



RAPPORT

# Skredvarsling i Sandneslia

EVALUERINGSRAPPORT ETTER FØRSTE  
TESTSESONG

DOK.NR. 20140081-02-R  
REV.NR. 0 / 2016-10-14

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

## Prosjekt

Prosjektittel: Skredvarsling i Sandneslia  
Dokumentittel: Evalueringsrapport etter første testsesong  
Dokumentnr.: 20140081-02-R  
Dato: 2016-10-14  
Rev.nr. / Rev.dato: 0

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: STATENS VEGVESEN  
Kontaktperson: Gunne Håland  
Kontraktreferanse:

## for NGI

Prosjektleder: Yme Kvistedal  
Utarbeidet av: Yme Kvistedal  
Kontrollert av: Per Dobloug, Frode Sandersen

## Sammendrag

NGI har utviklet et nytt system for automatisk skredvarsling ved vei, basert på geofoner og trådløse sensornettverk. Dette systemet ble første gang testet vinteren 2015/2016 i Sandneslia, ved FV472 i Gildeskål kommune. I testsesongen var det ingen store skred som traff veien, men flere små og mellomstore skred ble detektert og varslet. Denne rapporten inneholder en detaljert evaluering av skredvarslingssystemet og resultatene fra testsesongen.

## **Innhold**

<b>1 Sandneslia</b>	<b>5</b>
<b>2 Instrumentering</b>	<b>8</b>
2.1 Sensorer, plassering og montering.	8
2.2 Radiomaster og trådløst sensornettverk	8
2.3 Mikrokontroller og prosessering	11
2.4 Styringskap og trafikkontroll	12
2.5 Kamera og observasjoner	13
<b>3 Resultater</b>	<b>14</b>
3.1 Oversikt over registrerte skredhendelser	14
<b>4 Diskusjon</b>	<b>17</b>
4.1 Vurdering av varslingskriterier	17
4.2 Trafikkontroll	19
4.3 Driftssikkerhet	21
<b>5 Konklusjon</b>	<b>22</b>
<b>6 Anbefalinger</b>	<b>23</b>

## **Kontroll- og referanseside**

## 1 Sandneslia

Statens Vegvesen, NGI og Veidekke installerte i juni 2015 et nytt skredvarslingssystem i Sandneslia, i Gildeskål kommune. Mye av trafikken til og fra Sandhornøya går via Fv427, og bilene må her traversere en ca. 1 km lang skredutsatt strekning under Sandneslia, før de kommer til den første bebyggelsen. Det er relativt lite trafikk på strekningen, men det er allikevel fare for at mennesker kan bli truffet av skredmasser da det normalt går flere skred i området årlig.

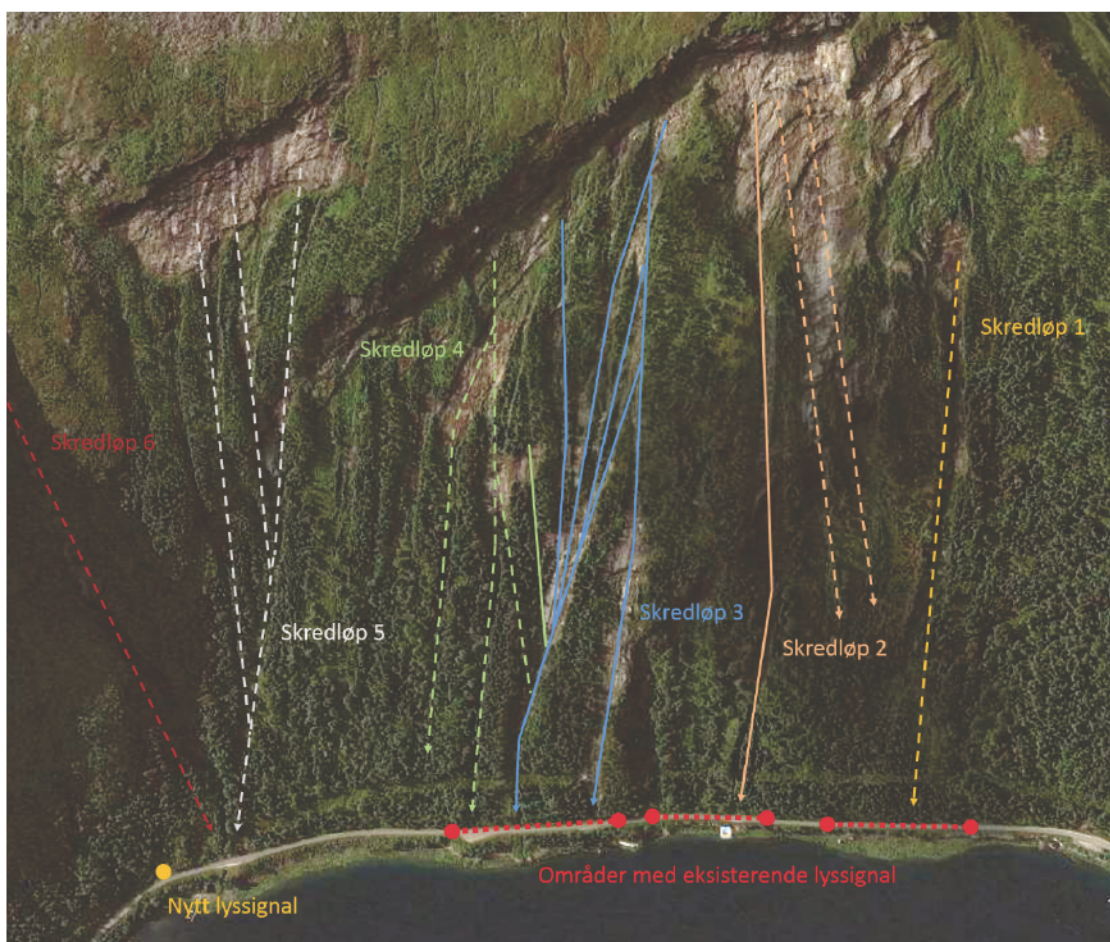


Figur 1-1 Sandneslia ligger ved Fv427 på Sandhornøya, ca. 1 times kjøretur syddover fra Bodø



Figur 1-2 Sandneslia sett fra Rv17 på andre siden av Tverrsundet

Sandneslia er en østvendt skråning bestående av mange sva og bekkefar, innimellom områder med vegetasjon. I øverste del av lia, ca. 400 høydemeter over veien, er det en langsgående skrent hvor det i underkant bygges opp snøfonner om vinteren. Det er i disse områdene mesteparten av skredene starter. De fleste svaene og bekkefarene er separert av små forhøyninger og parallelle rygger, slik at disse danner separate skredløp. Skredene i Sandneslia følger derfor i hovedsak de samme løpene hvert år, og det er et sett med godt definerte løp hvor skredene krysser veien. Figur 1-3 viser en kartlegging av skredløpene i Sandneslia, gjort av SVV og NGI, etter detaljerte analyser og flere befaringer i løpet av sommerene 2014 og 2015. Basert på løseområder, består Sandneslia av totalt seks skredløp. Tre av disse deler seg før de kommer ned til veien, slik at vi i forhold til krysningspunkter snakker om totalt ni delløp. Disse har fått betegnelsene 1, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A, 4B, 5 og 6. Av disse krysningspunktene ble det vurdert slik at 2B, 3A og 3B hadde høyest frekvens og dermed utgjorde størst risiko for trafikantene. Skredvarslingssystemet ble derfor konfigurert med hovedfokus på å oppnå best mulig dekning av disse. Skredløpene 1, 4A, 4B, 5 og 6 ble vurdert til å ha en lavere frekvens, men store skred i disse løpene vi fortsatt kunne krysse veien. Skredløp 2A ble vurdert slik at selv store skred sannsynligvis vil stoppe opp før de kommer ned til veien.



**Figur 1-3** Detaljert kartlegging av skredløpene i Sandneslia. De heltrukkede linjene viser skredløpene som skredvarslingsystemet primært er konfigurert for å overvåke, men resultatene fra testsesongen viser at vi også kan registrere signaler fra de andre løpene.

Mens skredløpene 1, 2A, 2B, 5 og 6 til en stor grad kan ansees som separate skredløp, kan det være mer riktig å vurdere skredløpene 3A, 3B, 4A og 4B som tilhørende samme system. Svaen som leder ned til krysningpunkt 3B, har tilførselsarmer som leder fra både 3A og 4A. Et stort skred som løsner ovenfor 3A vil derfor sannsynligvis krysse veien i både 3A og 3B, mens et stort skred i 4 kan komme til å krysse i 3A, 4A og 4B på samme tid. Vinteren 2014/2015 gikk det et større skred i 4A som også ledet over i 3B (ukjent om det krysset veien på begge steder). I løpet av testsesongen har det også blitt detektert aktivitet i 4A, og det virker derfor sannsynlig at dette krysningpunktet kan ha høyere frekvens enn først antatt.

## 2 Instrumentering

### 2.1 Sensorer, plassering og montering.

Skredvarslingssystemet i Sandneslia detekterer skred indirekte via vibrasjoner i fjellet når skredmassene er i bevegelse. I nærheten av skredløpene 2B, 3A og 3B er det montert totalt fire sensorgrupper bestående av tre geofoner. Geofonene (SM4) er montert direkte i fjellgrunnen med fjellbolter. Videre er de plassert med ca. 20 meters mellomrom parallelt med, og noen få meter fra, kanten av skredløpene. Geofonene vil på denne måten ikke bli direkte berørt av skredmassene. For best mulig å redusere ytre påvirkninger ble både geofonene og kablene så langt dette var mulig også gravd ned i løsmasselaget.

Et snøskred vil generere vibrasjoner i fjellet på grunnen av friksjonen og støtkreftene som oppstår mellom skredmassene og grunnen. Jo større disse kreftene er, desto sterkere vil også vibrasjonene bli. Et skred som sklir nedover et sva vil generere noe vibrasjoner, men hovedmengden av signalene som måles oppstår idet skredmassene møter motstand ved at de passerer innsnevninger, svinger og obstruksjoner i skredløpene. Skred som går over skrenter vil også generere sterke signaler idet de treffer bakken. Skredinduserte vibrasjoner i bakken vil, avhengig av intensitet og frekvens, forplante seg over relativt lange avstander, og med lydens hastighet (ca. 3500 m/s i berg). Deteksjonspunktet til et skred (avstanden til veien når signalene først blir registrert) er derfor ikke direkte avhengig av plasseringen til sensorene. I hovedsak vil dette bli gitt av geometrien i skredløpet og den første posisjonen hvor både skredmassene og friksjonen er stor nok til å generere tilstrekkelig med vibrasjoner. Av samme årsak vil derfor også sensorgruppene være sensitive for skred i naboløp, men da med svekket signal avhengig av avstand mellom skred og sensor. Geofonene i Sandneslia er montert i relativ nærhet til områder hvor det ble forventet at det ville genereres sterke signaler idet skredmassene passerte. I praksis har dette medført at signalene fra snøskredene har størst intensitet imens det er skredmasser som passerer, men at skredene som regel har blitt detektert og varslet noen sekunder tidligere, mens skredmassene fortsatt er i øvre del av skredløpene.

En viktig del av varslingskriteriet er at et skred skal registreres på flere geofoner i samme gruppe samtidig. Dette kriteriet skiller effektivt mellom vibrasjoner som forplanter seg i fjellet og eventuelle ytre påkjenninger som vind, regn eller dyretrakk.

### 2.2 Radiomaster og trådløst sensornettverk

Hver av de fire sensorgruppene har en tilhørende radiomast, og disse har fått nummerert betegnelse ut ifra skredløp og plassering (nummerert fra nord). Radiomast 2.1 er montert ved skredløp 2B, mast 3.1 er plassert ved skredløp 3A, mens 3.2 og 3.3 er plassert på hver side ved skredløp 3B. Mastene er modulære og konstruert av 1 meter lange aluminiumselementer. Høyden på mastene kan tilpasses ved å endre antall elementer. For at mastene skal kunne tåle den forventede belastningen fra snøsig, har de et annerledes



design enn tradisjonelle radiomaster. Mastene i Sandneslia er montert normalt på fjellsiden, slik at de har en helling på ca. 30 grader utover. I bakkant er mastene utstyrt med to støttearmer som tar mesteparten av den laterale belastningen, mens nedre del av selve masten er utformet som en plog for at snømassene ikke skal pakke seg inne i elementene. Over gjennomsnittlig snødybde er mastene utformet som vanlig trusser, slik at den horisontale belastningen fra vind skal være minimal. Mastene er forankret i fjell med tre gjengestag igjennom mastens bunnsplate, og to ekstra gjengestag til støttebeinene. Øverst i masten er det montert ett elektronikkhus i pom, som inneholder både en mikrokontroller, batteri og radiosender. På utsiden av radiohuset er det pålimt et fleksibelt solcellepanel for opplading av batteriet i løpet av sommermånedene. Geofonkablene er koblet til loggeren via pluggen i underkant av elektronikkhuset.



*Figur 2-1 Radiomastene til skredvarslingssystemet er montert normalt på bakken, og heller derfor ca. 30 grader utover. Støttearmer og "plog" er for å beskytte mastene mot laster fra snøsig.*

De fire mastene ble montert på lokasjoner hvor de ansees som relativt trygge i forhold til direkte treff av skredmasser. Mastene 2.1 og 3.1 er montert 5-10 meter til siden for de respektive skredløpene, og på plasser hvor vegetasjonen tilsier at de største skredene

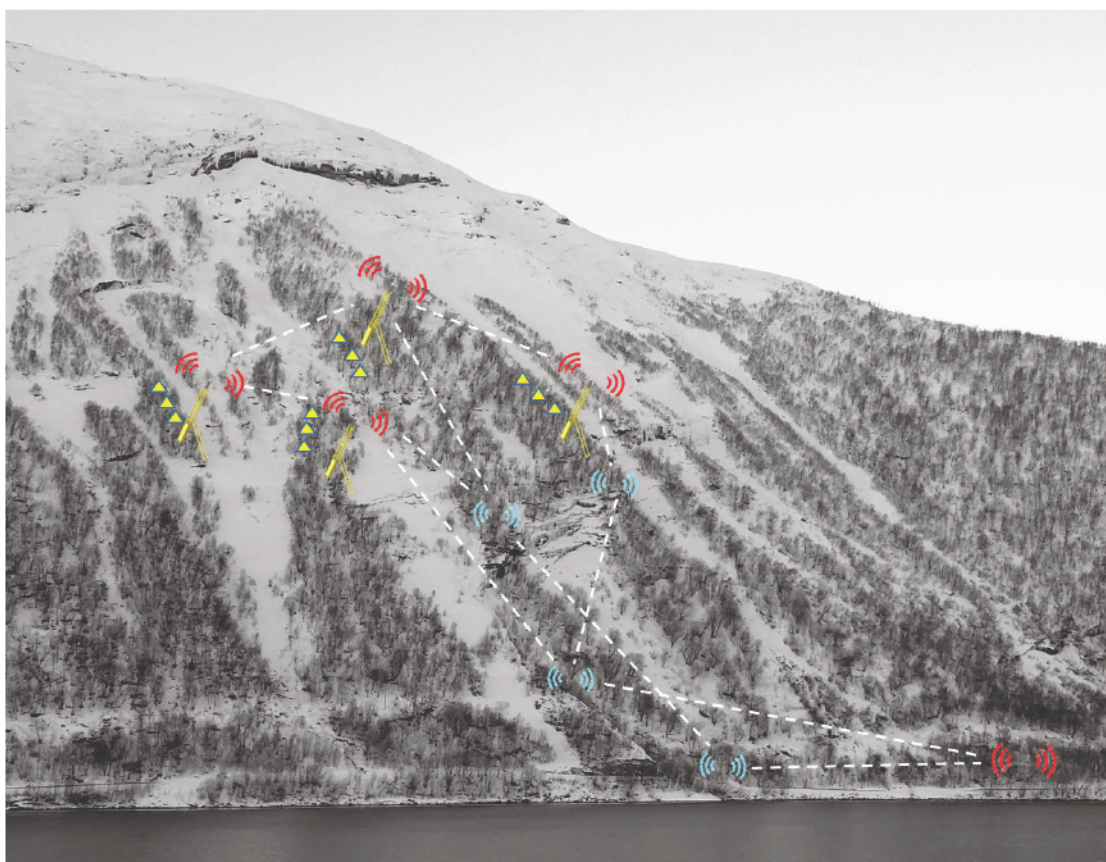
sjeldent eller aldri når fram. Mast 3.3 er montert på en smal rygg, og står 2-3 meter høyere opp enn bunnen av skredløpene på hver side. Denne lokasjonen ansees derfor også som relativt trygg for middels og store skred. Mast 3.2 er montert i et området nedenfor punktet hvor skredløp 3 deler seg. På grunnen av en forhøyning i terrenget ovenfor er maste sannsynligvis godt skjermet mot de fleste skred, men kan potensielt stå utsatt til for store skred som deler seg mellom 3A og 3B.

Tabell 2-1 Oversikt over radiomaster montert i Sandneslia

Mast nummer	Plassering	Dekker skredløp
2.1	Syd for skredløp 2B	2B (2A)
3.1	Nord for skredløp 3A	3A
3.2	Mellom skredløp 3A og 3B	3B
3.3	Syd for skredløp 3B	3B (4A)

Skredvarslingssystemet benytter et såkalt trådløst sensornettverk til kommunikasjonen mellom sensorene oppe i lia og styreskapet for trafikklysene nede ved veien. Etter uttesting av flere forskjellige teknologier, falt valget på et mesh nettverk fra Linear Technology kalt SmartmeshIP. Denne teknologien tillater radioene å videresende beskjeder som kommer inn fra andre radioer i samme område, slik at den totale avstanden mellom sender og sluttmottaker kan være lengre enn rekkevidden til en enkelt radio. I Sandneslia er styreskapet plassert godt skjermet for skredmassene bak en forhøyning. Fra denne plasseringen er det relativt dårlig sikt oppover i lia, og det er ingen av de fire radiomastene som er innenfor direkte radiorekkevidde fra styreskapet. I tillegg til radioene i mastene og i styreskapet har vi derfor plassert ut totalt åtte ekstra radiobokser, som kun har som funksjon å videresende radiobeskjeder. Halvparten av disse boksene ble med tillatelse fra Nordlandsnett montert i fire av mastene til kraftledningen, ca. 50 meter i overkant av veien. En boks er montert på varslingslys 2S, mens de tre siste er montert på trær ved klippen og i skogen mellom skredløp 2B og 3A. Under installasjonen viste det seg at radioboksene på varslingslys 2S og kraftmasten ved skredløp 3A var nødvendige for at radionettverket skulle fungere. I tillegg så er de to radioboksene på toppen av klippen mellom 2B og 3A viktige for robustheten til nettverket siden disse representerer alternative ruter for radiobeskjeder fra radiomastene. Radioboksen inne i skogen mellom 2B og 3A har bidratt til å forbedre radiokommunikasjonen med mast 2.1, mens de tre andre boksene i kraftmastene har hatt liten praktisk betydning. Figur 2-2 viser en forenklet illustrasjon over plasseringen til de viktigste komponentene i radionettverket.

Alle radiomastene og radioboksene ble i tillegg til mesh nettverket opprinnelig utstyrt med en sekundær radiosender tiltenkt som backup. Mesh nettverket har derimot igjennom testsesongen vist seg å være en meget robust teknologi, og siden konseptet med doble radiosendere viste seg å være problematisk i praksis, ble funksjonaliteten med backupradioer avvirket i løpet av testsesongen.



Figur 2-2 Skredvarslingssystemet i Sandneslia bruker et trådløst sensornettverk til kommunikasjon. Et sett med radiobokser (blå) blir benyttet til å videresende radiobeskjeder fra mastene (gule) til styreskapet (rødt).

## 2.3 Mikrokontroller og prosessering

Skredvarslingssystemet er designet for å detektere og varsle skred mens de er under utvikling. Alle sensordata blir derfor behandlet i sanntid, og hovedmengden av denne prosesseringen blir utført av mikrokontrollere i radiomastene. Etter nøye vurdering valgte vi å benytte en M3 mikrokontroller fra Silicon Labs kalt Giant Gecko, da denne er godt utstyrt i forhold til analoge signaler, har nok minne til å brukes som datalogger, og er kjent for et ekstremt lavt strømforbruk. I tillegg til mikrokontrollerne og radioene inneholder elektronikkhusene et tredje kretskort designet av NGI. Dette kortet sørger for alle nødvendig koblinger mellom mikrokontrolleren og radioen, og inneholder forforsterkere til geofonene samt en krets for ladning av litiumbatterier via solceller.

Mesteparten av tiden er både mikrokontrollerne og radioene i såkalt dvale, eller strømsparemodus. Dette gjør at det gjennomsnittlige strømforbruket i radiomastene ligger rundt 0,7mW, og at enhetene kan operere sammenhengende i flere år på ett enkelt batteri selv uten ladning. I dvalemodus benytter mikrokontrolleren analoge komparatorer til å lytte etter signaler fra geofonene. Så fort det oppstår vibrasjoner i

bakken vil disse generere et såkalt interrupt, som igjen "vekker" mikrokontrolleren og starter prosesseringen. Så lenge vibrasjonene vedvarer vil mikrokontrolleren logge data fra alle geofonene, og med ett sekunds intervall gjøre en statistisk evaluering av signalene. Hvis denne prosesseringen viser at intensiteten i vibrasjonene overstiger en programmerbar terskelverdi, vil det bli generert en radiobeskjed til styreskapet. Denne beskjedene inneholder både tidspunktet og de utregnede intensitetsverdiene for hver geofon. Prosesseringen fortsetter så lenge det detekteres vibrasjoner, og under et skred vil det derfor genereres en ny radiobeskjed hvert sekund igjennom hele skredets varighet. Etter at vibrasjonene har avtatt, går mikrokontrolleren automatisk tilbake til dvalemodus og venter på neste hendelse.

I tillegg til den analoge komparatoren kan mikrokontrollerne til enhver tid mota interups via radionettverket. Dette gjør at en mast også kan vekkes opp av styreskapet eller andre master i området, for å utføre en simultan logging/prosessering av samtlige sensorer i hele lia. Radionettverket har en felles synkronisert klokke, slik at alle signaler tidsstempels med ett millisekunds nøyaktighet. Rådataene fra alle hendelser lagres i mikrokontrollerens minne, og kan lastes ned via radionettverket i etterkant av en hendelse.

Prosesseringen av skredhendelser er delt i to forskjellige logiske deler, og i tillegg til mikrokontrollerene inneholder skredvarslingssystemet også en industri-PC plassert i styringsskapet ved veien. På denne PC'en kjører programvaren "*RMAD signallys*" (Real-time microseismic avalanche detection) som tar vare på alle funksjonene knyttet til aktivering av signallys, generering av SMS/e-post, samt noen enkle servicefunksjoner. Under en skredhendelse mottar "*RMAD signallys*" radiobeskjedene med de utregnede intensitetsverdiene fra alle geofonene i lia. Varigheten, omfanget og lokasjonen til et skred vurderes så forløpende ved å telle antallet radiobeskjeder som oppfyller de forskjellige varingskriteriene. Ved å dele presseringen inn i to separate enheter, kan vi både redusere informasjonsflyten over radionettverket under en hendelse, og implementere en beslutningstaking som baserte seg på informasjon fra flere autonome mikrokontrollere/sensorgrupper på samme tid.

## 2.4 Styringsskap og trafikkontroll

Skredvarslingssystemet har et styringsskap montert på masten til varslingslys 2N. Dette skapet er tilkoblet 230V strømforsyning fra en koblingstavle nord for området. Alle de seks varslingslysene er også direkte koblet til styringsskapet via separate kabler med individuelle ledere for hver lyspære. Styringsskapet inneholder følgende komponenter:

Tabell 2-2 Komponenter i styringsskapet

Komponent	Funksjonalitet
Industri PC	Radionettverk og varslingslys
Radio nettverk manager	Radionettverk
4x DO moduler i NI cDAQ chassis	Varslingslys
24 releer	Varslingslys
12VDC strømforsyning til varslingslys	Varslingslys
24VDC strømforsyning til skap	PC, DO moduler, releer og modem
Modem	SMS varslings og ekstern tilgang
Hovedsikring	
Overspenningsvern	
Diverse rekkeklemmer	

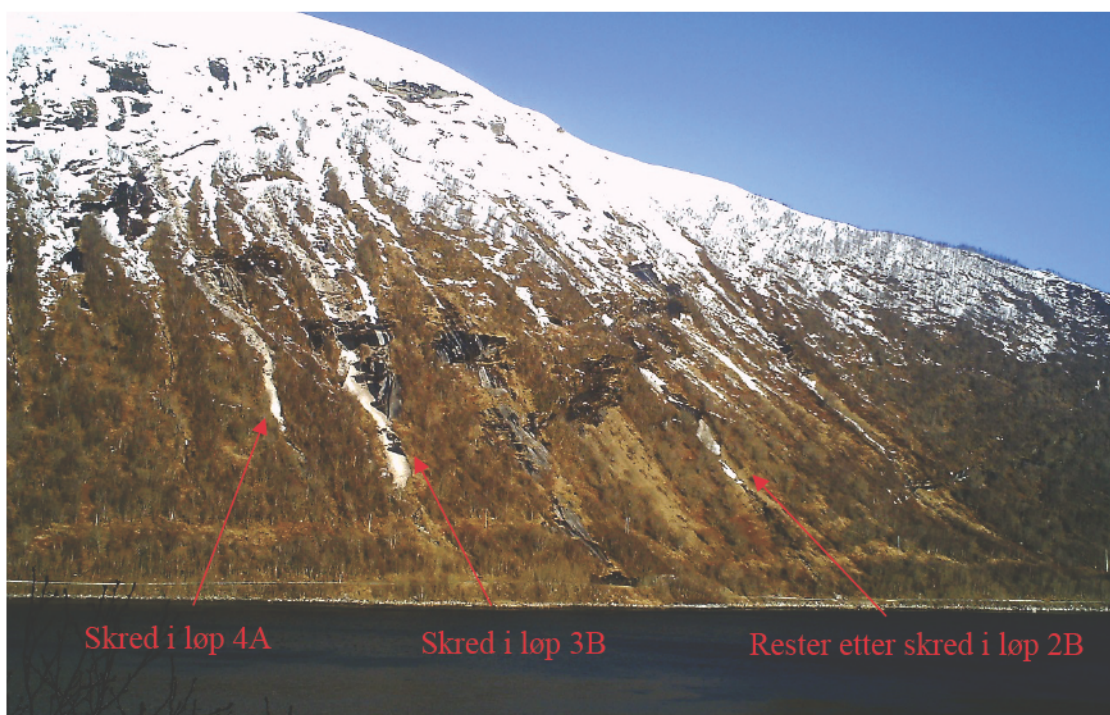
Hovedfunksjonen til styringsskapet er å mota informasjon fra de fire sensorgruppene, og på et samlet grunnlag beslutte om varslingslysene skal aktiveres. Skapet er utstyrt med en industri-PC (UNO), og til denne er det tilkoblet via USB både en radiomottaker og fire DO-moduler (National Instruments) med tilsammen 24 utganger. DO-modulene brukes til å styre 24 releer, slik at alle fire lypærene i de seks varslingslysene kan skrues av og på individuelt. I tillegg er styringsskapet utstyrt med et modem for tilkobling til mobilnettet. Dette brukes til varslings via SMS når det detekteres skred, fjerntilgang for service, og potensielt aktivering/deaktivering av varslingslys via iPad eller PC.

I testsesongen har det vært to programvarer som har kjørt kontinuerlig på industri-PC'en. I tillegg til "*RMAD signallys*", som inneholder all funksjonalitet knyttet til varslings av skred, har programvaren "*RMAD logger*" blitt benyttet til systemkonfigurasjon, diagnostikk og håndtering av rådata. Før sesongen 2016/2017 vil "*RMAD logger*" bli flyttet til en serverløsning hos NGI. Dette vil bidra til forbedret systemovervåking, samt gjøre det mulig å implementere en webløsning for presentasjon av registrerte hendelser, systemstatus og sensordata.

En eventuell installasjon av radar, varslingslys syd for skredløp 6 og felles kontrollsystem for varslingslysene, vil medføre at deler av styringsskapet må bygges om i tillegg til at "*RMAD signallys*" må oppdateres for sesongen 2016/2017.

## 2.5 Kamera og observasjoner

For best mulig å kunne evaluere skredhendelsene detektert i testsesongen, ble det montert et standard viltkamera på en lokasjon med god oversikt over skredløpene 1-4. Bevegelsessensoren på kameraet ble deaktivert, og kameraet ble programmert til å ta ett bilde hver fjerde time, og en gang i døgnet sende det siste bilde via e-post til NGI. Bildene fra hele sesongen ble lagret på et intern minnekort og etter sesongen nøye vurdert i forhold til før- og etterbilder av alle registrerte hendelser.



Figur 2-3 Bilde fra viltkamera tatt morgenen den 28 april 2016. I skredløpene 3B og 4A kan man se rester av skredene som ble detektert samme natt. Nederst i skredløp 2B sees restene av skredet detektert den 8 april 2016.

I tillegg til bildene fra viltkameraet ble de tre første varslene i sesongen manuelt bekreftet av personell fra SVV som rykket ut til stedet. Skredet den 4. april 2016 gikk i skredløp 5, som ligger syd for synsvinkelen til kameraet. Denne hendelsen ble verifisert via manuelle observasjoner og tidsbestemt av betjeningen på lokalbutikken som hørte et skred i den aktuelle tidsperioden.

### 3 Resultater

#### 3.1 Oversikt over registrerte skredhendelser

Vinteren 2015/2016 var det relativt lite snø i Sandneslia, og i løpet av hele sesongen løsnet det ingen skred som ble store nok til å nå helt ned til veien. I løpet perioden fra starten av april til begynnelsen av mai ble det derimot detektert 6 mellomstore skred. Disse var av et slikt omfang at skredmassene beveget seg nedover til den nedre halvdel av lia, men stoppet 50-150 meter i overkant av veien. Tabell 3-1 viser en oversikt over disse mellomstore skredene og de tilhørende registreringene til varslingsystemet. Alle seks skredene har blitt bekreftet via en kombinasjon av bilder og manuelle observasjoner.

**Tabell 3-1** Mellomstore skred detektert og varslet i testsesongen. Skredet den 5 April gikk utenfor synsvinkelen til kameraet og ble verifisert senere samme dag via manuelle observasjoner. Tidspunktet for denne hendelsen ble verifisert av at ansatte på lokalbutikken hørte ett skred i den aktuelle perioden. Understrekede master er de som først varslet hendelsen.

Dato	Tid	Skredløp	Bekreftet	Registrert varighet (s)	Registrert på mast:	Alarm - Stort skred
5/4-2016	14:11	5	observasjon/lyd <sup>1</sup>	3	3.3, 3.2, <u>2.1</u>	
8/4-2016	07:50	2B	kamera/observasjon	71	3.3, 3.2, <u>2.1</u>	ja
28/4-2016	02:35	3B	kamera	75	<u>3.3</u> , 3.2, 2.1	ja
28/4-2016	03:12	4A	kamera	20	3.3	
2/5-2016	11:09	2A	kamera	26	2.1	
4/5-2016	02:49	1	kamera	5	2.1	

I Tabell 3-1 er tidspunkt og varighet til skredene basert på data fra varslingssystemet. I hvilket skredløp skredene gikk har blitt tolket ut ifra bildene og observasjonene. Det er verdt å merke seg at i alt fire av disse skredene gikk utenfor det som på forhånd hadde blitt definert som deteksjonsområdet til varslingssystemet. Sensorene ble plassert slik at de skulle gi best mulig dekning i skredløpene 2B, 3A og 3B, og skred som går enten nord eller syd for disse vil ikke systemet klare og lokalisere nøyaktig. Skredvarslingssystemet var konfigurert til å varsle skred i de løpene hvor hendelsen først ble registrert og hvor signalet var sterkest. Skredene i løp 1, 2A og 2B ble derfor varslet som skred i 2B, mens skredet i løp 4A og 3B ble varslet som skred i 3B. Skredet i skredløp 5 gikk såpass langt unna varslingsområdet at signalene som ble registrert kun inneholdt sjokkbølger som forplantet seg igjennom grunnen. Hendelsen ble detektert av mastene 2.1, 3.2 og 3.3 samtidig og med lik styrke, men siden 2.1 trigget noen millisekunder tidligere enn de andre ble hendelsen varslet som skred i 2B.

Den registrerte varigheten til skredene er basert på antall sekunder hvor skredet genererte signaler som oppfylte varslingskriteriet, og vil derfor alltid være litt kortere enn tiden det tar fra skredet løsner til skredmassene har stoppet helt opp. Siden vibrasjonene fra et skred vil avta med distanse, vil signalet som registreres fra skredet også være avhengig av avstanden mellom sensor og det aktuelle skredløpet. Skredene som går enten nord eller syd for varslingsområdet vil derfor bli registrert med lavere signalstyrke og vanligvis av kortere varighet, enn skred av tilsvarende størrelse inne i varslingsområdet. Kriteriet for varsling av et "stort skred" ble i løpet av sesongen justert til vedvarende skredaktivitet i mere en 60 sekunder, og selv om alle de seks skredene i Tabell 3-1 var tilnærmet like i omfang, var det bare de som gikk i skredløpene 2B og 3B som tilfredsstilte dette kriteriet.

I tillegg til de seks skredene i Tabell 3-1 ble det i perioden fra 11. mars og ut mai registrert totalt 23 mindre hendelser som også utløste det vi før sesongen hadde satt som kriteriet for varsling av "mulig skred under utvikling". Mellom den 11. mars og 30. april

ble det registrert fem små skred i øvre del av skredløpene 2, 3 og 4. Disse skredene hadde kort varighet, og skredmassene stoppet opp i den øvre del av lia, 300-400 meter i overkant av veien. Omfanget av disse hendelsene har blitt identifisert/verifisert via bilder og observasjoner. Alle disse skredene ble detektert og varslet av sensorene/mastene plassert nærmest de respektive bevegelsene i snømassene.

Tabell 3-2 Små skred og mindre hendelser varslet i løpet av testsesongen

Dato	Tid	Type	Skredløp	Bekreftet	Varighet (s)	Registrert på mast:
11/3-2016	10:30	lite skred	2A	observasjon	8	2.1
20/4-2016	18:20	lite skred	3B/4	kamera	2	3.3
23/4-2016	13:32	lite skred	2A/B	kamera	7	2.1
28/4-2016	17:23	lite skred	3A	kamera	4	3.1
30/4-2016	13:15	lite skred	4	kamera	3	3.3
1/5-2016	01:54	sannsynlig isras			17	3.3
2/5-2016	03:27	sannsynlig isras			4	3.3
3/5-2016	11:20	is ras	2B	kamera	5	2.1
3/5-2016	12:44	sannsynlig isras			4	3.3
3/5-2016	12:46	sannsynlig isras			2	3.3
3/5-2016	15:26	sannsynlig isras			7	2.1
3/5-2016	17:37	sannsynlig isras			9	3.3
4/5-2016	00:13	sannsynlig isras			3	3.3
4/5-2016	00:41	sannsynlig isras			19	3.3
4/5-2016	07:46	sannsynlig isras			4	3.3
5/5-2016	06:13	sannsynlig isras			4	3.3
5/5-2016	10:43	sannsynlig isras			3	2.1
6/5-2016	01:22	sannsynlig isras			4	3.3
7/5-2016	21:53	sannsynlig isras			23	3.3, 3.2, 2.1
12/5-2016	23:10	ukjent			4	3.3
14/5-2016	21:21	is ras	2A	kamera	6	2.1
20/5-2016	18:32	sannsynlig isras			2	2.1
30/5-2016	05:53	jordskjelv		jordskjelv.no	4	3.3, 2.1

I perioden 1. mai til 7. mai, ble det registrert totalt 14 mindre hendelser (i tillegg til to mellomstore skred). I denne perioden var temperaturen i området sammenhengende over frysepunktet i en hel uke, og bildene viser at hovedmengden av snø- og ismeltingen i den øvre delen av lia skjedde i løpet av denne perioden. Disse hendelsene har en akustisk signatur som er distinkt annerledes enn de små og mellomstore skredene. Mens skredene ligner/høres ut som "buldring" så har disse hendelsene en karakteristikk som ligner på uregelmessige og tilfeldige "slag". Dette kan tyde på at hendelsene kommer fra isblokker som bryter av og faller ned på svaene. Siden disse hendelse kan stamme fra både



mindre isblokker i nærheten av sensorene og større hendelser på avstand, er de vanskelig å identifisere ut ifra bildene. Flesteparten av hendelsene i denne perioden er derfor ubekreftet.

Fra den 12. mai til den 30. mai ble det registrerte fire hendelser. To av disse har tilsvarende akustiske signatur som hendelsene i starten av mai, og er derfor trolig også relatert til smelting og isras. Hendelsen den 30. mai kom på samme tidspunkt som Norsar registrerte et jordskjelv på 2.9 på Richters skala lenger syd på Helgelandskysten. Hendelsen den 12. Mai har en annerledes akustisk signatur enn de andre hendelsene, og kilden til denne er derfor vurdert som ukjent.

Mastene 3.1, 3.2 og 3.3 ble etter en systemoppgradering og kort innkjøring satt aktiv med automatisk varsling til SVV og NGI på e-post og SMS den 10. desember 2015. Mast 2.1 ble etter noen initiale tekniske problemer satt aktiv med varsling den 14. januar 2016. Den 5. juni 2016 ble sesongen avsluttet og all varsling midlertidig deaktivert. Tabellene ovenfor inkluderer alle varsler som ble generert av systemet i denne perioden. En gjennomgang av samtlige bilder tatt med 4 timers intervall gjennom hele sesongen viser at det ikke var noen små eller mellomstore skred i skredløpene 2B, 3A eller 3B som ikke ble varslet.

## 4 Diskusjon

### 4.1 Vurdering av varslingskriterier

Skredvarslingssystemet er konfigurert til å generere to forskjellige type varsler. Det første varslingskriteriet har vi kalt "skred under utvikling" og samsvarer med kriteriet for å aktivere de røde lysene for midlertidig å stenge veien. Dette varselet genereres så fort systemet registrerer aktivitet som kan være en indikasjon på skred. Varselet skal hindre nye trafikanter fra å kjøre inn i strekningen før denne blir truffet av skred, og skal genereres tidlig nok til at trafikanter som allerede er inne i strekningen får god nok tid til å kjøre uforstyrret ut. Kun få sekunder etter at et skred løsner er det vanskelig å forutsi om dette vil bli stort nok til å treffe veien. Varselet "skred under utvikling" vil derfor genereres hver gang det detekteres signifikant bevegelse i snø eller ismassene oppe i lia, uavhengig av om disse stammer fra et stort snøskred eller kun noen få isblokker. For å skille mellom større skred og mindre hendelser gjør systemet en ny vurdering av alle registreringer etter at aktiviteten har avtatt. Varselet "stort skred" er tiltenkt å samsvare med skred som har beveget seg ned til veien, slik at denne blokkeres av skredmassene. Hvis et skred kun aktiverer varselet "skred under utvikling" vil de røde lysene automatisk slukke etter 5 minutter. Hvis et skred derimot også genererer "stort skred"-varslingskriteriet, vil veien holdes stengt helt til personell fra SVV får vurdert situasjonen. Alle varsler vil bli logget, men det er bare "Stort skred" som vil generere SMS -arsler til trafikksentralen i Bodø og driftsansvarlig på strekningen.

Før første testsesong satte vi varslingskriteriene for "skred under utvikling" til at det skulle registreres aktivitet på minst to geofoner, med en intensitetsfaktor på mer enn 10, i minimum 2 sekunder i løpet av en hendelse. Dette kriteriet ble beholdt uendret gjennom hele sesongen og viste seg å være godt nok til å registrere alle vesentlige hendelser, uten å generere mer en ett varsel vi ikke har klart å identifisere. Kriteriet for "Stort skred" ble før sesongen satt til at det skulle registreres aktivitet på minst to geofoner, med en intensitetsfaktor på mere enn 10, i minimum 10 sekunder. Dette kriteriet viste seg å være for konservativt, og ble relativt tidlig oppjustert til 60 sekunder. Tabell 4-1 viser en oversikt over varslene, med tilhørende kriterier, og aksjonene disse var satt til å generere i testsesongen.

**Tabell 4-1** Varslingskriterier og tilhørende aksjoner benyttet i testsesongen.

Varsel	Aksjon	Varighet	Sensorer	Intensitetsfaktor
Mulig skred under utvikling	STATENS VEGVESEN varslet på epost. NGI varslet på epost og SMS	2 sek	2	10
Sannsynlig stort skred	NGI varslet på epost og SMS	60 sek	2	10

En gjennomgang av alle de registrerte hendelsene viser at det er mulig å endre sensitiviteten til systemet ved å justere kriteriene for varighet og intensitet. Hvis vi for eksempel hadde satt intensitetsfaktoren for "skred under utvikling" til 20, ville det i løpet av sesongen kun blitt generert totalt fire varsler. Disse ville inkludert begge de to mellomstore skredene i varslingsområdet (2B-8/4 og 3B-28/4) pluss to kortvarige, men intense hendelser på ettermiddagen den 3. mai. Varslene for de to mellomstore skredene ville med et slikt kriterium blitt generert ca. 5 sekunder senere sammenlignet med de kriteriene som ble brukt.

Tabell 4-2 viser NGI sine anbefalinger for oppdaterte varslingskriterier og aksjoner for neste sesong. I testsesongen ble varselet "skred under utvikling" generert hvis intensitetsfaktoren ble oppfylt i 2 vilkårlige sekunder i løpet av en hendelse. Dette kunne medføre at hvis for eksempel to isblokker falt ned med 5 sekunders mellomrom, ville kriteriet bli oppfylt. Ved å utvide varighetskriteriet til 3 sekunder, og samtidig kreve at disse skal komme suksessivt, viser analysen at vi ville filtrert vekk ca. 1/3 av de mindre hendelsene knyttet til smelting i mai. Alternativt kan kriteriet settes til 2 suksessive sekunder med signal på alle tre geofonene i hver sensorgruppe. Et slikt kriterium ville gjort at kun seks av de små hendelsene i testsesongen ville blitt varslet, men også filtrert vekk de mellomstore skredene i skredløp 1 og 5. Ingen av disse kriteriene ville gitt mer enn 1-2 sekunds forsinket varsling, sammenlignet med de eksisterende kriteriene. Kriteriet for "stort skred" er det vanskelig å bestemme før vi har observert skred som har kommet ned på veien. NGI anbefaler derfor at dette kriteriet holdes uendret inntil videre, men at det kan justeres fortløpende når vi får inn mer data.

**Tabell 4-2 Forslag til nye varslingskriterier og tilhørende aksjoner for vinteren 2016/2017**

Varsel	Aksjon	Varighet	Sensorer	Intensitetsfaktor
Skred under utvikling	Røde lys aktiveres og veien stenges midlertidig i 5 minutter. Hendelse loggføres.	3 påfølgende sekunder	2	10
Stort skred	Varsel sendes på SMS til trafikksentralen, driftsansvarlig og NGI. Røde lys holdes aktive og veien stenges inntil driftsansvarlig verifiserer hendelsen.	>60 sek	2	10

## 4.2 Trafikkontroll

På Fv472 ved Sandneslia eksisterer det i dag 3 par varslingslys og to manuelle bommer. I tillegg er det planlagt et nytt varslingslys helt i sydenden av lia høsten 2016. Tabell 4-3 viser en oversikt over plasseringen til lysmaster og bommer, og hvilken funksjon disse oppfyller i forhold til trafikkontroll i Sandneslia.

**Tabell 4-3 Oversikt over eksisterende og planlagte varslingslys og bommer i Sandneslia**

	Avstand fra butikk	Kjøreretning	Stopper trafikk:	Varsler skredløp:
Manuell bom	100m	Sydgående	inn mot lia	Alle
Lysmast 1N (nord)	200m	Sydgående	inn mot lia	Alle / Skredløp 1
Lysmast 1S (syd)	330m	Nordgående	mellom skredløp 1 og 2B	Skredløp 1
Lysmast 2N (nord)	400m	Sydgående	mellom skredløp 1 og 2B	Skredløp 2B
Lysmast 2N (syd)	550m	Nordgående	mellom skredløp 2B og 3A	Skredløp 2B
Lysmast 3N (nord)	590m	Sydgående	mellom skredløp 2B og 3A	Skredløp 3A,3B,4A
Lysmast 3N (syd)	780m	Nordgående	mellom skredløp 4A og 4B	Skredløp 3A,3B,4A
Ny lysmast (6S)	ca. 1150m	Nordgående	inn mot lia	Alle
Manuell bom	ca. 2.2km	Nordgående	inn mot lia	Alle

Generelt så er det flere funksjoner et automatisk skredvarslingsystem bør oppfylle for at det skal bidra til å redusere faren for trafikantene. Hvis tiltakene for trafikkontroll ikke er hensiktsmessig utformet, kan i verste fall et slikt system fungere mot sin hensikt å utsette trafikantene for større fare enn det de ville hatt uten varsling. De viktigste funksjonene inkluderer:

- 1) Nye trafikanter som er på vei inn mot en strekning hvor det har løsnet et skred, men som selv ikke står i fare, må bli stoppet før de kjører inn i et område hvor de risikerer å bli sperret inne, eller truffet, av påfølgende skred i parallelle løp. Disse trafikantene bør også ha mulighet til å snu uten å kjøre inn i den rasutsatte strekningen.
- 2) Trafikanter som er inne i den rasutsatte strekningen, og som står i direkte fare for å bli truffet av et skred som har løsnet, må bli stoppet i et område hvor de er relativt trygge, før skredet treffer veien. Disse trafikantene bør få mulighet til å

komme seg ut av den skredutsatte strekningen for egen maskin så fort skredet har stoppet opp.

- 3) Trafikanter som er inne i en rasutsatte strekning, men som enten har passert eller er under skredløpet hvor skredet har løsnet, må få anledning til å kjøre uforstyrret ut av strekningen. Det er viktig at kjøremønstret til disse trafikantene ikke endres, ved at det for eksempel oppstår misforståelser ved møteplasser, når trafikanter i motsatt kjøretning har blitt stoppet.

Det første av disse kriteriene er på mange måter det viktigste, og vil som regel kunne implementeres uten at det kan oppstå scenarier hvor risikoen for trafikantene økes. Sannsynligheten for at trafikanter blir direkte truffet av skred er liten, spesielt på veier med lav ÅDT, og det er derfor sannsynlig at den største reduksjonen i fare ligger i å hindre en oppsamling av nye trafikanter i utsatte områder. I Sandneslia vil denne funksjonen kunne oppfylles ved at varslingslys 1 Nord og det nye lyset planlagt syd for skredløp 6 aktiveres ved alle skred. I tillegg bør det anlegges snuplasser i forkant av disse, slik at bilister ikke må kjøre inn i det skredutsatte området for å snu. NGI vil også anbefale at det installeres en trafikteller i sammenheng med disse to varslingslysene, slik at SVV umiddelbart kan få oversikt om det befinner seg trafikanter inne på strekningen når det har gått et skred, og om disse eventuelt har klart å komme seg ut for egen maskin. Dette vil både bidra til fort å få oversikt om det må iverksettes en redningsaksjon, og vil redusere faren til ansatte i SVV ved at man ikke unødvendig trenger å sende folk inn i et område med høy fare for å undersøke om noen er tatt av skred. I tillegg kan man vurdere om disse to varslingslysene skal gi forskjellig signal ved "skred under utvikling" og "stort skred" varslene, slik at trafikantene blir informert om veien vil bli holdt stengt i en periode, inntil driftsansvarlig får verifisert hendelsen, eller om den snart vil bli åpnet automatisk. I et møte mellom SVV, NGI og Veidekke i juni 2016 ble det vedtatt at systemet skal settes aktivt med varslingslys av trafikken på de to ytterste signallysene før vinteren 2016/2017.

På strekninger hvor man ikke har parallelle skredløp, slik som i Sandneslia, vil et enkelt par med varslingslys normalt sett være tilstrekkelig for å tilfredsstille alle tre funksjonene ovenfor. I Sandneslia tar det derimot trafikantene vesentlig lengre tid å krysse hele strekningen, enn det tar fra et enkelt skred løsner til det treffer veien. Hvis man ønsker å forhindre at trafikanter blir direkte truffet av skredmasser, må man derfor også ta i bruk varslingslysene inne på den utsatte strekningen. Dette er derimot vanskelig å gjennomføre uten at man må aksepterte en viss grad av fare for trafikantene. Hvis tiltakene for trafikkontroll ikke er hensiktsmessig utformet kan slik varslingslys i verste fall også som tidligere nevnt fungere mot sin hensikt, og utsette trafikanter for økt fare.

Når trafikanter skal stoppes inne på en skredutsatt strekning er det viktig at varslingslysene er plassert slik at bilene blir stoppet på plasser som ansees som trygge. Disse strekningene bør også være tilstrekkelig lange, sammenlignet med trafikkmengden på strekningen, slik at tungtransport eller påfølgende biler ikke blir stående inne i naboskredløp. Topografien i Sandneslia er slik at et enkelt skred kan dele seg og krysse veien på flere steder samtidig, og vi har også observert i testsesongen at

det kan løse skred i naboløp relativt fort etter hverandre. Avstanden mellom signallys 1S og 2N er 70 meter, og området mellom 2S og 3N er 40 meter. Begge disse områdene er til en viss grad skjermet av topografien i lia, og anses som gode plasser å stoppe trafikanter som er inne på strekningen. Varslingslys 3S er plassert midt mellom skredløpene 4A og 4B. Siden begge disse skredløpene starter på det samme svæet, vil et stort skred her potensielt krysse veien på begge steder samtidig. Avstanden mellom skredløpene er også såpass kort at dette området ikke kan ansees som en god plass å stoppe trafikanter. NGI anbefaler derfor at dette varslingslyset flyttes 80-100 meter sydover. Det er ikke installert varslingslys som kan stoppe trafikanter ved skred i skredløp 5 og 6. NGI har ikke gjort noen detaljvurdering av disse skredløpene, men det ansees som rimelig at ett nytt par med varslingslys vil være tilstrekkelig for å dekke begge. Avstanden mellom skredløp 4B og 5 er også lang nok til at dette kan være en god plass å stoppe trafikanter.

For at trafikanter som er inne under et skredløp når ett skred løsner skal kunne komme seg uforstyrret ut, er det viktig at veien er hensiktsmessig utformet. Fv472 under Sandneslia er bred nok til at personbiler kan passere hverandre, men såpass smal at den for større kjøretøy ofte fungerer som en vei med møteplasser. De eksisterende møteplassene er naturlig anlagt der hvor det ikke er montert autovern, og samtlige er plassert direkte i krysningspunktene til de mest aktive skredløpene. Det er derfor en reell sjanse for at trafikanter som akkurat har passert ett varslingslys idet ett skred løsner, ved en misforståelse kan stoppe på en av disse møteplassene, og dermed bli truffet av skredmassene. Før varslingslys av trafikanter inne i området kan implementeres, bør derfor disse møteplassene fjernes og veien utvides i områdene hvor trafikantene stoppes.

For at trafikanter som blir stoppet inne på strekningen skal løpe minst mulig fare for å bli sperret inne av påfølgende skred i naboløp, er det viktig at disse får anledning til å komme seg ut av strekningen så fort skredaktiviteten har avtatt. Hvis en slik varslingslys skal implementeres anbefaler derfor NGI at alle lys, unntatt de to ytterste som stopper nye trafikanter, automatisk slukkes uavhengig om "stort skred"-varselet blir generert. Hvis et stort skred stopper før det kom ned til veien, kan trafikantene dermed fortsette fremover og kjøre ut av strekningen. Hvis et skred har sperret veien får de anledning til å snu og kjøre ut igjen den veien de kom. Alternativt kan man vurdere å kun slukke varslingslysene som leder vekk fra det aktuelle skredløpet, slik at eneste opsjon blir å snu, men dette kan medføre misforståelser hvor trafikanter allikevel blir stående inne i området. I et møte mellom SVV, NGI og Veidekke i juni 2016 ble det vedtatt at varslingslys av trafikanter inne i strekningen ikke skal iverksettes vinteren 2016/2017.

### 4.3 Driftssikkerhet

Etter at systemet ble satt i drift den 10. desember 2015 (14/1-2016 for mast 2.1), hadde vi en tilnærmet kontinuerlig oppetid frem til varslingslys ble deaktivert den 5. juni 2016. De eneste tidspunktene med nedetid var noen minutter den 4/1-2016, 8/3-2016, 21/4-2016, og 29/4-2016 knyttet til brudd i strømtilførselen inn til styringsskapet. Alle disse hendelsene kunne vært unngått med installasjon av en UPS.

Etter at systemet ble ferdig installert juni 2015, ble det iløpet av sommeren observert at signalene fra geofonene hadde en størrelse som ikke var optimal i forhold til filteringsalgoritmene. NGI utviklet derfor høsten 2016 en ny hardwarerevisjon til radiomastene, som inneholdt forforsterkere til geofonene, og denne ble installert i Sandneslia den 13 november 2015. Under oppgraderingen av radiomastene ble det oppdaget vanninntrenging i elektronikkhusene, noe som skyldtes at disse hadde blitt sammenstilt med feildimensjonerte o-ringer. NGI reiste derfor opp en ny tur til Sandneslia første uken i desember for å bytte o-ringer i alle radiomastene. Under feltjobben i desember var perioden med dagslys blitt såpass begrenset, at vi fikk dårlig tid til å gjennomføre jobben. Dette resulterte i en ny feil i sammenstillingen av elektronikken i mast 2.1. NGI reiste derfor opp en tredje tur til Sandneslia den 14 januar 2016, og byttet ut elektronikkhuset i mast 2.1. Under alle disse tre feltjobbene ble forholdene i Sandneslia på forhånd nøye vurdert ut ifra bildene fra viltkameraet og varselet fra yr.no. Fagpersoner på NGI med kompetanse innen snøskredvarsling ble også konsultert, slik at ingen av disse turene ble utført under forhold med fare for personell.

Utover det som er nevnt ovenfor, er den eneste tekniske feilen vi har oppdaget i løpet av ett års drift at en av radioboksene montert i mastenen til kraftlinjen ikke lader batteriet fra solcellene. Denne boksen hadde i utgangspunktet lav batterikapasitet ved installasjon, da den hadde vært brukt til testing i Sandneslia siden 2014, og har nå sluttet å fungere. Den aktuelle boksen hadde derimot liten effekt for radionettverket mens den var operativ, og vi ser derfor ikke noe behov for å prioritere en reparasjon av denne.

Den delen av skredvarslingssystemet som ansees å være mest sårbar, er kablene fra geofonene og inn til radiomastene. Der hvor det var mulig, ble disse gravd ned i løsmassene, men på flere steder ble de lagt rett på bakken. På områder hvor kablene er eksponert kan de være sårbare for strekkskader fra sig i snø og is, eller trakk fra dyr (det ble observert elg i lia under en av befaringene). Systemet vil detektere eventuelle brudd i disse kablene, men det anbefales allikevel at de inspiseres regelmessig vært 2-3 år.

## 5 Konklusjon

Det nye skredvarslingssystemet i Sandneslia har i testsesongen fungert godt og i henhold til designkriteriene. Systemet har hatt en tilnærmet kontinuerlig oppetid og alle registrerte små og mellomstore skred i hele lia ble detektert og varslet. Skredene innenfor varslingsområdet (2B, 3A og 3B) ble også av systemet riktig vurdert, i forhold til både posisjon og omfang. Under smeltesesongen var det flere varsler, sannsynligvis relatert til ufarlige isras. En analyse av dataene viser at andelen av denne type varsler kan reduseres betydelig, ved å endre på filteringsalgoritmene og varslingskriteriene. Vinteren 2016/2017 vil varslingssystemet bli satt aktivt med varsling av trafikanter på vei inn til den skredutsatte strekningen, med de to ytterste varslingslysene. Flere tiltak relatert til trafikk kontroll og utforming av veien bør vurderes, før det kan anbefales å aktivere varsling med lysene som stopper trafikanter mellom skredløpene.

## 6 anbefalinger

Som en prototype er det nye skredvarslingssystemet foreløpig kun dimensjonert til å overvåke de tre skredløpene som på forhånd ble vurdert til å utgjøre størst fare for trafikantene. Skred utenfor dette området kan bli detektert og varslet, men systemet vil i så fall ikke kunne bestemme skredløp og omfang på hendelsene. For å få fullverdig dekning av hele Sandneslia vil det være påkrevd å installere flere sensorer. Det nye systemet ble koblet opp mot eksisterende varslingslys (installert på 90-tallet, i et tidligere system). Plasseringen av disse, og utformingen av veien, er derimot ikke optimal i forhold til tryggest mulig trafikk kontroll under hendelser. På grunn av Sandneslia sin kompleksitet, med mange parallelle skredløp over en relativt lang strekning, er det flere endringer av veien og trafikk kontrollen som bør vurderes før varslingsystemet eventuelt utvides til flere skredløp. For å oppnå en mest mulig komplett skredvarsling i Sandneslia, med lavest mulig risiko for trafikantene, har NGI identifisert åtte mulige tiltak. Disse inkluderer i prioritert rekkefølge:

1. Ett nytt varslingslys bør anlegges syd for skredløp 6. Dette varslingslyset vil ved en hendelse kunne stoppe all trafikk inn mot Sandneslia, før de kjører inn i det skredutsatte området.
2. Snuplasser bør anlegges *foran* de to ytterste varslingslysene (1N og 6S), slik at trafikanter kan snu uten å kjøre inn i det skredutsatte området.
3. En trafikk teller bør installeres på de to ytterste varslingslysene, slik at veisentralen i Bodø har oversikt over hvor mange biler som til en hver tid befinner seg inne i det skredutsatte området.
4. De eksisterende møteplassene, naturlig anlagt rett under skredløpene 2B, 3A, 4A og 5, bør fjernes eller sperres av.
5. Nye møteplasser bør anlegges, eller veien utvides, i sonene hvor trafikken kan stoppes mellom skredløpene 1-2A, 2B-3A og 4B-5.
6. Varslingslys 3S (syd for skredløp 4A) bør flyttes slik at nordgående trafikk kan stoppes før skredløp 4B.
7. For å få en fullverdig dekning av komplekset bestående av skredløp 3A, 3B, 4A og 4B, bør en femte geofongruppe monteres i området mellom skredløp 4A og 4B. NGI leverte ett komplett reservesystem, og masten til dette er allerede lagret oppe i lia.
8. For varsling av skredløpene 1, 2A, 5 og 6 må det installeres flere sensorer. Disse kan enten være geofoner eller radar. For detaljert varsling og trafikk kontroll i skredløpene 5 og 6 må det installeres ett nytt varslingslys nord for skredløp 5.

Dokumentinformasjon/ <i>Document information</i>		
Dokumenttittel/ <i>Document title</i> Evalueringsrapport etter første testsesong		Dokumentnr./ <i>Document no.</i> 20140081-02-R
Dokumenttype/ <i>Type of document</i> Rapport / Report	Oppdragsgiver/ <i>Client</i> STATENS VEGVESEN	Dato/ <i>Date</i> 2016-10-14
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ <i>Proprietary rights to the document according to contract</i> NGI		Rev.nr.&dato/ <i>Rev.no.&amp;date</i> 0
Distribusjon/ <i>Distribution</i> ÅPEN: Skal tilgjengeliggjøres i åpent arkiv (BRAGE) / OPEN: To be published in open archives (BRAGE)		
Emneord/ <i>Keywords</i> Skredvarsling, Geofoner		

Stedfesting/ <i>Geographical information</i>	
Land, fylke/ <i>Country</i> Nordalnd	Havområde/ <i>Offshore area</i>
Kommune/ <i>Municipality</i> Gildeskål	Felt navn/ <i>Field name</i>
Sted/ <i>Location</i> Sandneslia	Sted/ <i>Location</i>
Kartblad/ <i>Map</i>	Felt, blokknr./ <i>Field, Block No.</i>
UTM-koordinater/ <i>UTM-coordinates</i> Sone: Øst: Nord:	Koordinater/ <i>Coordinates</i> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/ <i>Document control</i> Kvalitetssikring i henhold til/ <i>Quality assurance according to NS-EN ISO9001</i>					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/ <i>Reason for revision</i>	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2016-10-06 Yme Kvistedal	2016-10-11 Per Dobolug Frode Sandersen		

Dokument godkjent for utsendelse/ <i>Document approved for release</i>	Dato/ <i>Date</i> 14. oktober 2016	Prosjektleder/ <i>Project Manager</i> Yme Kvistedal
---	---------------------------------------	--



NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

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

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

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

