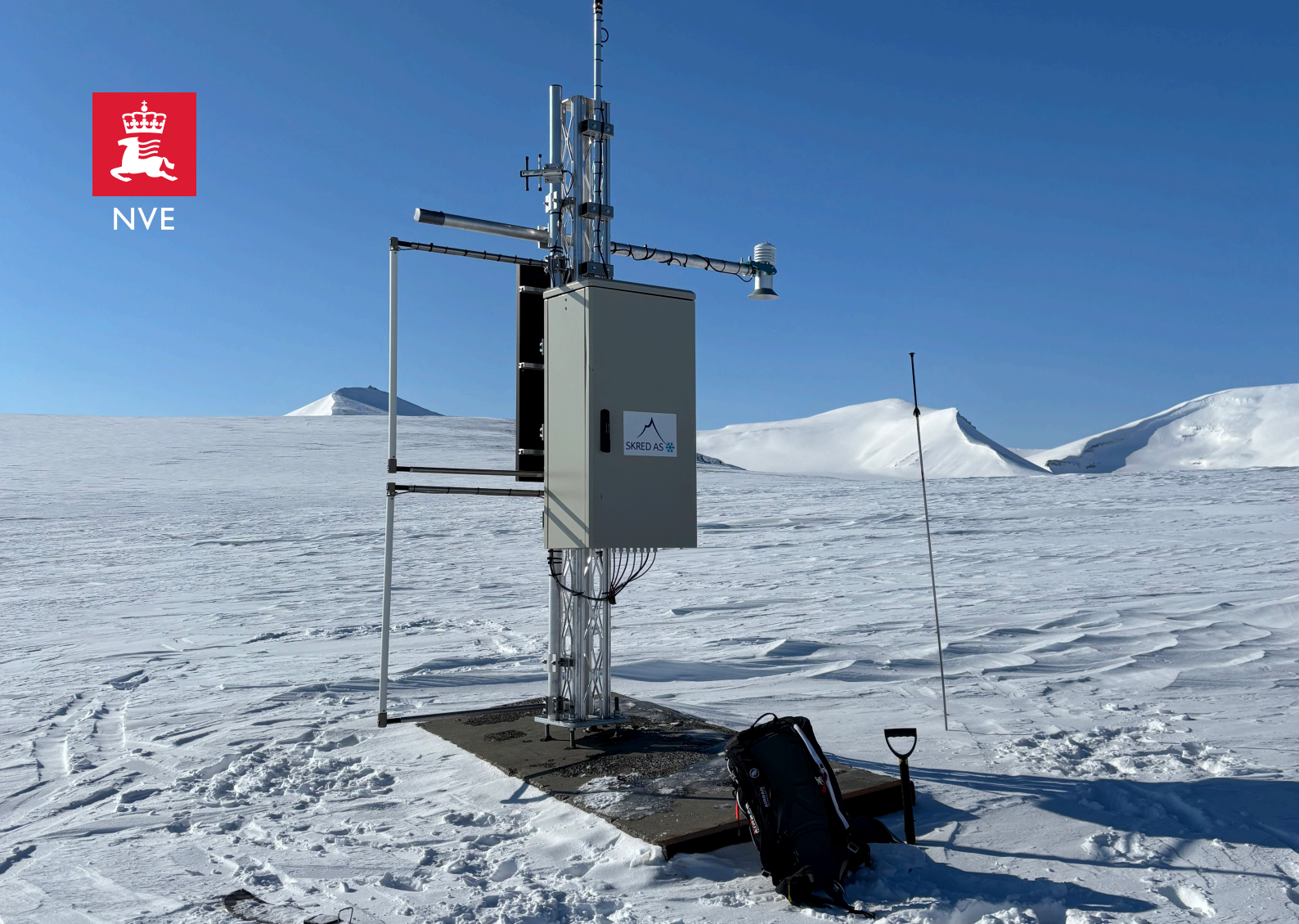




NVE



Statens vegvesen

EKSTERN RAPPORT NR. 21 / 2025

Instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling

SKREVET AV Skred AS

NVE Ekstern rapport nr. 21/2025

Instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Forfattere: Pål Lohne, Nils Arne K. Walberg og Siiri Wickström/Skred AS
Omslagsbilde: Måleinstrument ved Gruvefjellet. Foto: Siri Wickstrøm/Skred AS

ISBN: 978-82-410-2507-5
ISSN: 2535-8235
Saksnummer: 202413830

Sammendrag: I forbindelse med utarbeidelsen av en veileder for stedsspesifikk snøskredvarsling, har Skred AS utarbeidet en rapport om instrumentering brukt i varslingstjenesten. Rapporten er en gjennomgang av relevant litteratur, ny forskning og praktiske erfaringer innenfor faget. Målet har vært å vurdere hvordan ulike sensorer og målemetoder skal benyttes mest mulig effektivt, og hvordan de fungerer under norske forhold.

Emneord: Instrumentering, Snøskred, Snøobservasjon, Veileder stedsspesifikk snøskredvarsling

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

Innholdet kan brukes videre mot kreditering.

November 2025

Forord

Stedsspesifikk snøskredvarsling stiller høye krav til både kunnskapsgrunnlag og metodikk. I arbeidet med å utvikle en veileder for stedsspesifikk snøskredvarsling har Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) samarbeidet tett med bransjen for å sikre at erfaringer og beste praksis blir ivaretatt. Gjennom FoU-prosjektet «Instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling» har Skred AS samlet og systematisert kunnskap om bruk av instrumentering i stedsspesifikk snøskredvarsling.

Prosjektet har hatt som mål å vurdere hvordan ulike typer sensorer og målemetoder kan benyttes mest mulig effektivt under norske forhold. Anbefalingen er basert på gjennomgang av relevant litteratur, praktiske erfaringer og ny teknologi. Hovedfokuset i rapporten er lagt på nytteverdien av ulike løsninger, med særlig vekt på robusthet, målemetoder og optimal plassering av måleinstrumenter for å styrke beslutningsgrunnlaget i skredutsatte områder.

Prosjektet er gjennomført som en del av NVEs satsing på FoU for å øke kvaliteten og effektiviteten i forvaltningen av naturfare, i samarbeid med Statens Vegvesen. Vi håper rapporten vil være til nytte for alle som arbeider med stedsspesifikk snøskredvarsling, beredskap og sikring i skredutsatte områder.

Førde, november 2025

Brigt Samdal
direktør
Skred- og vassdragsavdelingen

Odd Are Jensen
faggruppeleder
Seksjon for flom og skred

Dokumentet sendes uten underskrift. Det er godkjent i henhold til interne rutiner.

Oppdragsgiver	Navn	Kontaktperson
	Norges vassdrags- og energidirektorat, Statens vegvesen	Karin Bergbjørn (NVE), Markus Eckerstorfer (SVV)
Oppdrag	Nummer og navn	Oppdragsleder
	25100 Mini FoU - Instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling	Nils Arne K. Walberg
Dokument	Nummer	Dato
	25100-02-2	2025-06-30
	Utført av	Kontrollert av
	Nils Arne K. Walberg og Siiri Wickström	Pål Lohne

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
2	02.09.2025	NAKW	SW	Mindre endringer etter innspill
1	30.06.2025	NAKW, SW	PL	Original

Instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling

Sammendrag

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) jobber med en veileder for stedsspesifikk skredvarsling sammen med bransjen. I den forbindelse er Skred AS engasjert for å samle erfaring rundt bruk av instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling.

Målet med prosjektet er å vurdere hvordan instrumentering kan brukes mest effektivt til stedsspesifikk snøskredvarsling under norske forhold. Dette innebærer en gjennomgang av sensortyper, relevant litteratur, erfaring fra prosjekter, samt ny teknologi og anbefalinger. Sluttproduktet er denne rapporten hvor hovedfokus er lagt på nytteverdien av ulike type løsninger, spesielt på målemetoder, robusthet og plassering av instrumentering.

Innhold

1	Innledning	4
2	Oversikt over stasjonstyper, sensortyper og parametere	5
2.1	Generelt	5
2.2	Vind	6
2.3	Temperatur	7
2.4	Snødybde	7
2.5	Nedbør	8
2.6	Snødrift	8
2.7	Overflatetemperatur	8
2.8	Stråling	8
2.9	Kamera	8
2.10	Kommunikasjon	9
2.11	Strøm	9
2.12	Vedlikehold	9
3	Litteratur	10
3.1	MetReport 11-2018 Automatiske værstasjoner til skredvarsling	10
3.2	DNMI Rapport 26/96 Test av snødybdemålere	10
3.3	NVE rapport 4-2011 Evaluering av NVE sitt snøstasjonsnettverk og NVE 64-2016 Anbefalinger for NVE sine automatiske snøstasjonar	10
3.4	NIFS – Snødybdemåling ved bruk av temperatursensorer sluttrapport	11
3.5	WMO solid precipitation intercomparison experiment	11
3.6	SVV Håndbok R613 Værstasjoner	12
4	Erfaringsprosjekter	13
4.1	Tyin (Skred AS, 2021/22 - 2024/25)	13
4.2	Honningsvåg, Nordkapp kommune (Skred AS, 2021/22 - 2024/25)	15
4.2.1	Værstasjon	15
4.2.2	Snødybdesensor	16
4.2.3	Webkamera	17
4.3	Longyearbyen (Skred AS, 2018/19 – 2021/22, samt 2024/25)	18
4.3.1	Snødybdemålere	18
4.3.2	Webkamera	19
4.3.3	Snødriftsensor	19
4.4	Tromsø kommune (Skred AS 2022/23 og Wyssen 2023/24 og 2024/25)	19
4.5	Arnøya og Grøt fjorden (TFK, Wyssen Norge og Skred AS)	20
4.6	Mosjøen (NVE, NGI og Wyssen Norge)	21
4.7	Pollfjellet (Skred AS)	22
5	Ny teknologi og løsninger	23
5.1	Lidar	23
5.2	Modellering	25

6	Oppsummering og diskusjon	26
6.1	Generell nytteverdi av instrumentering.....	26
6.2	Plassering og datainnsamling	27
6.3	Hva gir mest nytteverdi?	27
6.4	Valg av sensor.....	29
6.5	Erfaringer fra andre land	29
7	Konkluderende anbefalinger	31
7.1	Overordnet arbeidsflyt for prioritert instrumentering i et stedsspesifikt varslingsprosjekt.....	31
7.2	Dokumentasjon	32
7.3	Målertyper.....	33
8	Referanseliste	35
9	Vedlegg epost	39
9.1	Norsk versjon.....	39
9.2	Engelsk versjon	40

Figurer

Figur 1: Oversikt over installasjon (Skred AS, 2023a)(Skred AS, 2023a)	14
Figur 2: Snødybdata under evakueringsperioden i månedskiftet mars-april 2022. Sensoren Honningsvåg B ga data før uværet begynte, enkeltmålinger 28. mars og deretter ingen målinger frem til etter uværet 30. mars.....	16
Figur 3: Snødybdemålinger ved alle stasjoner i perioden desember 2023 tom. mai 2024..	17
Figur 4: Stillbilde fra Axis Q6315-LE montert i Nordkapp kommune. Bildet er tatt 10. desember 2023 kl. 18:05, da det er helt mørkt og ingen sikt med det blotte øye.	18
Figur 5: Værstasjon på Singeltinden, Arnøya. (Foto: J. Talbert, 2025-03-02.)	21
Figur 6: Visualisering av bakkebasert Lidar måling som konsept på Gruvefjellet i Longyearbyen (Hancock et al., 2023).	23

Tabeller

Tabell 1: Liste over utvalgte sensorer egnet for stedsspesifikk skredvarsling.	33
---	----

1 Innledning

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har høsten 2024 startet opp arbeidet på en veileder for stedsspesifikk skredvarsling. I denne sammenhengen ønsker NVE og SVV at kunnskapsgrunnet rundt instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling økes.

For å forbedre den stedsspesifikke varslingens presisjon og effektivitet, samt redusere usikkerheter, er det ofte nyttig med mer detaljerte data om lokale snø- og værforhold. Dette krever ofte etablering av nye stasjoner med en begrenset prosjektlengde. Instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling er dermed tenkt til å svare ut et spesifikt databehov, som temperatur eller pålagring av snø i et løsnemråde, og vil kunne ha ulike krav enn en fullskala meteorologisk stasjon.

Det er allerede gjort en del arbeid på dette feltet, spesielt erfaringer i forbindelse med konkrete prosjekt, men det mangler en evaluering av nytteverdien av ulike typer instrumentering for stedsspesifikk varsling.

I dette arbeidet har Skred AS samlet og analysert informasjon om tidligere arbeid og erfaringer fra aktører som tilbyr stedsspesifikk snøskredvarsling, er problemeiere eller leverandører av instrumentering. Datagrunnlaget består av tilgjengelige rapporter og tilbakemeldinger som ble sendt til relevante aktører ved oppstart av prosjektet. I tillegg er det utført en litteraturstudie for å sammenstille relevante erfaringer og forskningsresultater internasjonalt. Vi er bevist på at datagrunnlaget ikke er en komplett oversikt av alle sensorer og alle prosjekt, men en sammenstilling av de svarene og det datagrunnlaget som vi har hatt tilgjengelig. Det er naturlig at vi har mest detaljerte erfaringer av våre egne prosjekt, men har lagt vekt på å inkludere alle tilbakemeldingene vi har fått.

Målet med prosjektet er å vurdere hvordan instrumentering kan brukes mest effektivt til stedsspesifikk snøskredvarsling under norske forhold. Hovedfokus i rapporten legges på nytteverdi og ulemper ved ulike løsninger med spesielt fokus på målemetoder, robusthet og plassering av instrumentering

Rapporten gjennomgår sensortyper for ulike parametere (kapittel 2), relevant litteratur (kapittel 3), erfaring fra skredvarslingsprosjekter (kapittel 4) og ny teknologi (kapittel 5). Til slutt oppsummeres og diskuteres funnene (kapittel 6) før det gis generelle anbefalinger til slutt (kapittel 7).

2 Oversikt over stasjonstyper, sensortyper og parametere

2.1 Generelt

Risikoen for snøskred er knyttet til snødekkestabilitet og endringer i den som følge av værforhold og prosesser innad i snødekket drevet av værforhold. Værforholdene i fjellområder har stor romlig variabilitet, både horisontalt og vertikalt, hvilket gjør at målinger fra den nærmeste værstasjonen i det nasjonale stasjonsnettverket sannsynligvis ikke er representativt for et spesifikt løseområde. Det finnes generelt lite værstasjoner høyt til fjells (Brækkan et al., 2018) og dermed kan lokale målinger styrke kunnskapsgrunnlaget for stedsspesifikk skredvarsling vesentlig.

Værstasjonene i det nasjonale stasjonsnettet er en kombinasjon av stasjoner i hovedsak eid av Meteorologisk institutt (MET), Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Statens vegvesen (SVV). Stasjonene er i stor grad standardisert og følger internasjonale målestandarder (WMO). Disse spesifikasjonene er lagd for å etablere stasjoner som er robuste, står over lang tid og bidrar til standardiserte data for værvarsling og numerisk værmodellering, og bør ligge som et utgangspunkt for all instrumentering. Når det er sagt er disse standardene ikke alltid hensiktsmessige for stasjoner som etableres for en begrenset prosjektperiode på utfordrende lokasjoner og med et begrenset budsjett. Dermed har vi etter beste evne prøvd å inkludere sensorer fra ulike kostnadskategorier og presisjon i denne oversikten.

Når vi diskuterer instrumentering, er det ofte søkelys på punktmålinger og veldig ofte mastbaserte målinger. Ulike måleparametere egner seg ulikt til punktmålinger og har forskjellige krav til plassering med tanke på representasjon. I tillegg har disse ofte ulike krav til målehøyde og strømforbruk. Alle målinger har sine styrker og svakheter og økt presisjon kommer generelt med økt pris. Stasjoner i fjellet har sjeldent tilgang på 230 VAC og det må tas høyde for et sensoroppsett som kan klare seg igjennom en mørk vinter på en batteridrevet mast (12 VDC).

Plasseringen av instrumenteringen er avgjørende for hva sensoren måler og om det representerer det databehovet prosjektet har. Det kan være et dårlig kompromiss å måle alt på samme mast. Et eksempel på viktigheten av plassering er IMIS nettverket av værstasjoner i Sveits, som blir brukt til varsling og modellering av snøskredfare. Her plasseres vindstasjonene høyt på rygger for å måle fri vind og nedbørsmålinger i skjermede daler for å unngå feilmålinger pga. mye vindtransportert snø.

De målte værparameterne bør knyttes til snøskredrelaterte prosesser:

Vind: snødrift som fører til pålagring eller erosjon. Endringer i vindretning og -styrke vil også kunne tyde på endringer i værmønstre og dermed hjelpe varsler å validere værvareselet. Snødrift kan også måles direkte.

Temperatur: mildværs grensen og en indikator på temperatur av nysnø, noe som påvirker omvandling i snødekket og hvor raskt fokksnøen stabiliserer seg.

Nedbør: Pålagring fra nysnø eller regn.

Snødybde: I skjærmede områder kan snødybde brukes som et estimat for nysnø, i løseområder er snødybden også påvirket av pålagring/erosjon av vind. Snødybde vil også vise smelting.

Stråling og overflatetemperatur: Balansen mellom solinnstråling (kortbølge) og varmestråling (langbølge) påvirker snøomvandling høyt i snødekke. Stråling og overflatetemperatur er viktige inngangsparametere for snødekkmodellering. Overflatetemperaturen kan avledes fra varmestrålingen ved Stefan-Boltzmanns lov eller måles direkte. Kombinasjonen overflatetemperatur og lufttemperatur kan avdekke situasjoner som gir rask utvikling av overflaterim.

I kapitlene under lister vi sensortyper som er brukt i Norge for alle relevante parametere og gir noen eksempler på produsenter og sensormodeller. Detaljerte erfaringer med ulike sensorene blir beskrevet i kapittel 4. I kapittel 2.10 til 2.12 beskrives kort vedlikehold og strømforbruk av slike målestasjoner.

2.2 Vind

Vind er en sentral parameter for romlig snøfordeling og pålagring som følge av drivsnø. Vinden måles som en kombinasjon av retning og styrke. Det mest brukte sensortypene er enten ultrasoniske målinger (ingen bevegelige deler) eller mekaniske vindmålinger (bevegelige deler). Ultrasoniske vindmålinger baseres på endringer i hastighet og retning av lydbølger pga. vind. Frekvensen som brukes er over det hørbare området. Ultrasoniske vindsensorer kan ha oppvarming for å holde sensoren isfri. Oppvarmingen gjør målingene mer strømkrevende. Vaisala WM700 serien (med oppvarming) blir brukt av MET på stasjoner med strøm (Brækkan et al., 2018). Det finnes mange ulike modeller og produsenter av slike sensorer. Kompakte alt-i-ett værstasjoner (multisensorer) benytter seg av ultrasoniske vindmålere.

Batteridrevne stasjoner bruker ofte mekaniske vindsensorer. Mekaniske vindmålinger er basert på en propeller (styrke) og en fane (retning). Mekaniske vindmålinger har ikke oppvarming og kan være utsatt for ising, men propellen kan riste av seg isen i motsetning til en uoppvarmet sensor uten bevegelige deler. RM Young propell anemometer er mye brukt på batteridrevne stasjoner der oppvarming ikke er aktuelt, og ising kan være et problem (eksempel i Figur 5). Det kan generelt være vanskelig å unngå noe nedetid pga. ising med en batteridreven stasjon i fjellet, spesielt i kystnære strøk.

WMO standarden for vind har en målehøyde på 10 m. Vindhastigheten og til dels vindretningen nær bakken er avhengig av ruheten til underlaget og på 10 m er vinden mindre påvirket av underlaget. På utsatte fjelltopper og eksponerte rygger er det ofte uhensiktsmessig å ha standard 10 m mast og vindmålinger utføres på lavere master med mindre fundamenteringsbehov og lettere logistikk.

I fjellområder er vinden kraftig styrt av topografien der vinden akselerer over rygger, inn i daler og over fjelloverganger. Lesiden av fjell opplever generelt mindre vind, men også mer

kastete vind pga. turbulens. Dette setter krav til plasseringen av sensoren for å få representative målinger.

2.3 Temperatur

Temperatur måles alltid indirekte og en av de mest brukte metodene er motstandstermometer basert på temperaturavhengigheten av resistansen. Det er vanlig å bruke PT100 sensorer der navnet kommer fra at metalltråden som brukes er platina og resistansen ved 0 °C er 100 ohm (WMO, 2024). PT100 er den eneste temperatursensoren nevnt i MET sin kravspesifikasjon (MET, 2020)

Ofte måles temperatur med kombinert sensor som også måler luftfuktighet. For å måle lufttemperaturen blir sensorene plassert i en hvit strålingshytte for at målingene i så liten grad som mulig blir påvirket av solinnstråling og for at luften rundt sensoren blir ventilert i så stor grad som mulig. WMO standarden måler temperatur på 2 meter over bakken.

Temperatur er mindre påvirket av lokale forhold sammenlignet med vind og nedbør, men synker med høyden; ca. 1 °C / 100 m i tørr luft og ca. 0.6 °C / 100 m i fuktig luft (avhenger av temperatur, eksempel for -10 °C). Dette gjør det veldig nyttig å ha temperaturmålinger fra relevante høyder for varslingsprosjektet for å kunne fastslå hvor mildværs grensen går i de aktuelle skredbanene.

2.4 Snødybde

Punktmålinger av snødybde gir informasjon om endringer i snødybden som følge av nedbør som snø, snødrift og smelting. Årsaken til endring må ofte tolkes ut fra en helhetlig sammensetning av andre kjente forhold. Snødybder måles ved hjelp av avstandsmålinger med laser, ultralyd eller med radar. Av laserbaserte sensor brukes f.eks. Luftt SHM31 (220V med varme), USH-10 fra Sommer Messtechnik (220V med varme) og DL-LID fra Decentlab (12V uten varme). Av ultralydsensorene er USH-9 fra Sommer (12V) og SR50A-L eller Snow Vue10 fra Campbell Scientific eksempler på sensorer med forskningsstandard som ofte installeres på permanente værstasjoner i Norge og i Alpene. Det finnes også billigere sensorer som fra f.eks. Maxbotix som har blitt brukt i stedsspesifikk skredvarsling i Longyearbyen og i Honningsvåg. Radarbaserte løsninger er ikke brukt i stor skala, men vinteren 2024/2025 har Snower kommet med en lavpris radarsensor som ikke er godt validert i bruk ennå.

Både laser og ultralyd blir påvirket av temperaturendringer. Sensorer som ikke er oppvarmet eller der målingene ikke blir korrigert viser en døgnvariasjon pga. soloppvarming på våren. Forskningsstandard sensorer er generelt temperaturkompenserte, mens billigere sensorer ikke nødvendigvis er dette, og da må temperaturkompensasjon gjøres på rådataene.

Snødybde kan variere mye over korte avstander, noe som setter store krav til plasseringen av punktmålingen for å sikre at målingene er representative for et større areal, f.eks. et løseområde. Her finnes det flere eksempler på bruk av lidar data for å bestemme plassering av sensorer.

2.5 Nedbør

Nedbør måles i hovedsak som vekt med bøtte, eller metoder som teller partikler (radar eller optisk). Av bøttemålinger brukes ofte sensorer fra Geonor eller OTT Pluvio. Noen prosjekt bruker også vippepluviometer (uegnet til nedbør som snø).

Både optiske og vektmålinger er sensitive til vindpåvirkning med forventet underestimat av nedbør. Optiske nedbørmålere kan bli påvirket av snødrift i perioder med mye vær og rapporterer generelt for høye nedbørintensiteter. Optiske nedbørmålere har, i motsetning til bøtte målinger, ingen feilkilder fra avdamping. Den optiske nedbørmåleren plasseres på mast 4 meter over bakken etter Statens vegvesen (2015a).

2.6 Snødrift

Direkte målinger av snødrift kan måles enten akustisk (FlowCapt fra IAW, heretter FC) eller optiske målere (Snow Particle Sensor SPC-S7, heretter SPC) (Naaim-Bouvet et al., 2012 Nishimura et al., 2024). Akustisk snødrift måles med en vertikal sensor på 1 meter som festes på en mast. Sensoren har ingen bevegelige deler og egner seg godt til batteridrevne stasjoner. Målingene angir snødrift som en massefluks g/s igjennom et 1 m² tverrsnitt. Høyden på måleinstrumentet over snøoverflaten er avgjørende for snødrift og data fra to ulike høyder bør ikke sammenlignes. Det finnes utfyllende informasjon med eksempler på akustiske snødriftstasjoner for ulik bruk på <https://isaw.rafalys.me/collections>. En akustisk sensor anses mer robust, men mindre presis i målingene. En studie fra Lac Blanc Pass i de Franske Alpene som sammenlignet SPC og FC viser at FC fanger snødrifhendelser godt, men at den underestimerer total snødrift sammenlignet med SPC (Trouvilliez et al., 2015).

2.7 Overflatetemperatur

Overflatetemperaturen måles som regel med infrarødmålere som måler varmestråling fra overflaten. Overflatetemperaturen er interessant i et skredvarslingsperspektiv fordi det kan gi informasjon om kraftig utstråling og perioder med smelting. MET bruker Apogee SI 411 (Brækkan et al., 2018), men det finnes flere leverandører f.eks. Sommer Messtechnik.

2.8 Stråling

Strålingsbalansen er summen av kortbølge- (sol) og langbølgestråling (varme) over snødekke. Stråling driver mange prosesser høyt i snødekket, som dannelse av overflaterim ved kraftig utstråling av termisk energi i klarværsperioder og kantkorndannelse høyt i snødekket ved solinnstråling dagtid og klarvær nattestid. Både langbølge- og kortbølgestråling er inngangsparametere i snødekkemodellering. Det finnes relativt få værstasjoner i fjellet med målinger av stråling. Strålingsbalansen kan måles med sensorer fra en rekke ulike leverandører, og det skilles ofte på Type A, B og C som henger sammen med krav til nøyaktighet. Dette har også stor påvirkning på prisen. Type C vil kunne gi god nok datakvalitet til snødekkemodellering og operativ varsling.

2.9 Kamera

Kamera faller ikke inn under sensorer som måler endringer i vær eller snødekke direkte, men kan gi mye informasjon om distribusjon av snø og endringer i snødekke over tid, og er derfor

et nyttig verktøy for skredvarslerne. Kamera kan også benyttes for å danne seg et bilde av nå-situasjonen ved behov, og for dokumentasjon av skredhendelser.

Kamera kan enten være et stillbildekamera som kan ta bilder ved faste intervaller, men vanligst er PTZ kamera (Pan, Tilt, Zoom). Dette muliggjør i tillegg til bilder ved faste intervaller også å styre seg rundt i kamerabilde (360°) og zoome inn på løseområder eller andre interessepunkter. Mange kameraer gir også svært gode bilder i mørke, noe som er en fordel vinterstid i Norge.

2.10 Kommunikasjon

Som et utgangspunkt må måledata være operativt tilgjengelig i nær sanntid for å være til nytte i stedsspesifikk skredvarsling. Dette løses ved dataoverføring fra en logger / sentral gateway ved faste intervaller, typisk hvert 10. – 60. minutt. Kontinuerlige dataserier uten dataavbrudd er også ønskelig, noe som sikres ved jevnlig overføringer og / eller lokal lagring i sensor eller logger ved kommunikasjonsbrudd. Det er ikke alle sensorer / gateways som har en slik mulighet. Detaljert dataflyt blir ikke beskrevet i denne rapporten.

2.11 Strøm

De fleste værstasjoner i dag bygges som 12 / 24 VDC systemer med sensorer og loggere utviklet med fokus på lavt strømforbruk for at de skal kunne drives uten tilkobling til fast strøm. Tilkobling til det faste strømnettet vil derimot kunne øke robustheten og mulighetene ved bl.a.

- Økt frekvens av sending av data da modem og oppkobling ofte trekker en del strøm
- Økt frekvens av logging av data.
- Benytte sensorer med høyere strømforbruk, f.eks. laser snødybdemålere fra Lufft og Sommer Messtechnik.
- Bruk av sensorer som krever oppvarming, f.eks. multisensorer. Disse er sårbare for ising i miljøer der forholdene ligger til rette for dette, og på stasjoner uten strøm foretrekkes da anemometer.

2.12 Vedlikehold

De fleste målestasjoner bygges og monteres for at de ikke skal kreve vedlikehold i løpet av en skredvarslingssesong. Periodevist vedlikehold, f.eks. årlig, anbefales likevel for å

- Se over kabler, etterstramme ved behov, sjekke at sensorer ikke er kommet ut av stilling etc.
- Kalibrere sensorer som har behov for dette.
- Sjekke for fukt, bytte fuktposer etc.
- Batteribytte ved behov.
- Sjekke at det ikke er andre skader på mast, sensorer eller utstyr.

3 Litteratur

I dette kapitlet beskrives kort aktuelle rapporter som helt eller delvis er relevante for problemstillingen.

3.1 MetReport 11-2018 Automatiske værstasjoner til skredvarsling

Rapporten (Brækkan et al., 2018) beskriver arbeidet med etablering av automatiske værstasjoner for regional skredvarsling som ble utført som et samarbeidsprosjekt mellom MET, NVE, SVV og Bane NOR initiert i 2012. Det overordnede formålet var å ha minst to operative nedbørstasjoner og to vindstasjoner på timesbasis i hver varslingsregion. Dette ble oppnådd ved å skaffe en oversikt over eksisterende stasjonsnettverk, samt ved å etablere nye stasjoner der det var behov.

Rapporten beskriver på et overordnet nivå hvilke tekniske løsninger som benyttes på stasjonene, i tillegg til erfaringer knyttet til planlegging og innkjøp, montering og drift av stasjonene. Relevant kan være at alle konstruksjoner over 5 m krever byggesaksbehandling. Rapporten gir også en oversikt over sensorer og dataloggere som benyttes, samt erfaringer med disse. Nytteverdi av stasjonene for den regionale snøskred og flom- og jordskredvarslingen er også beskrevet kort.

Tilgang til relevante værstasjoner for skredvarslingen blir trukket frem som spesielt nyttig ved at de gir førstehåndsinformasjon om været i fjellet, samt at de brukes som en verifikasjon av værprognoser. I tillegg gir et bedre stasjonsnettverk bedre datagrunnlag for de griddede dataene tilgjengelig på xgeo (nå SeNorge), og dataene kan brukes for å bedre beregne/simulere fysiske prosesser som snøtransport, snøforhold og snøsmelting.

Erfaringer med vindstasjoner er at toppstasjoner for vind og temperatur ofte har lite variasjon over store områder. På toppstasjoner forventes som regel maksimum vindhastigheter, men kan være mindre relevante for løsnedområder i en region.

Nedbørstasjoner krever generelt mer vedlikehold i form av tømning av bølter. Disse er også mer utsatt for påvirkning fra vind og snøfokk, og gir ikke gode data i uvær. De er derfor anbefalt plassert godt skjermet for vind under skoggrensa.

3.2 DNMI Rapport 26/96 Test av snødybdemålere

Rapporten sammenlikner 2 typer ultrasoniske snødybdemålere (Campbell og Aanderaa) for automatiske punktmålinger av snødybde (Brækkan, 1996). Ettersom rapporten er nærmere 30 år gammel er vurdering av sensorene mindre relevant i dag, men viktigheten av temperaturkompenseringen i ultralydmålinger ble diskutert, som er aktuell også i dag i forbindelse med billige sensorer som ikke er temperaturkompensert.

3.3 NVE rapport 4-2011 Evaluering av NVE sitt snøstasjonsnettverk og NVE 64-2016 Anbefalinger for NVE sine automatiske snøstasjoner

Rapportene gir en evaluering (Ree et al., 2011) og anbefaling (Stranden and Ree, 2016)(Stranden and Ree, 2016) av NVE sine automatiske snøstasjoner hvor hovedformålet med stasjonene er måling av snøens vannekvivalent. Automatiske punktmålinger av

snødybde er etter hvert blitt standard på alle slike stasjoner, bl.a. for å fange opp periodene med omdanning og smelting av snø før avrenning, dvs. før vannekvivalenten begynner å synke.

NVE har primært benyttet snødybdesensor fra Campbell Scientific (SR50, SR50A og SR50AT), samt Sommer (USH-8). Viktigheten av temperaturkorrigering belyses da de eldste operative Campbell sensorene ikke har dette.

Praktiske erfaringer relevant for instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling er at enkelte ultralydsensorer med membran virker å ha begrenset levetid (SR50 AT typisk 2 år) som følge av membranskader, antagelig grunnet ising og fukt. Ultralydsensorer er også oppgitt å gi støymålinger og sprang i ustabile vær-situasjoner. Laserbaserte avstandssensorer (f.eks. SHM30) trekkes frem som et alternativ.

I forhold til installasjoner er det oppgitt at ising på vaiere og tverrstag kan føre til kraftig vektøkning og at sensoren blir dratt ned over tid (referanseavstand til overflate endres).

3.4 NIFS – Snødybdemåling ved bruk av temperatursensorer sluttrapport

I forbindelse med [NIFS](#)-programmet utførte Cautus Geo (2017) på oppdrag for SVV et prosjekt som hadde som mål å utvikle og teste en metode for å måle snødybde ved bruk av vertikalt monterte temperatursensorer. Prosjektet skulle se om dette kunne være et alternativ til tradisjonelle ultrasoniske og laserbaserte måleinstrumenter. Bakgrunnen var behovet for lavere strømforbruk, robusthet i krevende klimatiske forhold og redusert risiko for tilfrysing.

Løsningen bestod av en 300 cm høy målestav med en temperatursensor for hver 5 cm, totalt 60 stykker. Ideen med å bruke temperatursensorer for å finne snødybden baserer seg på at snøen er en god isolator, og man ut fra dette kunne beregne nøyaktigheten med tilfredsstillende oppløsning.

Rapporten fokuserer på resultater fra den siste sesongen (2016/17) for en teststasjon på Voss, da det manglende referansedata for de øvrige teststasjonene. 3 ulike algoritmer ble vurdert til å fungere under ulike forhold, og det ble vurdert at løsningen kunne ha potensiale dersom man samkjørte metoder og fikk ytterligere data. Arbeidet som er utført ble vurdert å gi et godt grunnlag for videre arbeid, men det ble ikke ferdigstilt en automatisk algoritmелøsning.

3.5 WMO solid precipitation intercomparison experiment

En internasjonal studie ledet av verdens meteorologiske organisasjon (WMO) for å standardisere målinger av nedbør som snø (Køltzow et al., 2020; Smith et al., 2020). Studien inkluderte flere målestasjoner med snørike vintre, deriblant Haukeliset fra Norge. Rapporten konkluderer med viktigheten av å korrigere for målefeil pga. underestimat under vindfulle forhold. Det ble også vist at med et dobbelt lag bremsekjegler rundt nedbørbøtta ble feilmålingen betydelig mindre. Videre påpeker resultatene at det ikke finnes retningslinjer eller validering for optiske målinger for å fastslå nedbør som snø.

Måleperioden var kun over to vintere 2013-2015 og det er dermed knyttet en del usikkerhet til om resultatene er representative.

3.6 SVV Håndbok R613 Værstasjoner

SVV Håndbok R613 Værstasjoner (2015b) gir retningslinjer for anskaffelse, plassering, drift og vedlikehold av værstasjoner langs vei. Den har som mål å sikre standardiserte og pålitelige værdata i forbindelse med vinterdrift, trafiksikkerhet, skred og flom. I forhold til naturfare trekkes følgende frem som nyttige parametere å måle: vind (hastighet og retning), temperatur (i luft og snø), nedbør (mengde, type og intensitet), snødybde i terreng, stråling (for smelteprosesser) og kamera (visuell vurdering av snømengde og generelle værforhold). Rapporten med vedlegg gir detaljerte krav til plassering, spesielt i forbindelse med stasjoner langs vei, samt krav til nøyaktighet, vedlikehold og databehandling som kan være nyttig, men henviser ikke til spesielle leverandører, erfaringer el.

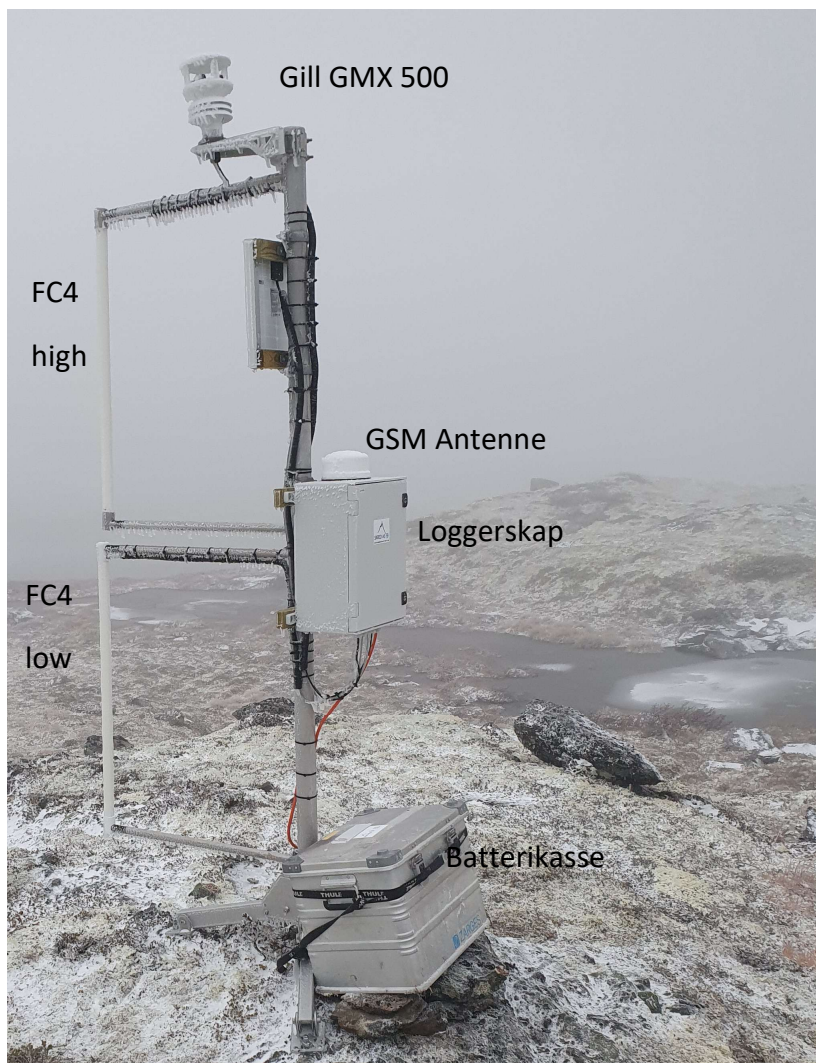
4 Erfaring fra skredvarslingsprosjekter

Dette kapitlet omhandler erfaring med instrumentering i skredvarslingsprosjekter i Norge. Informasjon er hentet fra års- og evalueringsrapporter tilsendt fra NVE, kommunene og fylkeskommunene involvert, samt Skred AS sine egne erfaringer.

4.1 Tyin (Skred AS, 2021/22 - 2024/25)

Skred AS har hatt stedsspesifikk skredvarsling og drift av aktiv skredkontroll på Fv. 53 Tyin-Årdal i fra vinteren 2021/22 tom. 2024/25 sesongen. I utgangspunktet har det vært tilgang til en multisensor værstasjon plassert på et Wyssen tårn som har målt vind, temperatur og nedbør. Denne har vært tilgjengelig i hele prosjektperioden. Dataene har vært tilgjengelig for Skred AS via WAC.3, og endringer i visualisering av data i portalen igjennom perioden har gitt økt bruksverdi.

I sammenheng med prosjektet ble det utført en FoU om bruk av snødriftmålinger i stedsspesifikk skredvarsling (Skred AS, 2023a), hvor det ble gjennom vinteren 2022/23 ble installert og driftet en målestasjon for snødrift. Målesystemet bestod av en Gill GMX kompakt værstasjon som måler temperatur, luftfuktighet, vindhastighet og -retning, samt 2 stykk ISAW FlowCapt sensor (FC4) plassert over hverandre (0-1 m over bakken, og 1-2 m over bakken). Vindsensoren var i oppstarten utsatt for ising i perioden før innsjøen Tyin frøs til på tidligvinteren. Isen ble i ett tilfelle fjernet manuelt. Dette har ikke vært et problem senere sesonger.



Figur 1: Oversikt over installasjon (Skred AS, 2023a)(Skred AS, 2023a)

Direkte snødriftmålinger viste god korrelasjon med pålagring i løsnedområdene som ble vurdert basert på naturlig skredaktivitet og aktivitet/skredstørrelse i forbindelse med aktiv skredkontroll. Det ble også vist store avvik mellom målte verdier og teoretiske verdier utledet fra vinddata (Skred AS, 2023a).

Målestasjonen har vært operativ også de to påfølgende sesongene frem til 2024/25 sesongen. Direkte snødriftmålinger har vist seg svært nyttig i de daglige vurderingene, og som beslutningsgrunnlag for behov for aktiv skredkontroll. Det har vært mulig å sette terskelverdier for snødrift som vil gi pålagring som vil kunne gi skred som når vei (Skred AS, 2024a). Vind- og temperaturmålinger på en representativ lokalitet rett ovenfor de høyeste løsnedområdene i prosjektet har også hatt stor nytteverdi i et område med lite andre datakilder. Spesielt temperatur har vært viktig i et område hvor uværet ofte kommer vestfra med milde temperaturer, og det er usikkert ut fra værprognoser om nedbør vil komme i form av snø, sludd eller regn i løsnedområdene.

Wyssen Norge hadde skredvarsling for Tyin-Årdal i kontraktsperioden før Skred AS. Wyssen hadde mindre instrumentering tilgjengelig, kun nevnte multisensor, samt en laserskanner på Støl 2 i 2019/20 sesongen. Vi har ingen informasjon om økt informasjonsgrunnlag i Skred AS sin periode har ført til færre stenginger eller sprenginger, men Skred AS sin erfaring er at spesielt snødriftsensoren har ført til økt informasjonsgrunnlag som har vært avgjørende for om det har blitt sprenging eller ikke. Dette fordi den har gitt kontinuerlig informasjon gjennom uværsperioden hvor det ofte er dårlig sikt og ingen observasjoner tilgjengelig.

Det finnes PTZ kamera ved Tyin installert av SVV /IFK og Skred AS. Disse kamerana gir god oversikt av varslingsområde og blir brukt til å validere pålagring i løснеområdene, dokumentere skredaktivitet og i noen tilfeller fastslå nedbørstype.

4.2 Honningsvåg, Nordkapp kommune (Skred AS, 2021/22 - 2024/25)

Skred AS har hatt varsling i Honningsvåg siden mars 2021, og siden 2021/22 sesongen har det vært kontraktfestet instrumentering tilknyttet skredvarslingen. Dette har vært værstasjon, snødybdemålinger og PTZ-kameraer. I forbindelse med utlysningen før 2023/24 sesongen ble all instrumenteringen skiftet ut.

Instrumentering i prosjektet:

- Batteridreven værstasjon som måler temperatur, vindhastighet og -retning.
- Snødybdemålere i eller tilknyttet løснеområder i fjellsidene
- PTZ kameraer
- Manuell snødybdemåler på mast

De følgende avsnittene oppsummer sensortyper og erfaringer med de ulike måletypene.

4.2.1 Værstasjon

Værstasjonen ble plassert på et høydedrag nord for Storefjell, topp 256, da ankomst til Storefjell under monteringsstidspunktet desember 2021 ikke var mulig. Værstasjonen måler vindstyrke, vindretning og temperatur og er plassert på en tripod mast. Værstasjonen er sannsynligvis plassert i et område som er noe skjerma for vind fra S, da den er plassert nord for og på en noe lavere høyde enn Storefjell. Målinger fra værstasjonen og meldt vær på yr.no har vist god overenstemmelse.

Det er benyttet 2 ulike værstasjoner i prosjektet, Gill GMX 500 og Decentlab Wind speed, wind direction and temperature sensor for LoRaWAN.

Gill GMX 500 ble montert i desember 2021 med ekstern datalogger, 12 VDC batteri og solcelle, og var dermed selvforsynt med strøm fra solcelle som holdt igjennom mørketiden. Sensoren var montert uten oppvarming og fungerte generelt bra uten problemer med is el., men hadde noen perioder hvor den ikke sendte data; 8 dager i februar 2022, 12 timer i februar 2023 (kun temperatur virket) og fra 14. mars 2023 sendte den ingen data frem til sesongslutt. Det var ingen synlige skader på sensoren, og logger/kommunikasjon fungerte i perioden.

Før sesongen 2023/24 ble sensoren byttet med en værstasjon fra Decentlab: Decentlab Wind speed, wind direction and temperature sensor for LoRaWAN. Sistnevnte har en øvre grense for vindhastigheter på 30 m/s, og differensierer ikke på hastigheter over dette. Dette er vurdert å ha liten praktisk betydning for snøskredvarslingen. Sensoren har den fordel at det kun er en liten, fast tilkoblet kommunikasjonsenhet som sender data til en lokal basestasjon, men krever batteribytte før hver sesong

Begge typer vindsensorer har sendt gode data som sammenfaller med værvarsler og sammenliknbare målinger i et svært vindutsatt område, også perioder med orkan styrke. Erfaringer fra en begrenset tidsperiode og et begrenset antall sensorer indikerer at denne type kombisensorer kan ha en begrenset levetid i et slikt krevende miljø.

4.2.2 Snødybdesensor

Universitetssenteret på Svalbard (UNIS) / Arctic Safety Center installerte på oppdrag fra Nordkapp kommune seks ultrasoniske snødybdemålere (DRIVA) i løsnemrådene i fjellsiden før sesongen 2021/22. Sensoren tar utgangspunkt i en Maxbotix avstandssensor. Dette i forbindelse med [ARCT-RISK](#) prosjektet. Skred AS kom med forslag til plassering av snødybdemålerne, med mål om at de i størst mulig grad var representative for snøakkumulasjonen i aktuelle løsnemråder. Det ble også brukt lidarskanninger utført av UNIS til å finne representative plasseringer.

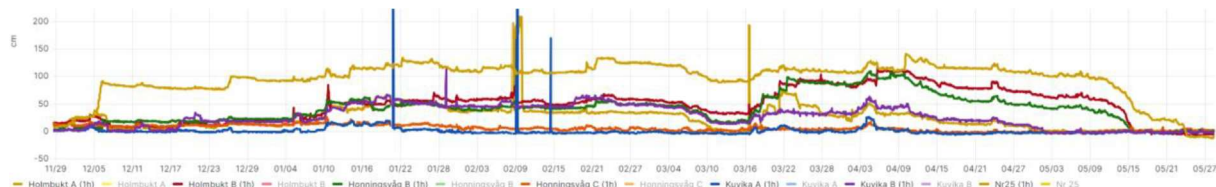
Skred AS sine erfaringer med bruk av sensorene den første sesongen var at enkelte sensorer var ute i lengre perioder, samt at sensorene ga upålitelige eller ingen data i perioder med snøvær og/eller kraftig vind (Skred AS, 2022a). Et eksempel er gitt i Figur 2. Før påfølgende sesong (2022/23) ble en ny versjon av sensorene installert, DRIP CRYO. Erfaring til Skred AS med de nye sensorene var at oppetiden var forbedret, men at det fortsatt var kortere perioder uten data i forbindelse med uvær.



Figur 2: Snødybde data under evakueringsperioden i månedskiftet mars-april 2022. Sensoren Honningsvåg B ga data før uværet begynte, enkeltmålinger 28. mars og deretter ingen målinger frem til etter uværet 30. mars.

Før 2023/24 sesongen installerte Skred AS nye snødybdemålere basert på laserteknologi- Decentlab laser distance / level sensor for LoRaWAN. Sensorene måler hvert 10 minutt, og

sender data til en sentral gateway. Erfaringen med lasermålingene er gode med kontinuerlige målinger igjennom vinteren. Sensoren er ikke temperaturkompensert, så dette må gjøres. Enkelte uteliggere kan forekomme på enkeltmålinger, men det er relativt lett å luke ut med høy målefrekvens.



Figur 3: Snødybdemålinger ved alle stasjoner i perioden desember 2023 tom. mai 2024

Snødybdemålinger med laser eller ultralyd gir kun informasjon om snødybden i et enkelt punkt. Plassering av snødybdemålerne har derfor stor betydning for hvor representative målingene er for de spesifikke løснеområdene. Gjennom prosjektet i Nordkapp kommune er Skred AS sin erfaring at endring av plassering med få meter kan ha stor påvirkning på hva sensoren måler. Eksempler er:

- Forsenkninger viser stor pålagring tidlig i sesongen, da snø samler seg her.
- Rygger eller flatere parter i vindutsatte områder får liten eller ingen pålagring i de fleste situasjoner.
- Steiner el. kan føre til lokale leformasjoner og oppbygning av «haler» under spesielle vindretninger, noe som gir raske endringer som ikke er representative for løснеområde som helhet.

I februar 2022 brukte Arctic Safety Centre en bakkebasert laser skanner (TLS) for å måle snødybdene i fjellsidene på Storefjell (Hancock and Indreiten, 2022). Målingene viste bra samsvar mellom enkeltmålinger (sensor) og TLS målinger, samt den store romlige variabiliteten i snødybde i fjellsiden. Dette underbygger at kjennskap til hva og hvor sensorene måler er viktig for riktig interpretasjon av måledataene.

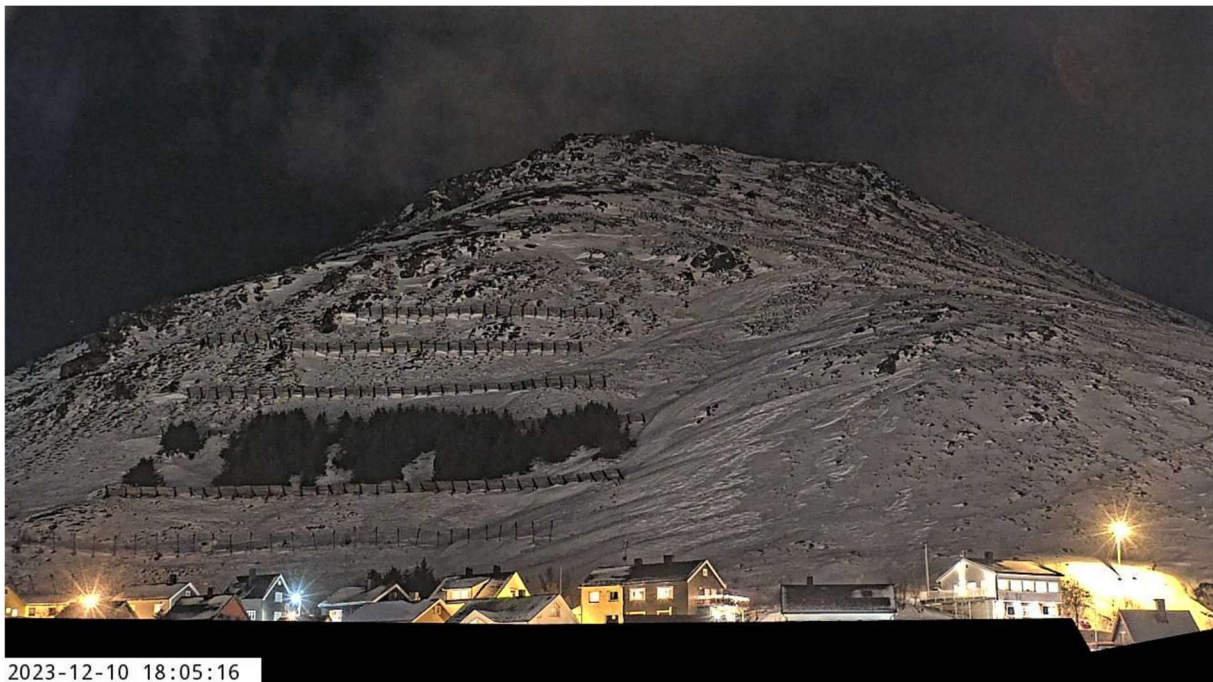
I tillegg til automatiske snødybdemålere er det montert 1 m klistremerker med refleks, som gjør at snødybden kan leses av manuelt med kikkert og stedvis kamera ved behov.

4.2.3 Webkamera

Skred AS har montert 4 PTZ kameraer spesifikt tilknyttet varslingsoppdraget. Sesongene 2021/22 og 2022/23 ble kameraer fra HikVision benyttet, men fra 2023/24 sesongen ble disse byttet ut med AXIS Q-6315.

PTZ kameraene er svært nyttige i prosjektet. Kamerabilder med faste utsnitt fra ulike deler av fjellsiden lagres jevnlig og gjør det mulig å enkelt få en oversikt over situasjonen, samt sammenlikne forholdene fra dag til dag. Dette er svært verdifullt i den daglige vurderingen. Sikten til løснеområdene gjennom mørketiden har også vært svært bra, da snøen reflekterer lyset fra byen og gatelysene godt. Det å kunne bruke kamera til å verifisere punktmålinger, spesielt snødybder har opplevdes nyttig.

Webkamera er avhengig av perioder med sikt. Under kritiske perioder med uvær er det ofte pågående snøfokk og dårlig sikt, men vi har likevel sjelden opplevd at det over lang tid ikke er sikt til de aktuelle løseområdene. Webkameraene er plassert nært fjellsiden, og det skal dermed kraftig snøfokk til for at det ikke er sikt til løseområdene. I tillegg kan man se på webkameraene direkte, som gjør det mulig å følge med på snødrift, om det kommer opplett og sikt (Skred AS, 2024b).



Figur 4: Stillbilde fra Axis Q6315-LE montert i Nordkapp kommune. Bildet er tatt 10. desember 2023 kl. 18:05, da det er helt mørkt og ingen sikt med det blotte øye.

4.3 Longyearbyen (Skred AS, 2018/19 – 2021/22, samt 2024/25)

Skred AS har hatt stedsspesifikk skredvarsling i Longyearbyen på oppdrag for NVE i perioden vinteren 2018/19 tom. 2021/22. I forbindelse med prosjektet videreutviklet Arctic Safety Centre / Telenor en snødybdesensor basert på ultralydmålinger som første gang ble montert før vinteren 2017/18. Dette er sensoren som senere er benyttet i Honningsvåg (kap.4.2.2).

I tillegg ble det i forbindelse med varslingen stilt 2 webkameraer til disposisjon fra Longyearbyen Lokalstyre, samt at Skred AS fikk montert en enkelt snødriftsensor på UNIS sin værstasjon på Gruvefjellet.

Fra og med sesongen 2024/25 ble instrumenteringen innlemmet i kontrakten for skredvarslingen, og Skred AS har på bakgrunn av tidligere erfaringer montert 5 snødybdesensorer fra Decentlab, 2 AXIS PTZ kameraer og en værstasjon på Gruvefjellet som måler vind, temperatur, snødybde og snødrift.

4.3.1 Snødybdemålere

Skred AS sin erfaring med snødybdemålingene er relativt sammenfallende med erfaringene fra Honningsvåg (kap. 4.2), og målingene har blitt bedre år for år. Dette antatt både grunn av

utvikling av hardware og algoritme, samt gradvise forbedringer i plassering, montering, tilpasning av mastehøyde etc., men dette har krevd mye arbeid fra både leverandør og skredvarsler igjennom perioden. Det har likevel fortsatt vært utfordrende å få data fra ultralydsensorene i perioder med vind og uvær. UNIS/Arctic Safety Center har hatt ansvar for praktisk oppfølging og drift i perioden (Indreiten, 2022).

Fra og med sesongen 2024/25 erstattet Skred AS ultralydsensorene med lasersensorer (Decentlab laser distance / level sensor for LoRaWAN) på grunn av gode erfaringer med disse. Disse har fungert bra med unntak av et par perioder hvor 2 sensorhoder ble tettet av fokksnø for en kortere periode (12 timer).

4.3.2 Webkamera

Longyearbyen lokalstyre installerte et webkamera på Skjæringa før 2019/20 sesongen, som ga enkeltbilder fra 10 ulike forhåndsdefinerte utsnitt. Skred AS fikk i varslings sesongen kun tilgang til siste bilde som ble tatt, uten mulighet til å se historiske bilder (Skred AS, 2020), noe som førte til at det ga begrenset verdi dersom det var uvær eller andre forhold som gjorde at siste bilde ikke var brukbart. Påfølgende sesong ble dette endret til en SharePoint løsning som ga noe mulighet til å se på historiske bilder, selv om det var en lite brukervennlig løsning (Skred AS, 2021). Året etter igjen var det 2 kameraer i drift med samme tilgang, ved barnehagen og Huset (Skred AS, 2022b).

I desember 2024 monterte Skred AS 2 AXIS Q6315 webkameraer på henholdsvis skolen og i Nybyen. Det var mye logistikk og begrensninger rundt behov for søknad knyttet til plassering grunnet kulturminner og tilgang på strøm. Hensikten med kameraene var å få kontinuerlig oversikt over løseområdene, da prosjektet tidligere har basert seg på fotorunder fra observatører, noe som viste seg å bli kostbart sammenliknet med installasjon av en kameraløsning. Kameraene har fungert etter hensikten den første sesongen.

4.3.3 Snødriftsensor

Skred AS installerte før 2020/21 sesongen en snødriftsensor (FlowCapt) på værstasjonen til UNIS på Gruvefjellet. Sensoren viste god korrelasjon mellom snøtransport og registrert skredaktivitet denne og påfølgende sesong, og ga dermed god erfaring med den type sensor i stedsspesifikk skredvarsling. Værstasjonen til UNIS var ikke tilknyttet skredvarslingen, og sluttet senere å fungere.

I mars 2025 monterte Skred AS en ny værstasjon med snødriftsensor på Gruvefjellet. Det er foreløpig begrenset med erfaring med denne.

4.4 Tromsø kommune (Skred AS 2022/23 og Wyssen 2023/24 og 2024/25)

Skred AS utførte stedsspesifikk snøskredvarsling for områdene Vasstrand, Oldervik, Breivikeidet og Sjursnes i Tromsø kommune vinteren 2022/2023. Det var ikke spesifikk instrumentering knyttet til oppdraget noe som førte til store usikkerheter i vurderingene da varslingsområdene hadde stor geografisk spredning. Dette ble dels kompensert med foto- og dronebefaringer (Skred AS, 2023b)

Påfølgende sesonger har Wyssen Norge (WNO) hatt skredvarsling for kommunen. Sesongen 2022/23 var det ingen spesifikk instrumentering tilknyttet oppdraget, og varslingen var avhengig av offentlige værstasjoner, kommunens lokale observatører som tok snøplatemålinger (og bilder ved behov) og egne observasjoner. Erfaring fra Wyssen er at lokale snøplatemålinger ikke blir gjort hver dag, og ofte blir innrapportert senere enn hva som er ønskelig ved utarbeidelse av daglig vurdering (Wyssen Norge, 2024a). I årsrapporten (Wyssen Norge, 2024b) kommer Wyssen Norge med en tydelig anbefaling om økt lokal instrumentering på grunn av stor geografisk variasjon som gjør at vær- og snøforholdene i stor grad varierer fra varslingsområde til varslingsområde. Dette bl.a. på grunn av uforutsigbarhet rundt manuelle snøplatemålinger, samt utfordringen med å få tatt gode bilder lokalt grunnet værforhold.

God instrumentering er kritisk for å sikre presisjonen i varslingsprosjektet. Vi foreslår at det etableres temperatur- og vindmålere i høyden på representative steder i hvert varslingsområde. Videre er styr-bart webkamera et svært nyttig verktøy for å følge med på snødekket, dette bør etableres for samtlige skredløp (Wyssen Norge, 2024b).

Før 2024/25 sesongen ble SNOWER engasjert direkte av Tromsø kommune for å stille med utstyr for måling av snødybde og temperatur i varslingsområdene, og disse er stilt til disposisjon for skredvarslingsgruppa. Foreløpig tilbakemeldinger er at «av værstasjonene som er utplassert (Snower) er det kun Oldervik og Lauklines kystferie som fungerer. Snower-instrumentet i Nordfjordbotn sluttet å levere data den 13. Februar. Det er også et stort hull i dataserier mellom 11 november og 23. Desember. Sjursnes og Breivikeidet har etter hva vi har forstått aldri blitt satt opp» (Wyssen Norge, 2025).

Det er bekreftet fra Snower at det har vært en del tekniske problemer med sensorene denne sesongen, men at dette forventet vil bli løst før neste sesong (Valasama, 2025).

4.5 Arnøya og Grøtfjorden (TFK, Wyssen Norge og Skred AS)

Troms fylkeskommune (TFK) utfører stedsspesifikk skredvarsling ved Grøtfjord og Arnøya skredkontrollanlegg, delvis i samarbeid med eksterne konsulenter (Wyssen Norge og Skred AS). I forbindelse med anleggene er det montert PTZ kamera, IR-kamera og radar for automatisk deteksjon av skred. Dette har vist seg som et svært nyttig verktøy for å bli kjent med et område og for å få en forståelse av når det er lite og mye aktivitet, samt se hvordan skredene beveger seg. Dette gjelder spesielt ved god sikt når PTZ kameraene kan benyttes, men også i perioder når det ikke er sikt eller perioder med lite dagslys i desember og januar (Haukenes, 2025).

I tillegg til radar og kamera vurderes temperatur, vind og nedbør som nødvendig for å gi et godt nok kunnskapsgrunnlag (Haukenes, 2025). I Arnøya prosjektet er det montert 2 værstasjoner med vind (Young heavy duty vindsensor) og temperatur (PT100) i øvre fjellområder, samt platemålinger og Snower for snødybde (proxy for nedbør) og temperatur i lavlandet. Det har vært noe datautfall grunnet ising og turbulens på vindsensoren som er montert på toppen av Singeltinden, en ryggformasjon med skavloppbygging, og dette antas fordi masten er for lav og ikke står i fri vind. Det har også vært noe problemer denne

sesongen med Snower sensorene som tidligere nevnt, både teknisk og det å finne gode plasseringer.



Figur 5: Værstasjon på Singeltinden, Arnøya. (Foto: J. Talbert, 2025-03-02.)

4.6 Mosjøen (NVE, NGI og Wyssen Norge)

Det har vært utført stedsspesifikk skredvarsling i Mosjøen på oppdrag fra NVE siden 2020/21 sesongen. Første sesongen ble dette utført av NGI med utgangspunkt i eksisterende datagrunnlag i regionen, men et styrbart webkamera ble relativt raskt montert av NVE (AXIS Q6215-LE). I evalueringen av sesongen ble spesifikt vedvarende svake lag, vind/snødrift og nysnø trykket frem som prosesser med størst påvirkning på snødekke og dermed skredfaren, og at det manglet representative målinger på Øyfjellet hvor løснеområdene befinner seg. Det ble anbefalt å etablere en lokal værstasjon med fokus på parametere knyttet opp mot

disse problemstillingene; vindhastighet og -retning, lufttemperatur, snøhøyde, temperaturprofil i snødekket og kamera (NGI, 2021).

Påfølgende sesonger har Wyssen Norge utført varslingen. I februar 2022 kom en lokal værstasjon på plass. Stasjonen ble bestilt av Volue som en del av stasjonsnettverket for skredvarsling, er tilkoblet 230 VAC og satt opp med dataoverføring til NVE (Sildre). Stasjonen ble montert med vindsensor (Vaisala VMT702), temperatur (PT100), nedbør ja/nei (Thies), snødybde (Lufft SHM31), jordtemperatur og overflatetemperatur (Apogee SI-411) (Volue, 2021). Værstasjonen har gitt relevante målinger først og fremst tilknyttet vind og temperatur. Overflatetemperatur er også trukket frem som relevant parameter for skredfarevurderinger relatert til mulig oppbyggende omdanning høyt i snødekket og tilfrysing i snøoverflaten om våren (Wyssen Norge, 2022).

Værstasjonen har i stor grad vært operativ, men enkeltensorer har ikke fungert eller ikke fungert optimalt med tanke på plassering. Dette omhandler jordtemperatur og snødybde som begge er lite relevante da de er montert på fast fjell i avblåst område. For øvrig har det vært nyttig for prosjektet å montere værstasjonen i tilknytning til vindparken på Øyfjellet, da vindparken har bidratt med strøm og 1. linje feilsøking, i tillegg til at plassering langs vinterbrøytet vei har lettet arbeidet med vedlikehold og feiloppretting. Det har ikke vært knyttet en vedlikeholdsavtale tilknyttet stasjonen, og feilretting må derfor organiseres fra gang til gang av NVE som stasjonseier (Hiller, 2025)

Webkamera har vært i drift hele perioden siden 2021 og har vært et viktig verktøy, men har tidvis hatt noe nedetid i løpet av sesongene 2021/22 og 2022/23 (Wyssen Norge, 2023, 2022).

4.7 Pollfjellet (Skred AS)

Vinteren 2022/23 hadde Skred AS stedsspesifikk skredvarsling i forbindelse med anleggsarbeid på sørsiden av Pollfjelltunellen i Lyngen. Eksisterende tunnel skulle utvides på sørsiden med et skredoverbygg mot Furuflaten for å sikre mot skred fra Geitlirenna. Skredbanen er siden 2021 overvåket med Doppler radar, noe som hadde resultert i mer enn 400 registrerte skred i fjellsiden, hvorav 27 i den spesifikke skredbanen. En eksisterende [værstasjon](#) med vindmåler og temperaturbasert snødybdemåler på toppen av Pollfjellet, samt flere værstasjoner i regionen, gjorde det mulig å utføre en detaljert meteorologisk analyse som viste at utløsning av tørre flaskred var assosiert med varmfrontpassasjer med tilhørende temperaturøkning og endring til vind fra SSØ -SSV. Denne detaljerte analysen av den lokale meteorologien forbedret kvaliteten på prognosene betraktelig, ettersom de lokale forholdene avvek betydelig fra regionale skredproduserende værmønstre. Prosjektet viste også viktigheten av å ha lokale meteorologiske målinger på stedet, noe som førte til at anlegget både kunne holde åpent frem til varslert vær slo til, eller stenges på kort varsel dersom værforholdene endret seg uanmeldt. Under anleggsperioden løst 8 skred i Geitlirenna. Anlegget var stengt i 6 av tilfellene, mens 2 mindre skred gikk mens det var åpent (Lome et al., 2024).

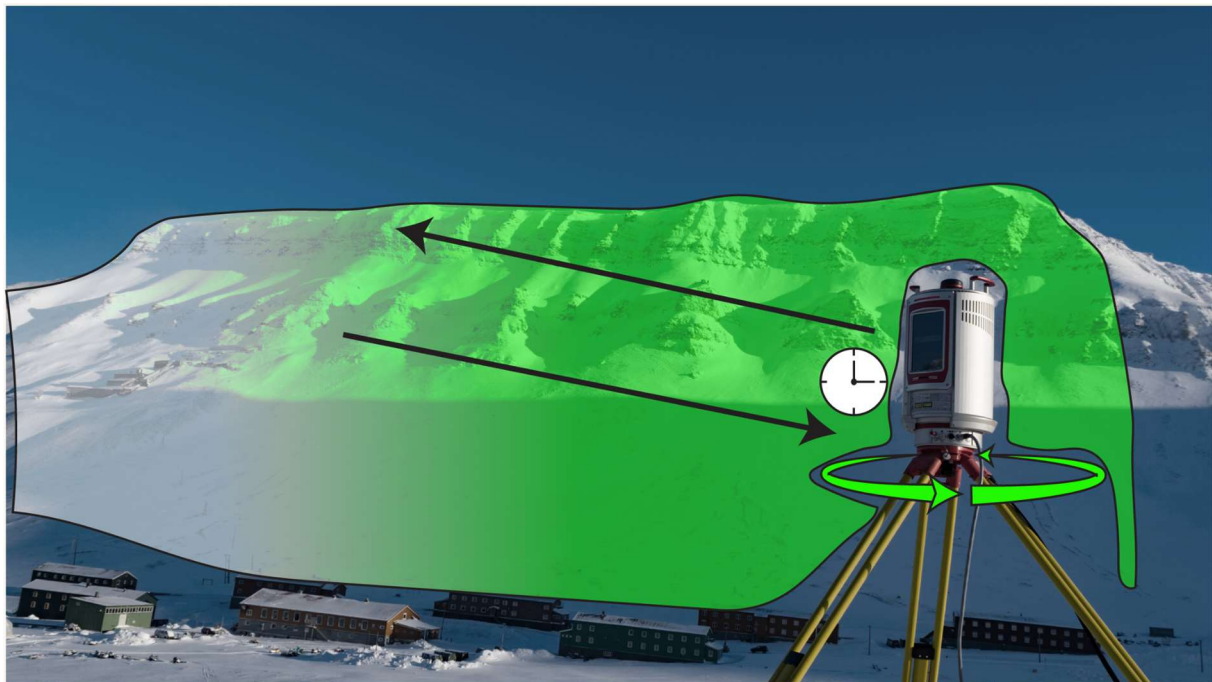
5 Ny teknologi og løsninger

I dette kapitlet ser vi på pågående forskning og utvikling inn mot stedsspesifikk skredvarsling og har valgt et par tema som har fått mye oppmerksomhet, bl.a. lidarbaserte løsninger og snødekkemodellering. KI kunne sikkert også verdt nevnt, men dette ser vi på som et verktøy for å analysere store datamengder og ikke en løsning.

Sanntidsinformasjon om skredaktivitet er også verdt å nevne kort. Statens vegvesen, og nå også fylkeskommunene, benytter radar-, geofon- og infralydssystemer for automatisk deteksjon og varsling av snøskred i skredbaner som kan treffe vei. De fleste av systemene, spesielt de nyere, sender alle data til RegObs som gjør informasjon om skredaktivitet tilgjengelig nær sanntid (Humstad, 2024), noe som kan være et nyttig i stedsspesifikk skredvarsling.

5.1 Lidar

Bakkebasert lidar (Light Detection and Ranging) målinger har blitt benyttet til å kartlegge snøfordelingen i fjellsider og skredbaner bl.a. i forbindelse med stedsspesifikk skredvarsling i Honningsvåg, Longyearbyen og Mosjøen. Målingene har historisk blitt utført sporadisk eller i forbindelse med andre prosjekter som forskning eller prosjektering av sikringsløsninger. Dataprosessering har i tillegg ofte vært tidkrevende slik at skredvarslerne ikke har mottatt dataene før etter noe tid, noe som har gjort dataene mindre relevante i skredvarslingssammenheng. Ved å sammenlikne en skanning vinterstid med en terrengmodell uten snødekke vil man se snøfordelingen i terrenget, mens en sammenlikning mellom to skanninger med snødekke vil se endringer i snødekke. Målingene vil derfor kunne ha stor nytteverdi i skredvarsling.



Figur 6: Visualisering av bakkebasert Lidar måling som konsept på Gruvefjellet i Longyearbyen (Hancock et al., 2023).

Forskningsprosjektet GEOSFAIR (Geohazard Survey from Air) pågikk fra 2021 til 2024 og hadde som formål å forbedre vurderingen av skredfare mot vei ved hjelp av droner instrumentert opp med bl.a. kamera, radar og lidar. Lidar blir trukket frem som en god måte å samle informasjon om snødekket på med et stort potensial for skredvarsling dersom man klarer å forbedre den operative flyten med datainnsamling, dataflyt og visualisering. Prosjektet ble ledet av Statens vegvesen i samarbeid med Norges Geotekniske Institutt (NGI) og SINTEF, og rapporter fra arbeidet er tilgjengelig [her](#) (Statens vegvesen, 2025).

Senvinteren 2025 ha prosjektet GEOTEQ testet en stasjonær lidar skanner (Goelles et al., 2022) i Longyearbyen for å gi sanntidsdata om endringer i snøfordelingen med opptil 15 min tidsoppløsning. Dette er fortsatt en prototype med en rekkevidde opp til 250 meter (mulighet for 450m) og 70 graders synsvinkel. Dagens løsning krever tilgang til 230 VAC, noe som kan begrense plasseringen, men de har gode erfaringer både fra Østerrike og Svalbard. Det jobbes med en batteridreven løsning. Dataene sendes over en Rest API. Et stasjonært punkt stiller krav til god plassering på lik linje til mastbaserte målinger diskutert tidligere, men krever mindre arbeidstimer en droneoperasjoner og er ikke væravhengig. En slik løsning vil kunne gi data under skredvær noe som i dag er vanskelig med drone. Ruttner et al. (2025) viser til gode erfaringer med kontinuerlige lidar skanninger med et lignende system som GEOTEQ fra Sveits.

En liknende kommersielt tilgjengelig løsning er LIA® (Laser Impulse snow height Acquisition) fra Wyssen Avalanche Control. LIA, som er utviklet for å kobles på skredtårn fra Wyssen, benytter laser for å skanne avstanden fra sensor til snødekket i et avgrenset område rundt skredtårnet. Dette gir mulighet for detaljert informasjon om endringer i snøhøyde som følge av lokal pålagring eller effekt av skredkontroll. Dekningsområdet er inntil 30 m radius rundt skredtårnet, avhengig av terreng (Wyssen Avalanche Control, 2025).

Litteraturstudiene og spørreundersøkelsen understreker viktighet av god plassering av punktbaserte målinger. Standardiserte metoder for å evaluere mulige plasseringer for instrumentering vil kunne øke nytteverdien. Bühler et al. (2024) foreslår en metode basert på terrengeanalyse og dronebasert snøfordeling som inngangsdata for prosjektering av plassering til værstasjoner.

Som en oppsummering er det gjort mye arbeid på lidar baserte løsninger, primært for å kartlegge snøfordeling. Det finnes per i dag ikke en kommersiell løsning for å monitorere snødekket i en hel fjellside med lidar i sanntid, men det har stort potensiale. Alle disse løsningene har som en fellesnevner å tilby 2D produkter for å redusere romlig usikkerhet knyttet til mastbaserte punktmålinger.

NVE har jobbet målrettet med satellittdata siden Sentinel data ble tilgjengeliggjort i 2014. Formålet har vært å bygge produkter til snøskredvarslingen, slik som sanntidsdata om skredaktivitet presentert i Eckerstorfer et al. (2019). Disse produktene har per dags dato mer fokus på regional enn stedsspesifikk varsling, men også for stedsspesifikk skredvarsling antas satellittbaserte produkter å kunne bidra til fremtidige løsninger (Andreassen et al., 2025).

5.2 Modellering

Mer og bedre data gir muligheter for å modellere snøskredrelevante parametere. Det finnes flere forsøk på å gjøre snødekkemodellering mer tilgjengelig for enkelte prosjekt og ulike aktører. Her er AvaCollabra samarbeidet et godt eksempel(<https://avacollabra.org/projects/>). Morin et al. (2020) sammenstilte bruk av modelleringsverktøy for skredvarsling (hovedvekt på regional varsling) og viste at det både i Europa og Nord-Amerika jobbes for å innføre modellbaserte verktøy til en skredvarslers verktøyportefølje. NVE har vinteren 2024/2025 kjørt SNOWPACK for den regionale varslingen.

Modellering er et skritt videre fra instrumentering, men vi ser for oss at fremtidig instrumentering i tillegg til å hjelpe en skredvarslers til å danne seg et nåtidsbilde av situasjonen, skal være med å fore modeller med data. Et kjent eksempel er det allerede nevnte IMIS målenettverket som blir brukt til prognostisering av skredaktivitet (Pérez-Guillén et al., 2022) og til å kjøre SNOWPACK (Lehning et al., 1999). Da vil f.eks. måling av stråling bli mer aktuelt enn det er i dag.

6 Oppsummering og diskusjon

6.1 Generell nytteverdi av instrumentering

Stedsspesifikk skredvarsling har utspring i at noen er utsatt for høyere risiko enn det som er tillatt i forhold til lovverkets generelle risikoaksept eller interne retningslinjer, og formålet til skredvarslingen er å redusere risiko ned til et akseptabelt nivå, enten ved å redusere faren eller konsekvensen (C. Jaedicke på Skredkonferansen på Voss i 2019). For å gjøre presise og riktige vurderinger med best mulig kunnskapsgrunnlag er skredvarslerne avhengige av å innhente kunnskap om de lokale forholdene.

Instrumentering er en måte å skaffe seg et lokalt kunnskapsgrunnlag på i stedsspesifikk skredvarsling. Det er bred enighet i bransjen om at lokal kunnskap om vær- og snøforhold er bestemmende for konklusjonen i et skredvarsel, og at instrumentering er et viktig grunnlag for å vurdere hvordan snødekke kan utvikle seg. Samtidig er instrumentering kun en av mange informasjonskilder som danner beslutningsgrunnlaget til en skredvarsler, og skredvarsleren tilpasser varsler og arbeidsmetodikk til det tilgjengelige grunnlaget, samt prosjektets overordnede formål. Nytteverdien er knyttet til god kjennskap til hva målingene representerer og hvilken relevans de har for skredfaren. Nytteverdien vil øke med økt erfaring med sensortype og plassering. Nytteverdien er altså ikke knyttet kun til det tekniske, men i stor grad også lengden på tidsserien med forutsetning om at plasseringen er representativ og sensoren fungerer som den skal.

I Norge er flertallet av stedsspesifikke skredvarslingsprosjekt håndtert av et varslingsteam som ikke sitter lokalt. Dermed kan instrumentering som sender sanntidsdata ha en viktig rolle for å hjelpe varsler til å danne et nåtidsbilde av forholdene. Her kan spesielt kamera være nyttige og fungere som 'et vindu' for å få validert eksisterende værforhold. Dette kan ofte være et kostnadseffektivt alternativ til bruk av en lokal observatør, spesielt i situasjoner med mye vær som krever jevnlig oppfølging, også kveldstid og i helgene. Det vil likevel ikke fjerne behovet for tilstedeværelse helt.

Instrumentering har kun nytteverdi om det som måles er dokumentert riktig. Erfaring viser at værstasjoner plassert i nærheten av varslingsprosjektene, uavhengig om de er tilknyttet prosjekter eller ikke, tillegges betydelig vekt i skredvarslingen. Det er derfor av stor viktighet at disse måler representative og riktige data. Et eksempel kan tas fra Pollfjellet hvor Skred AS utførte stedsspesifikk skredvarsling sesongen 2022/23 i forbindelse med etablering av skredsikring. Under arbeidet med grunnlagsrapport og gjennomgang av skredhendelser og klimadata, viste det seg at vindsensoren montert på toppen av fjellet hadde en 180° feil i visning av vindretning. Denne hadde vært operativ i flere sesonger, og antatt blitt benyttet i regional skredvarsling. En så stor feil er relativt lett å avdekke når man ser på noe detaljert, men mindre avvik på inntil 45-60° vil være vanskeligere å avdekke, og kan ha en del å si for lokal pålagring.

6.2 Plassering og datainnsamling

Plassering av punktmålinger er svært utslagsgivende for nytteverdien av målinger, spesielt snødybde i eller tilknyttet løseområder for snøskred. Små endringer i plassering kan føre til forskjellig utvikling i snødybden, avhengig av om det er forsenkninger som raskt pålagres store mengder snø om høsten, partier som forblir avblåst vinteren igjennom eller svært lokale leformasjoner som kun oppstår under spesielle vindforhold (vindpølse/haleformasjoner bak steiner). Dette kan føre til at man både vurderer at det kommer mer eller mindre snø enn det som faktisk er reelt i området som helhet. Det er derfor svært viktig at skredvarsler gjør seg kjent med plassering, måleteknologi og andre forhold som kan ha betydning for dataene man benytter. I langvarige eller kritiske prosjekter kan det være verdt å gjøre en mer utfyllende vurdering av plassering av sensorer med utgangspunkt i instrumentering. Videre er punktmåling ofte et kompromiss av fremkommelighet, kommunikasjon (dekning) og økonomi balansert opp mot hvor representative målingene vil være for vurderingen.

Datainnsamling og presentasjon er en viktig faktor i opplevd nytteverdi. Man bør også være oppmerksom på hvilke data man faktisk har tilgjengelig som skredvarsler. Det er i dag mange muligheter rundt innsamling og visning av måledata, hvor man har rådata, midlede målinger i sensorer eller logger, samt mulighet for midling av data over tid direkte i visningsportal. Hva som faktisk måles og tilgjengeliggjøres kan variere fra leverandør til leverandør, eller oppsett til oppsett, både hva gjelder data som hentes fra selve sensoren og hva som vises i visningsplattform. Det er derfor anbefalt å følge WMO standarden, f.eks. for vind. Det er viktig at data fra ulike kilder kan sammenlignes. For å bygge et kunnskapsgrunnlag over tid er det viktig at data lagres til senere analyser av skredsykluser el. Det er ofte mest nytteverdi i målinger skredvarsleren er godt kjent med, har et forhold til og som følger et standardisert opplegg for å kunne sammenlignes med andre målinger.

6.3 Hva gir mest nytteverdi?

Hvis man ut fra innspill og erfaringer fra ulike skredvarsler skal forsøke å oppsummere behovet for instrumentering og hva som gir mest nytteverdi bør (styrbare) webkamera prioriteres. Dette virker å være noe som er blitt prioritert i de fleste store prosjekter (Honningsvåg, Mosjøen, Longyearbyen, Arnøya, Grøt fjorden og dels Tyin), og noe som alle brukere er enige om at tilfører stor nytteverdi. Styrbare webkamera (PTZ) av typen AXIS Q-6315 eller tilsvarende er å foretrekke da det gir muligheter til å se ulike områder både på et oversiktlig nivå og zoome inn på detaljer ved behov. Slike kamera har også vist seg å gi gode bilder i utfordrende lys og værforhold. Det er en fordel på kameraene kan tilkobles 230 VAC der dette er eller kan gjøres tilgjengelig. Langs Fv.53 Tyin-Årdal er et AXIS Q-6315 kamera driftet på 12 VDC fra brenselcelle sesongen 2024/25, men dette krever mer oppfølging og strømforsyning blir kostnadsdrivende for løsningen.

Ved å lagre periodiske bilder fra webkameraene kan man sammenlikne bilder før, under og etter uværperioder, noe som vil være nyttig for å vurdere pålagring, nødvendighet og opphevelse av evakuering etc.

Av meteorologiske parametere vurderes vind- (retning og hastighet) og temperaturmålinger i representative områder som svært viktig informasjon, og dette bør som et minimum være tilgjengelig. Vindmåleren bør plasseres i et område som i minst mulig grad påvirkes av topografiske effekter, f.eks. en fjelltopp, men likevel så nært varslingsområde som mulig. Dette på grunn av at fjelltoppstasjoner ofte måler maksimale hastigheter, som ikke nødvendigvis er representative for løснеområdene. I enkelte tilfeller vil det likevel i varslingsøyemed være av størst nytteverdi å montere stasjonen med tanke på vind fra spesifikke retninger. MET krav om vindmålinger på 10 m høyde vurderes i mange tilfeller ikke som nødvendig, da dette kompliserer og fordyrer installasjon bl.a. i forhold til søknadsplikt, vedlikehold og drift av værstasjonen, men 3 m bør være et minimumskrav. Plassering bør vurderes spesielt nøye i forbindelse med rygger hvor skavler og turbulens forventes å kunne oppstå.

Temperaturmålere bør monteres i høyder representative for både løснеområdene og utløpsområdet for å ha kontroll på temperaturgradienter og om nedbørsfronter kommer inn som regn, sludd eller snø. De siste vintrene med innslag av mildvær også vinterstid i høyereliggende områder underbygger dette behovet. Temperaturmålere anbefales installerer med strålingsskjerm, og det anbefales å benytte samme type sensor alle målesteder, spesielt om ikke PT100 benyttes.

Skred AS har hatt stor nytteverdi av direkte snødriftmålinger (fluks) på Tyn og i Longyearbyen, hvor snødrift i stor grad er den drivende faktoren med tanke på utløsning av store snøskred. Vindmålinger benyttes i stor grad hvor å vurdere muligheten for snødrift, men sier ikke noe om det er snø tilgjengelig for transport. Med direkte målinger reduserer man usikkerheten rundt pålagring betraktelig, spesielt i perioder med redusert sikt. Snødrift anbefales derfor i prosjekter hvor snødrift vurderes som en utløsende faktor for skred av betydning. Dette gjelder ofte vindfulle plasser med store henteområder. Vi ser også at det i Sveits plasseres snødriftmålere ved utvalgte stasjoner (special stations i <https://www.slf.ch/en/avalanche-bulletin-and-snow-situation/measured-values/description-of-automated-stations/>).

Tradisjonelle nedbørmålinger vinterstid er generelt beheftet med stor usikkerhet, samt krever oppvarming, noe som gjør det lite aktuelt i de fleste varslingsprosjekter. Optiske nedbørsensorer eller sensorer som måler nedbør med radar er lite utbredt på grunn av store usikkerheter knyttet ved måling av snø. I stedet benyttes snødybde som måleparameter for å vurdere mengden nedbør som kommer i området. For et slikt formål bør sensoren plasseres i et beskyttet område, f.eks. en åpning under tregrensen, og erstatter dermed en nedbørstasjon som ville hatt samme ideelle plassering. En slik referansemåling er tradisjonelt sett løst med platemålinger, men bør i dag erstattes av en snødybdesensor. Utfordringen vil være dersom nedbør faller som regn i lavereliggende områder og snø i løснеområdene.

Snødybdesensorer kan også benyttes som direkte måling av pålagring i løseområder eller høyereliggende fjellområder. Man må da være oppmerksom på at målingene er svært sensitive til plassering, og slike målinger vurderes å gi middels verdi som input til skredvarslene. Det kan derimot gi mening å benytte et større antall sensorer for å si noe om romlig variabilitet, men det er viktig med kunnskap om plassering etc. Ny teknologi med bruk av lidar vurderes å kunne erstatte et slikt nettverk av snødybdemålere, men den operative flyten må videreutvikles.

Andre relevante måleparametere er (snø)overflatetemperatur, temperaturgradienter innad i snødekke og stråling. Felles for disse er et at de gir mer direkte informasjon om potensiell utvikling innad i snødekke, og spesielt overflatetemperatur vurderes å gi god merverdi montert i forbindelse med andre parametere. Instrumentering kan også gi input data til snødekkemodeller som [SNOWPACK](#) og [CROCUS](#). En gjennomgang utført av NGI tilbake i 2016 viste at blant over 3500 meteorologiske stasjoner i det offisielle norske meteorologiske nettverket, var det kun 11 stasjoner som observerte alle elementene som kreves som nødvendige inngangsparametere for SNOWPACK-modellsimulering (NGI, 2017).

6.4 Valg av sensor

Sensorer knyttet til skredvarsling utsettes for store påkjenninger i form av vind og vibrasjoner, noe som setter høye krav til kvalitet og et robust oppsett. Data er også mest nyttig i perioder hvor måleforholdene er verst, slik at dette spiller en avgjørende rolle for nytteverdien av oppsettet og investeringen som gjøres. Det har kommet svært få innspill på erfaringer med konkrete sensorer tilknyttet skredvarsling. Det har derimot kommet flere innspill fra både NGI, Wyssen Norge og Skred AS på at det er viktigere med gode, pålitelige data man kan stole på enn potensielt større mengder data med upålitelige målinger, databortfall og iboende usikkerhet tilknyttet sensor eller plassering. Dette fører til et stort merforbruk av tid for skredvarslene som kunne vært benyttet til andre deler av skredvarslingen, og også større usikkerhet i vurderingen enn nødvendig. Testing av nye sensorer, måleteknologi eller metodikk er viktig for utvikling av faget, men må holdes separat fra operativ varsling og ikke være eneste grunnlag for informasjon.

Kvalitetssensorer som kan vise til utstrakt bruk i meteorologisk sammenheng har ofte en høyere innkjøpskostnad enn alternativer. Et begrenset erfaringsgrunnlag tyder derimot på at dette får man igjen for ved høyere tilgjengelighet og kvalitet på data igjennom sesongen, samt mindre vedlikehold. Målinger i svært utsatt fjellklima er likevel alltid beheftet med en viss risiko for at utstyr og montasjemateriell blir utsatt for påkjenninger man ikke forutså. En plan for vedlikehold eller databortfall bør derfor foreligge.

6.5 Erfaringer fra andre land

Både på Island og i Sveits er det prioritert ulike typer stasjoner der vind og temperatur blir målt på rygger representative for løseområder, mens snødybde og nedbør måles i skjermede områder for å unngå effekter fra vind. Island har en kystlinje med fjordlandskap og har i likhet med Norge mye skredterreng nære kysten. De prioriterer et tett målenettverk av nedbør for å fange lokal bygeaktivitet og andre lokale topografiskapte effekter på nedbør.

Island har i tillegg to ulike typer snødybdemålinger, en med bedre målenøyaktighet (Sommer Messtechnik) og høyere krav til installasjon, og en med lavere presisjon og enklere installasjon. På lik linje som MET foretrekker Island 2d soniske vindmålere med oppvarming, og Young mekaniske sensorer der stasjonen er batteridrevet (Grímsdóttir, 2025).

7 Konkluderende anbefalinger

Å komme med felles, konkrete anbefalinger for instrumentering i skredvarslingsprosjekter er ikke mulig da dette avhenger hvilke aksept og forutsetninger som ligger til grunn for prosjektet, samt tilgang til annet grunnlag og observasjoner. En vei med omkjøringsmuligheter vil ha større aksept for å holde stengt grunnet skredfare enn en vei uten omkjøringsmuligheter eller bebyggelse, og man kan dermed tillate mer usikkerhet. Instrumentering bør i størst mulig grad knyttes opp mot MET krav, men dette vil i noen tilfeller med kortvarige prosjekter ikke gi mening økonomisk, og dermed føre til at man ikke får instrumentert opp i det hele tatt. I slike tilfeller vil data fra f.eks. multisensorer gi verdifullt bidrag til informasjon.

7.1 Overordnet arbeidsflyt for prioritert instrumentering i et stedsspesifikt varslingsprosjekt

Som nevnt over vil instrumenteringsbehovet variere fra prosjekt til prosjekt, men det anbefales generelt forarbeid for å kunne kartlegge nytteverdi av instrumentering. Følgende punkter bør ligge til grunn ved vurdering av instrumenteringsbehovet og det kan være nyttig å knytte det mot den skredfaglige grunnlagsrapporten i prosjektet:

- **Hva er formålet med varslingsprosjektet, og hvilke typer værmønster gir skred?**
Det anbefales at grunnlagsdokumentet brukes for å identifisere lokale forhold som fører til skredaktivitet. I et tørt innlandsklima, spesielt der det finnes store henteområder, vil snødrift- og vindmålinger ha høy prioritet. I et vått vestlandsklima med mye nedbør i form av både snø og sludd, er temperatur-, nedbør og snødybdemålinger mer relevante.
- **Hva finnes av eksisterende målinger?**
Er det tilgjengelige og representative MET-stasjoner eller andre stasjoner med forutsigbar drift i området? Finnes det relevante webkamera?
- **Skal det benyttes modelleringsverktøy som f.eks. SNOWPACK?**
I så fall vil dette legge føringer for hvilke parametere som må måles og hvor.
- **Hvor kan instrumenteringen plasseres?**
Finnes det fast strøm, eller må stasjonen være batteridrevet? Er plasseringen egnet for solcelle? Er det mulig å bytte batteri midtvinters ved behov? Finnes det snøhøydedata fra lidarskanninger, bilder eller annen lokal kunnskap som kan si noe om snø fordeling skredbanene i varslingsprosjektet? Hvordan kan en trygg installasjon sikres på de utvalgte plasseringene?
- **Er det spesifikke områder som må prioriteres**
For eksempel indikator-skredbaner eller andre kritiske soner.

Uten spesifikk lokalkunnskap foreslår vi følgende generelle prioriteringsrekkefølge basert på erfaringer fra dette prosjektet:

1. **Kamera** som ser både løseområdet og skredbanen, fortrinnsvis styrbart (PTZ).

2. **Værstasjon** med minimum temperatur og vind, plassert i høyde med løsneområdene. Dersom det er stort henteområde, bør snødrift måles.
3. **Snødybdemåling** i løsneområder, eller i et skjermet område som proxy for nedbør. Alternativt for snødybde kan nedbørmålere benyttes i en skjermet plassering. Nedbørmålere som klarer å måle snø krever strøm, og er ikke egnet til batteridrevne stasjoner.
4. **Stråling og overflatetemperatur** på værstasjonen (punkt 2) – særlig viktig i prosjekt som inkluderer modellering.

Vi anerkjenner at det finnes like mange preferanser som det finnes varslere. Listen over er derfor ikke en fasit, men et utgangspunkt for diskusjon og tilpasning. Det bør også vurderes hvordan målingene kan gi nytteverdi for andre brukere, for å maksimere den samfunnsmessige gevinsten av installasjonene.

7.2 Dokumentasjon

Nytteverdien i enkelte målinger uten kontekst om plassering, usikkerhet og sensoroppsett er begrenset. Målingenes verdi øker når et varslingsteam er kjent med målingene og har fått kalibrert bruken mot skredaktivitet og storskala værmønstre.

For mest mulig kost/nytte og innlæring per prosjekt anbefaler vi en standardisert dokumentasjon av stasjoner

Dokumentasjonen bør minimum inneholde:

- Posisjon med høyde over havet og bilder.
- Måleparametere inkludert sensortype og målemetodikk (f.eks. laser eller ultralyd på snødybde), samt målehøyde over bakken.
- Beskrivelse av stasjonen og (antatt) nytteverdi for prosjektet f.eks. snødybdemåler plassert i løsneområde X eller vindmålinger fra høyde til de høyeste løsneområdene. Beskrivelse av mulig postprosessering av rådataene og midlingsintervall. Spesielt i tilfeller der WMO standarden ikke blir brukt.
- Informasjon om kalibrering og vedlikehold.

Standardisert metadata vil gjøre det lettere å utnytte målingene av andre brukere og andre varslingsteam. For høyest mulig samfunnsnyttan anbefaler vi en åpen kultur for datadeling via standardiserte protokoll f.eks. via API. Godt dokumenterte målinger fra prosjekt vil også bidra positivt til regional skredvarsling og værvarsling i Norge.

Ved å anbefale sesongrapportering av instrumentering og målte værforhold knyttet til skredaktivitet som en del av varslingsprosjektet vil erfaringene og lokalkunnskapen dokumenteres systematisk og det vil bidra til å løfte kunnskapsnivået og erfaringer i hele

bransjen. Det vil også forsikre at tauskunnskap ikke forsvinner når varslingsprosjekt går på anbud og lyses ut på nytt. Dette kan fint inkluderes i generell sesongrapportering

7.3 Målertyper

Basert på innspill og erfaringer fra prosjekter i Norge er det forsøkt satt opp en liste over sensorer som kan egne seg i stedsspesifikk skredvarsling. Listen er ikke uttømmende, og det finnes helt sikkert andre gode alternativer.

Tabell 1: Liste over utvalgte sensorer egnet for stedsspesifikk skredvarsling.

Måleparameter: kamera	Kommentar
AXIS Q6315 eller tilsvarende	God erfaring fra flere brukergrupper, PTZ.

Måleparameter: Vind	Kommentar
Young heavy duty wind monitor (anbefalt)	Spesielt lavt strømforbruk
Vaisala vmt700	Benyttes av MET, anbefales oppvarming
Gill wind observer	Anbefales oppvarming
Thies clima ultrasonic wind anemometer	Anbefales oppvarming
Young responseONE	Anbefales oppvarming
Multisensor	Se utvalg under

Måleparameter: Temperatur	Kommentar
PT100 med strålingsskjerm	MET standard

Måleparameter: Snødybde	Kommentar
Sommer snow depth sensor USH-9 (anbefalt)	Ultrasonisk, kan benyttes på batteristasjoner
Sommer Laser Snow Depth Sensor LSH-10 (alternativ)	Ny, bør ha fast strøm
Lufft SHM31	Må ha fast strøm
Decentlab laser distance / level sensor for LoRaWAN	Alternativ for frittstående sensor med LoRaWAN, må temperaturkompenseres.

Måleparameter: snødrift	Kommentar
ISAW FlowCapt sensor FC4 (anbefalt)	God erfaring, tilpasset batteristasjon
Sommer snow drift sensor SND (anbefalt)	Antatt svært sammenliknbar. Skal være gjort noen tilpasninger.
SPC-S7, Niigata Electric	Usikre på om denne er tilgjengelig kommersielt.

Måleparameter: Overflatetemperatur	Kommentar
Apogee SIL-411	

<u>Sommer snow surface temperature sensor</u> <u>SIR</u>	
---	--

Måleparameter: Multisensor	
Veldig mange varianter fra ulike leverandører med ulike måleparametere: Decentlab, Gill, Lufft, Sommer Messtechnik, Thies clima, Young m.fl. er kjente produsenter/leverandører.	Bør ha oppvarming i alpine områder utsatt for ising.

8 Referanseliste

- Andreassen, L.M., Blumentrath, S., Engeset, R. V, Kolberg, S.A., Melvold, K., Müller, K., Orthe, N.K., Weber, P., Widforss, A., Winsvold, S.H., 2025. NVE Copernicustjenester
Sluttrapport for Copernicus aktiviteter i NVE 2022-2024 med anbefalinger RAPPORT.
- Brækkan, R., 1996. Test av snødybdemålere.
- Brækkan, R., Nygård, H.D., Inge Orset, K., Heidi Bache Stranden, og, 2018. Automatiske værstasjoner til skredvarsling Oppbygging av værstasjonsnettet for skredvarsling.
- Bühler, Y., Stoffel, A., Liechti, D., 2024. Where to put the weather station? Optimizing the location for the automated snow depth measurements based on remote sensing, avalanche modeling and terrain characteristics.
- Cautus Geo, 2017. NIFS – Snødybdemåling ved bruk av temperatursensorer. Sluttrapport. Datert 2017-09-01.
- Eckerstorfer, M., Vickers, H., Malnes, E., Grahn, J., 2019. Near-Real Time Automatic Snow Avalanche Activity Monitoring System Using Sentinel-1 SAR Data in Norway. Remote Sens (Basel) 11. <https://doi.org/10.3390/rs11232863>
- Goelles, T., Hammer, T., Muckenhuber, S., Schlager, B., Abermann, J., Bauer, C., Expósito Jiménez, V.J., Schöner, W., Schratter, M., Schrei, B., Senger, K., 2022. MOLISENS: MOBILE LIDAR SENSOR SYSTEM to exploit the potential of small industrial lidar devices for geoscientific applications. Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems 11, 247–261. <https://doi.org/10.5194/gi-11-247-2022>
- Grímsdóttir, H., 2025. Pers. komm.
- Hancock, H., Indreiten, M., 2022. Honningsvåg - snødata 2022 [WWW Document]. <https://storymaps.arcgis.com/stories/ff37bbaf9c2d48fbbb8b58bf3ce91f8e>.
- Hancock, H., Jenssen, E., Indreiten, M., Albrechtsen, E., 2023. Sensors as a risk management tool Measuring snow to help manage avalanche risks in Longyearbyen: Arct-Risk project report [WWW Document]. <https://storymaps.arcgis.com/stories/a761694548c64004a1bd9a9bf042ef58>.
- Haukenes, Håvard.L., 2025. Instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling. Innspill fra Troms fylkeskommune.
- Hiller, Priska.H., 2025. Pers. komm.
- Humstad, T., 2024. Forty years with avalanche detection systems in Norway, in: Proceedings, International Snow Science Workshop, Tromsø, Norway, 2024.
- Indreiten, M., 2022. Oppsummering av snøobservasjonssesongen 2021/2022, Longyearbyen.

- Køltzow, M., Casati, B., Haiden, T., Valkonen, T., 2020. Verification of solid precipitation forecasts from numerical weather prediction models in Norway. *Weather Forecast* 35, 2279–2292. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-20-0060.1>
- Lehning, M., Bartelt, P., Brown, B., Russi, T., Stöckli, U., Zimmerli, M., 1999. snowpack model calculations for avalanche warning based upon a new network of weather and snow stations. *Cold Reg Sci Technol* 30, 145–157. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-232X\(99\)00022-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-232X(99)00022-1)
- Lome, K., Nordbrøden, H.S., Wickström, S., Walberg, N.A.K., 2024. Site specific warning Pollfjellet aka “The Avalanche Machine”, the significance of a meteorological analysis, in: *Proceedings, International Snow Science Workshop, Tromsø, Norway, 2024*.
- MET, 2020. Technical specification for Weather Stations in Norway Document id:ObsT_018 Version no.: 2.0 Technical specifications for Weather Stations.
- Naaïm-Bouvet, F., Bellot, H., Nishimura, K., Genthon, C., Palerme, C., Guyomarc’h, G., 2012. How to detect snow fall occurrence during blowing snow event?
- NGI, 2021. Evaluering av snøskredvarsling Mosjøen sesongen 2020/2021.
- NGI, 2017. Weather stations in Norway suitable for SNOWPACK modelling in Norway in 2016.
- Nishimura, K., Nemoto, M., Ito, Y., Omiya, S., Shimoyama, K., Niiya, H., 2024. Elucidation of spatiotemporal structures from high-resolution blowing-snow observations. *Cryosphere* 18, 4775–4786. <https://doi.org/10.5194/tc-18-4775-2024>
- Pérez-Guillén, C., Techel, F., Hendrick, M., Volpi, M., van Herwijnen, A., Olevski, T., Obozinski, G., Perez-Cruz, F., Schweizer, J., 2022. Data-driven automated predictions of the avalanche danger level for dry-snow conditions in Switzerland. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 22, 2031–2056. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-2031-2022>
- Ree, Bjørg.L., Landrø, H., Trondsen, E., Møen, Knut.M., 2011. Evaluering av NVE sitt snøstasjonsnettverk.
- Ruttner, P., Voordendag, A., Hartmann, T., Glaus, J., Wieser, A., Bühler, Y., 2025. Monitoring snow depth variations in an avalanche release area using low-cost lidar and optical sensors. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 25, 1315–1330. <https://doi.org/10.5194/nhess-25-1315-2025>
- Skred AS, 2024a. Snødriftsensor og snødybdemåler for stedsspesifikk skredvarsling vintersesongen 2023/2024.
- Skred AS, 2024b. Evaluering etter varslingssesongen 2023/2024 i Honningsvåg. Skred AS rapport 20514-06-1, datert 2024-06-05.
- Skred AS, 2023a. Snødriftsensor – Snødrift som beslutningsverktøy for lokal skredvarsling.

Skred AS, 2023b. Sesongrapport og evaluering etter varslings sesongen 2022/2023 i Tromsø kommune.

Skred AS, 2022a. Evaluering etter varslings sesongen 2021/2022 i Honningsvåg.

Skred AS, 2022b. Evaluering etter varslings sesongen 2021/2022 i Longyearbyen.

Skred AS, 2021. Evaluering etter varslings sesongen 2020/2021 i Longyearbyen.

Skred AS, 2020. Evaluering etter varslings sesongen 2019/2020 i Longyearbyen.

Smith, C.D., Ross, A., Kochendorfer, J., Earle, M.E., Wolff, M., Buisán, S., Roulet, Y.-A., Laine, T., 2020. Evaluation of the WMO Solid Precipitation Intercomparison Experiment (SPICE) transfer functions for adjusting the wind bias in solid precipitation measurements. Hydrol Earth Syst Sci 24, 4025–4043. <https://doi.org/10.5194/hess-24-4025-2020>

Statens vegvesen, 2025. GEOSFAIR [WWW Document].
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/forskning-innovasjon-og-utvikling/pagaende-programmer-og-prosjekter/geosfair/>.

Statens vegvesen, 2015a. Håndbok R613 Værstasjoner,
<https://www.vegvesen.no/fag/trafikk/vaerdata/r613-vaerstasjoner/>.

Statens vegvesen, 2015b. Håndbok R613 Værstasjoner [WWW Document].
<https://www.vegvesen.no/fag/trafikk/vaerdata/r613-vaerstasjoner/>.

Stranden, H.B., Ree, B.L., 2016. Anbefalinger for NVE sine automatiske snøstasjoner.

Trouvilliez, A., Naaïm-Bouvet, F., Bellot, H., Genthon, C., Gallée, H., 2015. Evaluation of the FlowCapt Acoustic Sensor for the Aeolian Transport of Snow. J Atmos Ocean Technol 32, 1630–1641. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-14-00104.1>

Valasama, H., 2025. Pers. komm. E-post 2025-05-07.

Value, 2021. FAT Stasjoner for Skredprosjektet. Stasjonskontroll før levering. Stasjonsnavn: Værstasjon til Øyfjellet ved Middagseidklumpen.

WMO, 2024. Guide to Instruments and Methods of Observation Volume I-Measurement of Meteorological Variables.

Wyssen Avalanche Control, 2025. LIA® Laser Impulse Snow Height Acquisition [WWW Document]. <https://www.wyssenavalanche.com/en/avalanche-detection-overview/lia-laser-impulse-snow-height-acquisition/>.

Wyssen Norge, 2025. Driftsrapport 15.11.2024 - 19.02.2025. Skredvarsling Tromsø Kommune.

Wyssen Norge, 2024a. Evalueringsrapport januar 2024. Stedsspesifikk snøskredvarsling Tromsø kommune.

Wyssen Norge, 2024b. Sesongrapport 2023-2024. Stedsspesifikk snøskredvarsling Tromsø kommune.

Wyssen Norge, 2023. Sesongrapport 2022-2023. Skredbanevarsling Mosjøen.

Wyssen Norge, 2022. Sesongsrapport 2021-2022. Skredbanevarsling Mosjøen.

9 Vedlegg epost

I forbindelse med denne rapporten ble kjente aktører i bransjen invitert til å komme med innspill og erfaringer. Dette gjaldt både leverandører av skredvarsling, sensorleverandører og offentlige aktører som både jobber med og bestiller skredvarslingstjenester, samt MET. Eposten ble også sendt til noen utenlandske aktører.

Oversikt over alle firma som har fått eposten er gitt under. Firma med understrek har kommet med en tilbakemelding, muntlig eller skriftlig.

Norsk versjon:

NVE, Statens vegvesen, Wyssen Norge, Georisiko, NGI, Skred AS, Troms fylkeskommune, Tromsø kommune, Innlandet fylkeskommune, Vestland fylkeskommune, MET, Cautus Geo, Scanmatic, Tilsig (tidl. Where2O), Snower, Nordkapp kommune.

Engelsk versjon:

WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Sommer Messtechnik, Decentlab, Vedur, Alpsolut, Austrian Association for Snow and Avalanche OEGSL, Ott hydromet, Gill Sensors & Controls, Naturvårdsverket.

9.1 Norsk versjon

Emne: Instrumentering i stedsspesifikk skredvarsling

Hei alle sammen,

NVE og SVV jobber med en ny veileder for stedsspesifikk skredvarsling, og Skred AS har fått i oppgave å samle erfaring og informasjon rundt instrumentering for prosjekter relatert til stedsspesifikk snøskredvarsling. I den forbindelse ønsker vi å samle innspill og erfaringer fra leverandører av snøskredvarsling og instrumentering knyttet opp mot slike prosjekter, da det ligger veldig lite åpen informasjon rundt dette. Arbeidet vil oppsummeres i en rapport som skal leveres NVE/SVV i løpet av mai og brukes som beslutningsgrunnlag for veilederen.

Rapporten har som overordnet formål å

- kartlegge og analysere tidligere arbeid, rapporter og erfaringer på feltet.
- innhente erfaringer fra leverandører av instrumentering og MET for å kartlegge relevante teknologier og deres anvendelsesområder.
- evaluere nytteverdien av ulike måleparametre opp mot stedsspesifikk skredvarsling (snødybde, vind, stråling, snødrift, temperatur, etc.)
- vurdere type og plassering av instrumenter i felt, basert på målemetoder og nytteverdi.
- kommentere ny teknologi på vei inn i markedet.

For å hjelpe litt på vei har vi formulert noen spørsmål som kan være aktuelle å svare på. Dette er ikke et spørreskjema som må besvares, og man kan fritt komme med de innspillene man ønsker, eller ikke komme med innspill i det hele tatt.

Til dere som jobber med stedsspesifikk snøskredvarsling:

- 1) Hvilke meteorologiske data er nødvendig for å gi et godt nok kunnskapsgrunnlag til et stedsspesifikt varsel?
- 2) Hvor bør disse parameterne måles?
- 3) Hvilken instrumentering i stedsspesifikke prosjekt oppleves å gi mest nytteverdi?
- 4) Har dere jobbet med prosjekt der det har blitt instrumentert spesifikt for stedsspesifikk varsling? Erfaringer og nytteverdi?
- 5) Kost-nytte med datakvalitet, erfaringer eller andre kommentarer?

Til MET og leverandører:

- 1) Hva er deres erfaringer med instrumentering i vinterfjellet (med/uten strøm). Hva fungerer, og hva bør unngås?
 - 2) Hva anser dere som løsninger med mest kost-nytte for å måle meteorologiske parametere i fjellområder?
 - 3) Hvilke er det mest robuste teknologiene for å måle f.eks. snødybde, vind, stråling, snødrift, temperatur?
 - 4) Hva anser dere er fremtidige løsninger på vei inn i markedet?
- Innspill kan enten sendes skriftlig til Siiri (siiri@skred.as) og undertegnede, eller vi kan sette opp et Teams møte. Vi håper å kunne motta tilbakemeldinger eller ta en prat med de som har lyst innen utgangen av uke 20 (16. mai).

Videresend gjerne invitasjonen til andre aktører internt eller eksternt som kan bidra. Kontaktperson hos oppdragsgivere er Karin Bergbjørn (NVE) og Markus Eckerstörfer (SVV). På forhånd takk!

Med vennlig hilsen

Nils Arne K. Walberg, Skred AS

9.2 Engelsk versjon

Emne: Request for Input – Instrumentation for Site-Specific Avalanche Forecasting (in Norway)

Dear all,

The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) and the Norwegian Public Roads Administration (SVV) are currently working on a new guideline for site-specific avalanche forecasting in Norway, based on the [EAWS Recommendations](#). [Skred AS](#), a Norwegian consultancy company, has been tasked with gathering experience and information related to instrumentation in projects dealing with site-specific snow avalanche forecasting.

In this context, we aim to collect insights and experiences from providers of avalanche forecasting services and instrumentation technologies, as there is currently very limited public information available on this topic. The work will be summarized in a report to be submitted to NVE and SVV during May 2025 and will serve as a basis for decision-making in the development of the guideline.

The report aims to:

- Map and analyze previous work, reports, and field experience.
- Gather input from instrumentation and meteorology (MET) providers to identify relevant technologies and their practical applications.
- Evaluate the usefulness of different measurement parameters in the context of site-specific avalanche forecasting (e.g., snow depth, wind, radiation, drifting snow, temperature, etc.).
- Assess appropriate types and placement of instruments in the field based on measurement methodology and value.
- Comment on emerging technologies entering the market.

To support the process, we have outlined a few questions that might help structure feedback. This is not a mandatory questionnaire, and you are free to share any feedback you consider relevant—or none at all.

To those working with site-specific avalanche forecasting:

- What meteorological data are essential to provide a sufficient knowledge base for a site-specific forecast?
- Where should these parameters be measured?
- Which instruments have proven to be most valuable in site-specific forecasting projects?
- Have you been involved in projects where instrumentation was implemented specifically for site-based avalanche forecasting? What were your experiences and the benefits?
- Any comments on cost-benefit vs. data quality, or other relevant reflections?

To MET and instrumentation providers:

- What are your experiences with instrumentation in mountainous winter environments (with/without power supply)? What works well, and what should be avoided?
- Which solutions offer the best cost-benefit ratio for measuring meteorological parameters in mountainous regions?
- What are the most robust technologies for measuring snow depth, wind, radiation, drifting snow, temperature, etc.?
- What do you see as promising or upcoming technologies entering the market?

Feedback can be submitted in writing to Siiri (siiri@skred.as) and myself (nilsarne@skred.as), or we can schedule a Teams meeting if preferred. We hope to receive input from interested parties by the end of week 21 (May 23rd).

Feel free to forward this invitation to internal or external contacts who may be able to contribute. Our contacts at the client side are Karin Bergbjørn (NVE) and Markus Eckerstörfer (SVV), both in copy.

Thank you in advance!

Best regards

Nils Arne K. Walberg, Skred AS



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo
Telefon: (+47) 22 95 95 95