



# Skred

Fv63 Grandefonn og Sildesteinen. Vurdering av deteksjonsanlegg for skred

FV 63 hp 2, meter 1830, Stranda kommune

Ressursavdelingen

40171-GEOL-R1





Statens vegvesen



# Oppdragsrapport

Nr. 40171-GEOL-R1

Labsysnr.

## Skred

Fv63 Grandefonn og Sildesteinen. Vurdering av deteksjonsanlegg for skred

### Region midt

Ressursavdelingen

Berg- og geoteknikkseksjonen

Postadr. Postboks 2525  
6404 MOLDE  
Telefon 22073000

[www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no)

UTM-sone	Euref89 Ø-N	Oppdragsgiver:	Antall sider:
33	93007 - 6911645		31
Kommune nr.	Kommune	Dato:	Antall vedlegg:
1525	Stranda	2019-04-12	2
		Utarbeidet av (navn, sign.)	Antall tegninger:
		Halgeir Dahle, Tore Humstad	
Prosjektnummer	Oppdragsnummer	Seksjonsleder (navn, sign.)	Kontrollert
		Per Olav Berg	Tore Humstad
Sammendrag			

Tre snøskred over vegen vinteren 2019 mellom Grande og Geiranger har aktualisert risikoreduserende tiltak mot skred på streknin-gen. Detektering og varsling av snøskred for skredløpene Grandefonna og Sildesteinen er vurdert i rapporten.

Detektering med dopplerradar med tilhørende stopplys vurderes som mest aktuelt. To radaroppstillinger er nødvendig for å få god kontroll på løsneområder og skredløp.

Dimensjonerende hastighet for kjøretøyer i området er vurdert til å være 50 km/t. Da kjører man gjennom skredområdet i løpet av 37 sekunder. Skred som løsner høyt til fjells vil bli detektert og varslet minimum ca 40-50 sekunder før det krysser vegen. Skred som løsner lengre ned i fjellsiden kan bruke kortere tid. Det legges derfor opp til at det etableres en trygg stoppsone mellom skredløpene. Denne stoppsonen vil også demme opp for bilister som skulle kjøre saktere enn 50 km/t og samtidig føre til økt margin. Totalt seks stopplys kan bli aktuelt. Det må tilrettelegges for at kjøretøyene kan snu ved stoppepunktene.

Signaloverføring mellom radar og stopplysene må etableres. Dette kan gjøres gjennom mobilnett eller fiber. Strømforsyning til begge radarene og stoppepunktene er nødvendig. Det må også legges opp til nødstrøm.

Emneord

Skred, skreddeteksjon

## INNHold

1	INNLEDNING .....	4
1.1	Bakgrunn.....	4
1.2	Sikkerhetskrav for skred mot veg.....	5
2	UTFØRTE UNDERSØKELSER .....	6
3	OMRÅDEBESKRIVELSE .....	7
3.1	Skredhistorikk Grandefonna.....	9
3.2	Skredhistorikk Sildesteinen .....	11
3.3	Eksisterende tiltak .....	11
3.4	Trafikale forhold .....	11
3.5	Vær og klima.....	12
4	SKREDDYNAMIKK.....	13
4.1	Skredutbredelse.....	13
4.2	Skredhastighet .....	14
5	Kjøretid gjennom skredløpene .....	17
6	RISIKOREDUSERENDE TILTAK.....	18
6.1	Sikringsfilosofi.....	18
6.2	Anbefalt varslingskonsept .....	19
6.2.1	Metodevalg .....	19
6.2.2	Dopplerradar .....	20
6.2.3	Siktanalyse for radarplassering .....	20
6.2.4	Forutsetninger og infrastruktur .....	26
6.2.5	Forutsetninger for å velge radar .....	26
6.2.6	Krav til radarløsning .....	26
6.2.7	Fremdrift.....	27
6.3	Skredsikring på lang sikt .....	27
7	ANBEFALINGER .....	28
8	REFERANSER .....	29

## VEDLEGGSOVERSIKT

Vedlegg 1: Register over ras på riksveg 58 (nåværende fv. 63) fra 1977.

Vedlegg 2: Inngangsparametere for RAMMS-simulering.

## 1 INNLEDNING

### 1.1 Bakgrunn

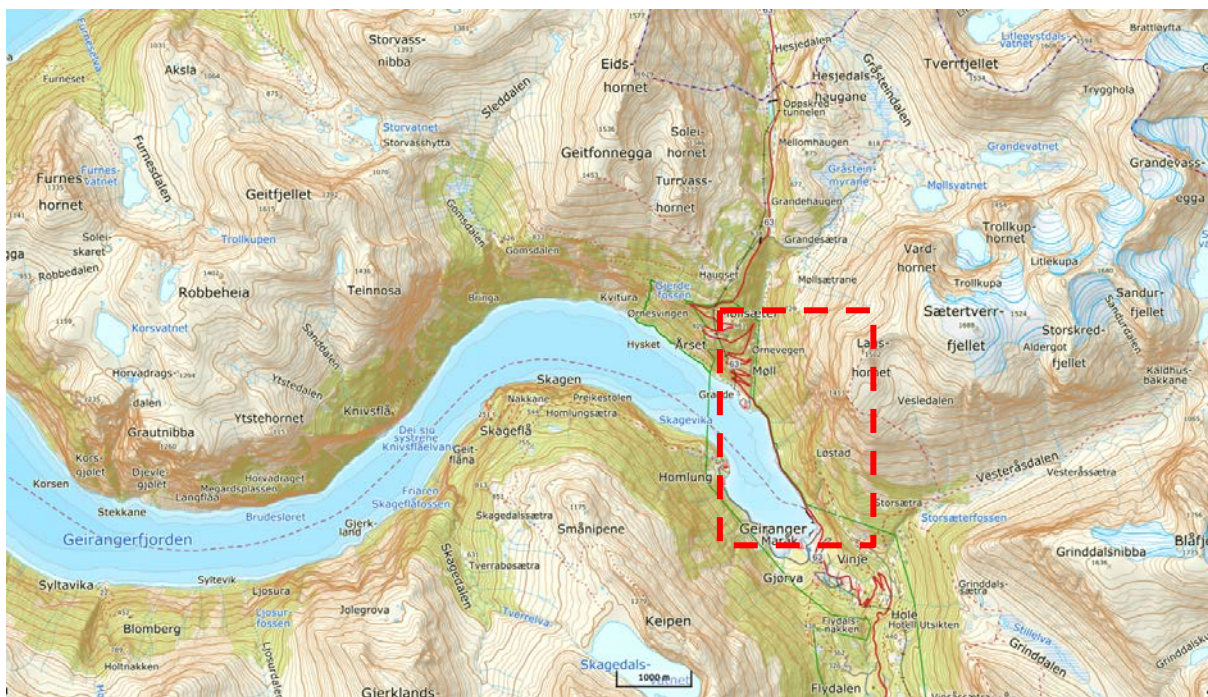
Tre snøskredhendelser på fv. 63 vinteren 2019 på strekningen mellom Grande og Geiranger, se figur 1, har ført til større oppmerksomhet på skredsikring på denne vegstrekninga. Skredene gikk over veg ved følgende skredpunkt:

- 13. januar 2019: Sildesteinen
- 17. januar 2019: Grandefonna og Sildesteinen
- 30. januar 2019: Grandefonna og Sildesteinen

Møre og Romsdal fylkeskommune har bestilt en vurdering av tiltak som kan redusere skredrisikoen for bilistene både på kort og lang sikt.

Denne rapporten beskriver mulige risikoreduserende tiltak som kan iverksettes på kort sikt. Som tiltak på kort sikt, har vi forutsatt at sikringen skal kunne iverksettes innen ett år uten endringer av dagens linjeføring. Vi har begrenset utredningen til å belyse egnetheten av sanntids overvåking av snøskred vha. instrumenter som detekterer snøskred og som umiddelbart sender signal til koblete stopplys. Vi har sett bort fra fysiske tiltak på veg og i terrenget over veg eller flytting av veglinje da ingen av disse regnes som teknisk-økonomisk realistiske innen en såpass kort tidshorisont.

Rapporten er utarbeidet med tanke på vegformål og sikring av trafikk i flyt og må ikke benyttes direkte inn mot byggesak som omfattes av Byggeteknisk forskrift. Rapporten er utarbeidet av Halgeir Dahle (Berg- og geoteknikkseksjonen, Region midt) og Tore Humstad (Geoteknikk- og skredseksjonen, Vegdirektoratet).

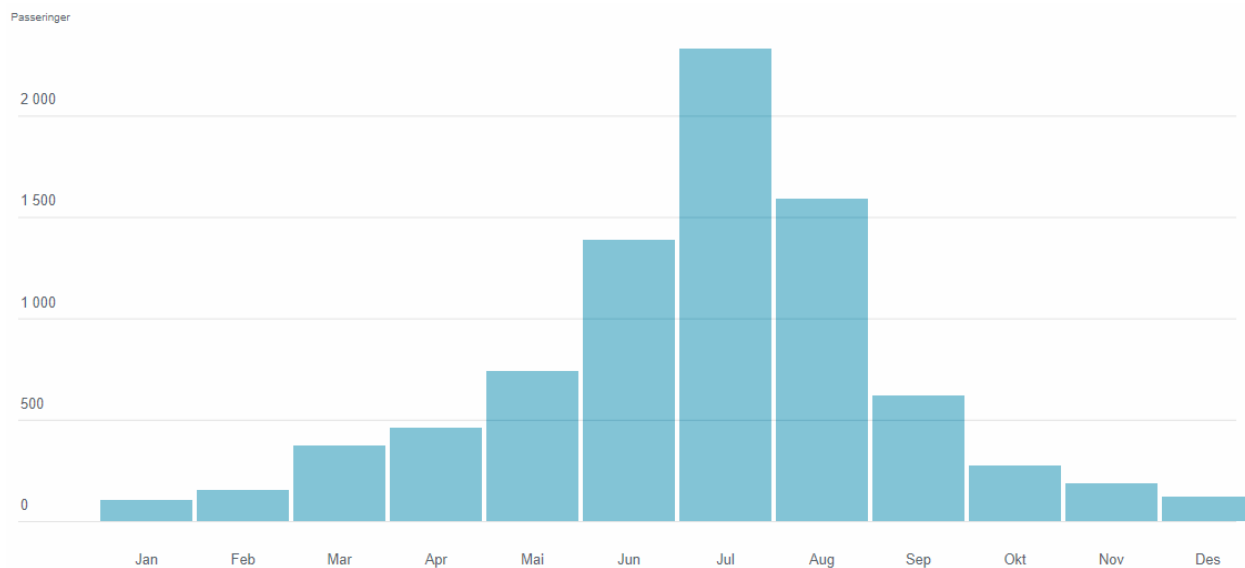


Figur 1. Kart over Geiranger-området. Området som er omtalt i denne rapporten ligger innenfor rødt rektangel.



## 1.2 Sikkerhetskrav for skred mot veg

Trafikkmengden for 2018 på fv. 63 ved Grande er vist i figur 2. I november, desember, januar og februar er trafikkmengden lavere enn 200 biler pr. døgn, mens trafikkmengden i mars og april er mellom 200 og 500. Dersom det skulle bygges sikringstiltak mot snøskred på denne strekningen er det i henhold til gjeldende sikkerhetskrav til skred på veg, se tabell 1, akseptabelt (bør-krav) med skred på veg hvert 20. år. Tolererbar skredfrekvens (skal-krav) er da henholdsvis hvert 5. år.



Figur 2. Gjennomsnittlig trafikkmengde pr døgn ved Grande, målt i 2018 (vegvesen.no/trafikkdata).

Tabell 1 - Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg (Tabell 208.1 i N200 [1]).

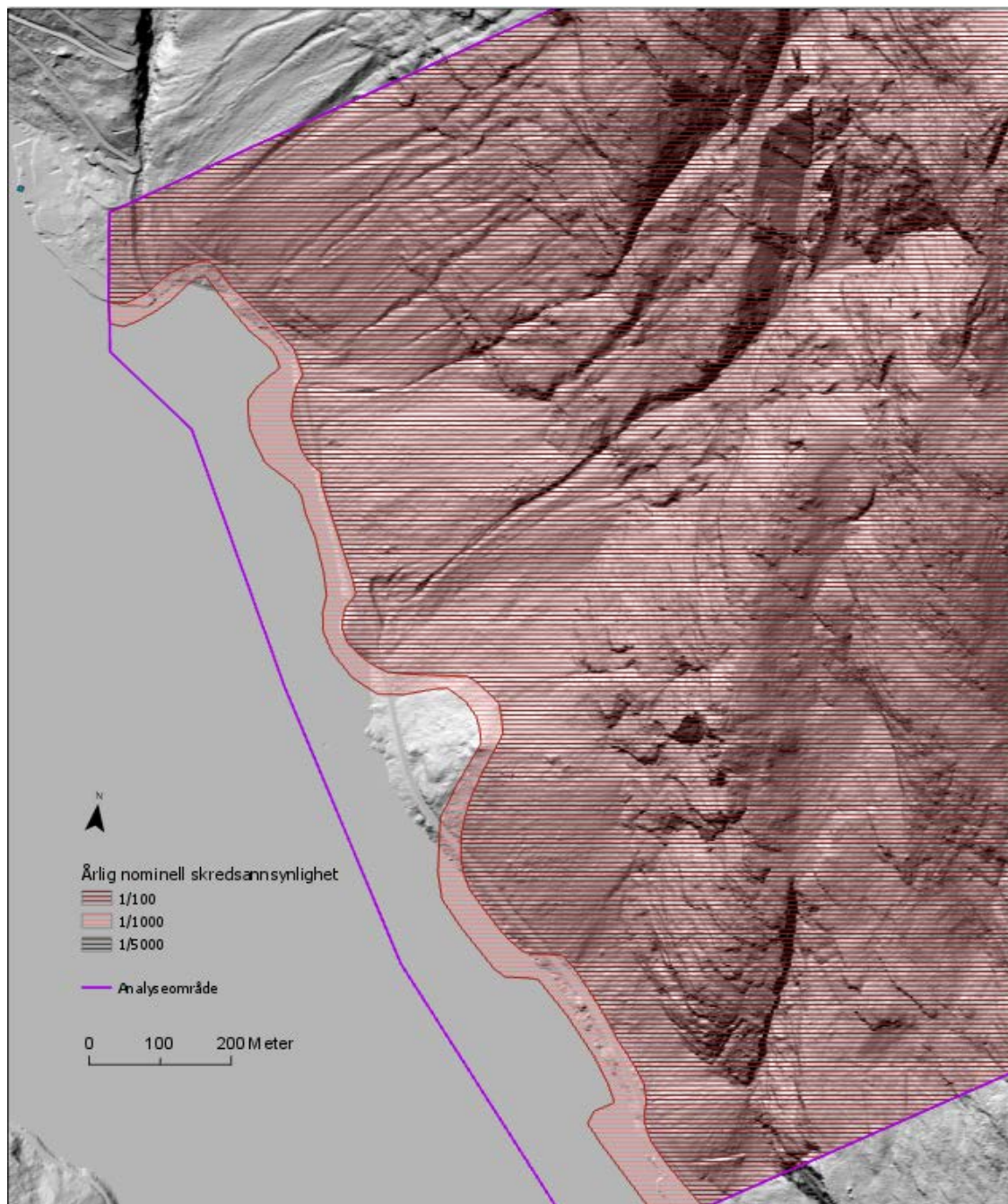
Dimensjonerende trafikkmengde / Skred-sannsynlighet	Dimensjonerende trafikkmengde					
	< 200	200 – 499	500 – 1499	1500 – 3999	4000 – 7999	> 8000
Akseptabel skredsannsynlighet pr. km og år (bør-krav)	1/10	1/20	1/50	1/50	1/100	1/1000
Tolererbar skredsannsynlighet pr. km og år (skal-krav)	1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100

## 2 UTFØRTE UNDERSØKELSER

Faresoner for flom- og jordskred, steinsprang og snøskred er kartlagt av NGI i 1986 [2] og 2015 [3]. Sistnevnte skredfaresoner er knyttet til sannsynlighetsklasser i Byggteknisk forskrift og vist i figur 1.

Kartlegging av skredsikringsbehov langs vegnettet i Region midt ble sist revidert 2015 [4].

Feltundersøkelser som er gjort etter skredhendelsene i 2019 er omtalt i denne rapporten sammen med skissering av mulige risikoreduserende tiltak på kort sikt.



Figur 3. Skredfaresoner for snøskred, steinsprang og jord- og flomskred kartlagt av NGI i 2015 på oppdrag fra Stranda kommune [3].

### 3 OMRÅDEBESKRIVELSE

Fv. 63 fra Grande til Maråk går langs Geirangerfjorden under den bratte sørvestvendte fjellsiden fra Laushornet (1502 moh). Om vi tar utgangspunkt i store og sjeldne snøskredhendelser, er størstedelen av strekninga utsatt. Figur 4 viser utbredelse av snøskredene på strekningen. Det er også en viss fare for steinsprang på strekningen, men denne faren er vurdert til å være lavere enn faren for snøskred på størstedelen av strekningen.

Fjellsiden over vegen er bratt, og de nedre delene består for det meste av skredmasser, men noen steder er det også berg i dagen.

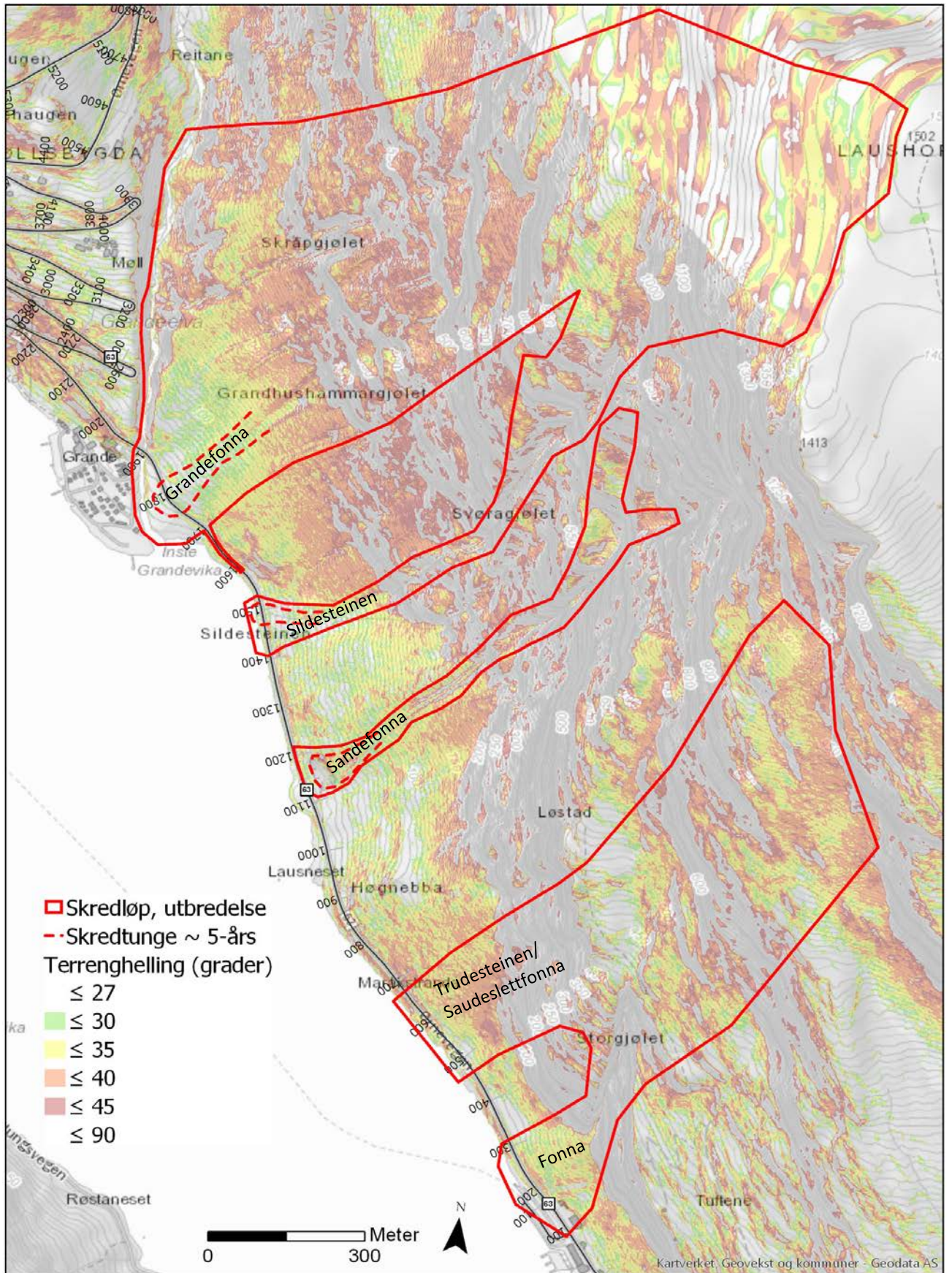
Langs skredløpet Grandefonna ligger det skredmateriale fra vegen og opp til ca 200 moh. Ovenfor er terrenget brattere med nær vertikale berghamre og generelt lite løsmasser. Mellom de steile partiene finnes slakere områder som kan samle snø og som er bratte nok til å gi snøskred. Disse områdene har spredt lav løvskog. Fra ca 1000 moh blir terrenget noe slakere før det igjen blir brattere ved ca 1200 moh og opp mot toppen av Laushornet (1502 moh). Ruheten i terrenget er avtagende fra ca 1000 moh og oppover.

Langs skredløpet Sildesteinen ligger skredmateriale langs et tydelig gjøl fra ca 900 moh og nedover i retning mot sørvest. Skredløpet dreier mot vest når det kommer ut på skredvifta, ca 70 moh. Skredene kan løsne i selve gjølet, men også i det samme området som for Grandefonna, altså rett under Laushornet. Skred langs Slidesteinen har gått på veg tre ganger i 2019. To av gangene har skredet løsnet høyt til fjells og har begge gangene hatt samme løsneområde som Grandefonna. Skredet som gikk 13. januar har ukjent løsneområde.

Skred i skredløpet Sandefonna løsner oftest på et sørvendt sva mellom 600 og 800 moh. Skredene har ofte fuktige skredmasser, noe som kan tyde på at det ofte løsner som glideskred. Ved vegen er det etablert magasin og fangvoll som fører til at dette skredet oftest stopper bak sikringstiltakene.

Skredløpene Fonna og Saudeslettfonna (Trudesteinen) har sannsynligvis ofte samme løsneområde ved ca 1000 moh. Disse skredløpene er sjeldnere enn de tre ovenfornevnte skredløpene.





Figur 4. Skredløp mot veg mellom Grande og Geiranger. Meterverdier er angitt for hver 100 meter.



### 3.1 Skredhistorikk Grandefonna

I 1976 ble skredfrekvensen i Grandefonna vurdert til å være i gjennomsnitt ett skred over veg hvert år (se vedlegg 1). Siden da viser skredregistreringer i NVDB og kartlegging av skredsikringsbehov [4] at skredfrekvensen har blitt noe lavere, nærmere annethvert år. Vinteren 2019 gikk det to skred over veg fra Grandefonna, men da hadde det ikke gått skred over veg her siden 2013.

Grandefonna har sitt mest frekvente utløp på veg fra m 1750 til 1800 (se figur 4 og 5). Skredmassene kan være både fuktige og tørre. Ved fuktige skredmasser kan de også etter å ha truffet veg gli sakte nedover langs vegen, slik som i 17. januar 2019, se figur 5 og 6.

Grandefonna kan også ha et bredere, men sjeldnere utløp på veg. 17. januar 2019 gjorde Grandefonna så store ødeleggelser som den ikke har gjort på ca 40 år (pers. komm. Kåre Hjelle). Da kom skredet i stor fart fra et løsnemråde høyere enn 1000 moh. Dette gav en stor snøsky og kraftig fonnvind som la skogen flat mellom hovedskredløpet og Grandebrua (m 1886-1897), som vist i figur 7. Det var da mye løs og kald snø tilgjengelig for meddriving langs skredløpet, noe som gjorde at skredvolumet vokste undervegs i skredbevegelsen.

15. januar 1922 gikk Grandefonna så stor at to bolighus ble ødelagt på Grande. Huset var tomt for folk da skredet inntraff [atlas.nve.no]. Kraftig vind fra NØ var utløsende årsak til skredet.



Figur 5. Grande, Grandefonna og Sildesteinen. Grå snøoverflate ned mot fjorden viser hvor langt ned skredmassene fra Grandefonna gled langs vegen i retning Sildesteinen 17. januar 2019. Foto fra 31. januar, Halgeir Dahle.



**Figur 6.** Fuktig del av skredmassene fra Grandefonna som ha glidd nedover langs veggen. Foto: Veidekke.



**Figur 7.** Skogen ble lagt flat av fonnvinden mellom hovedskredløpet til Grandefonna og Grandebrua. Sett fra hovedskredløpet hvor de faste snømassene krysset veggen. Foto: Veidekke.



### 3.2 Skredhistorikk Sildesteinen

I 1976 ble skredfrekvensen ved Sildesteinen vurdert til å være et skred over veg ca annethvert år, se vedlegg 1. Siden da har registreringene vist noe redusert skredfrekvens. Vinteren 2019 gikk tre skred på veg ved Sildesteinen, alle med ca 100 m<sup>3</sup> skredmasser på veg. I 2013 gikk to skred på veg. Største skredvolum på veg ble vurdert til å være ca 200 m<sup>3</sup>.

Utstrekning for skredmasser på veg for de mest vanlige skredene er 40-60 m langs veg. Største utbredelse er på ca 120 m.

Skred fra Sildesteinen har utløp på en liten skredvifte i terrenget, noe som fører til at snøskredmassene sprer seg og kan ha ulikt utløp fra gang til gang. De tre skredene i 2019 har alle hatt utløp på den nordlige del av vifta langs en forsenking i løsmassene. Figur 8 viser snøskredmasser i forbindelse med rydding av veg.



**Figur 8.** Sildesteinen i forbindelse med rydding etter skredet som gikk 30. januar 2019. Ca 120 m<sup>3</sup> snø ble liggende i vegen. Foto: Veidekke.

### 3.3 Eksisterende tiltak

Det er ikke utført noen skredsikringstiltak for Grandefonna og Sildesteinen utover organisatoriske tiltak som stenging ved skredfare.

### 3.4 Trafikale forhold

Når fv. 63 mellom Eidsdal og Geiranger er stengt om vinteren på grunn av skred og skredfare, opprettes ferjesamband mellom Hellesylt og Geiranger. Om vinteren er det ingen andre omkjøringsveger.

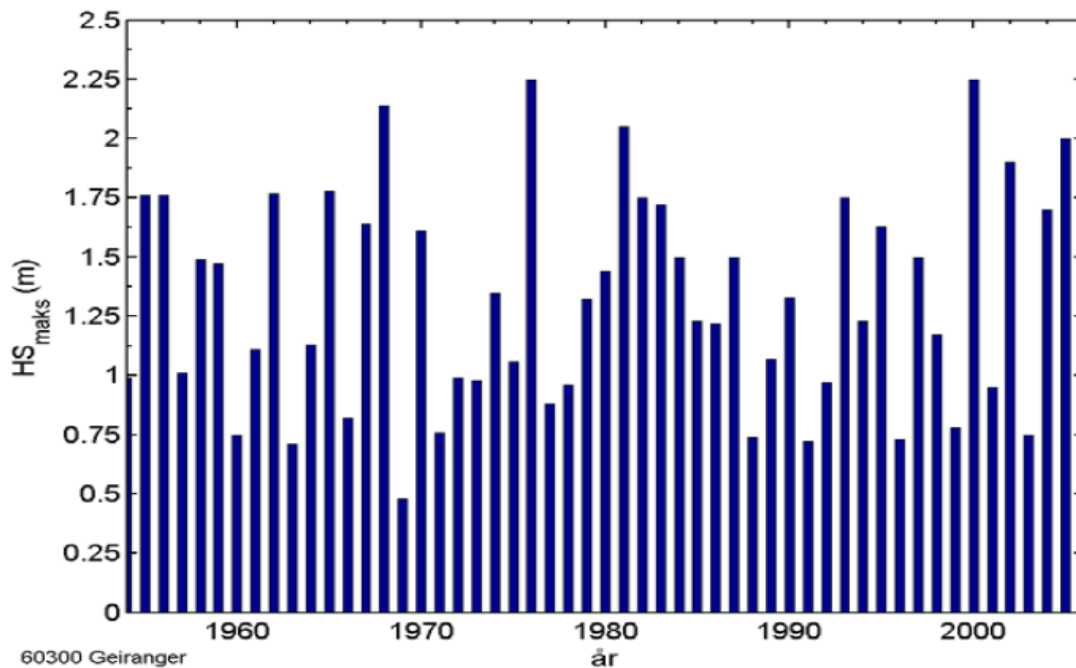


### 3.5 Vær og klima

Det er ikke utført en egen vær- og klimaanalyse for dette prosjektet, men deler av en slik analyse utført av NGI i 2015 [3] er gjengitt nedenfor.

Det finnes ingen offentlig tilgjengelige værstasjoner i Geiranger, de nærmeste er ved Åkneset (13 km mot NV) og Tafjord (18 km mot NØ). Ved Ørjaseter i Geiranger stod en målestasjon for snødybde mellom 1953 og 2005. Figur 9 viser største snøhøyde fra denne stasjonen. NGIs analyse viser at største registrerte økning i snøhøyde over tre døgn var 1,07 m (1981). De største snømengdene kom med vind fra NV.

Vind fra Ø og SØ fører normalt ikke med seg særlig nedbør, men vindhastighetene kan være kraftige og føre til snøtransport dersom det ligger tilstrekkelig løs snø på bakken. Dette har vært dominerende vindretning ved flere skredhendelser mellom Grande og Geiranger, noe som viser at innblåst snø fra henteområdene øst for Laushornet i seg selv kan føre til skred.



Figur 9. Maksimal snøhøyde for Ørjaseter, 419 moh. Hentet fra NGI [3].

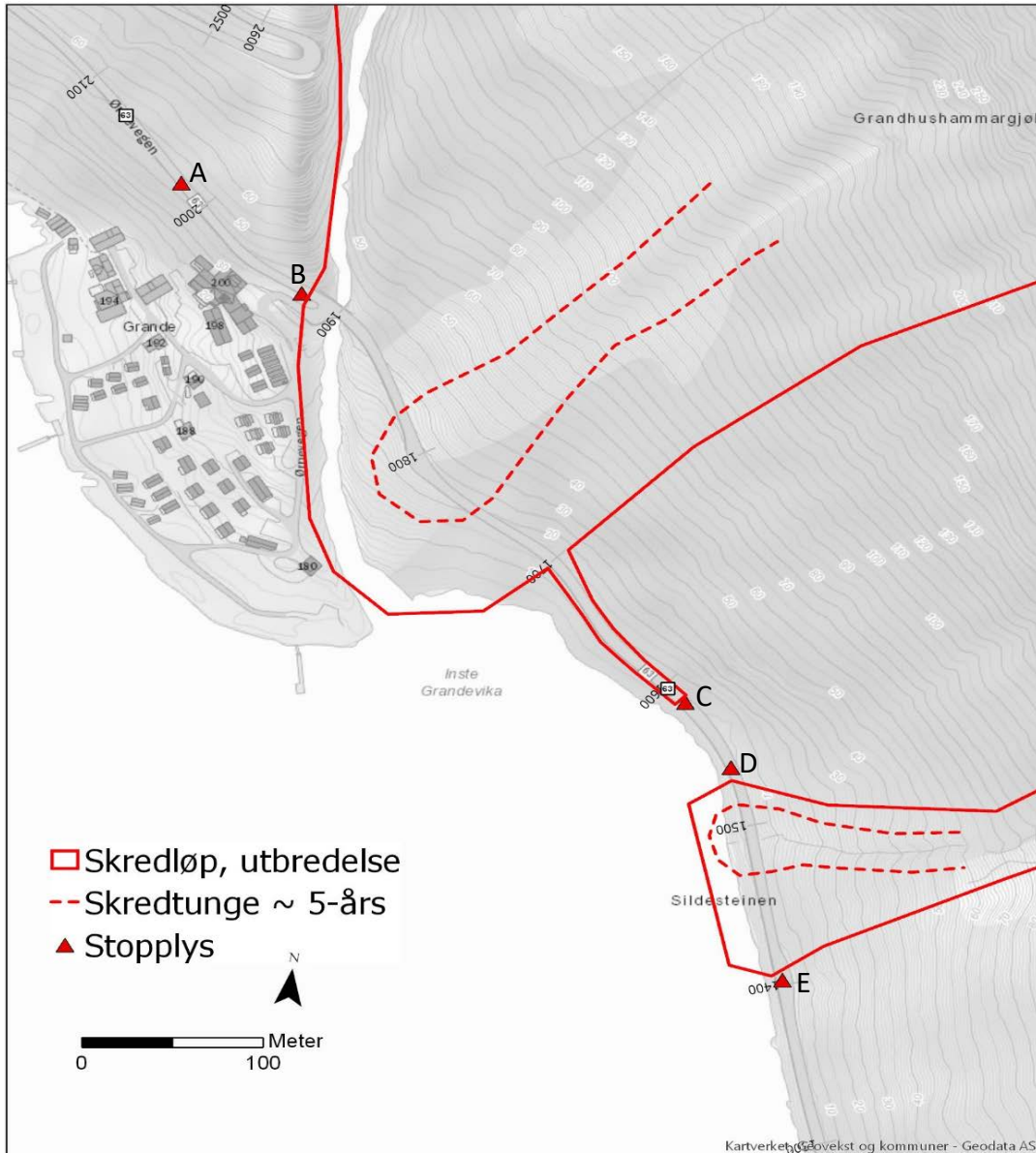
## 4 SKREDDYNAMIKK

### 4.1 Skredutbredelse

Detektering og sanntidsvarsling av skred langs veg krever at man har trygge stoppeplasser for trafikantene. Med trygge stoppeplasser menes at de ikke vil treffes av skred av normal størrelse eller at det ikke oppstår trafikale utfordringer utover hva som kan aksepteres.

Skredutløp ved Grande er skissert i figur 10. I ytterkantene av skredutløpene er det foreslått mulige plasseringer for stopplys som slås på når skred detekteres. Stoppunkt B og E angir ytterpunktene av det samlede skredområdet for Grandefonna og Sildesteinen. Avstanden mellom B og E er 520 m. Ved stoppunkt B er det begrenset sikt lengde og dessuten nedoverbakke for kjøretøy som skal stoppe for rødt lys. Det kan derfor være aktuelt med et ekstra stopplys lengre oppe i bakken, der sikt lengden er lengre, for å unngå at noen kjører inn i ventende biler. Stoppunkt C og D er foreslått etablert dersom avstanden mellom B og E blir for lang til at skred fra lavere høyde kan varsles.

Det kan også være aktuelt å stoppe trafikk helt inne ved Geiranger sentrum for å forhindre at flere kjører inn mot skredløpene. Alle lysene vil bli aktivert ved skreddeteksjon.



Figur 10. Skredløp ved Grande og mulig plassering av stopplys med navngivning (A-E). Meterverdier er angitt.

## 4.2 Skredhastighet

Tørre snøskred har normalt en snøsky som har høyere hastighet enn selve skredmassene (flytelaget) som utgjør hoveddelen av avsatte skredmasser på veg. Ved alle tre skredhendelsene ved Grande vinteren 2018/2019 har det vært tørre snøskred med snøsky. Snøskya kan få stor fart og komprimere og flytte på så store luftmasser at trykkvirkningen fra vinden som dannes vil kunne kaste biler av vegen. I tillegg vil sikten bli borte når skredskya treffer vegen. Hastigheten til snøskya er vanskelig å simulere, men videoen fra skredet 30. januar 2019 er brukt til å estimere hastigheten til snøskya i denne konkrete hendelsen, vist i figur 11. Skredet løsnet ca 1400 moh. Filmen av skredet starter når skredskya har nådd ned til ca 650 moh. Herfra og ned til vegen bruker skredskya 40 sekunder over en avstand i terrenget på ca 900 m. Dette utgjør en gjennomsnittlig hastighet på ca 23 m/s. Skredet 17. januar var større og gjorde mer skade enn skredet som er dokumentert på filmen. I tillegg var det mye løs og kald snø tilgjengelig langs skredløpet.



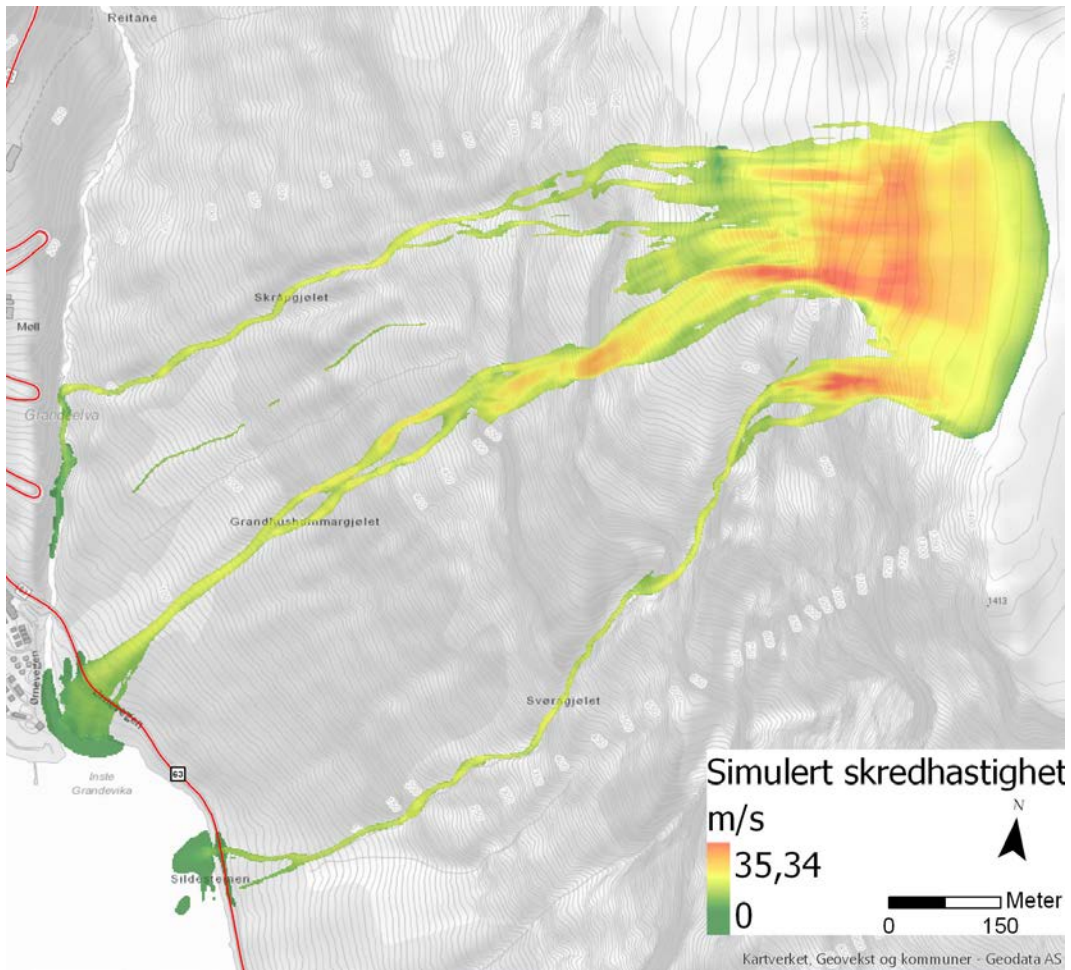
Dermed er det også rimelig å anta at snøskyen 17. januar hadde en større hastighet enn skredet 30. januar, kanskje opp mot 35-40 m/s (ca 125-145 km/t).

Total lengde på skredløpet ved løshøyde 1400 moh er ca 1950 m. Med en gjennomsnittlig skredhastighet langs skredløpet på 40 m/s, vil et skred som løsner ved 1400 moh bruke ca 49 sekunder før det når vegen. Tabell 2 viser estimert tidsbruk for skred ved ulike løshøyder.

Figur 12 viser en numerisk analyse (simulering) av skreddynamikk i programmet RAMMS [5] av skredet som løsnet 17. januar 2019. Simuleringen tar ikke med hastigheten til skredskyen, men kun de faste massene.



**Figur 11. Skjermdump fra film av skredet 30. januar 2019 etter 0, 20 og 40 sekunder ut i filmen. Skredet løsnet rett under Laushornet (1502 moh). I venstre bilde er skredfronten kommet ned til 650 moh. Foto: Hans Martin Homlong og Mari Lattik.**



Figur 12. Simulering av faste skredmasser for et skred med størrelse som skredet 17. januar. Snøskya vil ha høyere hastighet enn hva som fremkommer i simuleringa. Simulert i RAMMS [5], inngangsparametere i simuleringa er vist i Vedlegg 2.

Tabell 2. Estimerte skredhastigheter ved ulike løснеområder.

Løsnehøyde [moh]	Lengde skredløp [m]	Gjennomsnittshastighet for skred [m/s]	Tidsbruk for skred [s]
Øvre, 1400	1950	40	$1950/40 = 49$
Midtre, 1000	1400	30	$1400/30 = 47$
Nedre, 650	900	23	$900/23 = 40$

## 5 Kjøretid gjennom skredløpene

Skiltet hastighet i området er 80 km/t. Dette betyr ikke nødvendigvis at kjøretøy vil holde denne hastigheten. Om vinteren vil sikten, føret og de mange svingene på veien ofte være vel så avgjørende for hastigheten som fartsgrensen. I følge driftsentreprenør vil de aller fleste kjøretøyene holde en hastighet på om lag 50 km/t (ca 14 m/s) forbi skredområdet dersom kjøreforholdene ikke er optimale. Sammenstiller man kjøretøyhastighet med avstanden mellom stoppunktene vist i figur 10, får man en tabell som vist i tabell 3. En bilist trenger altså 37 sekunder for å kjøre forbi begge skredløpene fra ytterpunkt til ytterpunkt ved 50 km/t (punkt B-E, jfr. figur 10).

**Tabell 3. Avstand og kjøretid mellom de ulike stedene for stopplys, forutsatt hastighet på 50 km/t (14 m/s).**

Strekning mellom stoppunkt	Avstand [m]	Hastighet, kjøretøy [m/s]	Tidsbruk [s]
A - E	600	14	$600/14 = 43$
B - E	520	14	$520/14 = 37$
B - C	360	14	$360/14 = 25$
D - E	140	14	$140/14 = 10$



## 6 RISIKOREDUSERENDE TILTAK

### 6.1 Sikringsfilosofi

Vi har i denne rapporten begrenset oss til å beskrive sikringstiltak som kan iverksettes innen ett år. Vi har derfor utelukket fysiske sikringstiltak på veg og i terrenget over veg, samt ev. flytting av veglinje. Vi står da igjen med skreddeteksjon som fører til automatisk stenging av veg. Vi forutsetter at skreddeteksjonen skal dekke Grandefonna og Sildesteinen og sett bort fra skred fra de andre skredløpene på strekningen.

Vi har tatt utgangspunkt i følgende målsetninger for et deteksjonsanlegg:

- Øke sikkerheten: Ingen skred skal krysse åpen veg
- Øke regulariteten: Redusere antall stengte dager på grunn av skredfare
- Øke kunnskapsgrunnlaget: Alle skred blir dokumentert, kunnskapen skal bli bedre og sikkerheten ved rydding etter skred blir lettere å vurdere

For at et konsept med skreddeteksjon som fører til automatisk stenging skal kunne brukes, så må følgende forsteneringer være på plass:

- Tilstrekkelig langt skredløp (skredet bruker forholdsvis lang tid fra det løsner til det treffer vegen)
- Tilstrekkelig få skredpunkt (skredområdet må være oversiktlig og ha kanaliserte skredløp som gjør det forutsigbart å anslå hvor skred kan krysse veg)
- Tilstrekkelig kort skredutsatt strekning (kjøretøy skal rekke å passere på tiden som går mellom deteksjon og ev. treff/kryssing av veg ved normal hastighet)
- Tilstrekkelig trygge venteplasser i randsona (biler som stopper foran skredløp må kunne stoppe trygt, samt vente og ev. snu uten å bli truffet av naboskred)
- Tilstrekkelig oversiktlig veglinje: Stengingspunkter må være egna slik at det er mulig å bli varslet og kunne stoppe i tide selv på glatt vinterføre.

### Deteksjon av skred

Vi har i våre anbefalinger tatt utgangspunkt i følgende krav til selve skreddeteksjonen:

- Deteksjon skal skje så raskt som mulig etter at skred har løsnet (normalt innen ca. 3 sekunder)
- Automatisk verifisering av hendelser (optisk kamera og ev. IR-kamera skal starte når deteksjon er gjort og ta bilder eller gjøre filmopptak mens skredet går)
- Algoritmer skal gjøre automatisk tolkning av hastigheten til skredet
- Algoritmer skal tolke når og hvor skredet stopper

### Trafikkstyringssystem

Vi har i våre anbefalinger tatt utgangspunkt i følgende krav til trafikkstyringen som skal iverksettes automatisk som følge av skreddeteksjonen:

- Informasjonsskilt i begge ender av strekningen bør informere om at dette er en vegstrekning med skreddeteksjon samt forklare de mest interesserte (og iallfall fastboende) hvordan dette fungerer. Ut fra dette vil de fleste lære seg hvilken hastighet som er lagt til grunn for kjøretøy.
- Trafikklys som stopper trafikken (både ytre og indre lys), sannsynligvis 4-6 lyspunkter
- Evt. etablering av halvbommer
- Kamera og ev. trafikk teller ved stengningspunkt kan vurderes dersom man ønsker ekstra dokumentasjon ved tvil om noen kan være truffet av skred.

## Signaloverføring

Vi har i våre anbefalinger tatt utgangspunkt i følgende krav til signaloverføring mellom deteksjonsanlegg og trafikkstyringssystem (se over):

- Når deteksjonsanlegget oppdager at et skred har løsnet, skal dette umiddelbart føre til at vegen blir stengt. Dette skal skje ved at signaler fra deteksjonsanlegget sendes som 24VDC-signaler via nettrekontakt til en PLS som er koblet til Statens vegvesen sitt nett.
- I dette nettet går signalene videre til et lokalt trafikkstyringssystem som tar seg av stenging og ev. åpning av veg.
- Når skredet har stoppet, skal deteksjonsanlegget også oppdage dette og gi nytt signal om hvorvidt skredet har truffet vegen eller ikke.
- Signaloverføringen mellom radar(er) og varslingskilt bør skje via kablet nett.

**Tabell 4: Følgende signal kan være aktuelle for Grandefonna/Sildesteinen**

Signal	Hendelse	Type signal	Funksjon
1.	Skred løsnet (skredalarm)	Puls	Veg: Steng alle punkter. VTS: Informere VTS/varselmottakere
2.	Skred ikke på veg	Konstant	Veg: Ingen endring VTS: Informere VTS/varselmottakere for manuell håndtering
3.	Feil på deteksjonsanlegg	Konstant	Veg: blinkende gul lys? VTS: Feilmelding til VTS

## 6.2 Anbefalt varslingskonsept

### 6.2.1 Metodevalg

Disse metodene er i dag i bruk i Statens vegvesen for denne typen skredløp:

- Geofoner i kombinasjon med trafikkstyringssystem
- Radar (dopplerradar) i kombinasjon med trafikkstyringssystem

Geofoner vurderes som uaktuelt i dette prosjektet pga. to skredløp, flere løsneområder og krevende/utlignelig terreng for installasjon og vedlikehold. Vi anbefaler derfor å bruke dopplerradar.

## 6.2.2 Dopplerradar

En radar (av eng. radio detecting and ranging) stråler ut høyfrekvent svingningsenergi (radiobølger) i form av kraftige og kortvarige pulser. Terreng og gjenstander som treffes av radiobølgene, reflekterer noe av energien tilbake til senderen. Tidsforskjellen mellom puls og ekko bestemmer avstanden til den reflekterende gjenstanden. For å avdekke eventuell bevegelse i terrenget, som ved et skred eller en utglidning, sammenlignes to målinger. Differansen mellom de to viser bevegelsen.

Det finnes flere typer radarer. En *dopplerradar* er en type radar som bruker dopplereffekten for å måle hastighet og retning på et objekt. Ved å sende ut en radarpuls kan en ved å se på *frekvensforskyvningen* i det reflekterte signal avgjøre om objektet beveger seg mot eller fra radaren, og med hvilken hastighet det beveger seg. Dopplerradaren kan måle svært nøyaktige hastigheter dersom den har et begrenset hastighetsområde å måle innenfor.

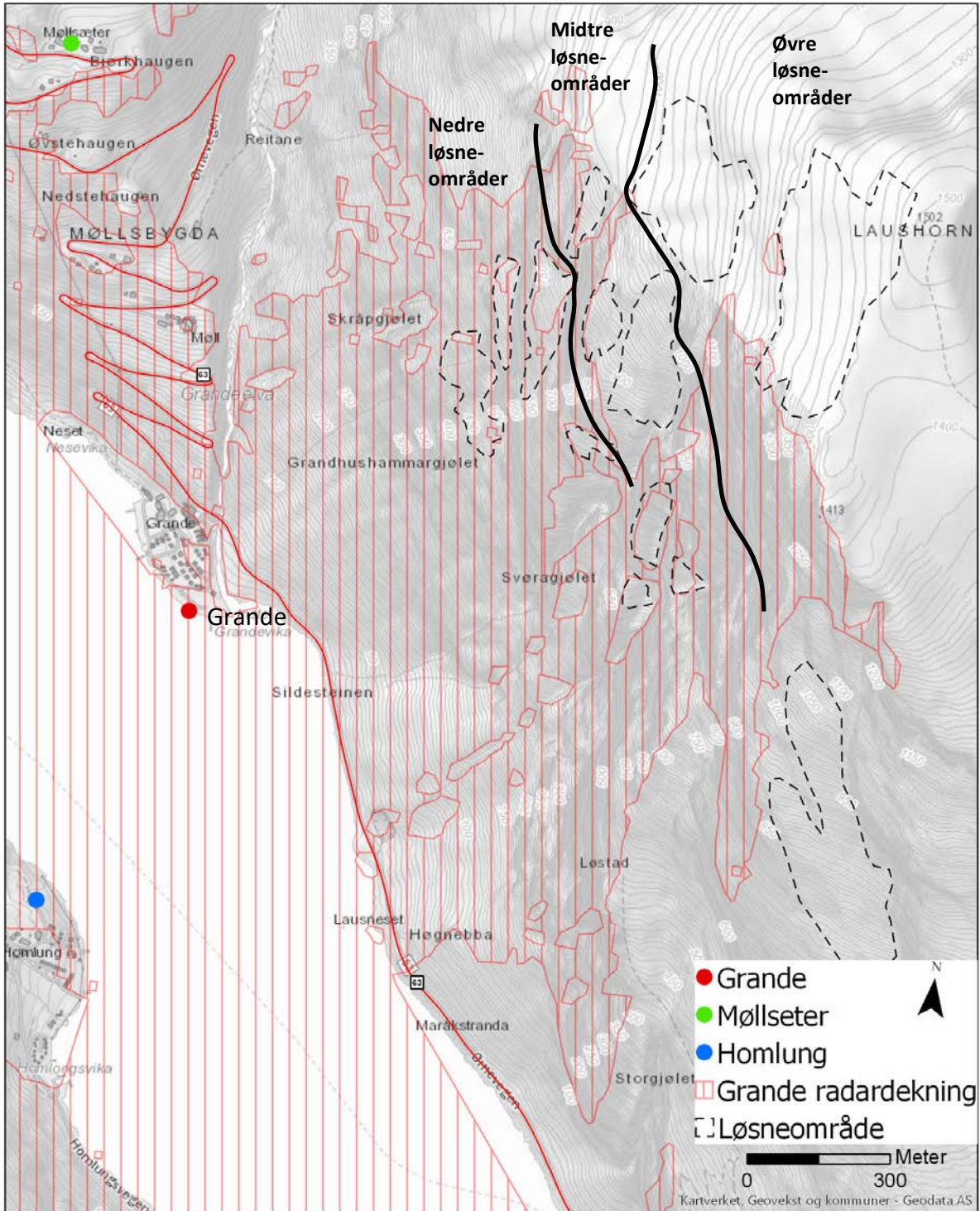
## 6.2.3 Siktanalyse for radarplassering

For at en dopplerradar kan skal kunne brukes til skredovervåkning, må den plasseres slik at den har mest mulig fri sikt inn i både løснеområder, skredløp og utløpsområde. Særlig er fri sikt inn mot løснеområdene viktig for at trafikanter kan varsles og vegen stenges så tidlig som mulig etter at skredet har løsnet. Sikt videre nedover i skredløp og utløpsområder er viktig for å fange opp skred som løsner lenger nede, samt dokumentere hvor langt skredene går, herunder om de treffer vegen eller ikke.

Vi har i denne analysen tatt for oss tre aktuelle oppstillingsplasser for radar. Foreløpig har vi sett på lokaliteter på Grande (se figur 13), Homlung (se figur 14) og Møllseter (se figur 15) som aktuelle. På figurene på de neste sidene, har vi vist hvilke områder som er synlig fra disse radarplasseringene. For å holde orden på de relevante løснеområdene, har vi klassifisert dem etter omtrentlig høyde på denne måten:

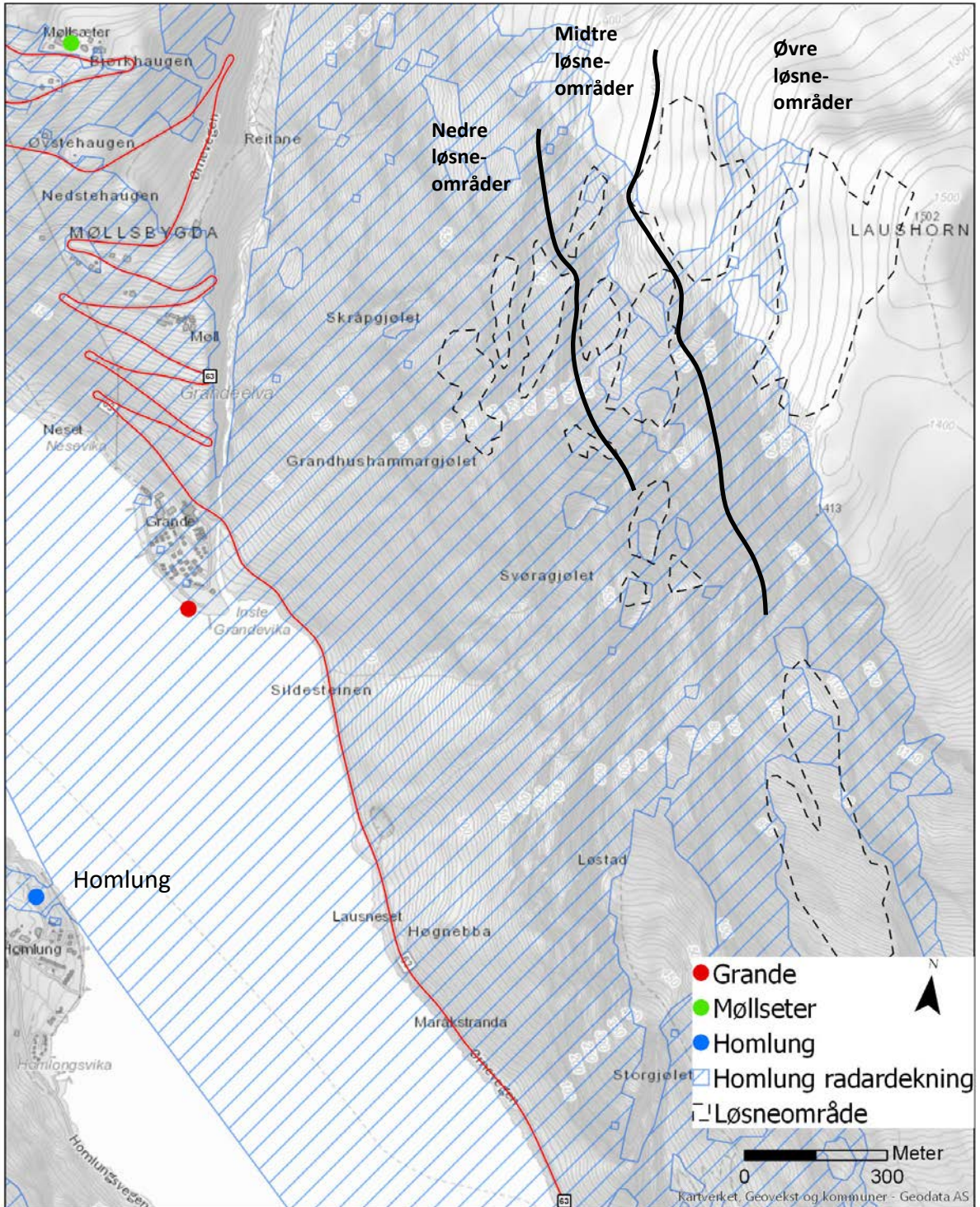
- Øvre løснеområder (>~1000 moh), vest for Laushornet (1502 moh)
- Midtre løснеområder (~800-1000 moh), sørvest for Laushornet
- Nedre løснеområder (<~800 moh), sørvest for Laushornet





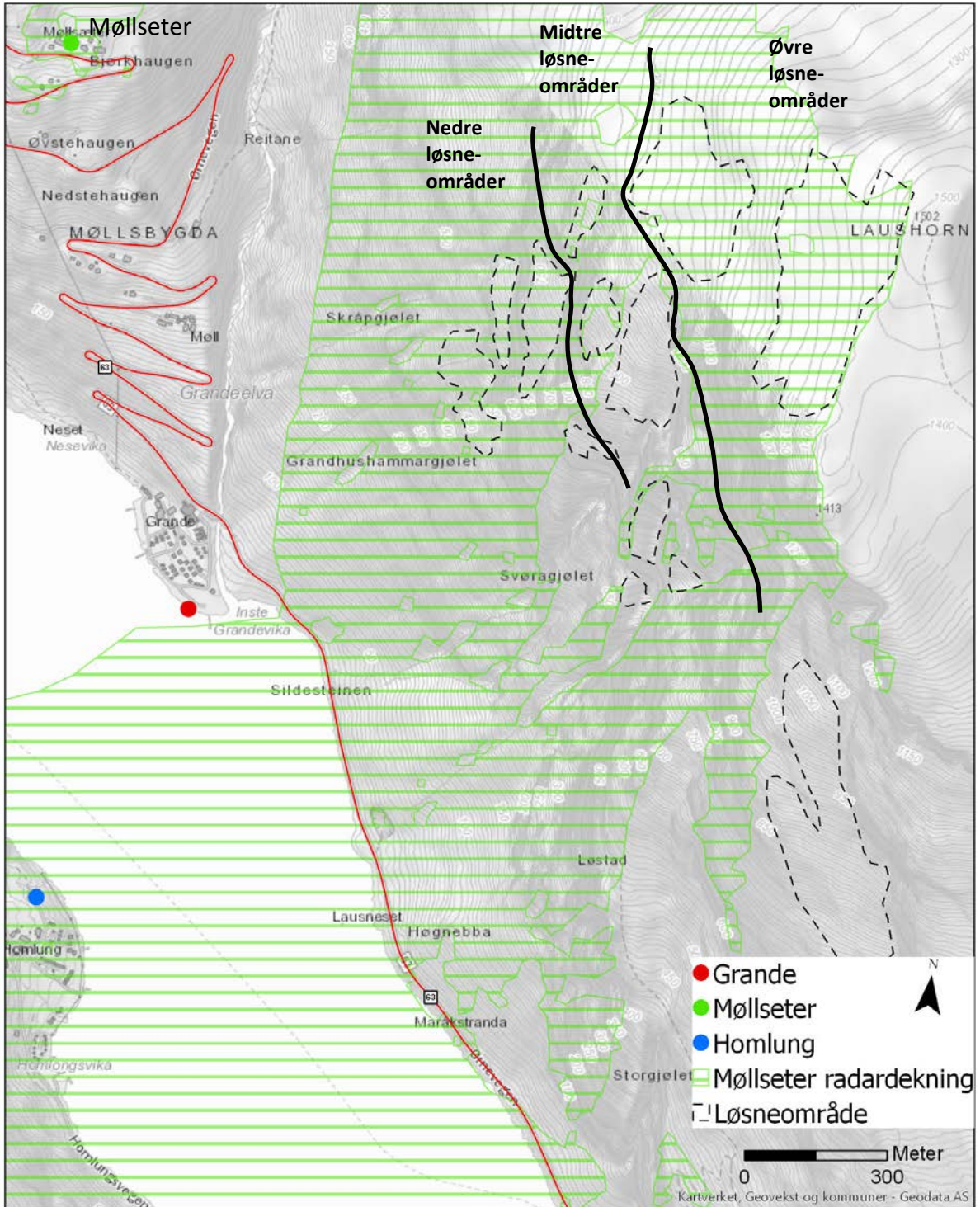
Figur 13: Siktanalyse ved mulig radar plassering 3 m over bakken ved Grande (~2 moh). Rød skravur tilsvarer synlige områder fra radaren. Dekningen er god i nedre løsneområder og nedstrøms skredløpet, men dårlig i midtre og øvre løsneområder.





Figur 14: Siktanalyse ved mulig radarplassering 3 m over bakken ved Homlung (~20 moh). Blå skravur tilsvarer synlige områder fra radaren. Dekningen er god i midtre og nedre løsneområder samt nedstrøms skredløp, men dårlig å øvre løsneområder.





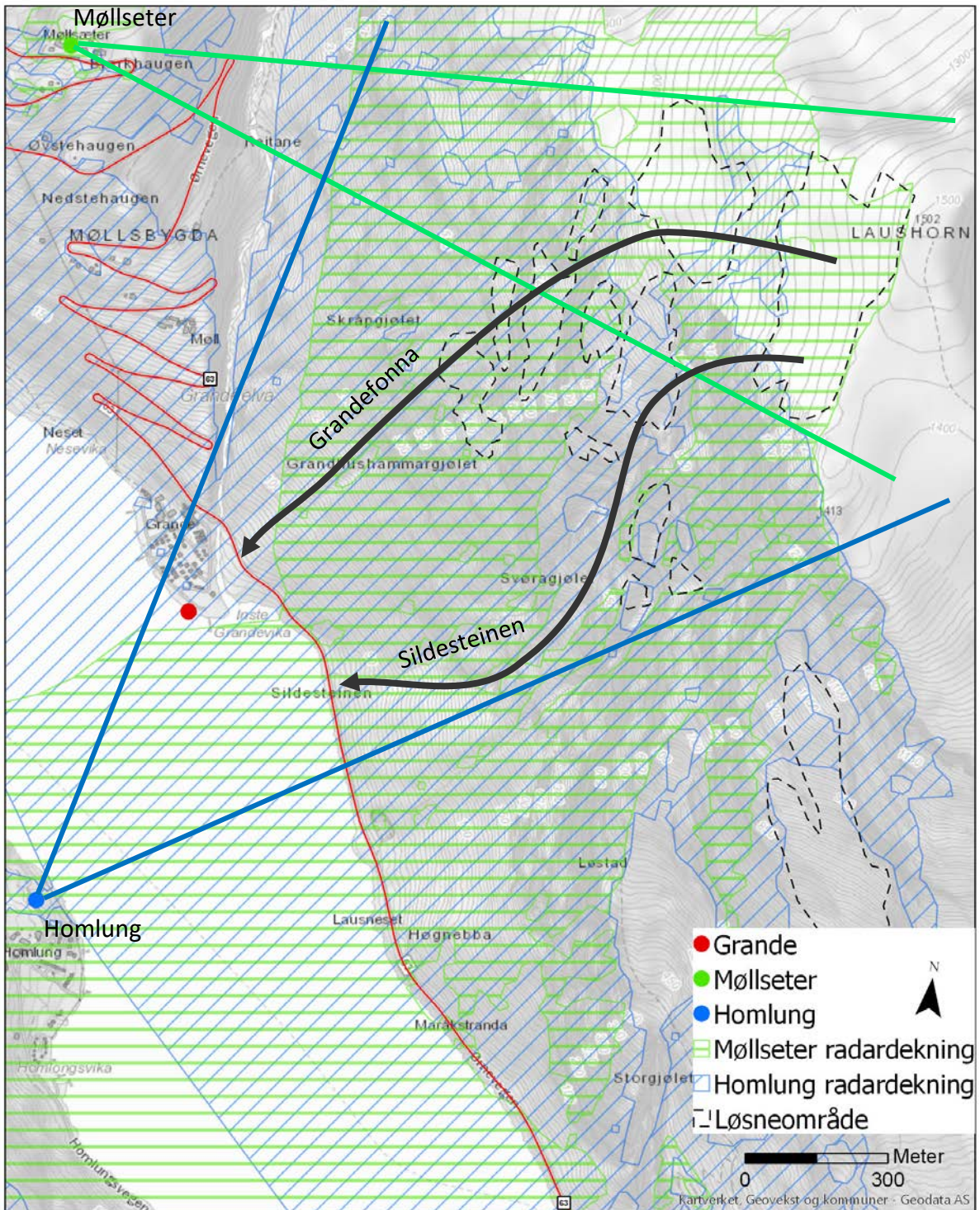
Figur 15: Siktanalyse ved mulig radarplassering 3 m over bakken ved Møllester (~460 moh). Rød skravur tilsvarer synlige områder fra radaren. Dekningen er god i øvre løsneområder og middels god i midtre løsneområder. Vinkelen mot nedre løsneområder og nedstrøms skredløp er spiss, følgelig er hastighetskomponenten mot radaren lav og skred vanskelig å detektere (til tross for at skredene er visuelt synlig).



**Tabell 5: Fordeler og ulemper med ulike radarplasseringer**

Plassering	Fordeler	Ulemper
Grande	God dekning i nedre løsneområder og nedstrøms skredløp.	Dårlig dekning i midtre og øvre løsneområder.
Homlung	God dekning i midtre og nedre løsneområder samt nedstrøms skredløp.	Dårlig dekning i øvre løsneområder.
Møllseter	God dekning i øvre løsneområder og middels god i midtre løsneområder.	Vinkelen mot nedre løsneområder og nedstrøms skredløp er spiss. Følgelig er hastighetskomponenten mot radaren liten og vanskelig å detektere skred (til tross for at skredene er visuelt synlig).

Fordeler og ulemper med de ulike plasseringene gitt i (tabell 5), gjør at vi vurderer at ingen av plasseringene enkeltvis er gode nok. Derimot vil en kombinasjon av to radarer plassert på Homlung og Møllseter gi en god dekning av hele skredløpet, både for Grandefonna og Sildesteinen. Figur 16 illustrerer hvordan skredløpene kan overvåkes med fullstendig dekning.



Figur 16: Siktanalyse der vi kombinerer sikt fra Møllseter (grønn skravur) og Homlung (blå skravur) vist sammen med skjematisk visning av skredløpene fra Grandefonna og Sildesteinen.

#### 6.2.4 Forutsetninger og infrastruktur

For at skreddeteksjon og trafikkstyring med tilhørende signaloverføring skal fungere optimalt må tilhørende infrastruktur være på plass:

- Robust strømforsyning framlagt til både radarplassering og stopplys
- Internett (via kablet nett eller mobilnett) for dataoverføring og feilsøking
- Kobling mot automasjonsnett gjennom nettrelekontakter

#### 6.2.5 Forutsetninger for å velge radar

For at en radarløsning skal være aktuelt, må følgende forutsetninger innfris:

- Radaren skal uavhengig av vær- og lysforhold kunne detektere snøskred som potensielt kan komme til å treffe vegen. Dette gjelder også i perioder med temperaturer rundt null grader med tilhørende utfordringer med for eksempel regn og våt snø kan feste seg eller fryse fast på radaren og ved svært lave temperaturer, mye vind og potensiell ising på utstyret. Radaren skal ikke være avhengig av dagslys.
- Det er kun snøskred som skal varsles, men også andre skredtyper (over 10 m<sup>3</sup>) skal kunne detekteres og varsles så lenge radaren er påslått (i vintersesongen).
- Eventuelle begrensinger som følge av radar på båter og skip skal være avklart og håndterbare

#### 6.2.6 Krav til radarløsning

Følgende krav bør stilles til en radarløsning:

- Systemovervåking, ettersyn (via internett) og nødvendig vedlikehold
- Lagring i database (alle deteksjoner med relevante metadata i alle sesongene så lenge kontrakten gjelder, driftsdata om oppetid/nedetid sendte signaler og annen systeminformasjon)
- Gode backup-rutiner som sikrer at data ikke forsvinner. Ved prosjektslutt skal alle data overføres til oppdragsgiver i egnet maskinlesbart format)
- Logging av signaloverføring
- Logging av driftsstans (all driftsstans inkl. tid start, tid slutt, årsak/begrunnelse og akkumulert driftsstans)
- Presentasjon på egnet webløsning skal være inkludert
- Automatisk skredregistrering til regObs skal være inkludert



### 6.2.7 Fremdrift

Vi ser for oss følgende tidslinje for et ev. deteksjonsanlegg for Grandefonna og Sildesteinen:

- Utlysning, anskaffelse og kontraktsignering (innen 2019)
- Kalibrering og innkjøring første sesong (med milde sanksjonsformer), dvs. 2019/2020.
- Normal drift med fullstendig kravliste og tilhørende sanksjoner ved ev. feil i ytterligere fire sesonger, dvs. tom. 2023/2024.
- Opsjon på forlengelse i ytterligere fem år, dvs. tom. 2028/2029.

### 6.3 Skredsikring på lang sikt

Dersom vegeier ønsker seg en fullverdig og langsiktig skredsikring basert på fysiske tiltak, så vil trolig en tunnelloøsning gi minst usikkerhet. Vi har ikke gått inn på en slik løsning i denne rapporten. Derimot har vi lagt vekt på å beskrive en radarløsning som skal være robust og sikker nok til at den lett kan utvises og fungere tilfredsstillende i mange år.

## 7 ANBEFALINGER

En ideell lokalitet for detektering og varsling av snøskred vil være en situasjon med ett oversiktig skredløp. Ved Grande er situasjonen slik at det er to skredløp, ikke full oversikt fra kun ett radarpunkt, samt at vegen er på stigning. Lokaliteten er ikke ideell, men med et oppsett som skissert i rapporten, med to radarer i kombinasjon, vil risikoen for at biler blir truffet av skred bli redusert.

Etter at skredsikringsprosjektet mellom Korsmyra og Indreeide er fullført, vil strekninga mellom Grande og Geiranger være dimensjonerende for når vegen er stengt på grunn av skredfare. Skredovervåkinga vil føre til at stenging på grunn av skredfare vil reduseres vesentlig.

Dopplerradar anbefales som metode for sanntids overvåking av snøskred ved Grandefonna og Sildesteinen. Størstedelen av skredløpet kan overvåkes ved å etablere radaren ved Homlung. Øvre deler av skredløpet kan overvåkes ved å etablere en ekstra radar ved Møllseter.

Ved kjøring i 50 km/t gjennom skredløpene vil man ha passert i løpet av 37 sekunder. Hastigheten til snøskredene og snøskya i fjellsiden er estimert ut fra observerte skred. Det er lagt til grunn en større gjennomsnittlig hastighet for skredene som løsner høyest oppe (40 m/s) enn skredene som løsner nederst (23 m/s). De aller fleste skredene vil ved slike forhold bruke ca 40 sekund og mere fra de løsner til de krysser vegen. Én radar ved Homlung vil da kunne fange opp de aller fleste skred, men ved å tilføye en ekstra radar, vil man kunne fange opp skred i alle potensielle løsnedområder.

Ved å benytte seg av det relativt snøskredsikre området mellom Grandefonna og Sildesteinen, kan man redusere kjøretiden i skredløpene og dermed trenger man ikke like lang varslingstid. Slik vil det være tilstrekkelig med 25 sekunders varslingstid. Det er ikke ideelt at biler kan bli stoppet mellom to skredløp. Vi vil derfor anbefale å gå for en løsning med to radarer slik at man oppnår en større sikkerhet mot å bli innesperret mellom skredløpene.

## 8 REFERANSER

1. N200 (2018): Håndbok N200 Vegbygging.
2. NGI (1997): Skredfareberedskap i Geiranger. Rapportnr: 964035-1
3. NGI (2015): Maråk – Grande, Geiranger. Vurdering av fare for skred for ny kai. Dok.nr. 20150044-01-R.
4. Vegvesen (2015): Skredsikringsbehov på riks- og fylkesveger. Region midt.
5. RAMMS (2018): Two-dimensional dynamics modeling of rapid mass movements in 3D alpine terrain. Version 1.7.20.



Gaurdal Berge

# REGISTER OVER RAS PÅ RIKSVEG 58

H.P. NR.	FRA KM	TIL KM	NAMN	TYPE RAS	CA. LENGDE m	CA. HØGD m	FREKV.	MERKNADER	
01	14.60	15.40	OPPLENSKED. - ØRJASÆTER	SNØ- STORM	800				
01	18.18	-	Her har gått ei fonn, nokre vognhus vart tekne rundt år 1900. Uviss breidde, høgd osv.						
01	18.36 + 18.76 + 19.84	(Fonna gikk over tre sløyfer av vegen.)							
			BAKKEFONNA	Mjell- fonn	-	-	-	sjelden Gikk 23. feb. 1907. 10 omkom	

**STEINSPRANG FRA KM 2.17 HP01 til km 1.85 HP02**

02	0.15	0.26	FONNA	Mjell- fonn	90	1	2	1.5	ca. kvart 50. år
02	0.44	0.55	SANDSLETT- FONNA	Mjell- fonn	110	1	3	1.5	ca. kvart 20. år
02	1.08	1.20	SANDE- FONNA	Mjell- krem	120	1	3	2	ca. kvart 20. år

**SAMANHENGANDE FONNFARE FRÅ KM 1.08 til km 1.49**

06 FRÅ 1.59 til km 1.93

02	1.37	1.49	SILDESTEIN- FONNA	Mjell- /krem	120	1	4	3	ca. kvart 2. år
02	1.59	1.93	GRANDE- FONNA	Mjell- /krem	340	1	7	3	kvart år
03	-	0.20	RESEFONNA	Mjell- fonn					uvisst sjelden
03	0.55	0.65	GRANDEHAUK- FONNA	SNØ- RAS	100	1	2.5	2	sjelden To ganger i 1976
03	0.76	0.84	BUFONNA	SNØ- RAS	80	-	-	2	ca. kvart 40. år
03	0.95	1.00	KORSMYRDAL- FONNA	KREM- FONN	50				uvisst sjelden Gikk 1976
03	2.34	2.46	SÆTREFONNA	SNØ- RAS	120	2	7	4	ca. kvart 20. år
03	3.12	3.80	BREIDSKRED- HESTESKRED FONNA	MJELL- FONN	680	2	5	3	sjelden
03	3.47	3.59	SKÅRANE	MJELL- FONN	120	1	4	3	ca. kvart 30. år

03 VED KM 5.8 PÅ INDRØEIDE HAR GATTEI FONN EIN GONG I TIDA, MEN ØRBIDD, HØGD, OL. PÅ HENNE ER UVISS.

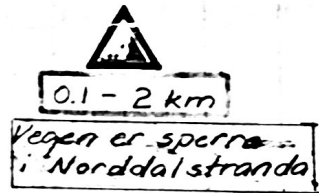
OPPLYSNINGAR GITT AV INGE LUND NOV. 1976 OG AV ERLING GAUSDAL JAN. 1977.

SKILT VED KM 0.12 og km 2.19 (HP02)

Stranda 18. januar 1977 Arde Klippe

NO	FAH KM	FAH KM	NAVN	TYPE RAS	VEG BREDDE	VEG HØGDE	VEG LØS	VEG LØS	FREKV.	MERKNINGER
01	0.640	0.710	REINS- HAMMAREN	SNARAS	70	3	6	4	ca. kvart 2. år	Opptil 50. gagar pr. år
01	0.400	2.200	STEINSPRANG	HEILE ÅRET						
01	0.780	0.840	STORÅS- NAKKEN I	SNARAS	80	2	4	3	ca. kvart 2. år	
01	1.050	1.120	STORÅS- NAKKEN II	---	70	2	4	3	---	
01	1.290	1.360	STORÅS- NAKKEN III	---	70	2	4	3	---	
01	1.740	1.780	STORÅS- NAKKEN IV	---	40	1	3	2	---	
02	3.27	3.31	DALHUS	<del>STEM- JORD</del>	40	GIKK HAUSTEN 1975				

SKILT : KM 0.260 og 2.300



← Skal setjast opp ved ras eller ved rasfare.

OPPLYSNINGAR GITT AV INGE LUND NOV. 1976

Stranda 9. nov. 1976

Asle Kleppe

RAMMS::AVALANCHE RAMMS OUTPUT LOGFILE

Simulation resolution (m): 2.00

SIMULATION RESULTS

Number of cells: 514097

Number of nodes: 515895

Calculated Release Volume (m3): 11408.7

Overall MAX velocity (m/s): 35.5665

Overall MAX flowheight (m): 4.87808

Overall MAX pressure (kPa): 379.493

\*\*\*\*\*

RAMMS::AVALANCHE 1.7.20 INPUT LOGFILE

Project: Grande

DEM / REGION INFORMATION:

DEM resolution (m): 1.00

Nr of nodes: 10008572

Nr of cells: 10002141

Project region extent:

E - W: 94830.220 / 92193.220

S - N: 6909511.1 / 6913304.1

GENERAL SIMULATION PARAMETERS:

Simulation time (s): 300.000

Dump interval (s): 2.00

Stopping criteria (momentum threshold) (%): 5

Constant density (kg/m3): 300

NUMERICS:

Numerical scheme: SecondOrder

H Cutoff (m): 0.000001

Curvature effects are ON!

RELEASE:

Depth: 0.50 m Vol: 11406.5 m3 Delay: 0.00 s Name: losne.shp (C:\RAMMS\AVAL\Grandefonna)

Estimated release volume: 11406.52 m3

FRICITION MUXI:

Altitude\_limit\_1: 1000 m a.s.l

Altitude\_limit\_2: 500 m a.s.l

Format of following parameters: [ < 500 ] - [ 500 - 1000 ] - [ > 1000 ]

Open slope parameters:

Mu: 0.230 - 0.210 - 0.195

Xi: 1750 - 2100 - 2500

Channelled parameters:

Mu: 0.280 - 0.270 - 0.250

Xi: 1350 - 1530 - 1750

Gully parameters:

Mu: 0.360 - 0.330 - 0.320

Xi: 1100 - 1200 - 1350

Flat parameters:

Mu: 0.210 - 0.190 - 0.170

Xi: 2500 - 2900 - 3250

Forest parameters:

Mu (delta): 0.020 - 0.020 - 0.020

Xi: 400 - 400 - 400

RETURN PERIOD (y): 300

VOLUME category: Medium

COHESION:

No COHESION specified.

MAP / ORTHOPHOTO INFO:





Statens vegvesen  
Region midt  
Ressursavdelingen  
Postboks 2525, 6404 MOLDE  
Tlf: 22073000  
firmapost-midt@vegvesen.no

[vegvesen.no](http://vegvesen.no)

**Trygt fram sammen**