



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Utprøving av nytt reinvarslingssystem på E6 over Saltfjellet

Vinteren 2019/2020

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 77 | 2020



Inger Hansen¹, Svein Morten Eilertsen¹, Johannes Karlsson² og Grete H.M. Jørgensen¹

¹ Norsk institutt for bioøkonomi

² Umeå universitet

TITTEL/TITLE

Utprøving av reinvarslingssystem på E6 over Saltfjellet. Vinteren 2019/2020.

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Inger Hansen, Svein Morten Eilertsen, Johannes Karlsson og Grete H.M. Jørgensen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
02.06.2020	6/77/ 2020	Åpen	10035	18/01607
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02592-4	2464-1162	24		

OPPDRAUGSIVER/EMPLOYER:INTERREG Botnia-Atlantica og Nordland
Fylkeskommune**KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:**

Jørgen Eliassen

STIKKORD/KEYWORDS:Påkjørsel, beitedyr, trafikksikkerhet
Roadkill, grazing animals, traffic safety**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**Etologi, dyrevelferd, sensorteknologi
Ethology, animal welfare, sensor technology**SAMMENDRAG/SUMMARY:****Sammendrag**

Påkjørsel av tamrein og andre beitedyr er et stadig økende problem på vei og bane i Norden og Europa før øvrig grunnet økende trafikk og større hastighet. I Norge har mer enn 3000 tamrein blitt påkjørt av tog de siste 10 år og dette medfører store dyrelidelser og samfunnsøkonomiske kostnader. Tilsvarende statistikk finnes ikke for påkjørsler på vei, men problematikken er den samme.

Formålet med vårt prosjekt var å teste tapsforebyggende effekt og driftssikkerhet av et nytt elektronisk reinvarslingssystem langs vei vinterstid. Varslingssystemet er basert på radiobølgeteknologi (805.15.4 866 MHz). Reinsenderen er på størrelse med en tjuekroning og har en estimert batterikapasitet på 5 år. Senderne ble støpt inn i halsklaver for tamrein og hadde en maksimal rekkevidde på ca. 100 meter. Det ble satt opp 35 mottakere (på en side av vegen) i desember 2019 langs en 3,5 km lang kollisjonsutsatt teststrekning på E6 over Saltfjellet. Disse mottakerne er utstyrt med røde lysdioder som begynner å blinke når reinen nærmer seg. Totalt 181 voksne simler ble instrumentert med halsklaver og radiosendere i begynnelsen av desember 2019. Funksjonaliteten til mottakerne ble kontrollert og loggført til sammen ti ganger gjennom driftsperioden som varte fra 25.11.2019 til 30.04.2020, og aktivitetsloggen til tre mottakere utstyrt med SIM-kort ble lagret. Et tilfeldig utvalg på 39 sendere som ikke var satt på rein ble oppbevart i en fryser og testet for batterikapasitet seks ganger gjennom vinterhalvåret. I tillegg ble avstanden mellom senderne og en mottaker målt i det mottakeren startet blinke.

Vinteren 2020 var preget av mye uvær og dårlige beiteforhold på Saltfjellet. Dette resulterte i at mesteparten av reinen måtte flyttes til mer kystnære beiter allerede tidlig i januar. Vi har dermed

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

resultater kun fra en måneds drift av varslingsystemet, men ingen dyr, verken med eller uten sendere, ble påkjørt innenfor teststrekningen gjennom denne perioden. Dette varslingsystemet ble testet på den samme strekning over Saltfjellet også vintrene 2018 og 2019. Til sammen ble over 500 rein instrumenterte disse to årene, men ingen rein ble påkjørt i forsøksstrekningen disse sesongene, heller.

Det har vært kontinuerlig oppgradering av teknologien gjennom prosjektperioden 2018-2020. Driftssikkerheten for siste generasjon senderne (2020) ble målt til 94,9 % etter fem måneders drift (hvorav 4 ½ måned i en fryser) og batterikapasiteten til mottakerne er på ca. fire måneder før disse må byttes. Teknologien fungerer nå tilfredsstillende, men muligheter for ytterligere forbedringer av teknologien er skissert.

Den tredje utprøvingen av det elektroniske reinvarslingsystemet på E6 over Saltfjellet bekrefter at systemet har et lovende potensial. En siste utprøving av tapsforebyggende effekt og driftssikkerhet er ønskelig før et eventuelt slipp av produktet på markedet.

Summary

Collisions between free ranging animals and cars have become an increasing problem, both in Nordic countries and in Europe due to more traffic and increased speed. In Norway, more than 3000 reindeer have been killed by trains during the last 10 years and this has led to considerable animal suffering and costs for social communities and reindeer owners.

The aim of our project was to test mitigation effect and operation reliability of a new electronic warning system for reindeer alongside a public road during winter. One important sub goal was to reduce the number of collisions between vehicles and reindeer. The warning system is based on radio wave technology (805.15.4 866 MHz). The reindeer transmitter is the size of a large coin and holds an estimated battery capacity of around five years. The transmitters were moulded into neck collars and the maximum wave range was around 100 m. A total of 35 receivers were mounted on top of road sticks along a 3.5 km collision prone test distance on road E6 over Saltfjellet. These receivers were equipped with red lights that started blinking if reindeer with transmitters were nearby.

A total of 181 adult female reindeer were instrumented with such collars towards the end of 2019. Operation reliability of the warning system was controlled 10 times during the test period, which lasted from November 25. 2019 until April 30. 2020, and the activity of 3 receivers with SIM cards were logged. A random selection of 39 additional transmitters were stored in a freezer and tested for battery capacity six times during a five-month period. Furthermore, the distance between the transmitters and a receiver, at the time the receiver started blinking, was measured.

The winter 2020 was characterized by stormy weather and poor grazing conditions at Saltfjellet, making it necessary to move the reindeer to coastal areas early in January. Thus, results regarding collisions are from the first month of the trial, only, and no animals were killed by cars during this period. This warning system was tested at the same location during the winters 2018 and 2019, as well. More than 500 reindeer were instrumented over the two years, and there were no collisions between vehicles and reindeer within the test distance these years, either.

The technology has been upgraded continuously throughout the project period 2018-2020. The operation reliability of the last generation of transmitters (2020) was calculated to 94,9, % after five months in operation (of which 4 ½ months in a freezer) and the battery capacity of the receivers is now around 4 months. The technology is regarded satisfactory, but opportunities for further improvements are described.

This third test at E6 Saltfjellet confirms that the electronic rein-warning system has promising potential. A final trial is necessary in order to assure the operating reliability and the mitigation effect before an eventual market release of the product.

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Nordland
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Alstahaug
STED/LOKALITET: Tjøtta

GODKJENT /APPROVED

Mats Höglind

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Grete H. M. Jørgensen

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Denne rapporten viser til resultater fra utprøvinger av et elektronisk varslingssystem for tamrein langs vei i 2019-2020. Varslingssystemet er utviklet som et ledd av INTERREG-prosjektet Animal Sense. Animal Sense har vært et større prosjekt, finansiert av Länsstyrelsen i Västerbotten (SE), Sametinget, Fylkesmannen i Nordland, Regional Council of Ostrobothnia (FI) og Nordland fylkeskommune gjennom Interreg Botnia-Atlantica programmet.

Vi ønsker å takke Per-Guttorm Kuhmunen, Per-Thomas Kuhmunen og Per Ole Oskal i Saltfjellet reinbeitedistrikt for deres hjelp og tilrettelegging for instrumentering av dyr, for at vi fikk lov til å bruke deres rein i forsøket og for deres egeninnsats under feltforsøket. Fra Mesta har Tor Ottar Emanuelsen Sandberg (fagarbeider drift) og Espen Mario Petersen (prosjektleder) bidratt med oppsetting av skilter, veistikker og mottakere. Tor Ottar har i tillegg gjort registreringer av mottakernes driftssikkerhet i løpet av feltforsøkene. Fra Statens vegvesen har vi hatt god støtte fra Marlene Landbakk, Henrik Wildenschild og Kenneth Bruun., bl.a. med godkjenning av teststrekning og skilt.

Tusen takk til alle for et godt samarbeid.

Tjøtta, 02.06.2020

Inger Hansen

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Påkjørsel av beitedyr	7
1.2	Tiltak	8
1.3	Utprøving av elektronisk varsling vintrene 2018 og 2019	8
1.4	Formål.....	9
2	Materiale og metode	10
2.1	Instrumentering av rein i 2019	10
2.2	Teknologi	10
2.3	Forsøksperiode og forsøksstrekning.....	11
2.4	Sender- og mottakerinnstillinger.....	12
2.5	Kontroll av varslingssystemet.....	13
2.6	Statstiske analyser	13
3	Resultater	14
3.1	Driftssikkerhet på mottakere vinteren 2019/2020.....	14
3.2	Driftssikkerhet på reinsendere vinteren 2019/2020	16
4	Diskusjon.....	18
4.1	Tapsforebyggende effekt.....	18
4.2	Driftssikkerhet på sendere og mottakere.....	18
4.3	Kvalitet på reinklavene	19
4.4	Utvidet bruk av varslingssystemet.....	19
4.5	Mulige forbedringer av teknologi og forsøksdesign.....	19
5	Konklusjoner	21

1 Innledning

1.1 Påkjørsel av beitedyr

Påkjørsler av tamrein på vei og bane et økende problem i Norge og i Europa (Hughes et al., 1996, Knapp et al., 2004, Rolandsen et al., 2015). I Norge skyldes dette økt trafikk og høyere hastighet, men ikke minst snøforhold og mørketid (fig. 1, 8).



Figur 1. Tamrein påkjørt på E6 like sør for Sørrelva på Saltfjellet i februar 2018.
Foto: Svein Morten Eilertsen.

Slike kollisjoner resulterer i betydelig økonomisk tap, men representerer også et stort velferdsmessig problem, både for dyr og mennesker. I Norge har mer enn 3000 tamrein blitt påkjørt av tog de siste 10 år (Rolandsen et al., 2017, Stanimirov et al., 2018). Tall fra Bane NOR viser at det i 2017 ble påkjørt 514 reinsdyr bare på Nordlandsbanen, til en kostnad på over fem millioner kroner. Fordi reinen har et sterkt flokkinstinkt, er så mange som 80 dyr blitt drept av toget i samme hendelse. Hovedproblemene med påkjørsler av rein på jernbanen over Saltfjellet er i oktober til mars, med en topp i januar (Rolandsen et al., 2017).

Skadekostnadene for en gjennomsnittlig personskaueulykke mellom bil og dyr er ca. 2 mill. kr. (i 2007). Dette gjelder alle påkjørsler av dyr hvor minst én person kommer til skade, jf. Transportøkonomisk institutt (https://tsh.toi.no/doc632.htm#anchor_21848-30) (Trafikksikkerhetshåndboken). Forventede skadekostnader i dyrepåkjørsler er estimert til 156.121 kr. per elgpåkjørsel og 12.896 kr. per påkjørsel av annet hjortevilt. Dette gjelder alle påkjørsler hvor dyret blir drept, uansett om en person faktisk blir skadet eller ikke. Risikoen for å bli drept eller meget alvorlig skadd er 50 ganger så stor i en elgpåkjørsel som i en påkjørsel av annet hjortevilt.

Det finnes ingen studier og lite statistikk over påkjørsler av tamrein på vei i Norge. Vi må likevel anta at den mest utsatte perioden for påkjørsler av tamrein er sammenfallende på vei og bane, dvs. fra oktober til mars, med aller høyest ulykkes frekvens i den mørkeste årstida.

1.2 Tiltak

Det er prøvd ulike tiltak for å redusere påkjørsler av rein og andre hjortedyr på vei og bane. Disse kan deles inn i fire hovedkategorier: 1) tiltak som skiller hjortedyr fysisk fra vei og bane (eks. viltgjerde); 2) tiltak som reduserer den lokale tettheten av hjortedyr langs trafikkorridorene; 3) skremmelstiltak som forhindrer hjortedyra å krysse og 4) tiltak som reduserer sannsynligheten for påkjørsel når dyra er ved/på veien (eks. krattrøydding, varselskilt). Viltgjerder har vist seg å være det mest effektive tiltaket for å forhindre trafikkulykker med hjortevilt, men slike gjerdeanlegg er svært dyre og krever også viltpassasjer i form av over- eller underganger (Rolandsen et al., 2017).

Elektroniske systemer med hensikt å skremme viltet er oftest basert på lyd- eller lyssignaler. Effekten på tamrein, og spesielt i mørket, er ikke kjent (Wagner et al., 2019). Dessuten vil dyr bli tilvendt ganske fort til slike tiltak (Bomford & O'Brien, 1990). Forebyggende tiltak som varsler føreren, basert på ulike detekteringssystemer for vilt, er mer lovende. Problemet med uspesifiserte detekteringssystemer (IR-kameraer, bevegelsessensorer, bølgebrytningssystemer osv.), er at de utløser mange feil-signaler (falske positive), fordi systemene ikke er spesifikke nok (Huijser et al., 2005). Detektering av GPS-instrumenterte dyr knyttet til GEOfencing (virtuelt gjerde) er en annen mulighet, men slik gjerdeteknologi er ennå prematur og systemene er for kostbare per i dag.

Dersom en ikke velger et fysisk stengsel, vil tiltak som fokuserer på førers atferd (tiltakskategori 4 over), og ikke viltets atferd, ha best effekt (Wagner et al., 2019). En reduksjon av kjørefarten kan øke muligheten for bilistene til å oppdage dyr i vegen, unngå disse, eller gjøre påkjørsler mindre alvorlige. Sammenhengen mellom fart og antall elgpåkjørsler har blitt undersøkt i Sverige (Seiler, 2005). Seiler fant at en fartsreduksjon på 2 km/t førte til en reduksjon av antall ulykker på 15% og en fartsreduksjon på 10 km/t førte til en reduksjon av antall ulykker på 56%. Det ble i denne studien kontrollert for en rekke andre faktorer, bl.a. trafikkmengde, viltgjerder og elgtetthet.

En rimelig teknologi for sanntids-gjenkjenning og varsling av dyr, basert på et sender/mottakersystem og begrenset til de mest kollisjonsutsatte strekningene, kan være en god løsning for tamrein (fig. 2, 3, 8). Senderen må være lett, rimelig, ha stor batterikapasitet (> 1 år) og må ikke føre til ising på reinklaven. Mottakeren skal varsle bilfører kun når det er rein i/nært veien og må ha tilstrekkelig batterikapasitet til å dekke den mørkeste perioden på vinteren i Nord-Norge. Dersom mottakerne har en kapasitet på ca. 3 måneder, vil det holde med ett batteribytte for å ha aktivt varslingssystem fra oktober til mars måned. Både sendere og mottakere må kunne fungere over tid i et barskt, arktisk klima.

1.3 Utprøving av elektronisk varsling vintrene 2018 og 2019

Gjennom Interregprosjektet Animal Sense har Universitetet i Umeå i samarbeid med Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) utviklet et elektronisk varslingssystem med formål å varsle bilførere om at det er rein i nærheten av veibanen. NIBIO har innledningsvis testet de første generasjonene av sendere og mottakere på sau på Tjøtta (65° N) i Alstahaug kommune og på rein i innhegning på Tverrvatnet (66° N) i Rana kommune. I tillegg ble systemet testet ut i større skala vintrene 2018 og 2019, hvor over 500 reinsimler ble instrumentert med sendere i Saltfjellet reinbeitedistrikt (Hansen et al., 2019). Senderne kommuniserte med 40 mottakere plassert ut langs en teststrekning på 4,5 km langs E6 over Saltfjellet.

Resultatene fra denne storskala testing på E6 over Saltfjellet vintrene 2018 og 2019 var lovende. Ingen rein, verken med eller uten sendere, ble påkjørt innenfor teststrekningen i løpet av testperiodene disse to vintersesongene. Det var kontinuerlig oppgradering av teknologien gjennom prosjektperioden og driftssikkerheten til mottakerne økte med 50 % fra 2018 til 2019 etter justeringer av kommunikasjonen mellom sendere og mottakere (25 % av mottakerne var tomme for batteri etter to måneders drift i 2018, mens det var først etter tre måneders drift at strømforsyningen begynte å svikte for en tilsvarende andel mottakere i 2019).

Senderne hadde tilfredsstillende batterikapasitet, men testing av 180 sendere i februar 2019 viste at 35 % var defekte. Årsaken lå i mikrokontrolleren som ble benyttet i 2019-generasjonen sendere. I 2018 meldte reineierne at enkelte halsklaver gikk i stykker og en del sendere ble derfor mistet på beite. I 2019 ble det byttet produsent av halsklaver og ingen av de nye halsklavene ble ødelagt under utprøvingen 2019.

Vi konkluderte med at varslingsystemet var lovende som supplement til viltgjerder for bruk langs vei, med mulige tilpasninger også for jernbanen. Ytterligere forsøk er imidlertid påkrevet for å dokumentere effekten av justeringer i programvare, teknologi og materialvalg.

1.4 Formål

Formålet med utprøvingene vinteren 2020 var å teste driftssikkerhet og forebyggende effekt av det elektroniske reinvarslingsystemet, etter tilpasninger gjort som følge av tidligere storskalaforsøk.



Figur 2. Den nyeste generasjonen av mottaker og sender.
Foto: Johannes Karlsson.



Figur 3. Simler med klaver påmontert reinsendere.
Foto: Svein Morten Eilertsen.

2 Materiale og metode

2.1 Instrumentering av rein i 2019

Totalt 181 voksne reinsimler ble instrumentert med reinklaver påmontert radiosendere i perioden november-desember 2019. Reinsimler i samme område med eldre radiosendere fikk beholde disse klavene på, men mottakerne var innstilt slik at de responderte kun på den nyeste generasjonen sendere. Alle dyra befant seg i nærliggende områder til forsøksstrekningen på E6 over Saltfjellet ved forsøksstart.

Tabell 1. Nøkkeltall for uttesting av varslingsystemet for rein vinteren 2019/2020.

	2020
Antall mottakere	35, hvorav 3 med SIM
Antall reinsendere	181
Kilometer forsøksstrekning	3,5 km
Instrumentering rein, Per-Ole Oskal	75
Instrumentering rein, Per-Thomas Kuhmunen	70
Instrumentering rein, Per-Guttorm Kuhmunen	36
Igangsetting av sendere og mottakere ved henting i Sverige	25.11.2019
Montering mottakere	09.12.19
Prosjektperiode, tapsforebyggende effekt	09.12.2019-09.01.2020
Prosjektperiode, driftssikkerhet	25.11.2019-30.04.2020

2.2 Teknologi

Varslingssystemet er utviklet og designet ved Umeå Universitet Embedded Systems Lab. Teknologien i reinsenderne er basert på vanlig 805.15.4 866 MHz radiobølger. Reinsenderen sender radiosignaler med rekkevidde på ca. 100 meter. Det er montert mottakere av disse radiobølgene på stikker langs veien (E6). Disse mottakerne er utstyrt med røde lysdioder som begynner å blinke når reinen nærmer seg (fig. 2, 3, 8). Batteriene i reinsenderne har en estimert levetid på opp mot fem år, senderen er meget liten og lett og prisen per enhet er lav (ca. NOK 100,-). Mottakerne er mer energikrevende og batterilevetiden for disse i 2018 var ca. to måneder. For 2019-sesongen ble mykvaren i mottakerne endret for å forlenge batterilevetiden. Det ble i tillegg lagt til en komponent i mottakerne for at de skulle være mer stabile i drift og restarte ved en eventuell «krasj». Med den nye mykvaren ble estimert batteritid beregnet til drøye fire måneder.

Mottakerne var stilt inn slik at de ble aktiverte, dvs. blinklyset begynte å varsle, når reinen var 50-100 meter unna. Når en mottaker ble aktivert, sendte den i tillegg ut radiobølger for å starte alle andre mottakere som fantes innen rekkevidden fra den. Rekkevidden mellom mottakerne var noe lengre enn fra sender til mottaker, slik at alle mottakere opp mot en avstand på ca. 100 meter starter samtidig.

Samtlige sendere og mottakere benyttet i forsøkene ble testet og «klarert» ved Universitetet i Umeå før forsendelse til Norge. Batterikapasitet og materialvalg for innstøping/kasse ble testet ved å legge både sendere og mottakere i en fryser (-18 °C) gjennom et knapt år.

Grunnet spesielle utfordringer under 2020-produksjonen av sendere, ble det gjort noen innstillingsjusteringer mht. lytterfrekvens og senderfrekvens for å øke batterikapasiteten. Dette innebar i praksis at når en reinsender kom innenfor rekkevidden til mottakeren, kunne det ta mellom 0 og 60 sekunder før mottakeren begynte å blinke (se diskusjonskapittelet). 2020-generasjonen sendere ble også utstyrt med helt nye radioer for å eliminere problemet med defekte mikrokontrollere som hadde oppstått i senderne fra 2019.

2.3 Forsøksperiode og forsøksstrekning

Forsøksstrekningen ble lagt til E6 over Saltfjellet (66° N), nærmere bestemt fra Sørrelva brøytestasjon og sørover. Mottakere (blinklys) ble montert på 4 m høye jernstikker, plassert 2 m på utsiden av veiskulderen med 90-125 m mellomrom. Totalt 35 mottakerne ble montert opp over en 4 km lang teststrekning (samme teststrekning som tidligere år) den 9. desember 2019, og demontert 30. april (tab. 1). Det ble etablert en 2 km lang kontrollzone uten varslingsystem på hver side av teststrekningen, dvs. rett nord og sør for denne.

Grunnet særdeles vanskelige beiteforhold med mye snø, uvær og låste beiter, måtte reinen flyttes fra Saltfjellet i begynnelsen av januar. Det var derfor ikke mulig å måle den tapsforebyggende effekten av varslingsystemet gjennom hele vinteren, og testperioden begrenset seg til én måned fra 09.12.19 til 08.01.2020.



Figur 4. Jernstikker langs veien påmontert mottaker med blinklys.
Foto: Svein Morten Eilertsen.



Figur. 5. Skiltvarsling av teststrekningen.
Foto: Svein Morten Eilertsen.

2.4 Sender- og mottakerinnstillinger

Det oppsto en del problemer for å få klargjort sendere og mottakere ved Umeå University Embedded Lab Systems (UUELS) tidsnok til årets testsesong. Den europeiske produsenten av senderne hadde glemte å sette inn radiokretsen og alle senderne måtte derfor sendes tilbake for ettermontering av radiokortene. UUELS tapte mye tid på dette. Senere ble det oppdaget at senderne mistet betydelig mer i radiosignal enn forventet ved innstøping i halsklavene fordi antennen ikke hadde blitt tilstrekkelig tilpasset til støpehullet i halsklaven. UUELS løste dette ved å øke effekten ut fra radiosenderne, noe som medførte at batteriforbruket økte. For å beholde noen års levetid på senderne ble det derfor besluttet å stille senderne inn slik at de sendte radiosignaler noe sjeldnere enn tidligere. Det var heller ikke tid eller budsjett til å bygge helt nye mottakere, men 2019-generasjonen ble modifisert og fikk nye radiomottakere. Dette resulterte i at også mottakerne dro langt mer strøm enn hva de skulle ha gjort med en helt ny konstruksjon og samme type radio som sitter i 2020-generasjonen av senderne. For å få tilstrekkelig batteritid på mottakerne, er disse innstilt slik at de kun hører etter senderne 1/3 av tiden sammenliknet med tidligere (hvert 60. sekund kontra hvert 20. sekund tidligere).

Kombinasjonen av sendere som sender litt sjeldnere og mottakere som ikke hører etter signalene hele tiden, gjør at det kan ta mellom 0 og 60 sekunder fra en sender kommer innen rekkevidde til mottakeren, før den begynner å blinke. I praksis skal ikke dette ha så stor betydning, spesielt siden radiosignaler fra én sender kan nå fram til flere mottakere (som igjen trigger sine nabo-mottakere). Det er ofte også flere dyr med senderklaver som befinner seg i samme område. Dette betyr at risikoen er liten for at det skal ta opp mot 60 sekunder innen en mottaker begynner å blinke når et dyr krysser/er i nærheten av veien.

2.5 Kontroll av varslingsystemet

Mesta kontrollerte og loggførte funksjonaliteten av varslingsystemet ved å kjøre sakte forbi hver av mottakerne med en sender liggende i bilen. Enhver mottaker som ikke ble aktivert av denne testsenderen gjennom forsøksperioden ble registrert. Kontrollene ble utført 10 ganger gjennom testperioden (tab. 2). Aktivitetsrapporter fra de tre mottakerne med SIM-kort ble i tillegg sendt til prosjektets webside (<http://erw.elsys.se/saltfjellet.php>) hver time (tab. 3).

Et tilfeldig utvalg av 39 reinsendere ble oppbevart i en fryser (- 18° C) fra 17.12.2019 og utover på NIBIO Tjøtta. Disse ble merket fortløpende fra nr. 1 til 39 og ble testet for batterikapasitet gjennom vinteren. Senderne skulle blinke grønt hvis de fungerte, men når batterispenningen i mottakerne ble for lav, lyste diodene i mottakerne blått. Senderne ble også testet enkeltvis mot en mottaker i mars 2020 ved å kjøre sakte mot mottakeren med hver sender liggende i fronten av bilen og måle avstand mellom sender og mottaker når mottakeren startet å blinke. I tillegg ble varigheten på blinkinga registrert. Denne prosedyren ble repetert tre ganger for å kunne si noe om driftssikkerhet og kontinuitet (tab. 4).

Testperioden for sendere og mottakere var fra igangsetting ved henting i Umeå den 25.11.2020 til siste logg/sjekkpunkt-dato, 30.04.2020 (tab. 1), dvs. drøye fem måneder.

2.6 Statistiske analyser

Deskriptiv statistikk er benyttet for å vise endringer i funksjonalitet for sendere og mottakere. Grunnet svært avkortet periode med rein på Saltfjellet denne vinteren, ble det ikke nok data for å kjøre tester av påkjørsler i testområdet versus kontrollområdet.

3 Resultater

3.1 Driftssikkerhet på mottakere vinteren 2019/2020

Tabell 2 viser hvor mange mottakere som sluttet å fungere gjennom testvinteren 2020. Én mottaker ble borte mellom tredje og fjerde loggrunde (etter 17.04). Av tabellen ser vi at mottakerne for alvor begynner å gå ut av drift i månedsskiftet februar/mars, etter omtrent fire måneders bruk. Den 30.02.2020 var 6 mottakere (17,1 %) ute av drift, mens den 02.03 var det hele 11 mottakere (31,4 %) som ikke virket. Dette skyldes høyst sannsynlig at batteriene begynte å bli utladet.

Tabell 2. Tilsyn og loggføring av de 35 testmottakerne i 2020.

Dato	Temp. og vær	Mottakere ute av drift	ID-nummer	Notater
13.12 2019	-1,6 °C, skyet, opphold	2	5, 20	Visuell kontroll. 20 rein i området, øst for jernbanen. Trekker nordover.
19.12 2019	-3 °C, skyet opphold	1	9	Visuell kontroll. 20 rein i området, øst for jernbanen. Reinkadaver E6 Hp 15m 17346, venstre side.
07.01 2020	+1,2 °C, opphold	0		Visuell kontroll. Ingen reinobservasjoner.
03.02 2020	-4,3 °C, overskyet med lette snøbyger	0		Visuell kontroll. Mottaker 32 stopper å blinke etter to minutter
12.02 2020	-2 °C, opphold, skyet	2	25, 32	Visuell kontroll. Begge defekte mottakere med SIM.
18.02 2020	0 °C, snø	2	25, 32	Visuell kontroll. Begge defekte mottakere med SIM.
30.02 2020	-6 °C, skyet opphold	6	2, 4, 7, 22, 25, 32	Visuell kontroll.
02.03 2020	-11 °C, lett skyet, opphold, flau vind	11	2, 4, 7, 11, 14, 16, 17, 19, 22, 25, 32	Mange mottakere som ikke fungerer. Er det testsenderen som ikke virker eller er det batteriene i mottakerne?
10.03 2020	-1,9 °C, overskyet, stille	14	1, 2, 4, 5, 7, 9, 11, 14, 17, 19, 22, 25, 32, 34	Prøvde med ny testsender. Viser seg å være mange mottakere uten batteri nå. Ventet ett minutt ved flere av mottakerne for å se om de ble aktiverte, men ingen respons. Mottaker 26 mangler den hvite hetta på globen.

19.03.2020	-14 °C, sol og lett skyet	14	1, 2, 4, 5, 7, 9, 11, 14, 17, 19, 22, 25, 32, 34	Mottaker nr 26 mangler den hvite hetta på globen.
28.04.2020	-1,4 °C, pent og vindstille	35	Ingen av mottakere virker.	Mottaker nr. 8 mangler (borte?). Nr. 26 og 35 mangler den hvite hetta på globen.

Mottakere nr. 32, 77 og 70 på Saltfjellet hadde SIM-kort. I tabell 3, vises eksempler på aktivitetsrapporter på utvalgte sjekkpunkt-dager. «Count» er det akkumulerte antall ganger mottakeren har sendt statusrapporter til serveren siden igangsetting den 25.11.2020. "Active" er et tall som beskriver i hvilket to-minutters-perioder som mottakeren har blinket den siste timen. «0» i denne kolonnen betyr at mottakeren ikke har blitt aktivert fra angitt klokkeslett (i siste kolonne) og én time tilbake i tid.

Tabell 3. Rapportert aktivitet via mottakere med SIM-kort på utvalgte sjekkpunkt-dager.

Dato	SIM-mottaker	Count	Active	Klokkeslett
03.01 2020	32	921	0	06:26
	77	874	0	08:09
	70	901	0	08:15
06.01 2020	32	989	0	03:23
	77	938	0	
	70	967	1000	03:08
23.01 2020	32	1404	4000	14:42
	77	1343	0	14:29
	70	1382	0	14:32
27.02 2020	32	1496	0	11:37
	77	1435	0	11:28
	70	1474	0	11:30
04.02 2020	32	1683	0	08:31
	77	1617	0	08:22
	70	1662	0	09:27
12.02 2020	32	1875	0	10:26
	77	1801	0	
	70	1853	0	10:23
17.02 2020	32	1993	0	09:37
	77	1940	0	09:25
	70	1971	0	09:34

3.2 Driftssikkerhet på reinsendere vinteren 2019/2020

Senderne innstøpt i halsklaver som ble oppbevart i fryseren på NIBIO ble testet for batterikapasitet totalt sju ganger gjennom forsøksperioden (tab. 4). Alle senderne som fungerte blinket grønt, men ettersom batterikapasiteten ble dårligere kunne vi observere at lyset skiftet fra grønt til blått og at blinkingen i selve senderen ble sjeldnere og svakere. For eksempel oppdaget vi ved første test at sender nr. 19 ikke blinket i det hele tatt, mens sender nr. 15 blinket blått den 14.01.2020 og svakt fra 02.02.20. Den 30.03,2020 hadde sender nr. 15 helt sluttet å blinke.

Tabell 4. Driftssikkerhet på 39 reinsendere som har ligget i fryser (-18 °C) siden desember 2019.

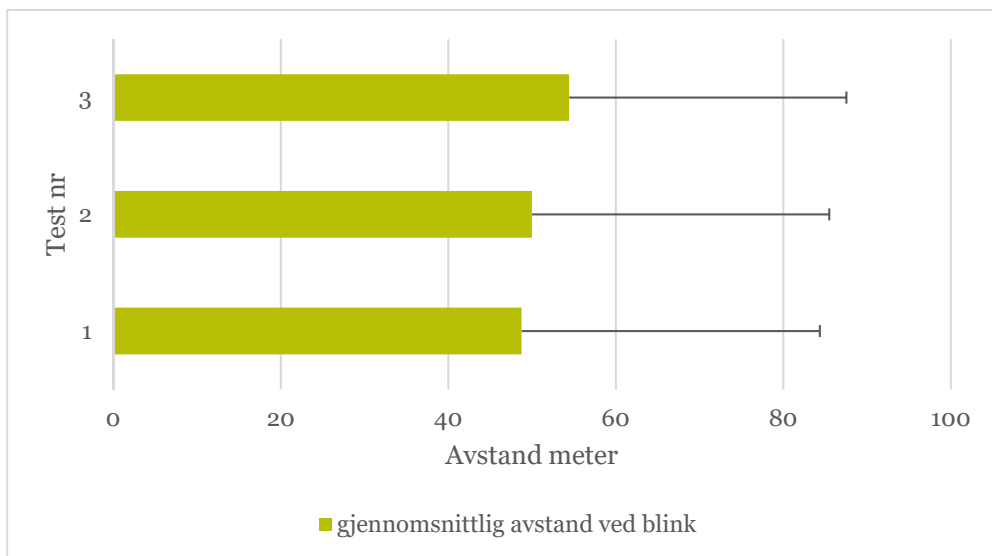
Test dato	Antall sendere som virker	% av tott antall	Antall sendere som blinker sjelden/svak blink
17.des.19	38	97,4	0
02.jan.20	38	97,4	2
06.jan.20	38	97,4	1
14.jan.20	38	97,4	1
04.feb.20	38	97,4	1
30.mar.20	37	94,9	3
29.apr.20	37	94,9	3

Resultatene viste at 37 av 39 sendere fungerte som de skulle, dvs. driftssikkerheten på senderne fra igangsetting den 25.11.2019 til siste test den 29.04.2020 (totalt 5 måneder, hvorav 4 ½ måneder i en fryser) var 94,9 %.

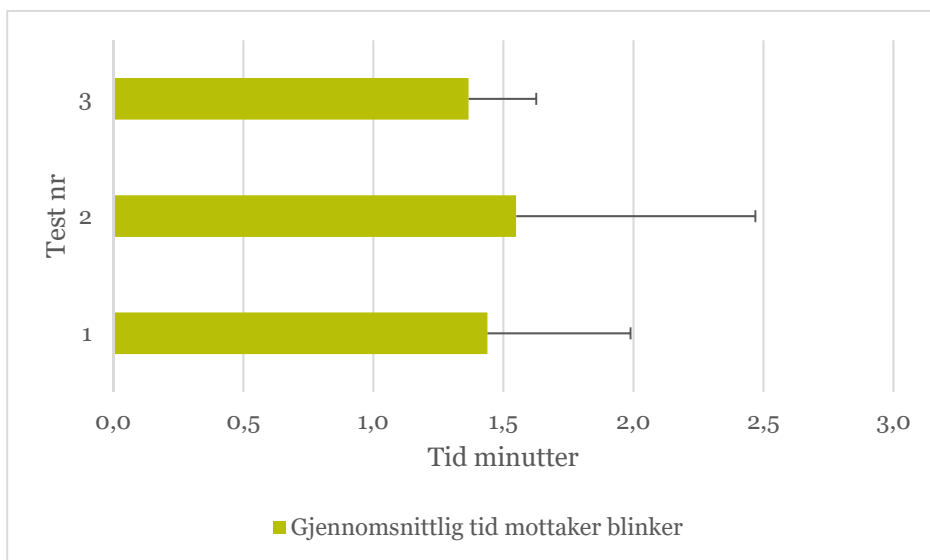
I tillegg ble det notert at de ulike halsklavene hadde ulik kvalitet i plasten avhengig av fargen de hadde. Særlig de røde og brune halsklavene var svært stive og etter kort tid i fryser kunne en ane tretthetsskader i plasten ved bøyning/knekking og festing av endestykkene i låsen. Det er derfor svært viktig at plasten er av god nok kvalitet for at disse halsklavene skal fungere i felt over lengre perioder. Plasten må heller ikke være for myk. Reineierne har ved tidligere års utprøver rapportert at enkelte simler mistet sine sendere fordi halsklavene hadde en svakhet i låsen som gjorde at de falt av.

I mars måned 2020 ble de 39 senderne fra fryseren testet mot en mottaker. Av 39 sendere var det to som ikke fungerte ved noen av de tre gjentakene (nr. 15 og 19), mens én sender feilet i gjentak 2 og 3 (nr. 10) og ytterligere én sender feilet i gjentak 3 (nr. 23). Driftssikkerheten var med dette 89,7 %.

Gjennomsnittlig avstand mellom sender og mottaker da mottakeren startet å blinke var 54,4 meter. Minste og lengste avstand målt var hhv. 3 meter og 130 meter (fig. 6). Gjennomsnittlig tid mottakeren blinket var 1,3 minutter, med korteste tid målt til 1,19 minutter og lengste til 2,09 minutter (fig. 7).



Figur 6. Gjennomsnittlig avstand (m + STD) mellom sender og mottaker når mottakeren begynte å blinke. Vist for hvert av de tre gjentakene (test nr).



Figur7. Gjennomsnittlig tid (minutter + STD) som mottakeren blinket. Vist for hvert av de tre gjentakene (test nr).

4 Diskusjon

4.1 Tapsforebyggende effekt

Ingen dyr, verken med eller uten sendere, ble påkjørt innenfor teststrekningen i løpet av testperiodene i 2018, 2019 og 2020. Den forebyggende effekten er imidlertid utfordrende å teste statistisk, bl.a. fordi vi ikke hadde funksjonelle kontrollsoner i 2018 og 2019. Dette hadde vi i 2020, men grunnet værforholdene var testperioden med rein i området så kort at også denne sesongen sier lite om den tapsforebyggende effekten, selv om ingen dyr ble påkjørt.

Selv om viltgjerder har vist seg å være mest effektive til å forhindre påkjørsler, er slike gjerdeanlegg svært kostbare. Etablering av viltgjerder må derfor begrenses til de aller mest kollisjonsutsatte strekningene (Rolandsen et al., 2017). Dette nye reinvarslingssystemet er ment som et supplement på kollisjonsutsatte strekninger i Norge som ikke har viltgjerder. Elektronisk varsling fragmenterer ikke reinbeiteområdet, det er heller ikke til hinder for annet vilt eller menneskelig ferdsel. Dersom reiene disponerer flyttbare mottakere, kan de f.eks. sette disse langs vei når reinflokken skal passere vei under de sesongmessige reinflyttingene.

Siden rein er en art med sterkt flokkinstinkt, mener vi at det ikke vil være nødvendig at alle individer utstyres med sendere, noe som også indikeres av våre resultater. Det vil sannsynligvis også være tilstrekkelig å drifte varslingssystemet vinterstid, når det er mørkt og faren for påkjørsler er størst (Rolandsen et al., 2015, Rolandsen et al., 2017, Stanimirov et al., 2018).

Internasjonal litteratur viser en positiv sammenheng mellom fart og påkjørsels frekvensen av hjortevilt (Gunther et al., 1998, Bertwistle, 1999, Knapp et al., 2004, Seiler, 2005, Meisingset et al., 2014). Vi tror at varslingssystemet har en generelt preventiv effekt på kollisjoner med tamrein ved at bilistene senker hastigheten når de ser blinklysene som signaliserer rein på/ved veien. Dette bør dokumenteres med fartsmålinger dersom varslingssystemet skal testes flere ganger.

4.2 Driftssikkerhet på sendere og mottakere

Det har vært kontinuerlig oppgradering av teknologien gjennom prosjektperioden. Batterilevetiden til mottakerne økte med 50 % fra 2018 til 2019 (fra 2 til 3 måneder, mål: minimum 75 % driftssikkerhet oppnådd) etter noen justeringer av kommunikasjonen mellom sendere og mottakere. Testingen på Saltfjellet vinteren 2020 viste at vi med de siste justeringene har oppnådd en batterilevetid på 4 måneder med minimum 75 % driftssikkerhet for mottakerne. Dette er én måned lenger levetid enn i 2019. Fire måneders driftsperiode for varslingssystemet anses som tilfredsstillende, siden dette dekker den mørkeste perioden på vinteren. Fordi det er fullt mulig å bytte batterier på mottakerne som står langs veien, er det ikke avgjørende at mottakerne må ha batterikapasitet til hele vintersesongen. At noen få mottakere synes å være ustabile tidlig i testperioden, er høyst sannsynlig ikke reelt. Loggpersonalet var på dette tidspunkt ikke gjort oppmerksomme de spesielle sender- og mottaker innstillingene i år, og at de derfor måtte vente inntil et minutt for å utløse blinking.

Driftssikkerheten for testsenderne ved NIBIO Tjøtta vurderes som god (94,9 %) etter fem måneders drift, hvorav 4 1/2 måneders oppbevaring i fryser. Gjennomsnittlig avstand mellom sender og mottaker når mottakeren startet å blinke var 54,4 meter. Dette er innenfor angitte rekkevidde på 50-100 meter, men variasjonen var stor (3-130 meter). Det var de samme senderne (nr. 15 og 19) som feilet i «fryser-testen» som også feilet i «mottaker-testen», men ytterligere to sendere var ustabile i mottaker-testen (nr. 10 og nr. 23). Stor variasjonsbredde i sendernes rekkevidde og ustabilitet for to av senderne i denne mottaker-testen kan igjen skyldes årets innstillinger av lytter- og senderfrekvens. Som sagt, resulterer kombinasjonen av sendere som sender signaler hvert 60. sekund og mottakere som ikke hører etter signalene hele tiden i at det kan ta mellom 0 og 60 sekunder fra en sender kommer innen

rekkevidde til mottakeren, før mottakeren begynner å blinke. Det er kun ved testing av senderne enkeltvis at man kan få denne uheldige effekten. I en reinflokk med mange senderklaver er risikoen svært liten for at det skal gå opptil et minutt før en mottaker aktiveres (se kap. 2.4).

4.3 Kvalitet på reinklavene

Vi fikk i år tilbakemelding fra en reineier om at låsemekanismen på enkelte halsklaver ikke var optimal. Klavene var fra flere produsenter. Noen var av stivere og hardere plast, som vi tenkte kanskje kunne knekke i kulden eller gnage på nakken til dyra. Dette fikk vi ingen tilbakemeldinger om, selv om vi selv noterte at to av senderne som lå i fryseren ved NIBIO Tjøtta hadde sprekkdannelse etter manipulering. Ved en eventuell ny utprøving vil vi, så langt det er mulig, kjøpe reinklaver fra samme produsent som laget klavene vi benyttet i 2019. Disse hadde god kvalitet, men grunnet spesielle krav til farger for å identifisere dyra til eier, var det ikke mulig å få tak i mange nok av lik kvalitet i år.

4.4 Utvidet bruk av varslingssystemet

Et varslingssystem som fungerer for tamrein, vil med minimale tilpasninger også kunne benyttes på alle husdyrarter som går fritt på utmarksbeite om sommeren. Det er for eksempel kjent at beitedyr trekker inn i tunneller på varme sommerdager, noe som medfører kollisjonsfare både langs vei og jernbane. En videre løsning som krever mer utviklingsarbeid, er å kople aktivitet av en mottaker til en mobil app som bilsjåførene kan laste ned.

Per i dag er det ingen teknologiske løsninger som vil hindre kollisjoner mellom tog og tamrein på norske jernbanestrekninger (Wagner et al., 2019), spesielt ikke i et værhardt, arktisk klima. Redusert toghastighet vil kunne redusere antall dyrepåkjørslar (Kistler, 1998, Romer & Mosler-Berger, 2003, Mosler-Berger & Romer, 2003), og dette er også et tiltak som etterspørres av reineierne (Rolandsen et al., 2017). Wagner et al. (2019) anbefaler elektroniske løsninger som involverer sanntids-varsling til lokføreren, med senking av hastigheten og tilstrekkelig nedbremsingsdistanse som resultat. Vi vurderer tilpasninger av vårt nye, elektroniske reinvarslingssystem til jernbanen som mulig. Ved å supplere alle mottakerne med SIM-kort, kan togfører (og også reineiere) motta et varsel per SMS når rein med senderklave har aktivert en mottaker. Mer avanserte teknologiske løsninger med kartapplikasjoner der lokfører får opp varsel på kartet knyttet til den enkelte mottaker som mottar signaler fra reinsdyr er også mulig. Slik løsning vil kreve teknologisk utvikling/tilpasninger.

Et annet bruksområde for reinsenderne er identifikasjon av enkeltindivider. Siden hver sender har et unikt ID-nummer, er det mulig å kople dette til eier, alder på dyret, kjønn og annen individbasert informasjon. I framtida tror vi det kan være mulig å skanne hele reinflokker (som har øremerker eller klaver med reinsendere) ved å bruke en drone med mottaker montert på undersiden (Aspholm & Jørgensen, 2016).

En fjerde mulighet for bruk av denne teknologien er automatisk registrering av hvilken kalv som tilhører hvilken simle i tilknytning til den årlige kalvemerkinga. Dette krever noe videreutvikling av sender/mottakersystemet.

4.5 Mulige forbedringer av teknologi og forsøksdesign

Det er mulig å komme ned til 0-10 sekunders senderfrekvens, og enda ha en batterilevetid på 7 år for senderne og 6 måneder for mottakerne. Dette kan oppnås dersom antennen tilpasses bedre mot reinklaven, samtidig som en helt ny mottaker med samme radio som i senderen produseres.

Det er også mulig å utvikle en applikasjon til mobiltelefon for logging/avlesing av ID-numrene til alle sendere som aktiverer en SIM-mottaker. En slik applikasjon vil kunne være til stor hjelp ved testing av senderne for driftssikkerhet.

Ved en ny utprøving av varslingsystemet bør forsøksdesignet være slik at det er mulig å teste den tapsforebyggende effekten statistisk, det bør etableres fartsmålinger både på teststrekningen og i kontrollsonen, og det bør settes GPS på så mange rein som mulig for å dokumentere områdebruken til flokkene bedre.

5 Konklusjon

Den tredje utprøvingen av det elektroniske reinvarslingssystemet på E6 over Saltfjellet bekrefter at systemet har et lovende potensial. Ingen dyr, verken med eller uten sendere, er påkjørt innenfor teststrekningen gjennom testperiodene i 2018, 2019 og 2020. Batterilevetiden for mottakerne (ved minimum 75 % driftssikkerhet) er nå (2020) fire måneder og driftssikkerheten for senderne er 94,9 %. Dette anses som tilfredsstillende.

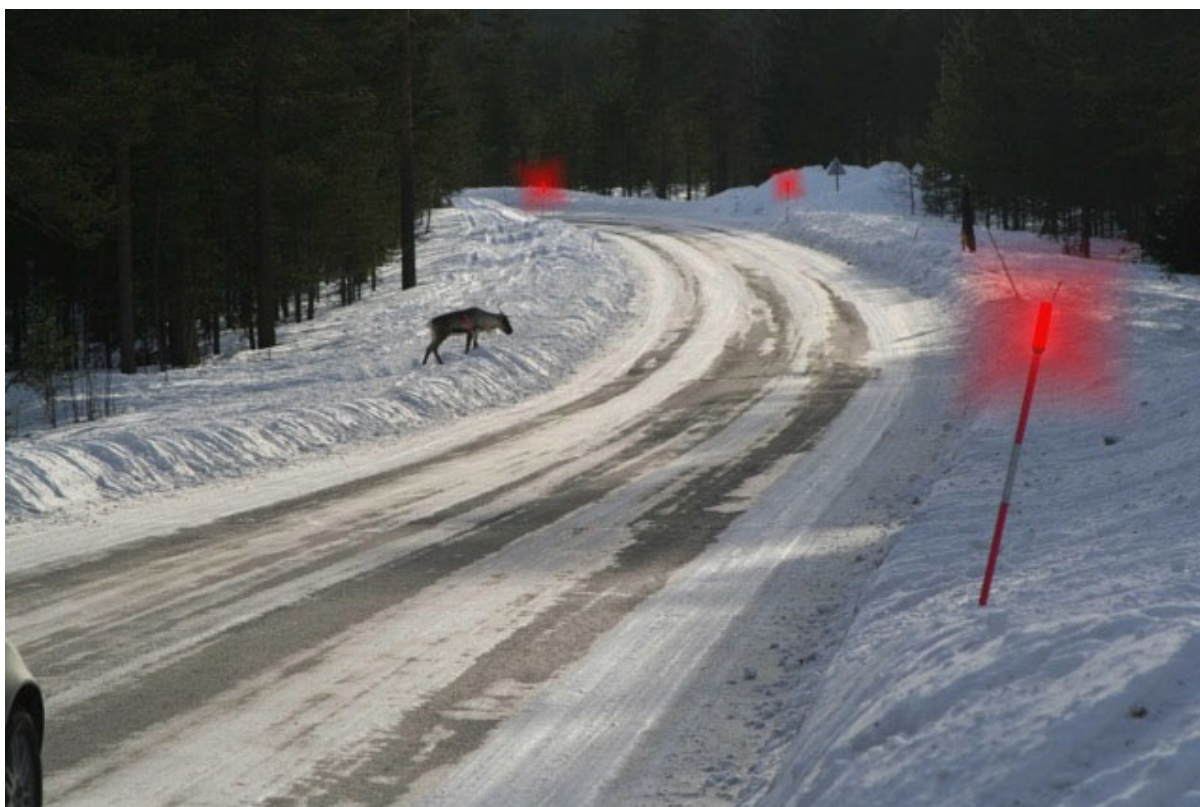
Ytterligere dokumentasjon av tapsforebyggende effekt og testing av driftssikkerhet over tid under arktiske vinterforhold er viktig før systemet kan settes i større produksjon og slippes på markedet.

Litteratur

- Aspholm, P.E. & Jørgensen, G.H.M. (2016) Kobling av RFID teknologi og droner i reindrifta. *NIBIO Rapport 2 (102)*, 1-15.
- Bertwistle, J. (1999) The Effects of Reduced Speed Zones on Reducing Bighorn Sheep and Elk Collisions with Vehicles on the Yellowstone Highway in Jasper National Park. *In: Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*. Held in Missoula, MT, September 13 to 16, 1999, 727-735.
- Bomford, M. & O'Brien, P.H. (1990) Sonic deterrents in animal damage control: A review of device tests and effectiveness. *Wildlife Society Bulletin 18*, 411-422.
- Gunther, K.A., Biel, M.J. & Robison, H.L. (1998) Factors Influencing the Frequency of Road-killed Wildlife in Yellowstone National Park. *In: Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*. Held in Fort Myers, FL, February 9 to 12, 1998, 395-405.
- Hansen, I., Eilertsen, S.M., Jørgensen, G.H.M. & Karlsson, J. (2019) Utprøving av nytt reinvarslingssystem på E6 over saltfjellet . Vintrene 2018 og 2019. *NIBIO Rapport 5 (79)*, 1-20.
- Hughes, W.E., Saremi, A.R. & Paniati, J.F. (1996) Vehicle-animal crashes: an increasing safety problem. *Institute of Transportation Engineers Journal 66*, 24-28.
- Huijser, M.P., McGowen, P.T., Camel, W., Hardy, A., Wright, P. & Clevenger, A.P. (2005) Animal vehicle crash mitigation using advanced technology. Phase I: review, design and implementation. *Technical Report by the Western Transportation Institute, Montana State University, USA*.
- Kistler, R. (1998) Wissenschaftliche Begleitung der Wildwarnanlagen Calstrom WWA □ 12 □ S. Juli 1995 □ November 1997. *Schlussbericht*. Infodienst Wildbiologie and Ökologie. Zürich, Switzerland.
- Knapp, K., Yi, X., Oakasa, T., Thimm, W., Hudson, E. & Rathmann, C. (2004) Deer-vehicle crash countermeasure toolbox: a decision and choice resource. Final report. *Report Number DVCIC – 02*. Midwest Regional University Transportation Center. Deer-Vehicle Crash Information Clearinghouse. University of Wisconsin-Madison. Madison, WI, USA.
- Meisingset, E.L., Loe, L.E., Brekkum, Ø. & Mysterud, A. (2014) targeting mitigation efforts: The role of speed limit and road edge clearance for deer-vehicle collisions. *J. Wildlife Management*, 78, 679-688.
- Mosler-Berger, C. & Romer, J. (2003) Wildwarnsystem CALSTROM. *Wildbiologie 3*, 1 □ 12.
- Rolandsen, C.M., Solberg, E.J., Van Moorter, B. & Strand, O. (2015) Dyrepåkjørsler på jernbanen i Norge 1991–2014. *NINA Rapport 1145*.
- Rolandsen, C.M., Langeland, K., Tømmervik, H., Hesjedal, A., Kjørstad, M. Van Moorter, B., Danielsen, I.E., Tveraa, T. & Solberg, E.J. (2017) Tamreinpåkjørsler på Nordlandsbanen. *NINA Rapport 1326*.
- Romer, J. & Mosler-Berger, C. (2003) Preventing wildlife □ vehicle accidents. The animal detection system CALSTROM. *In: Proc. Infra Eco Network Europe (IENE) Conference Brussels, Belgium*.
- Seiler, A. (2005) Predicting locations of moose vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 42, 371-382.
- Stanimirov, M., Mahaboob, S. & Staurem, E. (2018) Handlingsplan for å redusere antall dyr påkjørt med tog 2018-2021. *Bane NOR, 2.ed.*, 1-33.

Wagner, G., Hansen, I., Eilertsen, S.M., Meisingseth, E., Jørgensen, G., Winje, E. & Bjørn, T.A. (2019)
Evaluering av teknologiske løsninger mot tamreinpåkjørsel langs Nordlandsbanen. NIBIO
Rapport 5 (99), 1-97.

Nøkkelord:	Påkjørsel, beitedyr, trafikksikkerhet
Key words:	Roadkill, grazing animals, traffic safety



Figur 8. Slik kan det nye, elektroniske varslingsystemet for rein fungere.

Animasjon: Johannes Karlsson.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.