



# Evaluering av geofonanlegg for detektering av skred

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 204



**Tittel**

Evaluering av geofonanlegg for detektering av skred

**Title****Undertittel****Subtitle****Forfatter**

Gunne Håland

**Author****Avdeling**

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

**Department**

Traffic Safety, Environment and Technology Department

**Seksjon**

Geoteknikk og skred

**Section**

Geoteknikk og skred

**Prosjektnummer****Project number****Rapportnummer**

Nr. 204

**Report number**

No. 204

**Prosjektleder****Project manager****Godkjent av**

Roald Aabøe

**Approved by****Emneord**

Geofonanlegg, deteksjon, skred, styringsplate, varslingstavle, falske alarmer, signaloverføring, pilot

**Key words****Sammendrag**

For å redusere risikoen for trafikanter som ferdes i skredutsatte områder, ble det på 1980 og – 90 tallet montert opp flere geofonanlegg for å varsle trafikantene om snøskred. Det viser seg at det er kun 3 av 8 anlegg som fortsatt er i drift i dag. Hovedårsakene til at de fleste anleggene har sluttet å fungere er problemer knyttet den gamle teknologien. Anlegget har for eksempel ingen filtrering av signalet fra geofonene, slik at en enkel kraftig vibrasjon (lynedslag, støy fra overspenning etc) vil kunne løse ut falske alarmer. Det blir konkludert med at Statens vegvesen bør satse på et mer moderne, robust og driftssikkert geofonanlegg som er enkelt å vedlikeholde, og der det er lett å få tak i nye deler. Statens vegvesen bør derfor i første omgang få gjennomført et FOU prosjekt der et oppgradert varslingsanlegg testes ut på et egnet sted i felt.

**Summary**

## Innhold

|   |    |
|---|----|
| Liste over vedlegg.....   | 1  |
| 1 Innledning.....   | 2  |
| 1.1 Bakgrunn for arbeidet.....  | 2  |
| 1.2 Mål med arbeidet.....   | 3  |
| 2 Bakgrunnsmateriale og utførte undersøkelser .....                         | 3  |
| 2.1 Arbeidsmetode.....  | 3  |
| 2.2 Grunnlagsinformasjon fra interne i Vegvesenet og entreprenører .....    | 3  |
| 3 Geofonanlegg i Statens vegvesen.....                                      | 4  |
| 3.1 Generelt .....  | 4  |
| 3.2 Beskrivelse av anlegget.....  | 5  |
| .....   | 6  |
| 3.3 Geofonanlegget ved Fv 37 Prestura, Tinnsjøveien.....                    | 7  |
| 3.3.1 Innledning.....   | 7  |
| 3.3.2 Erfaringer fra drift av anlegget .....                                | 7  |
| 3.4 Oppsummering av kartleggingen .....                                     | 8  |
| 4 Detektering av skred med sensorer i skredløpet – hva finnes?.....         | 10 |
| 5 Diskusjon.....  | 14 |
| 6 Anbefalinger for videre arbeid .....                                      | 16 |
| Hvilke krav/ønsker har Statens vegvesen for et nytt deteksjonssystem? ..... | 16 |
| Referanseliste .....  | 17 |

## Liste over vedlegg

1. Forslag på aktuelt testområdet for gjennomføring av et pilotprosjekt
2. Internt notat fra det gamle geofonanlegget ved Fv 472 Sandneslia
3. Oversikt over geofonanlegg i Statens vegvesen

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn for arbeidet

Statens vegvesen har iverksatt mange ulike skredsikringstiltak de siste årene for å redusere stengningstid, isolasjonstid av samfunn og skredrisiko for trafikanter. Skredsikringstiltakene har varierende kostnader og gir ulikt sikkerhetsnivå. For å redusere risikoen for trafikanter som ferdes i skredutsatte områder ble det på 1980 og – 90 tallet montert opp flere geofonanlegg for å varsle trafikantene om skred. Geofonanleggene består av geofoner montert på bakken som tar opp vibrasjoner(seismiske signaler) forårsaket av skredene. Geofonene er plassert strategisk i skredløpet og generer et signal som igjen trigger et varsellys nede ved vegen når skredet går. Hensikten med dette konseptet er å varsle trafikantene med et lyssignal slik at de unngår å kjøre inn i skredområdet når et skred har løsnet oppe i fjellsiden. Teknologien til disse anleggene er levert av Eidsvold electronic AS(EIDEL). I dag vet man forholdsvis lite om anleggene. Er de fortsatt er i drift? Fungerer de tilfredsstillende?

Hensikten med rapporten er å få en oversikt over om dagens geofonanlegg fungerer tilfredsstillende, og hva som er fornuftig for Statens vegvesen å satse videre på. Er varslingsprinsippet ved bruk av geofoner et godt nok sikringsalternativ for norske veier innen deteksjon av skred?

Denne rapporten gir en samlet oversikt over antall anlegg Vegvesenet eier, hvor disse er lokalisert og om de fortsatt er i drift. Rapporten tar så for seg positive og negative erfaringer man har gjort seg med anleggene mens de har vært i drift. Det blir tatt en oppsummering av observasjoner som ble gjort på en befaring av geofonanlegget ved Fv 37 i Tinn kommune. Rapporten tar også for seg en kort gjennomgang av nyere deteksjonssystemer som i dag finnes i Europa. Videre blir det diskutert og konkludert om dagens geofonanlegg fungerer tilfredsstillende, og om det er behov for å fornye anleggene, eller alternativt erstatte disse med andre deteksjonssystemer. Rapporten viser en punktvis liste med ønsker/krav som bør stilles til et eventuelt nytt deteksjonsanlegg som kan erstatte dagens geofonanlegg. Til slutt i rapporten er det en kort beskrivelse for gjennomføring av et pilotprosjekt i et egnet testområdet etter disse ønskene/kravene, hvis man får nødvendige midler. Dette pilotanlegget blir da gjennomført som et FOU prosjekt, og vil da være et av de første moderne geofonanleggene som brukes til skredvarsling i Norge.

## **1.2 Mål med arbeidet**

1. Gi en oversikt over antall anlegg Vegvesenet eier, hvor disse er lokalisert, og om de fungerer tilfredsstillende.
2. Få en oversikt over styrker og svakheter, basert på erfaringer man har fra de ulike anleggene.
3. Få en oversikt over hva som finnes av nyere deteksjonsmetoder og teknologi i dag.
4. På bakgrunn av punkt 2 og 3 skal det konkluderes om det er fornuftig å satse videre på deteksjon av skred som et sikringsalternativ, enten ved at dagens anlegg fornyes, eller blir erstattet med andre deteksjonsmetoder.
5. Det skal utarbeides en liste på krav/ønsker som bør stilles til et eventuelt nytt deteksjonsanlegg. Denne listen skal legges til grunn for en eventuell kravspesifikasjon som kan bli lagt ut på anbud.

## **2 Bakgrunnsmateriale og utførte undersøkelser**

### **2.1 Arbeidsmetode**

1. Det ble det foretatt ringerunder og mailutvekslinger med interne i Vegvesenet og lokale entreprenører som hadde best oversikt over de ulike anleggene.
2. Det ble foretatt en befaringsreise av et av anleggene i Telemark. Dette for å få en innsikt i funksjonalitet og hvordan det gamle systemet er bygd opp.

### **2.2 Grunnlagsinformasjon fra interne i Vegvesenet og entreprenører**

Det ble spurt følgende spørsmål til informantene som var tilknyttet til de ulike geofonanleggene:

1. Hvor ofte går det snøskred i dette skredløpet?
2. Er anlegget i drift, og i hvor stor grad har anlegget fungert?
3. Hvilke styrker/svakheter har dette anlegget?
4. Fungerer anlegget mot andre skredtyper?
5. Blir anleggene fulgt opp og vedlikeholdt?

### 3 Geofonanlegg i Statens vegvesen

#### 3.1 Generelt

Etter samtaler og mailutvekslinger med lokalkjente både internt i vegvesenet og blant entreprenører ble det funnet frem til at Vegvesenet har totalt 8 geofonanlegg, som brukes for deteksjon og varsling av snøskred. Ett av anleggene har blitt tatt ned og ryddet bort.

En geografisk oversikt over geofonanleggene er vist i vedlegg 3. En oversikt over status på de ulike anleggene og kontaktpersoner er vist i tabell 1 under.

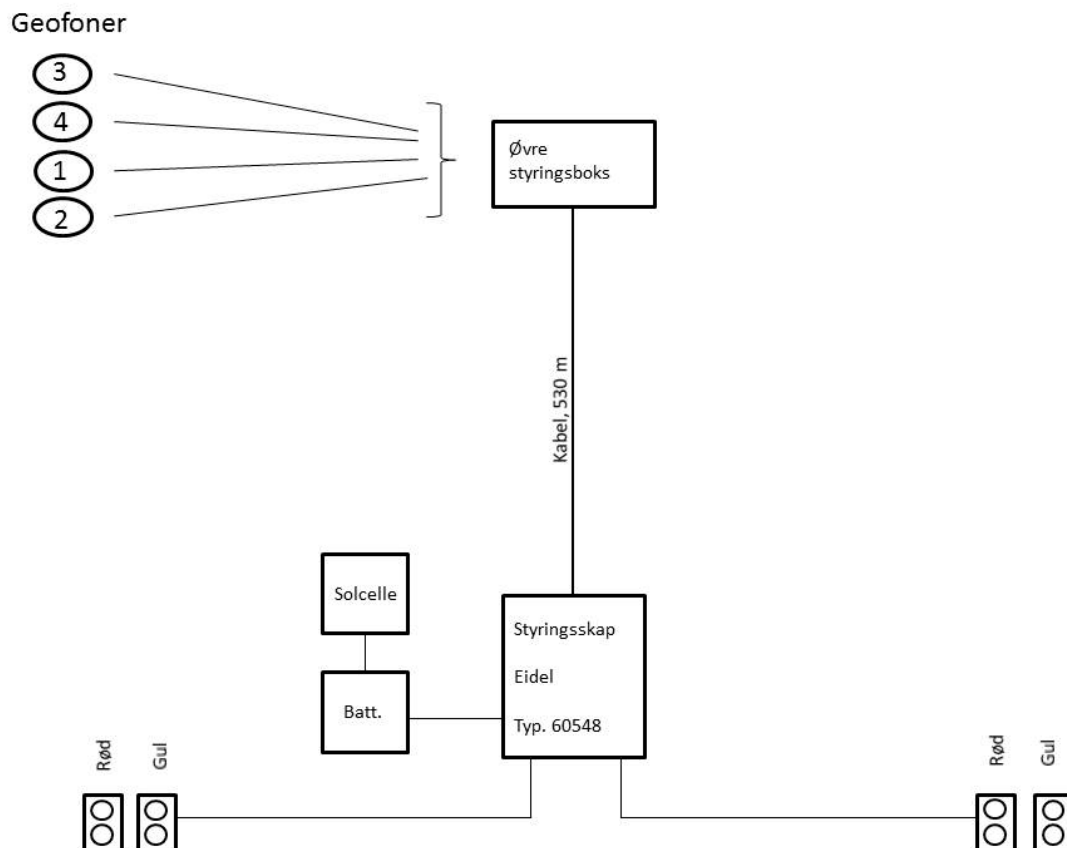
**Tabell 1. Oversikt over status, lokalisering, og kontaktpersoner til geofonanleggene**

| <b>Geofonanlegg<br/>Fylke/Kommune</b> | <b>Sted</b>                   | <b>Byggeår</b>  | <b>Status</b>  | <b>Kontaktperson<br/>geolog/Bekjent</b>                              |
|---------------------------------------|-------------------------------|---|----------------|--|
| 1. Finnmark/Alta                      | E6 Herranes                   | 2001  | Ikke i drift   | Jan Otto Larsen(SVV)/Knut Einar Lethigangas(SVV)                     |
| 2. Troms/Balsfjord                    | E8 Tomasjorddalen             | ?   | Ikke i drift   | Jan Otto Larsen/Svein Helge Nygård(SVV)                              |
| 3. Nordland/Gildeskål                 | Fv 472 Sandneslia             | 1996  | Ikke i drift   | Viggo Aronsen(SVV)/ Dag T. Andreassen(SVV), og Jan Otto Larsen/EIDEL |
| 4. Oppland/Lom                        | Rv 15 Knutstugugrove          | 1993  | Delvis i drift | Harald. Norem(SVV)/Ole Egil Hagen(SVV)/ EIDEL                        |
| 5. Telemark/Vinje                     | Fv 362 Lauvjuvet              | Starten av 80 – tallet  | I drift        | Harald Norem/John Ljosdal(Mesta)                                     |
| 6. Telemark/Tokke                     | Fv 806 Heggveitrota           | Slutten av 80 - tallet  | I drift        | Harald Norem/John Ljosdal  |
| 7. Telemark/Tinn                      | Fv 37 Prestura (Tinnsjøveien) | 90-tallet   | I drift        | Harald Norem/John Ljosdal  |
| 8. Møre og Romsdal/Ørsta              | Fv 40 Skarbørsvora            | Starten av 80 – tallet. Ryddet bort i starten av 90 – tallet. | Ikke i drift   | Harald Norem/Nils Bjørdal(SVV, pensjonert)                           |

### 3.2 Beskrivelse av anlegget

De fleste anleggene har 4 geofoner som er plassert et stykke oppover i skredløpet. Geofonene er montert på en 12mm bolt, ca. 20 cm lang. Bolten er boret ned i fjell og er festet med tokomponents polyester. Det går en ledning fra hver geofon som kobles sammen til en felles kabel i et øvre koblingsskap. Kabelen fra øvre koblingsskap er lagt i et beskyttet PVC rør ned til nedre koblingsskap/styringsskap som står ved vegen. Det varierer fra anlegg til anlegg hvor lange kablene er og hvor stor del av kabelen som er nedgravd. Anlegget på fylkesveg 37 i Tinn kommune har geofonene plassert ca. 500 meter opp i skredløpet, og har like lang kabel som går ned til veg fra øvre koblingsskap. De nederste 170 m av kabelen er nedgravd.

Styringsskapet består av et solcellepanel og et batteri, samt en styreplate(kretskort) med en skredvarslingsenhet. Signalet fra geofonene kommer inn på styreplata, og skredvarslingsenheten måler styrken til signalet. Hvis styrken overstiger en gitt verdi(følsomhet) går det et signal til varslingstavlen og rødt lys kobles inn. Varslingstavlen består av både røde og gule lamper. Når de røde lampene begynner å blinke, signaliserer de at snøskredet har løst, og det er dermed forbudt å kjøre inn i skredområdet. Etter at de røde lampene har blinket i 4 minutter og den største skredfaren antas å være over, eller at skredet har stoppet før/ ved vegen, begynner de gule lampene å blinke. De gule lampene signaliserer at det nå er lov til å kjøre inn i skredområdet, men man må fortsatt være oppmerksom på skred. Lampene på varslingstavlen vil blinker uavhengig om alarmen er falsk eller ikke. Det er ingen form for automatisk varsling fra anlegget, noe som medfører at lampene blinker inntil en entreprenør blir varslet og kan resette anlegget(se figur1, 2, 3 og 4). Entreprenøren blir oftest varslet fra VTS eller at han selv passerer stedet og oppdager lysene.



Figur 1. Vise en prinsippkisse av geofonanleggene.



Figur 2. De to bildene til høyre viser en geofonene montert i skredløpet(øverst), og den øvre styringsboksen(nederst). Den øvre styringsboksen kobler sammen de 4 ledningene fra geofonene til en kabel. Bilde til venstre viser PVC røret som beskytter kabelen. Røret ligger åpnet i terrenget ca. de øverste 400 meterne(Foto: Heidi Bjordal).



Figur 3. Bildene viser styringsskapet med styreplate, skredvarslingsenheten og batteri(Foto: Heidi Bjordal)



### 3.3 Geofonanlegget ved Fv 37 Prestura, Tinnsjøveien

#### 3.3.1 Innledning

Det ble utført en befaringsreise av anlegget ved Fv 37 Prestura i Tinn kommune 7. august i år. Dette anlegget har vært i drift siden det ble satt opp på 90 – tallet. Hensikten med befaringsreisen var å få en innsikt i teknologien og hvordan anlegget prinsipielt er bygd opp. Befaringsreisen ble utført av Gunne Håland, Heidi Bjordal og Lene Lundgren Kristensen fra Vegdirektoratet, sammen med Jon Ljosdal fra Mesta Elektro. Mesta elektro drifter anleggene gjennom driftskontrakt for elektro i Telemark, og Jon har hatt ansvaret for vedlikehold og kalibrering av alle geofonanleggene i Telemark siden de ble satt opp, og har med dette lang erfaring. I tillegg var Audun Langelid, geolog i Region sør, og Yngvar Andersson fra elektroavdelingen i Region sør med på befaringsreisen.



Figur 4. John Ljosdal forteller om anlegget under befaringsreisen (Foto: Heidi Bjordal).

#### 3.3.2 Erfaringer fra drift av anlegget

Anlegget driftes og vedlikeholdes av Mesta elektro v/ Jon Ljosdal. Han har utført månedlig kontroll av alle anleggene i Telemark i over 20 år. Driftsrutiner inkluderer kontroll av batterispenning, geofonsløyfer, funksjon av anlegget og lyshoder. Anlegget blir restartet med jevne mellomrom, og for å unngå problemer knyttet til overspenning i anlegget blir styringsplaten frakoblet sommerstid.

Det går med ca. 15 – 20 timer i året til vedlikehold + tid for kjøring. Anlegget er derfor relativt billig å vedlikeholde så lenge det er lett å få tak i nye komponenter for reparasjon.

**De vanligste faktorer som kan føre til at geofonanleggene ikke fungerer tilfredsstillende er følgende:**

- Følsomheten på geofonsløyfer er stilt inn feil.
- Brudd i kabel mellom øvre og nedre styringsskap.
- Feil i signaloverføring mellom styringskap og varseltavle.
- Falske alarmer på grunn av overspenning i anlegget eller andre årsaker for eksempel lynnedslag.
- Kortslutning i styreplata (kretskortet) som et resultat av overspenning i anlegget.
- For lav/høy batterispenning/panelspenning.

- Manglende strategisk plassering av geofonene i skredløpet.
- Ødelagte geofoner.

**Andre erfaringer:**

- Følsomheten på skredvarslingsenheten bør ligge på mellom 20-25 mV med en geofonsløyfe som belastning. Dette har man kommet fram til etter en del falske alarmer.
- Lange signalkabler fra geofonene og ned til styringsenheten gir problemer med overspenninger i anlegget.
- Styreplaten bør tas ut hver sommer for å unngå problemer knyttet til overspenninger.
- Solcellepanelet klarer ikke å gi nok strøm i løpet av vinteren. Man må derfor supplere med et batteri. Spenningen på batteriet bør ikke være mindre enn 11V og ikke mer enn 14 V. Batteriet bør kobles fra når det ikke brukes.
- Sløvfemotstanden i geofonene måles og justeres med jevne mellomrom(helst 1 gang pr. år). Bruk signalgenerator, 10 hertz sinus, og juster følsomheten til ca. 20 mV i parallell med en geofonsløyfe

**3.4 Oppsummering av kartleggingen**

Tabell 2 viser grunnlagsinformasjon fra de ulike anleggene, gitt av de aktuelle kontaktpersonene.

**Tabell 2. Merknader fra de aktuelle informantene.**

| Geofonanlegg                    | Merknader   |
|---------------------------------|---|
| 1. E6 Herranes                  | Har vært flere store skredhendelser de siste 10 årene. Anlegget har fungert dårlig med 4 falske alarmer, og det har gått 2 skred som ikke er detektert. Geofonene ble sannsynligvis ødelagt etter et stort skred i 2010. I tillegg har anlegget brudd i kablen. Det er feil med signalanlegg. Må ha ny styringsenhet, men vanskelig å få tak i deler. Har vært to elektro firma som har fulgt opp anlegget, men de har lite kompetanse på denne type anlegg. Skiltene ved vegen vil bli tatt bort i år  |
| 2. E8 Tomasjorddalen            | Har aldri gått skred i skredløpet. Anlegget har vært lite i drift. Det ble byttet ut deler for en stund siden, men fungerte ikke da heller. Det har vært problemer med følsomme geofoner(har slått ut på lynnedslag). Finnes nå ingen deler for reparasjon. Anlegget kommer nå til å bli tatt ned.  |
| 3. Fv 472 Sandneslia            | Det går årlig skred i skredløpene. Det er to geofoner i hvert skredløp. Gikk et stort snøskred i det ene skredløpet i 1997, der anlegget fungerte. Kablene, og noen geofoner ble imidlertid ødelagt i dette skredet. Anlegget har blitt utvidet og fått 4 nye geofoner i ettertid(år 2000), men anlegget har ikke fungert siden 2001. Finnes lite deler til reparasjon. Komponenten som ble brukt i styringsskapet har blant annet gått ut på dato. En periode ble det forsøkt reparert gamle kretskort, men dette var ikke en tilfredsstillende løsning. Anlegget har fått lite oppfølging og vedlikehold. Har også vært problemer med strømforsyning. |
| 4. Rv 15 Knutstugugrove         | Det går ca. 1 skred pr. 10 år. 2 av 4 geofoner fungerer. 2 stk tatt av steinras i 2012. Anlegget fungerte de første årene etter montering, men har hatt mange feilalarmer. EIDEL har hatt en person som har fulgt opp anlegget med jevne mellomrom. Anlegget er delvis i drift i dag med to geofoner.   |
| 5. Fv 362 Lauvjuvet             | Det går årlig skred i skredløpet. Anlegget har 4 geofoner. Fungerer bra, men har hatt noen falske alarmer. Har blitt testet ut flere ganger. Anlegget er i drift, og blir vedlikeholdt og kalibrert 1 gang i året. Hele anlegget har blitt skiftet ut en gang. Kablen er nå lagt i bakken.  |
| 6. Fv 806 Heggtveitrota         | Går sjeldent skred, men har blitt testet ut et par ganger. Anlegget har 4 geofoner. Anlegget er i drift, og blir vedlikeholdt og kalibrert 1 gang i året.   |
| 7. Fv 37 Prestura(Tinnsjøveien) | Anlegget har 4 geofoner. Det går sjeldent skred, men anlegget har   |

|                       |   |
|-----------------------|---|
|                       | blitt testet ut en gang av snøskred. Anlegget er i drift, og blir vedlikeholdt og kalibrert 1 gang i året.  |
| 8. Fv 40 Skarbørsvora | Ble satt opp et anlegg etter at et snøskred i 1979 tok en brøytebilsjåfør. Det gikk en del alarmer da anlegget slo ut på mindre snøutglidninger som løsnet øverst i skredløpet. Disse utglidningene var ikke farlig for vegen. Mange så på slike hendelser som falske alarmer. Anlegget har også gitt falske alarmer i forbindelse med steiner som ble tatt med i bekken under høy vannføring. Det har også gått falsk alarm i forbindelse med lynnedslag. Anlegget ble tatt ned på starten av 90 – tallet. |

Alle anleggene detekterer kun snø og sørpeskred. Det er totalt tre anlegg som er i drift og ett som delvis er i drift i dag.

Resultatene av kartleggingen av de ulike anleggene samt befaringen ved Fv 37 kan oppsummeres slik:

Fordeler:

- Der anleggene har blitt fulgt opp, kalibrert og vedlikeholdt ser det ut som anleggene fungerer tilfredsstillende. Mange anlegg har fungert de første årene etter montering.
- Anlegget er et forholdsvis enkelt, robust, og billig system.
- Anlegget er som nevnt 100 % analogt. Dette medfører blant annet at man ikke er avhengig av software(som i seg selv kan være ustabil) for at anlegget skal fungere. I tillegg må software med jevne mellomrom oppdateres.

Ulemper:

- Det finnes ikke automatisk varslingssystem på mobil til entreprenør/byggherre når det går alarmer.
- Anlegget har ingen filtrering eller analyse av signalet og kan bli utløst ved ett enkelt kraftig signal. Dette fører til at anlegget er sårbart for falske alarmer på grunn av lynnedslag, overspenning etc.
- Geofonene som plasseres på strategiske steder i skredløpet har blitt ødelagt av ulike typer skred.
- Vibrasjoner som et resultat av høy vannføring og erosjon i skredløpet har ført til falske alarmer.
- Det er et tidkrevende arbeid å legge kabler fra styringsskapet og opp til geofonene i skredløpet.
- Det har gått brudd i kabelen som fører signal fra geofon og ned til styringsskapet.
- Det er utfordrende å fininnstille sløyfene i geofonene, noe som har gitt mange falske alarmer.
- Teknologien er utdatert. Det finnes lite reservedeler igjen til eventuelle reparasjoner.
- Det finnes få personer i Norge som fortsatt har kompetanse på den gamle teknologien. Dette fører til manglende kalibrering og vedlikehold, og er nok en årsak til at mange av anleggene har blitt dårlig fulgt opp.
- Anleggene er 100 % analog. Det er ikke mulig å koble til pc for å hente ut data i forbindelse med en deteksjon.

#### 4 Detektering av skred med sensorer i skredløpet – hva finnes?

Varsling av skred med geofonanlegg brukes i flere land, og det eksisterer også andre typer anlegg i Norge. I dette avsnittet er det gitt en omtale av andre relevante systemer for skreddeteksjon.

**Wyssen avalanche control** er et sveistisk firma som leverer flere produkter innen aktiv skredsikring og skredvarsling. Wyssen tårnet og Wyssen radaren er noen av produktene. I tillegg holder de på med utvikling av en pilot ved bruk av infralyd teknologi(IDA). Pilotanlegget ble i 2011 installert sammen med et radarvarslingsanlegg i nærheten av byen Ischgl i Østeriket. Uttestingen har nå foregått i to vintre der man har sprengt ned flere skred med Wyssen tårnet. Infralydbølgene blir fanget opp av sensorer bestående av mikrofoner. Sensorene blir plassert på strategiske steder i skredområdet, typisk i triangulært mønster, og detekterer lydbølgene som kommer fra skredene(se figur 5 og 6). Infralyd er langsgående trykk fluktasjoner som beveger seg gjennom luften med samme hastighet som lyd. Frekvensområdet ligger på 0.001 Hz – 20 Hz og er for lavt til å bli hørt av mennesker. Mikrofonene kan fange opp lydbølger i avstander på flere km, og kan med dette fange opp all skredaktivitet i ett større område. Detekteringsalgoritmen er basert på en flerkanals korrelasjon ved å bruke flere parametere. For å identifisere signaler fra støy blir tidskorrelasjon, amplitude, bølgeutbredelse og hastighet kalkulert. For mer detaljert informasjon om prosessering av signaler, henvises det til Ulivieri et al(2011,2012). Ved analyse av dataene som blir fanget opp av sensorene kan man finne ut i hvilken retning og hvor langt unna skredene går. Små og tørre skred som beveger seg opp mot 150 m detekteres ikke, heller ikke våte skred som glir sakte nedover skredbanen. Infralyd dataene blir automatisk sent til en data server som danner grunnlaget for en web applikasjon. Detekteringsanlegget er først og fremst utviklet for å gi direktetids informasjon om skredaktiviteten over et større område, og vil da være et hjelpemiddel i overvåkning og varsling av skredfare i dette området. Pilotprosjektet har i det siste vært inne i en dataanalyseringsfase, og det har blitt utviklet systemer for å filtrere bort støy, og prosedyrer for å forbedre prosesseringen.



Figur 5. Sentral enhet med datalogger, dataoverføring og strømforsyning([www.wyssen.com](http://www.wyssen.com))



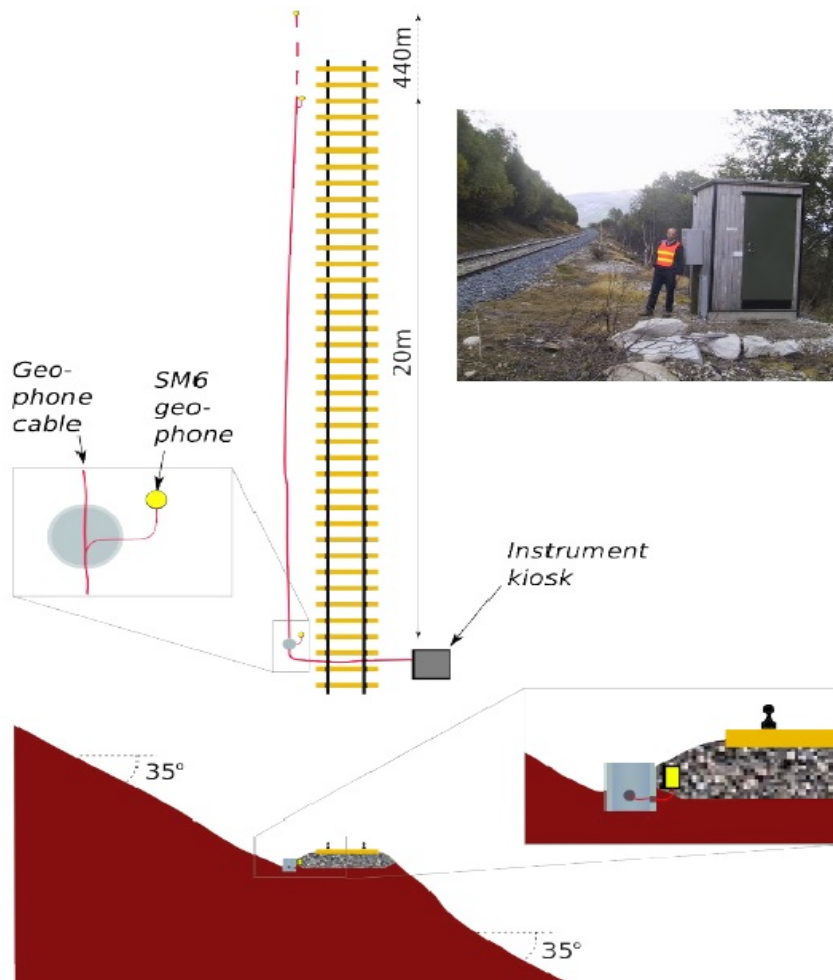
Figur 6. Infralyd sensor([www.wyssen.com](http://www.wyssen.com).)

NGI har siden 2003 utviklet et varslingsanlegg for Jernbaneverket på Nordlandsbanen. Det er tatt i bruk mikroseismiske geofoner som er montert med 20 meters intervall i en lengde på ca. 500 meter langs jernbanesporet. Signaloverføringen går i kabler. Hovedkomponentene i anlegget består av en geofongruppe(24 geofoner), 24 – bit GEODE seismisk logger og PC(se figur 7). Geofonene er støpt inn med betong for å få en god kobling til bakken, i tillegg til å beskytte geofonene. En separat trådløs ruter sørger for at anlegget har SMS varslingsystem med togførerne.

Anlegget har blitt utviklet for å kunne filtrere bort uønskete alarmer trigget av tog, vedlikeholds kjøretøy, nedfall stein/is, og elektriske forstyrrelser. Triggingen oppstår hvis forholdet mellom kort og langtids dispasjer overstiger en gitt terskelverdi på minst 4 geofoner. Når dette skjer blir signalet tatt opp i 24 sekunder, og lagret i en datafil. Filtringen skjer ved å bruke RMS verdi<sup>1</sup>. Klassifisering av hendelser, og størrelse, skjer ved ulike typer algoritmer. Algoritmen for skred sammenligner alarmtid langs lengden av geofongruppen. Hendelsen blir klassifisert som skred hvis en alarm fra minst 4 nabogeofoner oppstår på samme tid. Størrelsen på skred blir videre klassifisert i stor, middels, og liten avhengig av utslaget på signalet.

En av hovedutfordringene til nå har vært å få justert algoritmene godt nok til å få filtrert bort de signalene man ønsker.

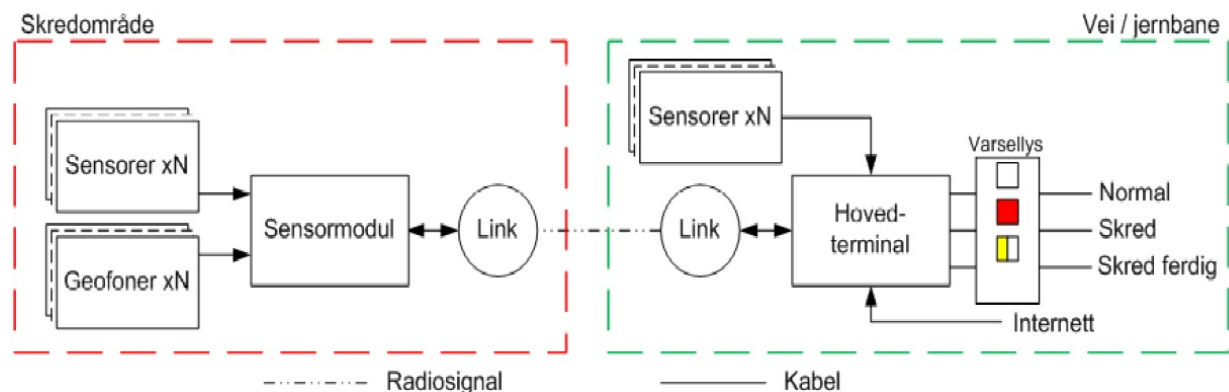
<sup>1</sup> RMS – verdi betyr Root - Mean - Square og kalles også den effektive verdien til et sinussignal.



Figur 7. Oversikt over varslingsystemet på Nordlandsbanen(Cleave et al).

**Eidsvold electronic AS(EIDEL)** har foreslått å modernisere det gamle systemet som Statens vegvesen bruker i dag(se figur 8). Det nye systemet skal fortsatt ha seismiske geofoner som sensorer, men kablene blir erstattet ved å bruke trådløse linker. Hovedterminalen skal nå kobles opp mot internett, noe som vil øke brukervennligheten. Det blir også muligheter for å legge til andre typer sensorer, for eksempel et kamera som har utsyn til veien. I tillegg kan det bli lagt til meteorologiske sensorer som måler snødybde, temperatur og vindstyrke. Det blir også lagt opp til at anlegget vil få integrert et SMS basert varslingsystem.

I tillegg har **SINTEF** utarbeidet et prosjektforslag som ligner på forslaget til EIDEL, men de foreslår at man kan erstatte geofoner med akustiske mikrofoner. En av fordelene med dette kan være å få større potensial til å filtrere bort uønskete hendelser slik at man kan oppnå færre falske alarmer.

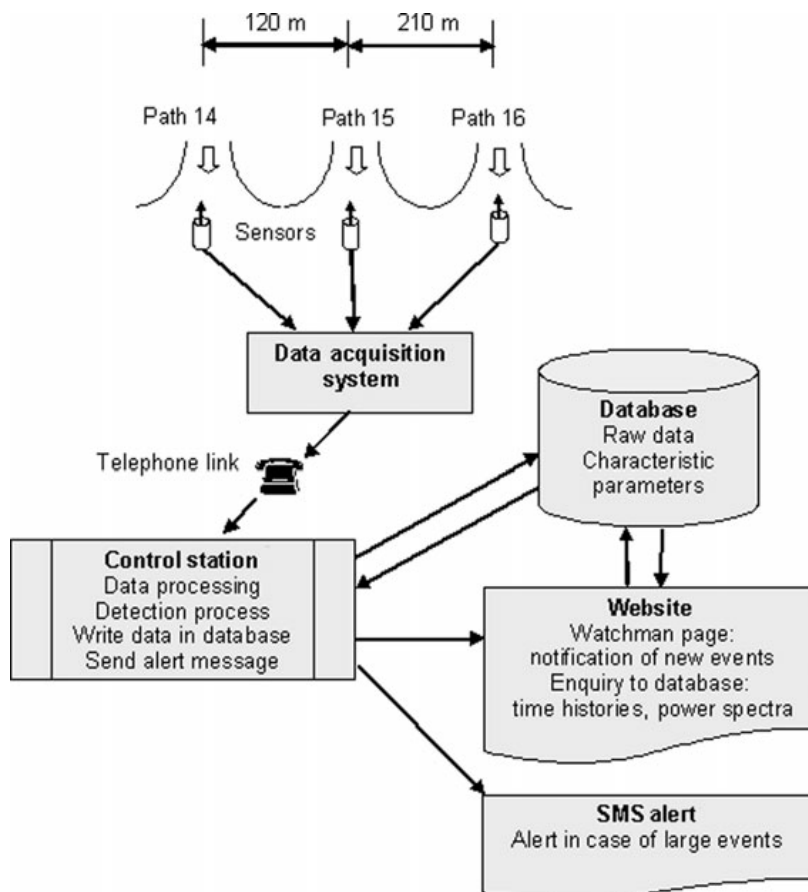


Figur 8. Skjematiske oversikt på modernisering av det gamle anlegget(www.eidel.no)

**Vegmyndighetene på Island** har i samarbeid med universitet i Reykjavik utviklet et varslingsanlegg som detekterer snøskred, steinsprang, og flomskred. Utvikling av varslingsanlegget startet allerede i 1996, og er montert og tilpasset en skredutsatt strekning nordvest på Island. Seismiske geofoner og akselerometer er brukt som deteksjonssensorer og er plassert helt nederst i skredbanen. Det ble vurdert å ta i bruk andre typer sensorer som akustiske mikrofoner, video opptak eller fotografisk overvåking, men man gikk for geofonen da man har best erfaring på deteksjon av seismiske signaler.

Anlegget har i ettertid flere ganger blitt oppdatert og består i dag av følgende elementer(se figur 9):

- Geofoner og akselerometer som sensorer i skredbanen
- Datainnsamlingsenhet (tar i mot signaler fra sensorer og konverterer de til lesbare datafiler)
- Telefonlink mellom datainnsamlingsenhet og kontrollstasjon
- Kontrollstasjon (Lokalisert i Reykjavik, ca. 300 km unna skredområdet)
- Database (her blir alle registreringer lagret)
- WeBSITE (for overvåking, og visualisering av registreringer)
- SMS - varslingsystem



**Figur 9.** Oversikt over de basiske elementene i skredvarslingsystemet(Bessason et al, 2007)

Alle identifiserte hendelser blir markert i databasen som «kjente hendelser», og av disse har man prøvd «å kjenne igjen» 5 forskjellige hendelser:

- Snøskred
- Steinsprang og flomskred
- Jordskjelv
- Trafikk
- Vedlikeholdsarbeid(bruk av vedlikeholdsmaskiner etc)

Utslag fra trafikk og vedlikehold identifiseres kun for at man kan ignorere dem i varslingen.

Det elementære i dette deteksjonssystemet er man klassifiserer en ny hendelse ved å sammenligne denne hendelsen med eldre hendelser som er «gjenkjent» og lagret i databasen. Dette gjøres ved bruk av «nærmeste nabo - metoden», der 10 karakteristiske parametere blir vektet og sammenlignet. De 10 parameterne fokuserer hovedsakelig på karakteristiske frekvenser og peak verdier, samt varighet og intensitet på utslagene som kommer fra sensorene. De 10 parameterne har forskjellig verdi fra skredbane til skredbane på grunn av ulik oppførsel til skredene. Den store variasjonen på skredene i de ulike skredløpene medfører at følsomheten på sensorene kan variere med 90 % fra skredløp til skredløp. Dette betyr at vektingen av de karakteristiske parameterne er tilpasset hver skredbane, og gjør at klassifiseringen blir mer komplekst og utfordrende. Etter deteksjon og klassifisering blir den nye hendelsen også klassifisert etter størrelse. Dette gjøres ved å se på energiutslaget til hendelsen. Skredhendelsen blir klassifisert som liten, medium, og stor hendelse. Skred som inneholder flere typer materialer, for eksempel snø, stein og jord, er vanskelig å indentifisere.

Registreringene blir publisert på internett, og et SMS varsel blir sendt til nøkkelpersonell hvis hendelsen er over en viss størrelse. Internettetsiden har en hovedside som er beregnet for vaktpersonalet som sitter på kontoret. Hovedsiden visualiserer alle hendelser med type og størrelse som har oppstått de siste 24 timer.

En generell utfordring med dette systemet er god nok kvalitet på klassifiseringen, men man har greid å gjenkjenne de fleste utslagene fra kjøretøy, slik at de i alle fall kan ignoreres.

Dette deteksjonssystemet har i tillegg til å varsle trafikanter om skred, også følgende fordeler:

- Ved å bruke informasjon fra systemet kan man stenge vegen når snøskredene begynner å gli nedover skredbanene, eller hvis frekvensen av steinsprang og flomskred overstiger en kritisk grense.
- Informasjonen kan bli brukt til å vurdere skredfare i lignende områder i samme region.

## 5 Diskusjon

Det kommer klart fram fra undersøkelsen at anleggene som jevnlig har blitt fulgt opp, kalibrert og vedlikeholdt av personell med rett faglig kompetanse, ser ut til å fungere. I de tilfellene der det motsatte har vært tilfelle har anleggene fungert dårlig. Det kan se ut som de fleste kontaktpersonene som det har blitt snakket med i dette arbeidet ikke kjenner anlegget godt nok. Dette fører gjerne til dårlig oppfølging og mindre innsikt i hva som kan være årsakene til at anlegget ikke fungerer. Det blir feil å si at et ufarlig skred/mindre utglidninger som detekteres, er en falsk alarm. Den mindre utglidningen kunne ha utviklet seg til et større skred som hadde hatt potensialet til å true vegen. Det er bedre med for mange detekteringer enn for få.

Selv om det finnes flere eksempler på anlegg som fungerer tilfredsstillende, er det likevel knyttet flere ulemper til den gamle teknologien. Det er for eksempel en del kritiske faktorer som kan føre til at anlegget ikke fungerer tilfredsstillende, selv om anlegget har et enkelt system. Brudd i kabel, overspenninger i styringsplata, og dårlig signaloverføringer er noen eksempler. I tillegg har anlegget ingen filtrering av signalet fra geofonene, slik at en enkel kraftig vibrasjon (lynnedslag, støy fra overspenning etc) vil kunne løse ut anlegget.

En av hovedutfordringene med anleggene er at det er vanskelig å få tak i nye deler, spesielt til styringsplaten. I tillegg finnes det i dag få personer og elektrofirmaer som fortsatt har kunnskap på hvordan man vedlikeholder og kalibrerer disse anleggene.

Dagens geofonanlegg er bygd opp med enkle prinsipper og er 100 % analogt. Det er både fordeler og ulemper med dette. En av fordelene er at man ikke er avhengig av PC og software for at anlegget skal fungere. En ulempe er at man ikke får lagret eller sett på data i forbindelse med en deteksjon. I tillegg må alle signalene gå gjennom ledninger og kabler, som er utsatt for bruddskader. Det blir heller ikke sendt ut SMS varsel til driftspersonellet når alarmene går, noe som er en stor ulempe. Driftspersonellet



blir derfor gjerne oppringt av VTS som har blitt varslet av en trafikant. Man risikerer at lampene på varslingsstavlen blinker i lange perioder før noen rykker ut og slår lysene av manuelt. Dette gir et negativt bilde av skredvarslingsystemet til trafikantene.

Resultatene viser at de fleste anleggene har hatt en del falske alarmer. En av årsakene til dette er at de fleste geofonene ofte er plassert midt i skredløpet, og kan dermed reagere på vibrasjoner fra ufarlige steiner/stokker som en bekk fører med seg. I tillegg har lynnedslag og mindre ufarlige skred også resultert i en del falske alarmer. I Telemark har man etter en del års erfaring kommet fram til at geofonene bør ha en følsomhet på 20 – 25 mV (med en geofonsløyfe som belastning). Denne erfaringen har sannsynligvis ikke blitt overført til de andre anleggene i Norge. I Telemark har man også erfart at styringsplaten bør frakobles om sommeren for å unngå problemer knyttet til overspenning i anlegget.

Detektering av skred er en fin metode for skredsikring i skredløp der det ikke er kostnadseffektivt med aktiv skredsikring eller permanente fysiske tiltak. Metoden hindrer ikke skredet i å komme på vegen, men sikrer trafikantene mot å bli tatt av et skred. I tillegg er metoden billigere enn dyre permanente konstruksjoner. Detektering av skred vil kunne være spesielt kostnadseffektivt på vegstrekninger med lav ÅDT som har skredløp med forholdsvis høy skredfrekvens. En annen fordel er at automatisk detektering av skred kan bli brukt som arbeidssikring i skredområder der det skal foregå anleggsvirksomhet. Det er viktig å nevne at anleggene kan være vanskelig å forstå, og det kan komme en del falske alarmer uansett om man har et moderne anlegg som filtrerer bort uønskete signaler.

De fleste deteksjonssystemer som brukes innen skredvarsling i dag har seismiske geofoner som sensorer. Noen av systemene som har blitt nevnt i denne rapporten har forholdsvis avanserte filtreringsmetoder for å kunne klassifisere ulike hendelser. Dette har ofte resultert i en forholdsvis lang kalibreringsperiode for å finne ut hvordan algoritmene må tilpasses hver skredbane/skredområdet for å få tilfredsstillende resultater. I de anleggene Vegvesenet har bygd i Telemark blir anleggene løst ut av alle signaler fra geofonene som overstiger en gitt styrke (20-25mv). Dette fører til at anlegget løses ut for hver enkeltpeak i signalet fra geofonene. Dersom anlegget heller løses ut når svingningsfrekvensen overstiger en gitt verdi, vil man i større grad oppnå at anlegget løses ut ved rystelser fra reelle hendelser. Filtringen vil ikke fjerne alle falske alarmer, men vil sannsynligvis fjerne en god del, og vil i tillegg være en enklere filtrering enn de systemene som har blitt nevnt i denne rapporten.

En annen viktig oppgradering av det gamle anlegget vil være å gjøre signaloverføringen mellom øvre styringsboks og varslingsstavlen trådløst. Denne trådløse oppgraderingen vil spare tid og redusere kostnadene man har ved utlegging av de lange kablene i terrenget. I tillegg vil man fjerne problemer med signaloverføringen som oppstår på grunn brudd i kabelen. Ved å gjøre systemet trådløst vil man også kunne fjerne overspenningen i anleggene.

Det pågår i dag flere forskningsprosjekter (bl.a. Wyssen) som ser på bruk av akustiske mikrofoner som deteksjonssensor. Det finnes foreløpig lite håndfaste resultater fra disse prosjektene, men hovedutfordringene har også her vært i forbindelse med filtreringen, i dette tilfelle filtrering av uønskete lydfrekvenser. Disse anleggene er hovedsakelig utviklet for å detektere skredaktivitet i et større område og ikke detektering av et enkelt skredløp. Det finnes foreløpig ingen leverandører av komplette deteksjonsanlegg med akustiske mikrofoner som deteksjonssensorer.

Statens vegvesen ser også på andre metoder for detektering av skred. Et anlegg for deteksjon av snøskred ved hjelp av radar vil sannsynligvis bli montert langs rv 15 i Lom kommune. Radaren detekterer skredbevegelser i et bestemt punkt i skredbanen og sender signalet trådløst til en varslingsstavle nede ved vegen. Dette systemet fungerer kun i skredbaner der radaren «ser» det punktet som skal detekteres. Detekteringspunktet må være et stykke opp i skredbanen slik at trafikantene får tid til å stoppe før skredet når ned til vegen. Dette medfører at radaren ikke vil egne seg som detekteringsmetode i alle skredløp. Her vil bruk av deteksjonsmetoder som har sensorene plassert i selve skredløpet, for eksempel geofoner, være et godt alternativ.

## 6 Anbefalinger for videre arbeid

Resultatene viser at dagens geofonanlegg ikke fungerer tilfredsstillende. Systemets enkelhet og robusthet er positivt, men teknologien er for gammel og for lite driftssikkert. Statens vegvesen bør satse på et mer moderne, robust og driftssikkert anlegg som er enkelt å vedlikeholde, og der det er lett å få tak i nye deler. Systemet må fortsatt være enkelt, men det anbefales at det gjøres digitalt slik at man kan gjøre enkle filtreringer. Videre anbefales det også å gjøre signaloverføringen trådløst slik at man unngår å legge lange kabler.

Det kan også være aktuelt å bruke andre typer sensorer for detektering, for eksempel bruk av akustiske mikrofoner som detekterer lydbølger. Det finnes imidlertid lite erfaringer på hvor godt slike detekteringssensorer fungerer. Erfaringer man har fra Norge, Europa og Island viser at geofonen er den type deteksjonssensor man foreløpig har oppnådd best resultater med.

Statens vegvesen har store utfordringer med å sikre veg og trafikant mot skred, og et anlegg for deteksjon vil være rimeligere å bygge enn fysiske sikringstiltak. Et deteksjonsanlegg vil kunne redusere faren for å bli tatt av eller kjøre inn i skred, og gi større trygghet ved ferdsel på skredutsatte veier. Et anlegg av denne typen vil imidlertid ikke redusere problemer knyttet til fremkommelighet og stengninger.

Potensialet ved bruk av varslingsanlegg med bruk av geofoner har enn ikke blitt testet fullt ut, da det har vært svært mange driftsproblemer med anleggene, og ofte lav skredfrekvens i de skredløpene anleggene har fungert.

Prinsippet med varsling av skred ved bruk av geofoner bør derfor prøves ut gjennom å bygge et oppgradert varslingsanlegg på et egnet sted. De aktuelle skredløpene bør være godt definert i terrenget slik at skredene «treffer» geofonene. Det bør gå skred helst flere ganger i løpet av en vinter, slik at man får en reell utprøving av anlegget. Av praktiske og sikkerhetsmessige grunner bør det heller ikke være for høy trafikkmengde på strekningen. Ett aktuelt testområde som tilfredsstillende mange av disse kriteriene kan være ved Fv 472 Sandneslia i Gildeskål kommune. Her har det tidligere blitt montert et geofonanlegg som ikke har fungert tilstrekkelig, og det foreligger nå nye planer for sikring. Se vedlegg 1 og 2 for nærmere beskrivelse av Sandneslia.

### Hvilke krav/ønsker har Statens vegvesen for et nytt deteksjonssystem?

Statens vegvesen bør i første omgang få gjennomført et prøveprosjekt der en pilot kan testes ut i felt. Punktene under viser hvilke ønsker et slikt pilotanlegg bør tilfredsstillende.

- Erfaringer fra Norge og andre land viser at deteksjon ved bruk geofon som deteksjonssensor fortsatt er den metoden man har oppnådd best resultater med. Det er derfor ønskelig å bruke geofon også i et nytt anlegg.
- Overføring av signal fra øvre styringsboks og ned til stopplys bør helst være trådløst for å unngå å bruke lange kabler.
- Anlegget bør være digitalt slik at signalene kan analyseres.
- Anlegget bør ha enkel filtrering slik at problemer med falske alarmer blir minst mulig.
- Anlegget må ha automatisk varsling til entreprenører og byggherre.
- Systemet må være robust, driftssikkert, og enkelt å vedlikeholde. Det må tåle lave temperaturer, mye snø, og lite solinnstråling.
- Geofonene må være plassert et stykke opp i skredløpet slik at trafikantene skal få tid til å stoppe for skredet.
- Geofoner og tverrkabler må monteres og plasseres slik at de ikke ødelegges av skred eller av stor vannføring.
- Anlegget bør ha minst 2 geofoner i hvert skredløp slik at anlegget fortsatt kan være i drift hvis en av geofonene blir ødelagt.

## Referanseliste

- Kogelnig, A, et al.(2013): Infrasound detection of avalanches, a new approach on managing avalanche risks. International snow science workshop Greoble 2013, s 1388-1393.
- Bessason, B., Eiríksson, G., Thórarinnsson, Ó., Thórarinnsson, A., Einarsson, S.(2007): Automatic detection of avalanches and debris flows by seismic methods. University of Island and Icelandic Public Roads Administration, Journal of Glaciology, Vol. 53, No 182
- Cleave,R.,Myrvoll, F.,Nålsund, R(?):Microseismic monitoring and early warning of geohazards along railway lines in Norway. Norwegian Geotechnical Institute and Norwegian National Rail Administration, Oslo
- Eidsvoll electronics AS(2013): <http://www.eidel.no/>
- Statens vegvesen(1997): Fv 472 Rasvarslingsanlegg Sandneslia. Nordland vegkontor, notat 1997 -06 -22
- Wyssen avalanche control(2013): <http://www.wyssen.com/en/wac/home/>

## Bakgrunn

Et av Statens vegvesens gamle geofonanlegg ligger ved Fv 452 Sandneslia i Gildeskål kommune. Anlegget ble først montert for å varsle to skredløp med to geofoner i hvert av skredløpene (se kart). Våren 1997 (5. mai) gikk det et forholdsvis stort skred i det søndre løpet. Anlegget var da helt nytt og fungerte etter hensikten med å varsle rødt lys, deretter gult lys. Skredet tok med seg tverrkablene fra geofonene og til øvre koblingsboks, og ødela minst en geofon. Anlegget ble i ettertid forsøkt utvidet til flere skredløp (se kart), men komponenten som ble brukt i styringsskapet er gått ut på dato. En periode ble det forsøkt å reparere det gamle kretskortet, men dette ble ikke en tilfredsstillende løsning. Det har også vært problemer med å få nok strøm til systemet, og anlegget har nå vært nede siden 2001. Det går årlig skred på veg på denne strekningen, og man vurderer nå å erstatte det gamle anlegget med nye sikringstiltak for å heve trafikksikkerheten. I Rassikringsplanen ligger Sandneslia høyt på prioriteringslisten med foreslått tiltak som fangvoll, fangrøft og utlegging av veg. Grov estimert kostnad på disse tiltakene ligger på ca. 30 mill, og sikringsnivået tiltakene skal sikre mot er vurdert til 70 % (handlingsplan 2014 – 2023).

## Beskrivelse av testområdet

Fv 472 Sandneslia på Sandhorn øya ligger ca. 1 timers kjøring sørover fra Bodø. ÅDT på den skredutsatte strekningen er på ca. 220 (NVDB 123, 2013).



Figur 1. Fv 472 Sandneslia ligger ca. 6,5 mil sør for Bodø i Gildeskål kommune.

Den skredutsatte strekningen har en lengde på ca. 700 meter, hp 1, km 1,3 – 2. De fleste skredene løsner fra løsneområder med varierende størrelser som ligger mellom 400 – 600 moh. Løsneområdene samler opp snø fra sektorene nordvest til sørvest. De fleste skredene følger stort sett definerte bekkeløp og forsenkninger i terrenget ned mot vegen. Løsneområdene kan samle opp en god del med snø og slik at det kan årlig gå forholdsvis store skred på vegen.



Figur 2. Oversikt over det skredutsatte området

### Vurdering, og forslag til gjennomføring

Det er mange fordeler med å bruke Fv 472 Sandneslia som et testområde. Det går forholdsvis ofte skred i skredløpene, noe som vil være en fordel for kalibreringen i testperioden. Det er forholdsvis markerte skredløp som kanaliserer skredene, noe som er en generell fordel når deteksjonssensorene skal plasseres i skredløpet. Det er også en fordel at det allerede er etablert et anlegg der plassering av geofonene, strømforsyning og varslingstavlen er utført. Det antas at geofonene, strømforsyning og varslingstavlene kan brukes videre til det nye anlegget.

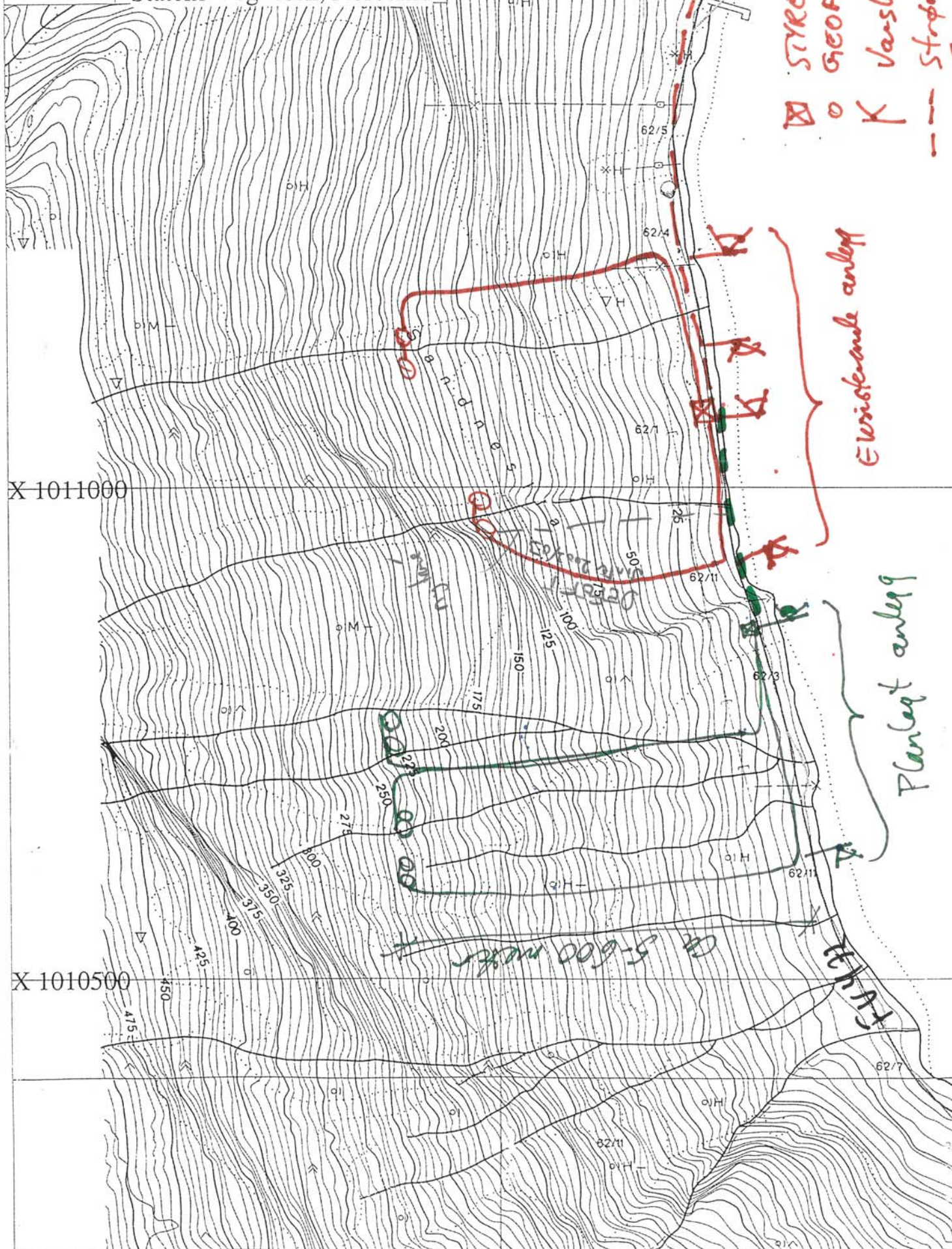
Det bør bli tatt befaringer i skredområdet for å diskutere praktiske utfordringer for gjennomføring av piloten. Befaringene og denne rapporten vil ligge til grunn for utarbeiding av en eventuell kravspesifikasjon for pilotanlegget.

Kostnader og tidsforbruk for gjennomføringen av hele pilotprosjektet er meget usikkert og vil variere fra leverandør til leverandør. Allerede etablerte geofoner, varslingstavle og strømforsyning vil sannsynligvis redusere kostnadene. Det antas at rammene vil ligge på ca. 1 – 2 millioner (inkludert uttesting, og evaluering), ekskludert egne interne ressurser.

FV 472 Sandneslia

Målestokk 1:5000

Statens Vegvesen, Nordland



- STYRESKOP
- GEOFON
- Varingsstilt
- Strømskabel
- Signalbøl

Ervindende anlegg

Planlagt anlegg

ca 5-600 meter



Fotoer etter snøskred 5. mai 1997., som hadde blitt varslet med det nye geofon-anlegget.

**FOTO**

**Rasstrekning Fv 472 01 Sandneslia**

Wg\_\_\_\_

Foto







Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Publikasjonsekspedisjonen  
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO  
Tlf: (+47 915) 02030  
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**