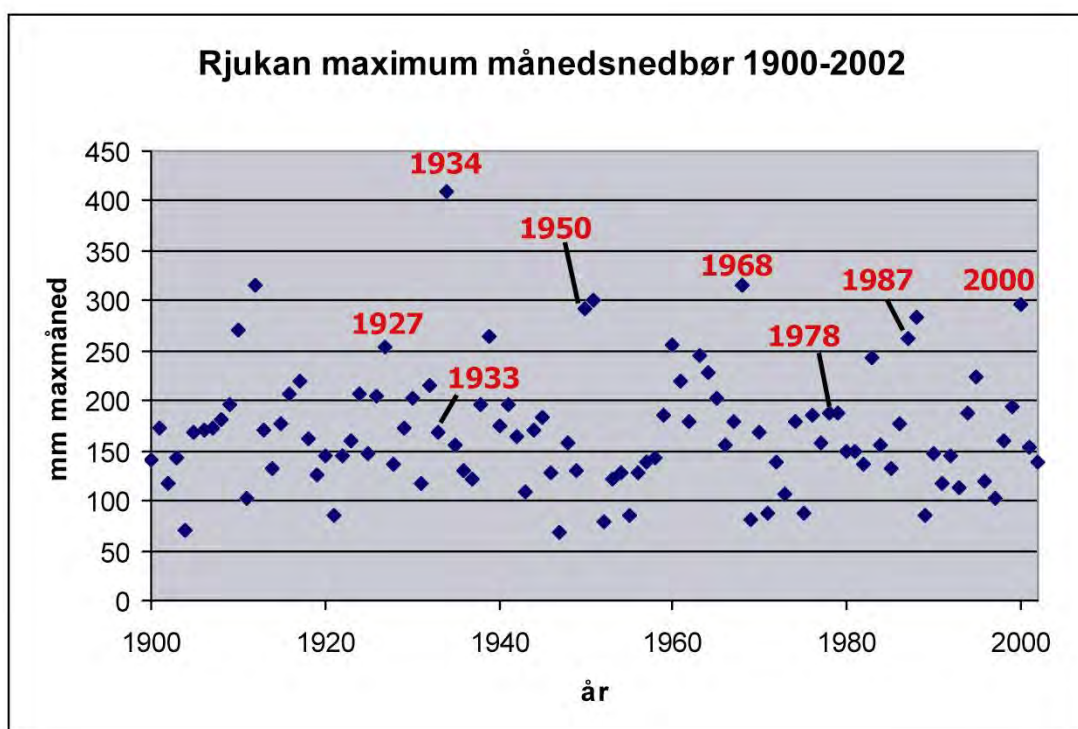
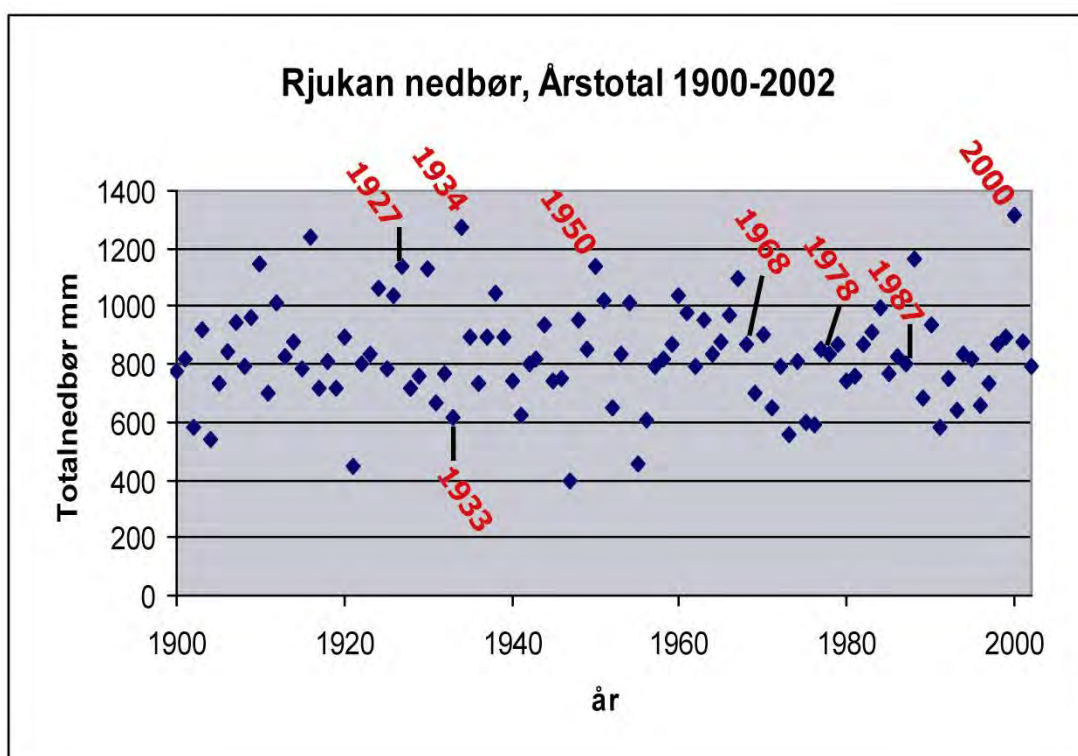
År	Døgnnedbør	dato	mnd	5 døgn nedbør	mnd	Mnd-nedbør	mnd	År	Registrerte skred	dato	mnd
	Årsmaks.			Årsmaks.		Årsmaks.		total			
1900	48	14	7	62	6	141	7	772			
1901	41,2	15	8	87	10	172	10	817			
1902	31	27	7	54	7	118	8	582			
1903	43	29	5	70	8	142	10	921			
1904	19,2	14	8	39	8	71	8	541			
1905	42,4	18	8	60	9	169	8	737			
1906	42	27	5	122	8	171	5	847			
1907	38	30	7	74	7	174	10	941			
1908	40	26	7	116	8	182	8	795			
1909	48	26	8	84	8	195	10	960			
1910	54	2	8	123	8	272	8	1149			
1911	44	24	6	81	6	102	6	701			
1912	40	1	8	95	8	315	8	1011			
1913	38	22	7	77,5	7	169,8	7	828			
1914	36	12	9	87	9	132,8	7	876			
1915	23,5	28	9	64,8	9	177	7	788			
1916	52	31	10	100	10	205,9	10	1237			
1917	35	29	8	64	8	219,5	8	715			
1918	37	9	9	80,5	9	162	9	812			
1919	34	22	7	62	7	126	7	720,2			
1920	36	19	9	59	9	144,5	7	892,9			
1921	30	31	5	47	5	84,3	5	443			
1922	31	7	7	62	7	145,5	7	797,5			
1923	32	22	9	83,5	9	159,8	9	837			
1924	61	20	7	101	8	206,1	8	1063			
1925	32,8	29	5	102,6	9	147	5	780,6			
1926	62,7	12	8	105,2	9	205,7	6	1037	> 90 jordskred 4 steinsprang/mindre fjellskred – svadde/Miland		
1927	134	29	6	201,4	6	253,9	6	1135		29	6
1928	28,9	24	10	68,6	10	135,5	8	719,7			
1929	34,4	7	10	56,1	10	172,4	10	755,6			
1930	50,2	11	7	77,7	8	202,2	7	1126			
1931	33,1	12	11	70,6	11	116,5	11	662,3			
1932	58,6	7	7	78,8	7	215	7	764,3			
1933	68,5	21	6	151,1	6	168,5	6	618,2	Flere jordskred – R. Jernbanest., Våer- Krokan, Kraftl. veien	21	6
1934	104,8	6	8	206,6	8	408,5	8	1277	Fjellskred (?) – Svadde Jordskred - Ingolfland, Vemorklinja, R. Jernbanest.	6	8
									Jordskred - skriugata	1	9
1935	42,6	30	8	64,9	9	155,7	9	891,9			
1936	36,7	11	7	45,1	7	129,9	7	731,7			
1937	35,9	23	7	70,9	6	122,1	6	891,1			
1938	95,9	31	8	216,6	8	196,9	8	1047			
1939	61,5	18	7	108,7	7	263,7	7	895,9			
1940	53,2	15	9	121,8	9	175,2	7	740,4			

1941	46,5	12	8	73,3	8	197,2	8	626,7			
1942	37	2	10	85,2	8	163,7	10	799,8			
1943	38,3	10	5	75,1	5	108,9	6	815,4			
1944	42,1	4	10	96,5	10	169,8	10	936,7			
1945	59,9	4	5	119,1	5	184,2	5	745,3			
1946	41,3	15	7	66	8	128,9	8	751,1			
1947	25,5	23	6	45,3	9	68,9	6	398,6			
1948	52,3	14	7	90	7	158,4	7	951,2			
1949	31	17	9	71,6	9	129,1	5	851,4			
1950	71	19	8	117,4	8	291,2	8	1142	mange jordskred		8
1951	39,6	9	8	105,4	8	300,8	8	1019			
1952	30	30	7	59,1	7	78,1	8	651,1			
1953	45,4	22	9	85,4	9	121,4	7	835,8	steinsprang Svadde	7	10
1954	36,2	22	5	73,1	5	128,3	7	1016			
1955	29,8	7	10	73,9	10	85,4	9	454,7			
1956	28	30	7	44,6	8	127	8	608,5			
1957	39		11	105,3	11	139,4	7	790,3			
1958	30,3		9	65,3	10	141,9	10	817,6	steinsprang Svadde	3 24?	7 5?
1959	51	28	10	106,8	11	185,9	11	865,3			
1960	36,8	29	6	108,9	6	256,6	7	1035			
1961	52,3	11	11	120,4	11	219,4	10	977,9			
1962	42,3	19	8	71,5	8	179,9	8	794,8			
1963	57,3	9	8	93,6	8	244,4	8	952,5			
1964	33,5	11	10	128,8	10	227,8	10	838,4	Fjellskred Svadde	14	10
1965	54,6	7	9	105,9	9	203,2	9	880,8			
1966	28,2	26	7	65	10	156,4	8	972,4			
1967	39,2	6	9	99	11	178,5	8	1098			
1968	61,6	4	9	160,1	9	314,7	9	872,4	Flere jordskred	4	9
1969	30,5	22	6	64,9	6	80,9	6	702			
1970	57	18	8	87,8	8	168,4	7	906,6	Steinsprang Svadde	3	7
1971	32,2	29	5	49,5	5	88,2	7	650,9			
1972	45	1	8	73,7	8	138,5	6	791,2			
1973	37,5	1	6	52,7	6	106,6	7	560,4			
1974	29,4	8	9	58,3	9	179,5	9	812,7	Steinsprang Tveitolia	30	9
1975	26,5	2	10	55,2	10	88	9	598,4			
1976	34,3	14	10	81,3	10	185,2	10	590,1			
1977	30	24	11	49,1	11	157,4	11	851,4			
1978	54,4	4	7	106,6	7	188,7	7	838,5	Jordskred Villavn	4	7
1979	50,2	15	8	69,1	8	187,5	8	865,1	Elvebrudd jordskred, usikker tidsangivelse	15	8
1980	41,7	24	8	51,6	10	148,3	10	738,2		?	?
1981	58,6	28	9	80,3	9	150,1	9	757,6			
1982	32,8	27	9	61,7	9	136,6	9	870,3	Steinsprang Skriugata	14	10
1983	35	16	9	102,8	5	242,3	5	913,3			
1984	59	2	6	87,2	6	156,5	10	993,6			
1985	52,6	6	8	72,8	8	131,9	8	769	Steinsprang, R. Sykehus	?	?
1986	33,5	16	5	49,5	8	177,6	8	828,7			
1987	52,5	9	10	122,2	10	261,9	10	799	Jordskred Sam Eydesgt 331	9	10
1988	46	3	7	106,5	7	282,8	7	1160			
1989	21	1	8	44	11	86	11	682,3			
1990	41,2	31	8	73,3	8	147,1	6	936,6			
1991	38,5	2	11	78	11	117,1	11	583,1			

1992	31	14	9	53,3	8	145,3	8	754,7			
1993	32	10	10	68	10	113,1	7	645			
1994	48	10	9	76	9	187	8	836,5			
1995	37,5	5	9	125,4	9	223,8	9	818,3	Steinsprang, Tveitolia	?	06
1996	57	28	9	107	9	119,3	8	654,9			
1997	36	8	10	76,5	11	103,1	8	737			
1998	34	29	6	74,7	9	160,5	6	871,6			
1999	47,5	21	7	65,5	6	194,5	6	890,8			
2000	43,5	31	10	98	10	295,6	11	1319	Erosjon i ravine S Eydesgt 211	12	10
2001	38	20	9	63,5	10	154	10	878			
2002	45	12	8	78,4	10	138,6	5	788,9			
Gj. snitt	43			Gjennomsnitt		170	Gj. snitt	833			

Vedlegg 7

Plott av nedbørsdata fordelt på årsnedbør og maksimum måneds nedbør.



Kommentarer til nedbørsdata

Total årsnedbør

For perioden 1900-2002 er gjennomsnittlig årsnedbør 833 mm på Rjukan. Det tørreste året var 1947 med 399 mm nedbør. Følgende år hadde årsnedbør over 1100 mm: 1910, 1916, 1927, 1930, 1934, 1950, 1988, 2000. Årsrekorden ble satt i 2000 med 1319 mm nedbør (diagram i vedlegg 7), men dette året gikk det bare et par mindre jordskred i Vestfjorddalen.

Maksimum månedsnedbør

Dette er tall som viser hvor mye og i hvilken måned det falt mest nedbør på Rjukan respektive år (diagram i vedlegg 7). Det betyr at månedsmaksimum i et tørt år kan være atskillig lavere enn flere måneder i et vått år.

År hvor vi har måneder med mer enn 250 mm nedbør er: 1910, 1912, 1927, 1934, 1939, 1950, 1951, 1968, 1987, 1988 og 2000. Mest månedsnedbør, 409 mm, falt det i august 1934. I de elleve årene med høyest månedsnedbør fordelte denne seg på: 1 juni, 2 juli 5 august, 1 september, 1 oktober og 1 november. Med andre ord er sommermånedene juli og særlig august måneder med meget høy nedbør. I 2000 var det november som hadde mer enn 250 mm nedbør. Denne nedbøren falt delvis som snø oppe i høyfjellet og kan ha dempet totalnedbøreffekten på Rjukan. Helt annerledes var det i 1927 da juni var mest nedbørrike måned. Denne nedbøren falt sammen med snøsmelting i høyfjellet. Gjennomgang av avisene på Rjukan viser at i 1934 var beboerne der redde for et nytt drama lik det i 1927. Skadene begrenset seg imidlertid til noen få mindre skred.

Maksimum nedbør i løpet av 5 døgn

Nedbørsdataene er gjennomgått og maksimum nedbør i løpet av en 5-døgns periode er vist i tabell i vedlegg 6 og i figur 20. I hele måleperioden var det femten 5-døgnsperioder med mer enn 115 mm nedbør. Fram til og med 1950 var de fleste av disse i august, men fra 1961 har de vært i september-november. 5-døgns perioder med mer enn 200 mm hadde vi i juni 1927 (201 mm), august 1934 (207 mm) og august 1938 (216 mm).

Maksimum døgnnedbør

Tabellene for tilgjengelige nedbørsmålinger følger slavisk klokkedøgnet, og er følgelig ikke helt identisk med 24-timers maksimum-nedbør. År hvor det var ≥ 60 mm nedbør pr døgn er 1924, 1926, 1927, 1933, 1934, 1938, 1945, 1950 og 1968 (tabell i vedlegg 6 og diagram i figur 20). 29. juni 1927 hadde hele 134 mm nedbør.

Relaterbare skredhendelser har vi med maksimum døgnnedbør også i 1934 (105 mm), 1968 (62 mm) og 1950 (71 mm). Svært høy døgnnedbør var det også i 1938 (96 mm) tilsynelatende uten at dette medførte dramatiske skred. Maksimum døgnnedbør den nedbørrike høsten 2000 var kun 44 mm.

Vedlegg 9

Oversikt over kildeområder for steinsprang, steinskred og fjellskred

Detaljerte kommentarer til de ulike undersøkte områdene

Se lokalisering av områdene i kartvedlegg 10.

Koder for underområder som er vurdert (Kartvedlegg 10):

RN: Rjukan Nordsida av dalen mellom Sølvvollen og Tverrgrot

RS: Rjukan Sørsida av dalen mellom Rjukan idrettsbane og Sønstaul

VVN: Vestfjorddalen Vest for Rjukan sentrum, Nordsida av dalen

VØN: Vestfjorddalen Øst, Nordsida av dalen øst for Bakkhus

VØS: Vestfjorddalen Øst, Sørsida av dalen øst for Sønstaul

Svaddenipun (SVN) omtales særskilt i hovedteksten.

Sannsynlighet for utfall: Dette er subjektive vurderinger gjort i felt.

Kode: RN-1	Navn: Skriugata vest
Stedsbeskrivelse	Sydvendt, rabbe opp for vestre del av Skriugata
Foto	Helikopterfoto; fig. RN1
Bergarter	Rhyolitt, amfibolittgang ca 5 m mektig
Sprekker og strukturer	Lite oppsprukket, unntatt et stort trekantet flak (30*60 m; ca 5 m tykk) som "henger" ytterst på rabben. Merket X på kart.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	4500 m ³
Sannsynlighet for utfall	Lite sannsynlig med utfall fra rabben som helhet. Mindre sannsynlig med utfall av flak, men bør sjekkes grundig i oppfølging.

Kode: RN-2	Navn: Skriugata
Stedsbeskrivelse	Fjellpartier opp for Skriugata
Foto	Helikopterfoto; fig. RN2
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Ganske store, åpne sprekker. Utfallsmuligheter for store blokker / Lite fjellskred i rabber som har fribord på S og Ø side.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Flere utfallsmuligheter. 1000-5000 m ³ pr "utfallsenhet".
Sannsynlighet for utfall	Mindre sannsynlig med utfall av Lite fjellskred. Steinsprang sannsynlig.

Kode: RN-3	Navn: Gamlenut
Stedsbeskrivelse	Sydvendt, utstående fjellparti opp for Bøen barnehage
Foto	
Bergarter	Amfibolitt, relativt mye plagioklas.
Sprekker og strukturer	Sterkt oppsprukket, men tilsynelatende totalt og usystematisk oppsprukket. Faller ut i småblokker.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Steinsprang.
Sannsynlighet for utfall	Meget sannsynlig med mindre steinsprang.

Kode: RN-4	Navn: Gamlenutskardet
Stedsbeskrivelse	Skard over Bøura, innafor og Ø for Gamlenut, V for Rjukan sjukehus.
Foto	Helikopterfoto RN-4 med Bøura
Bergarter	Amfibolitt. Samme kropp som på Gamlenut, men med sterk anrikning av mafiske mineraler. Brutt som kleberstein.
Sprekker og strukturer	Tidligere stort utfall, som gav opphav til Bøura, ser ut til å ha gått på grensa mellom amfibolitt og rhyolitt på Ø-kanten av skardet (RN-4a). En god del sprekker i gjenstående bakkant og ei stor sleppe i underkant av utfallsområde.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Muligheter for noen 1000 m ³ utfall.
Sannsynlighet for utfall	Lite sannsynlig med utfall større enn steinsprang.

Kode: RN-5	Navn: Brattkant over sjukehuset
Stedsbeskrivelse	Øst for utfallsområdet for Bøura
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Diverse åpne sprekker.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Trolig steinsprangrisiko.
Sannsynlighet for utfall	Utfall trolig relativt sannsynlig

Kode: RN-6	Navn: Rjukan Sjukehus
Stedsbeskrivelse	Ur / blokker i lia over Rjukan Sjukehus
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Fjellet virker relativt stabilt, men det er en del løse blokker i lia, samt enkelte oppsprukne partier.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Noe blokker på noen hundre kilo hver
Sannsynlighet for utfall	Utglidninger kan kanskje forekomme ved høy nedbør og som del av mer omfattende jordskred.

Kode: RN-7	Navn: Opp for Ingolfsland
Stedsbeskrivelse	Brattheng i lia opp for Ingolfsland
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	En god del oppsprukket, men ser relativt stabilt ut
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Kan være grunnlag for et relativt stort totalt ufallsvolum 10.000-50.000 m ³ .
Sannsynlighet for utfall	Meget lav sannsynlighet for fjellskred. Relativt høy sannsynlighet for steinsprang

Kode: RN-8	Navn: Tveitoskuta
Stedsbeskrivelse	Bratt li ovafor Tveito
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Foliasjon slakt fall mot øst. Oppsrukket langs foliasjon, samt en god del vertikale sprekker. Delvis tilsynelatende nokså løst fjell.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Utfallsmuligheter i størrelsesorden 1.000- 6.000 m ³ .
Sannsynlighet for utfall	Høy sannsynlighet for steinsprang, små fjellskred.

Kode: RN-9	Navn: Bjørkhaug 1
Stedsbeskrivelse	Rabbe mellom to skard opp for Bjørkhaug
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Flere store åpne sprekker. Flaker også opp langs svakt østoverfallende foliasjon.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Utfall i størrelsesorden 1.000 – 5.000 m ³ er mulig.
Sannsynlighet for utfall	Steinsprang sannsynlig

Kode: RN-10	Navn: Bjørkhaug 2
Stedsbeskrivelse	Rabbe øst for RN-9, opp for Bjørkhaug
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Nokså overdekket og utilgjengelig. Slakt østlig fallende foliasjon. Flere nokså store åpne sprekker
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Vanskelig å anslå pga overdekke. Utfallsmuligheter i størrelsesorden 1.000- 6.000 m ³ .
Sannsynlighet for utfall	Høy sannsynlighet for steinsprang, små fjellskred.

Kode: RN-11	Navn: Grimarsnås vest
Stedsbeskrivelse	Steilt skard på vestsida av Grimarsnås
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Nokså rufsete område med sterk oppsprekning og store blokker omgitt av åpne sprekker.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Utfall i størrelsesorden 1.000 – 5.000 m ³ er mulig.
Sannsynlighet for utfall	Høy sannsynlighet for steinsprang

Kode: RN-12	Navn: Grimarsnås
Stedsbeskrivelse	Fjellrabbe mellom to skard
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Foliasjon slakt fall mot øst. Oppsrukket langs foliasjon, samt en god del vertikale sprekker. Delvis tilsynelatende nokså løst fjell.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Utfallsmuligheter i størrelsesorden 1.000- 6.000 m ³ .
Sannsynlighet for utfall	Høy sannsynlighet for steinsprang, små fjellskred.

Kode: RN-13	Navn: Grimarsnås øst
Stedsbeskrivelse	Steilt skard på østsida av Grimarsnås
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Nokså rufsete område med sterk oppsprekning og store blokker omgitt av åpne sprekker.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Utfall i størrelsesorden 1.000 – 5.000 m ³ er mulig.
Sannsynlighet for utfall	Høy sannsynlighet for steinsprang

Kode: RN-14	Navn: Øverlandskuta
Stedsbeskrivelse	Fjellrabbe ovafor Tinn Museum
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Sterkt oppsprukket i betydelige partier
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Muligheter for betydelige utfall av blokker og skred i størrelsesorden 1.000 – 10.000 m ³ .
Sannsynlighet for utfall	Steinsprang sannsynlig. Mindre fjellskred ikke usannsynlig.

Kode: RN-15	Navn: Øst for Øverlandskuta
Stedsbeskrivelse	Rabbe / skar oppe i lia noe øst for Tinn museum.
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Noe uoversiktlig. Store åpne sprekker. Sterkt oppsprukket. Stor sleppe i bakkant. Oppknusningen settes i forbindelse med stor knusesone fra Kyrkja som kommer ned her.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Muligens enda mer labilt enn RN-14.
Sannsynlighet for utfall	Mest sannsynlig med blokkutfall. Kan være risiko for et relativt stort skred.

Kode: RN-16	Navn: Kviteberg
Stedsbeskrivelse	Nokså stor rabbe oppe i lia mellom Øverland og Tveitolia
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Den slakt østhellende foliasjonen begynner å komme i ugunstig vinkel i forhold til fjellsida som dreier noe mot NØ her. Bergarten sprekker opp langs foliasjon. I tillegg er det en del åpne sprekker.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Potensial for større utglidninger. Store, utraste blokker ligger helt nede ved veien. Muligheter for betydelige utfall av blokker og skred i størrelsesorden 1.000 – 10.000 m ³ .
Sannsynlighet for utfall	Steinsprang sannsynlig. Mindre fjellskred ikke usannsynlig.

Kode: RS-1	Navn: Svaddenipun
Stedsbeskrivelse	Vestre delen av Svaddenipun; vest for omnsbekken
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Til dels betydelig oppsprukket. Flere områder har åpne sprekker på flere meters vidde.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Vestlig del: Se beskrivelse av spesialområde SVN Østlige del: Store utfall mulig pga utoverhellende slepper. Mulige utfall opptil 2 mill m ³ . Blokker i ura under opptil 150 m ³ store. Ura under mellom 500.000 og 1.000.000 m ³ .
Sannsynlighet for utfall	Sannsynligheten for steinsprang stor i hele området. Utfall av stort fjellskred i vestre del sannsynlig, mindre sannsynlig i østre del. Se spesialområde SVN.

Kode: RS-2	Navn: Steinbekk
Stedsbeskrivelse	Lia mellom Omnsbekken og Nybubekken
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Nokså oppsprukket, men ingen alarmerende åpne sprekkesoner påvist.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Trolig bare steinsprangområder.
Sannsynlighet for utfall	Steinsprang meget sannsynlig

Kode: RS-3	Navn: Kjøvjåkoll
Stedsbeskrivelse	Øst for Nybubekken mot Grosetmorkje
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Det er spesielt en stor sleppesone som går opp på skrå fra dalen inn under fjellpartiet Kyrsvoll, Kjøvjåkoll og Grosetmorkje som kan gjøre et ganske stor fjellparti ustabil.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Fjellparti overhengende sleppesonen er i størrelsesorden 1-3 millioner m ³ .
Sannsynlighet for utfall	Ansees som relativt liten, men området bør overvåkes.

Kode: VVN-1	Navn: Villaveien
Stedsbeskrivelse	Knauser og overheng opp for østre Villaveien- Sølvvollen
Foto	
Bergarter	Rhyolitt
Sprekker og strukturer	Skifrihet (fall NØ) i underkant av knausene. Flere steilt-stående sprekker rundt knausene, ellers mindre oppsprukket.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	ca. 1000- 5000 i enkelte av de oppsprukne knausene.
Sannsynlighet for utfall	Steinsprang må forventes. Lite fjellskred mindre sannsynlig

Kode: VVN-2	Navn: Krosso øst
Stedsbeskrivelse	Dype kløfter i skråningen 700- 900 moh ved Kåsåbekk og Krosso, samt enkelte utspring med mindre overheng.
Foto	
Bergarter	Rhyolitt, kvartsitt i vest (Gvapseborg)
Sprekker og strukturer	Kløfter langs antatte skifrihets-breksjerte soner, mye oppsprukket- løse blokker.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	< 100 – 500 ? for løsblokker langs brattkantene.
Vurdering	Steinsprang og blokkutfall meget sannsynlig. Dette gjelder spesielt områdene merket med VVN-2a. (Mulighetene for små fjellskred ikke nærmere vurdert)

Kode: VØS-1	Navn: Kvitåi
Stedsbeskrivelse	Brattskrenter med noen større dels åpne (<1-2m) sprekker (øst for Fredheim).
Foto	
Bergarter	Ryolitt.
Sprekker og strukturer	Steiltstående store sprekker samt markert lineasjon har oftest stor vinkel til skråningen (fall øst-sydlig)
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Store potensielle volum (<100.-200.000 ?) langs de større markerte sprekkene virker relativt stabile.
Sannsynlighet for utfall	Lite fjellskred –fjellskred lite sannsynlig.

Kode: VØS-2	Navn: Miland syd
Stedsbeskrivelse	Bratt skråning med nesten vertikale skrenter.
Foto	
Bergarter	Ryolitt.
Sprekker og strukturer	Relativt liten oppsprekking i de bratteste partiene
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Små blokker.
Sannsynlighet for utfall	Lite fjellskred lite sannsynlig

Kode: VØN-1	Navn: Tvergrot
Stedsbeskrivelse	Rabber og <=100m lange brattheng ved Satin og ovenfor Kyrkja opp for Tvergrot
Foto	
Bergarter	Ryolitt.
Sprekker og strukturer	Foliasjon ned moderat sydøstlig fall og dels markerte sprekker med steilt sydlig fall (utoverhellende)
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Bratthengene (<ca 100x10x20m ?) er oppsprukket og antas å ville falle ut i mindre deler
Sannsynlighet for utfall	Steinsprang meget sannsynlig. Små fjellskred mindre sannsynlig, men må vurderes nærmere.

Kode: VØN-2	Navn: Dale
Stedsbeskrivelse	Rabber og brattheng ved Geitebekken- Holskuta opp for Dal kirke- Mår kraftverk.
Foto	
Bergarter	Ryolitt.
Sprekker og strukturer	Steiltstående sydhellende sprekker og sydøstfallende foliasjon-skiffrighet. Relativt stor sprekefrekvens.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Stort samlet volum av ustabil blokkmateriale (<1000 ?) Flere spor av ferske utfall.
Sannsynlighet for utfall	Steinsprang meget sannsynlig (-årlig). Lite fjellskred mindre sannsynlig, men bør undersøkes nærmere.

Kode: VØN-3	Navn: Bakkhus
Stedsbeskrivelse	Skogkledd skråning med ur og enkelte rabber nord for Dal-Bakkhus.
Foto	
Bergarter	Ryolitt.
Sprekker og strukturer	Steiltstående sprekker og stor sprekefrekvens.
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Mye løst blokkmateriale (<1000 ?). Ellers vanskelig å vurdere
Sannsynlighet for utfall	Mindre fjellskred antatt lite sannsynlig, men bør undersøkes nærmere.

Kode: VØN-4	Navn: Steinsrud
Stedsbeskrivelse	Skråning langs Stampebekk/Nylandsbekken med enkelte brattkanter- overheng.
Foto	
Bergarter	Ryolitt.
Sprekker og strukturer	Steiltstående NNØ-SSV sprekker og slak hellende foliasjon-skifrihet
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	I øverste brattheng flak på ca 100x30x10? m
Sannsynlighet for utfall	Fjellskred antatt lite sannsynlig, men bør undersøkes nærmere. Det er mulig at det tidvis kan bygges opp stort vanntrykk i sprekkssystemene øverst i lia og som derved kan øke skredfaren.

Kode: VØN-5	Navn: Glupen
Stedsbeskrivelse	Brattskrentene langs Glupen og mot Jiljun
Foto	
Bergarter	Ryolitt.
Sprekker og strukturer	Sydlig hellende foliasjon (15-25 ⁰) og SØ- steiltstående sprekker (70- 80 ⁰)
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Ustabile blokker langs Glupen antatt < 1000. Ved Jiljun kan steiltstående sprekk danne potensielt fjellskred (bør undersøkes nærmere)
Sannsynlighet for utfall	Steinsprang meget sannsynlig. Området må undersøkes nærmere, men er vanskelig tilgjengelig.

Kode: VØN-6	Navn: Hisaten
Stedsbeskrivelse	Brattkanter ovenfor Hisaten, opp for Målarhagan- Gaustajordet
Foto	
Bergarter	Ryolitt.
Sprekker og strukturer	Steiltstående utoverhellende sprekker kombinert med slakt hellende (10-25 ⁰) skifrihet
Anslått volum (m ³) av mulig ustabil område	Sprekker langs toppen av skråningen kan muligens forårsake store fjellskred (bør undersøkes nærmere)
Sannsynlighet for utfall	Fjellskred mulig, men lite sannsynlig. Bør undersøkes nærmere.

Vedlegg 10

MÅLING AV SPREKKER; SVADDENIPUN, RJUKAN

Måle- punkt(er)	UTM x	UTM y	Sprekke-endring					Usikkerhet måling	Orientering sprekk	Kommentar
			Måling av sprekkebredde (cm)			(cm)				
			2000 24.okt	2001 22.okt	2003 11.sep	2000-2001	2000-2003			
1	0478714	6636957	74,5	74,5	74,8	0,0	0,3	0,2	210075	Sprekk parallell kløv; ferskt nedfall; steinfylt fra 3 m
2	0478710	6636952	61,3	61,0	61,2	-0,3	-0,1	0,2	202080	Sprekk parallell kløv; ca 8 m SV langs samme sprekk som 1
3	0478717	6636974	320,0	320,0	320,3	0,0	0,3	1,0	215077	Sprekk parallell kløv; steinfylt fra 7m dyp
4	0478710	6636962	188,8	189,5	189,2	0,7	0,4	0,6	203075	Sprekk parallell kløv; steinfylt fra 5m dyp
5	0478707	6636968	147,8	148,7	148,4	0,9	0,6	0,4	108083	Steinfylt fra 5 m dyp
6	0478672	6636945	180,1	180,1	180,1	0,0	0,0	0,5	208068	Sprekk parallell kløv;
7	0478658	6636948	95,1	96,3	95,0	1,2	-0,1	0,3	230078	Sprekk i vinkel på kløv. Kløv 182052
8	0478688	6636965	387,0	387,7	387,1	0,7	0,1	1,2	208082	Sprekk parallell kløv; Ytre sprekkeseide (V-sprekk); 111 m fra stup til hovedbruddsone; 162 m Ø til hovedbruddplan
9	0478573	6636939	281,5	282,8	281,7	1,3	0,2	0,8	235078	
10	0478564	6636934	52,3	52,2	52,2	-0,1	-0,1	0,2	305082	Synlig åpen 3-4 m før steinfylling
11-15	11: 0478618	6636939	1410,6	1411,0	1409,2	0,4	-1,4	4,2	Avstand	over sprekkeområde
12-14	12: 0478621	6636963	986,5	990,0	986,2	3,5	-0,3	3,0	Avstand	over sprekkeområde
13	0478631	6636958	110,8	109,8	109,8	-1,0	-1,0	0,3	247066	
14-15	14: 0478629	6636959	799,9	802,0	800,4	2,1	0,5	2,4	Avstand	over sprekkeområde
	15: 0478622	6636951								
16	0478609	6636938	129,5	130,0	129,4	0,5	-0,1	0,4	225078	Åpen 8-9 m, så steinfylt; sprekk smaler inn nedover
17	0478476	6636937	13,7	14,2	14,1	0,5	0,4	0,0	116089	sikksakk minst 10 m forløp
18	0478371	6636867	924,5	924,0	923,4	-0,5	-1,1	2,8	Avstand	Hovedsprekk (bakre bruddsone) i vests-krent

19	0478486	6636897		31,0	32,0		1,0	0,1	267074	Mulig å følge tvers over hele blokka til bakre hovedsprekk; 7-8 m dyp synlig åpen sprekk
20	0478490	6636894	26,9	27,5	27,2	0,6	0,3	0,1	256086	Mulig å følge minst 30 m; synlig 5-6 m dyp
21	0478568	6636928	24,5	24,2	24,2	-0,3	-0,3	0,1	134090	Mulig å følge minst 30-40 m; synlig 7-8 m dyp; sikksakk
22	0478665	6636877	25,0	24,8	25,0	-0,2		0,1	221078	Sprekk parallell kløv;
23	0478669	6636872		70,0				0,2		
24				22,5				0,1		
25	0478656	6636863		25,0	25,2		0,2	0,1	196090	ikke parallell kløv i rhyolitt
26	0478651	6636858		24,5	24,4		-0,1	0,1	236078	sikksakk fra 25 følger bare lokalt kløv i rhyolitt

Målingene i 2000 og 2001 er foretatt med et 20 m langt målebånd av plast. Målingene i 2003 er foretatt med Leica DISTO lasermåler.