



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Evaluering av teknologiske løsninger mot tamreinpåkjørsel langs Nordlandsbanen

NIBIO RAPPORT | VOL.5 | NR. 99 | 2019



Wagner G, Hansen I, Eilertsen SM, Meisingset E, Jørgensen G, Winje E, Bjørn  
TA Divisjon Skog og Utmark

## TITTEL/TITLE

Evaluering av teknologiske løsninger mot tamreinpåkjørsel langs Nordlandsbanen

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Wagner G, Hansen I, Eilertsen SM, Meisingset E, Jørgensen G, Winje E, Bjørn TA

| DATO/DATE:        | RAPPORT NR./<br>REPORT NO.: | TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:  | PROSJEKTNR./PROJECT NO.:              | SAKSNR./ARCHIVE NO.: |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| 16.09.2019        | 5/99/2019                   | Åpen                           | FoU 201807890                         | 19/00004             |
| ISBN:             | ISSN:                       | ANTALL SIDER/<br>NO. OF PAGES: | ANTALL VEDLEGG/<br>NO. OF APPENDICES: |                      |
| 978-82-17-02389-0 | 2464-1162                   | 97                             | 2                                     |                      |

## OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Bane NOR

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Gabriela Wagner

## STIKKORD/KEYWORDS:

Dyre påkjørsel, tamrein, reindrift, jernbane  
Wildlife train collisions, WTC, reindeer, railway

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

**Trafikkøkologi**  
Railway ecology

## SAMMENDRAG/SUMMARY:

Reindeer-train-collisions (RTC) are a challenge for Norwegian society and the northern Norwegian train company Bane NOR with regard to animal welfare, wildlife ecology, animal husbandry, reindeer herding and the working environment for train drivers and employees of Bane NOR. On behalf of Bane NOR the Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO) investigated putative technological solutions to improve RTCs. The study is a result of literature research, interviews with Bane NOR employees, reindeer herders, researchers, companies and road administration project leaders and an analysis of Bane NOR's own database of animal-train-collisions.

The RTC records of the last 11 years (jan 2008 – dec 2018) revealed that prioritizing preventive measures against collisions with female reindeer along the Saltfjellet region during winter, especially during the Arctic night, are most promising. This also happens to be the most damaging time of the year for reindeer herders as they struggle to find damaged animals in the dark. Expensive and time-consuming search efforts are a major concern with regard to animal welfare. Additionally, damaged animals are often – if at all – found long after the accident and can not be brought into connection with a specific RTC, i.e. the herders can not claim monetary compensation.

We conclude that there is no particular system that will solve the problem, but a variety of technological tools is available if tailored to the time and place of planned use. Most systems have never been evaluated scientifically and the effect on animal-train-collisions (AVCs) is at best anecdotal. While the lack of AVC statistics is a global problem of road ecology, Bane NORs database of many years is of outstanding value for future research projects.

We categorize technological mitigation measures against RTCs into systems that physically separate animals from the railway tracks, those that warn or scare animals away from the tracks, and systems that warn the train drivers to reduce speed due to animals detected near or on the railway track.

To our knowledge there is currently only one electronic fencing system on the market, the use of which we do not recommend, as it has been shown to have no effect on reindeer in its current form.

Sound or light signals warning or scaring wildlife away from roadsides or trainlines are globally in use, but their effect on reindeer is questionable. Northern Norwegian reindeer are semidomesticated and as such to a certain degree used to / not necessarily scared by human activities and artificial sounds and lights. At least seasonally, such signals might even cause curiosity and attract the animals rather than scare them off. In addition, reindeer will always try to reach the highest point in the landscape if scared in order to get the best possible overview of their surroundings. Along large parts of the railway line the track is the highest point, i.e. scaring reindeer might actually result in them jumping onto the



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

tracks instead of away from them. Reindeer herders have repeatedly expressed their view that scaring methods are not desirable. We can not recommend use of scaring or warning signals prior to research into the particular behaviour of reindeer towards such signals, esp. in the dark when most accidents happen. Furthermore, the effects of artificial light or loudspeaker systems in deep snow covering the lights or strong winds carrying the sounds away are also questionable.

Real-time animal detection systems warn train drivers to reduce speed, thus reducing the probability for an animal collision. Reduced speed is also frequently requested by reindeer herders. Due to the high maintenance costs of railway instrumentation with such systems (IR & laser beam-break systems, thermal sensors, microwave, radar, geophones etc), we recommend research & development projects covering short distances around tunnels or sections used as corridors by wildlife. Alternatively, instrumentation of female reindeer (collars & ear tags) in combination with geofences gives specific animal position data and results in less false positives.

Energy supply, system reliability and durability under arctic conditions (wind, snow, low temperatures, humidity, darkness) are a challenge for all systems. Development and testing will require close collaboration between Bane NOR, Statens vegvesen and reindeer herders.

We strongly recommend that system performance is documented and made publicly available and hope our report will be of use in the efforts to reduce reindeer-train-collisions in future.

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| LAND/COUNTRY:         | Norge  |
| FYLKE/COUNTY:         | Troms  |
| KOMMUNE/MUNICIPALITY: | Troms  |
| STED/LOKALITET:       | Tromsø |

GODKJENT /APPROVED



BJØRN HÅVARD EVJEN

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



DR. GABRIELA WAGNER



# Table of Contents

|   |    |
|---|----|
| Sammendrag .....  | 7  |
| Summary .....   | 9  |
| 1 Innledning .....  | 11 |
| 2 Litteraturgjennomgang .....   | 13 |
| 2.1 Bakgrunn .....  | 13 |
| 2.2 Rein på vei og jernbane .....                                     | 13 |
| 2.3 Forebyggende teknologiske tiltak mot tamreinpåkjørsler .....      | 14 |
| 2.3.1 Instrumentering av tamrein .....                                | 14 |
| 2.3.2 Instrumentering av strekningen .....                            | 15 |
| 2.3.3 Instrumentering av lok .....                                    | 21 |
| 3 Materiale og metode .....   | 22 |
| 3.1 Studieområde .....  | 22 |
| 3.2 Tamreinpåkjørsler .....   | 23 |
| 3.3 Intervju med reineiere .....                                      | 23 |
| 3.4 Befaring .....  | 23 |
| 4 Analyse tamreinpåkjørsler .....                                     | 25 |
| 4.1 Totalt antall påkjørte dyr registrert i Bane NORs database .....  | 25 |
| 4.2 Antall tamreinpåkjørsler 2008 - 2018 .....                        | 26 |
| 4.3 Antall tamreinpåkjørsler i løpet av året .....                    | 28 |
| 4.4 Antall tamreinpåkjørsler i løpet av døgnet .....                  | 30 |
| 4.5 Case studie: mørketid på Saltfjellet .....                        | 30 |
| 4.6 Hot spots .....   | 32 |
| 4.7 Tamreinpåkjørsler i tid og rom .....                              | 35 |
| 4.8 Kan vi forutsi påkjørselsansynligheten? .....                     | 35 |
| 5 Oversikt over mulige teknologiske løsninger .....                   | 39 |
| 5.1 Tiltak som skiller dyr fysisk fra jernbane .....                  | 40 |
| 5.1.1 NoFence .....   | 40 |
| 5.2 Tiltak som varsler dyr eller skremmer dyr vekk fra jernbane ..... | 45 |
| 5.2.1 Patent nr. 329600 – Norskutviklet skremmesystem .....           | 45 |
| 5.2.2 Animal Detering Device UOZ-1 .....                              | 47 |
| 5.2.3 Opto-akustisk varsel til dyr .....                              | 53 |
| 5.3 Tiltak som varsler lokfører .....                                 | 56 |
| 5.3.1 Droner .....  | 56 |
| 5.3.2 Interaktive viltvarslere .....                                  | 58 |
| 5.3.3 LoRa Gateway .....  | 60 |
| 5.3.4 Narrowband Internet of Things (NB IoT) .....                    | 62 |
| 5.3.5 GPS klaver .....  | 65 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.3.6 | EarTraX og CellTraX .....                                 | 68 |
| 5.3.7 | AnimalSense .....   | 81 |
| 6     | Oppsummering og anbefalinger .....                        | 85 |
| 6.1   | Tiltak som hindrer dyr å komme in på sporet.....          | 85 |
| 6.2   | Tiltak som skremmer dyr vekk fra spor .....               | 85 |
| 6.3   | Tiltak som varsler dyr.....                               | 86 |
| 6.4   | Tiltak som varsler lokførerer om redusert hastighet ..... | 86 |
| 6.4.1 | Vilt-deteksjonssystemer (animal detection systems).....   | 87 |
| 6.4.2 | Deteksjon av instrumenterte tamrein .....                 | 88 |
| 6.4.3 | Varsel til lokfører .....                                 | 89 |
| 6.5   | Kriterier som bør vektlegges i FoU .....                  | 89 |
| 6.5.1 | Samarbeid og finansiering .....                           | 89 |
| 6.5.2 | Pris .....  | 90 |
| 6.5.3 | Arbeidsinnsats .....                                      | 90 |
| 6.5.4 | Effektivitet mot dyrepåkjørsler .....                     | 91 |
| 6.5.5 | Reindriftas mulighet for å utnytte beitearealer .....     | 91 |
| 6.5.6 | Fragmentering av landskapet .....                         | 91 |
| 6.5.7 | Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet .....     | 92 |
| 6.5.8 | Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold .....    | 92 |
| 6.5.9 | Funksjon av teknologiske løsninger i mørketida .....      | 92 |
| 6.6   | Veien videre .....  | 92 |
|       | Referanser .....  | 94 |
|       | Appendix .....  | 98 |

# Forord

Bane NOR jobber kontinuerlig for å hindre dyrepåkjørsler og søker etter teknologiske løsninger som effektivt kan redusere antall påkjørsler. Gjeldende handlingsplan for å redusere antall dyr påkjørt av tog er for perioden 2018 – 2021. Bane NOR vil spesielt fokusere på løsninger for å redusere kollisjoner med tamrein og ønsker en evaluering av potensielle nye teknologiske løsninger for å hindre/ redusere disse samt en vurdering av hvilke(n) løsning som egner seg best for jernbanen. NIBIO fikk tildelt oppdraget med å undersøke dette nærmere etter en anbudskonkurranse i oktober 2018.

Foreliggende rapport presenterer resultatet av intervjuer, en befaring langs Nordlandsbanen, vår erfaring med reindrift, litteraturgjennomgang av mulige teknologiske tiltak for å redusere tamreinpåkjørsler, samt våre analyser av tamreinpåkjørselsdata registrert av Bane NOR i perioden 25. januar 2008 – 31. desember 2018.

Vi takker Bane NOR for oppdraget og samarbeidet underveis i arbeidet med rapporten og håper resultatene kan bidra til å redusere omfanget av tamreinpåkjørsler forårsaket av tog.

Tromsø, 31. januar 2019

Dr. Gabi Wagner

# Sammendrag

Påkjørsler av tamrein med tog skaper utfordringer for Bane NOR og reinnæringen m.h.t. dyrevelferd, viltøkologi og tapte næringsgrunnlag. Disse skaper også et arbeidsmiljøproblem for lokførere og ansatte i Bane NOR. I dette prosjektet har NIBIO med Bane NOR som oppdragsgiver gjennomgått og evaluert nye teknologiske løsninger som kan bidra til å redusere tamreinpåkjørsler langs Nordlandsbanen. Studiet er et resultat av litteraturgjennomgang, intervjuer med Bane NOR sine medarbeidere, reieiere, forskere, leverandører og prosjektledere i Statens vegvesen (SVV), samt en analyse av Bane NORs registrerte dyrepåkjørsler i perioden januar 2008 – desember 2018.

Påkjørselsanalyser viser at en prioritering av tiltak mot simplepåkjørsler langs Saltfjellet i vinterperioden, særlig i mørketiden, per nå virker å være mest effektivt. Dette er også perioden som skader reindriftsutøvere mest da søket etter skadete dyr er mest utfordrende, samt er tids- og arbeidskrevende og ofte resultatløs. Det er en oppfatning at dette fører til økonomiske tap for næringen som er reelt større enn det eksisterende erstatningsordning dekker.

Vi konkluderer at det ikke finnes *et* ferdig teknologisk produkt som vil løse problematikken alene, men identifiserer en rekke teknologiske verktøy som må spesifiseres med hensikt på innsatssted og -tid. Effekt på antall påkjørsler må testes i feltforsøk. Mens en mangel av brukbare påkjørselsdata er et globalt problem i veiøkologien, er Bane NORs mangeårige dyrepåkjørselsregister en utmerket kilde til framtidig forskning på fagfeltet.

Forebyggende teknologiske tiltak mot tamreinpåkjørsler kan grovt deles i tiltak som holder dyr fysisk vekk fra linja, varsler eller skremmer dyr vekk fra linja, eller varsler togføreren om å redusere hastigheten når det er dyr på linja.

Så vidt vi vet finnes det per dato bare et elektronisk inngjerdingssystem som vi ikke vil anbefale da det ble påvist i feltforsøk (Jørgensen & Eilertsen 2012 & 2014) at systemet ikke har ønsket effekt på tamrein. Det er mulig at teknologien kan tilpasses i framtida.

Det er tvilsomt at varslende og skremmende lys- og lydsignaler har ønsket effekt på tamrein. Siden tamrein i ulike situasjoner er eksponert for menneskelige aktiviteter, *kan* ukjente signaler føre til nysgjerrighet og trekke dyrene mot disse. I tillegg søker tamrein det høyeste punktet i landskapet for å skaffe seg oversikt hvis de skremmes. Dette *kan* bety at tamrein hopper *opp* på jernbanelinja når de ble skremt, d.v.s. at skremmende signaler som holder hjortevilt vekk fra linja kan ha motsatt effekt på tamrein. Reieiere har også uttalt i intervjuer (denne rapport og Rolandsen m.fl. 2017) at de ikke ønsker bruk av skremmemetoder. På grunn av manglende dokumentasjon av tamreinens adferd mot varsler eller skremmende signaler, særlig i mørketiden, krever utprøving av disse løsningene feltforsøk. Effektiviteten av lyssignaler eller høyttalersystemer i dyp snø og kraftig vind er i tillegg ukjent.

Veiøkologer er enige om at redusert hastighet er den mest effektive måten å redusere viltkollisjoner på (Kistler 1998, Romer & Mosler-Berger 2003, Mosler-Berger & Romer 2003), og det er også et alternativ reindriftnæringa ønsker i de fleste tilfeller (Rolandsen m.fl. 2017). Vi anbefaler derfor å utvikle systemer som varsler lokføreren i sanntid om å redusere hastigheten p.g.a. rein som er detektert i nærheten av sporet. Slike systemer består av et deteksjonssystem for dyr og et kommunikasjonssystem som alarmerer lokføreren.

Vi evaluerer her en rekke teknologiske løsninger for instrumentering av strekninger som er i bruk langs veier allerede (passive & aktive IR, laser, beam-break systemer, termosensorer, mikrobølger, radar, geophones, IR scopes). Vi anbefaler feltforsøk over korte strekninger, særlig ved tunneler og der dyrene bruker jernbanestrekningen som korridor. Instrumentering av strekningen kan ha ulemper med tanke på vedlikeholds-kostnader og arbeidsinnsats i enkelte perioder.

Feltforsøk av forebyggende tiltak mot tamreinpåkjørsler anbefaler vi først langs Saltfjellet (reinbeitedistrikter Saltfjellet og Balvatn) hvor en tredjedel av alle tamreinpåkjørsler skjer, særlig i vinterperioden. Instrumentering av simler med klaver eller øremerker vil gi spesifikk informasjon om dyrenes posisjon og redusere antall feilmeldinger i motsetning til uspesifikke dyreoppdagelsesystemer.

I alle tilfeller er energiforsyningen av instrumenter på rein eller langs strekningen en utfordring som krever feltforsøk og utvikling, særlig m.h.t. arktiske værforhold – vi anbefaler tett samarbeid med prosjektledere i Statens Vegvesen som er godt kjent med problematikken og utvikler nye metoder kontinuerlig for å redusere kostnader og arbeidsinnsats. Dette gjelder særlig langs strekninger hvor vei og jernbane går parallelt gjennom landskapet og disse kan eventuelt bruke samme teknologi og dele investering- og vedlikeholdskostnader. Systemer som involverer instrumentering av dyr (klaver eller øremerker) må utvikles i samarbeid med forskere og reindriftsutøvere som også kan ha nytte av disse systemene i daglig drift og fremtidig utvikling.

Uansett hvilke tiltak som iverksettes anbefaler vi at effekten av tiltakene overvåkes over tid da dyrenes bevegelsesmønster og bruk av arealene forandrer seg i løpet av årene – ofte som resultat av utførte tiltak. Vi håper rapporten kan bidra til å redusere omfanget av tamreinpåkjørsler forårsaket av tog.



# Summary

Reindeer-train-collisions (RTC) are a challenge for Norwegian society and the northern Norwegian train company Bane NOR with regard to animal welfare, wildlife ecology, animal husbandry, reindeer herding and the working environment for train drivers and employees of Bane NOR. For this project the Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO) investigated on behalf of Bane NOR putative technological solutions to improve RTCs along the northern Norwegian railway line. The study is a result of literature research, interviews with Bane NOR employees, reindeer herders, researchers, companies and road administration project leaders and an analysis of Bane NOR's own database of animal-train-collisions.

The RTC records of the last 11 years (jan 2008 – dec 2018) revealed that prioritizing preventive measures against collisions with female reindeer along the Saltfjellet region during winter, especially during the Arctic night, are most promising. This also happens to be the most damaging time of the year for reindeer herders as they struggle to find damaged animals in the dark. Search efforts are very expensive and time-consuming and of major concern with regard to animal welfare. Reindeer herders are rarely refunded on those occasions, as the animals are often – if at all - found long after the accident and can not be brought into connection with a specific RTC, i.e. the herders do not get monetary compensation from the authorities.

We conclude that there is no particular system that will solve the problem, but a variety of technological tools is available if tailored to the time and place of planned use. Most systems have never been evaluated scientifically and the effect on animal-train-collisions (AVCs) is at best anecdotal. While the lack of AVC statistics is a global problem of road ecology, Bane NORs database of many years is of outstanding value for future research projects.

We categorize technological mitigation measures against RTCs into systems that physically separate animals from the railway tracks, those that warn or scare animals away from the tracks, and systems that warn the train drivers to reduce speed due to animals detected near or on the railway track.

To our knowledge there is currently only one electronic fencing system on the market, the use of which we do not recommend, as it has been shown to have no effect on reindeer in its current form (Jørgensen & Eilertsen 2012 & 2014). While the company has no immediate plans to change this state of affairs, the method might hold promise for the future.

Warning or scaring sounds and lights are in use along roadsides against AVCs, but their effect on reindeer is questionable. Northern Norwegian reindeer are semidomesticated and as such to a certain degree used to / not necessarily scared by human activities and artificial sounds and lights. At least seasonally, such signals might even cause curiosity and attract the animals rather than scare them off. In addition, reindeer will always try to reach the highest point in the landscape if scared in order to get the best possible overview of their surroundings. Along large parts of the railway line the track is the highest point, i.e. scaring reindeer might actually result in them jumping *onto* the tracks instead of away from them. Reindeer herders have repeatedly expressed their view that scaring methods are not desirable (this report, Rolandsen et al. 2017). We therefore do not recommend use of scaring or warning signals prior to research into the particular behaviour of reindeer towards such signals, esp. in the dark when most accidents happen. Furthermore, the effects of artificial light or loudspeaker systems in deep snow covering the lights or strong winds carrying the sounds away are also questionable.

It is accepted knowledge in Road Ecology that reducing speed is the most effective way to reduce AVCs (Kistler 1998, Romer & Mosler-Berger 2003, Mosler-Berger & Romer 2003) and this is also the method most frequently requested by reindeer herders (for review see interviews reported in Rolandsen et al. 2017). We therefore recommend mitigation measures that involve real-time warning systems to the train drivers for effective speed control with appropriate breaking distances. These

---

systems must consist of an animal detection system and a communication system alerting the train driver.

In this report we review several unspecific animal detection systems that have been in use in road traffic over recent years (active and passive IR, laser, beam-break systems, thermal sensors, microwave, radar, geophones and IR scopes). Instrumentation of the railway tracks can be disadvantageous with regard to maintenance costs and work efforts over long periods of time. We therefore recommend research and development projects over short distances, esp. around tunnels or along sections of the track used as a corridor by wildlife.

We recommend to first develop RTC mitigations measures in the Saltfjellet region (reindeer herding administration districts Saltfjellet & Balvatn), where 1/3 of all reindeer collisions happen, mostly in winter. Instrumentation of female reindeer with collars or ear tags will give specific animal position data and result in less false positives than unspecific animal detection systems.

Whichever system will be chosen in the future, one of the biggest problems is energy supply to the instruments esp. during the Arctic night when solar panels are futile. This requires careful development and testing not only of RTC numbers, but also of system reliability and durability under arctic conditions (wind, snow, low temperatures, humidity, darkness). We strongly recommend collaboration with the Norwegian road administration (Statens vegvesen), who have extensive experience with similar projects. This will be of particular interest in areas where road and train track run in parallel and might use the same instrumentation. This could be of mutual financial advantage not just during the development and investment phase, but also for long-term system maintenance. Systems that require reindeer instrumentation must be developed in close collaboration with the reindeer herders who might also benefit from these systems in their herd monitoring efforts.

No matter which RTC mitigations measures will be tested in future, it is recommended that the effects on animal accidents and system performance are scientifically documented and made publicly available. Changes over time should be monitored carefully as animal movements patterns (and thus AVCs) change over time – sometimes as a result of implemented mitigation measures. We hope this report will be of use in the efforts to reduce reindeer-train-collisions in future.

# 1 Innledning

Dyrepåkørsler med tog er en stor utfordring for samfunnet og et omfattende problem for Bane NOR. Påkjørslerne er problematisk m.h.t. dyrevelferd, viltøkologi, husdyr- og tamreindriftsnæringen og et arbeidsmiljøproblem for lokførere og ansatte i Bane NOR.

Hvert år blir – med store årlige variasjoner - omtrent 900 dyr drept i kollisjoner med tog langs Nordlandsbanen og nesten halvparten av det er tamrein (Rolandsen m.fl. 2014).

Bane NOR jobber kontinuerlig med tiltak for å redusere antall dyrepåkørsler og søker etter teknologiske løsninger som er effektive for å oppnå dette . Bane NOR vil spesielt fokusere på løsninger for å redusere kollisjoner med tamrein og ønsker en evaluering av potensielle nye teknologiske løsninger som kan egne seg for dette.

Som et ledd i å redusere dyrepåkørsler har Bane NOR oppdatert sin handlingsplan for perioden 2018 - 2021. Det er ikke ønskelig at løsningene skal fragmentere landskapet og utgjøre en barriere for bevegelse av tamrein og andre dyr. Mulige leverandører av teknologiske løsninger bør dokumentere at løsningene takler nordiske værforhold m.h.t. til ising, vind, lave temperaturer, snø, nedbør, fuktighet og mangel av lys vinterstid.

Norsk Institutt for Bioøkonomi (NIBIO) har særlig god kompetanse om reindriftsnæringen og har gjennom flere prosjekter vært i kontakt med reindriftsutøvere i reinbeitedistrikter langs Nordlandsbanen. Forskerne har relevant erfaring med lignende prosjekter av større omfang, med bruk av elektroniske verktøy i reindriften og de praktiske utfordringene som reindriften står overfor gjennom året.

I denne rapporten gjennomgår vi følgende utfordringer som Bane NOR søker løsninger på:

1. Hvilke kriterier bør vektlegges i prosessen med vurdering og utvelgelse av teknologiske løsninger som bør testes ut langs jernbanen?
2. Gjennomgang av forslag til løsninger m.h.p. oppnådde resultater og gjennomførbarheten på jernbanen.
3. Anbefalinger basert på kunnskapen fra punkt 1) og 2) til hvilke løsninger som bør testes ut langs norsk jernbane og hvilke kriterier som bør vektlegges i Bane NOR sin framtidige handlingsplan.

Vi presenterer først en litteraturgjennomgang. Mens det finnes mange studier om dyrepåkørsler på vegnettet, har bare et fåtall studier analysert dyrepåkørsler på jernbanen (Solberg m.fl. 2009) og svært lite data er tilgjengelig vedrørende tamreinpåkørsler (Rolandsen m.fl. 2017).

I kapittel 2 presenterer vi en oversikt over mulige teknologiske løsninger for å redusere ulykkesfrekvensen med tamrein på jernbanen.

I kapittel 3 presenterer vi analysene av Bane NORs registreringer av tamreinpåkørsler i perioden 25. januar 2008 – 31. desember 2018 med spesielt fokus på NINA-rapport 1145 ”Dyrepåkørsler på jernbanen i Norge 1991 – 2014” (Rolandsen m.fl. 2015). Denne ble gjennomført på oppdrag fra Jernbaneverket. Fordi bestandsstørrelser, beitebruk og værforhold kan forandre seg over tid og har effekt på de store årlige variasjoner i påkjørselsfrekvens var en oppdatert påkjørselsanalyse av en relativt nylig periode viktig for evalueringen. Vi identifiserer ulykkesbelastede deler av strekningen (hotspots) og analyserer fordelingen over tid på året og døgnet (hottimes) for å identifisere hvor og når teknologiske løsninger kan bli mest effektive.

Basert på disse resultatene diskuterer vi mulige nye teknologiske løsninger på en systematisk måte i kapittel 4 og evaluerer mulige leverandører der det i dag eksisterer tilbud til Bane NOR. Per nå finnes

det ikke *et* ferdig produkt vi kan anbefale som vil løse problematikken alene og som er effektiv mot spesielt tamreinpåkørsler, men en rekke teknologiske verktøy som må spesifiseres med hensikt på innsatssted og -tid. Vi kan peke på lovende teknologi, men effektiviteten må uansett først testes i feltforsøk .

Til slutt oppsummerer vi en del av resultatene og peker på de mest lovende og gjennomførbare teknologiske løsningene som bør testes. Vi gjør oppmerksom på at et globalt problem for studier av tiltakseffektivitet i veiøkologi er mangel på brukbare påkjørseldata. Bane NORs mangeårige dyrepåkjørselsregister er en utmerket kilde til framtidig forskning på fagfeltet. Hovedfokus i oppsummeringen er rettet mot tiltak som kan implementeres av Bane NOR selv langs linja og i samarbeid med reineiere og Statens vegvesen (SVV).

## 2 Litteraturgjennomgang

### 2.1 Bakgrunn

Dyrepåkørsler på vei og jernbane øker globalt med økende trafikk (Hughes m.fl. 1996, Knapp m.fl. 2004, Sullivan 2011, Huijser 2007, Bernard m.fl. 1987, Forman m.fl. 2003, Forman & Alexander 1998). I Nord-Norge øker ikke jernbanens infrastruktur betydelig årlig, men antall påkjørte dyr varierer med en rekke kumulative parametre (værforhold, bestandsstørrelse, sesongmessig beitebruk, gjeting etc.). De fleste dyrearter som blir påkjørt dør med en gang eller kort tid etter ulykken (Allen & McGullough 1976). Mange skades alvorlig og dyrene lider, som er et stort problem m.h.p. dyrevelferd. Særlig flokkdyr er utsatt for store enkeltvis tap ved påkjørsler og trafikkinfrastrukturen kan påvirke populasjonen videre negativt gjennom habitatfragmentering, tap av beitearealer og andre negative effekter (Barrientos & Borda-de-Água 2017, Dorsey m.fl. 2015, Proctor 2003 ofm). I tillegg betyr tap av dyr som har en økonomisk verdi tap for næringa, både på kort og lengre sikt (Romin & Bissonette 1996, Conover 1997). Særlig påkjørsel av flere dyr per kollisjon kan bety så store tap at dyreeiere må vurdere å gi opp (personlig kommunikasjon, Rolandsen m.fl. 17).

I Norge er tamreinpåkjørsler på jernbanen et stort problem hvor opp til 80 dyr kan bli påkjørt per hendelse. Slike hendelser fører til nasjonal og internasjonal kritikk av Bane NOR, er skadelig for arbeidsmiljøet blant Bane NORs medarbeidere, særlig togførere, og er traumatisk for reineiere og fører til arbeidskrevende ettersøk for reindriftsnæringa. Årlig blir i gjennomsnitt  $372 \pm 152$  (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik i perioden 2008 – 2018) tamrein påkjørt og reineiere mener at reell tapt inntekt er større enn erstatningene da reindriftsutøverne får høy arbeidsbelastning med ettersøk av skadete dyr for å dokumentere at disse har vært utsatt for en påkjørsel. I tillegg utgjør tap av gode produksjonsdyr et fremtidig økonomisk tap. Erstatningen utgår i udokumenterte tilfeller (personlig kommunikasjon, Rolandsen m.fl. 2017).

Historisk ble viltveksel skilt brukt for å varsle bilister, eller viltspeil, refleks og gjerder ble brukt for å holde dyrene vekk fra veiene. Konvensjonelle skilt har liten effekt da bilister raskt venner seg til dem og ignorerer dem (for eksempel Pojar 1975). Effektiviteten av viltspeil og reflektorer er tvilsom og til tross for mange oppfatninger om positiv effekt, finnes det mange vitenskapelige rapporter som ikke kan vise til en effekt på mortalitetsraten (Reeve & Anderson 1993, Ujvári m.fl. 1998, Rytwinski mfl. 2015, Sivertsen mfl. 2010). Viltgjerder og over-/underganger kan være effektivt mot dyrepåkørsler, men er også veldig kostnadskrevende (Foster & Humphrey 1995, Clevenger m.fl. 2002). I tillegg fragmenterer gjerder habitater, og kan redusere isolerte delpopulasjoner, drepe dyr (for eksempel fugler) og påvirke økosystem på flere negative måter. Kort sagt, gjerder er tid- og kostnadskrevende og krever kontinuerlig vedlikehold. Selv om de er effektive mot påkjørsler av store dyr, er barriereeffekten de skaper for mange ulike arter problematisk (se litteraturoversikt i Rolandsen m.fl. 2017).

Reindriftnæringa har mange utfordringer (klimaendringer, tap av beitearealer gjennom byggeaktivitet, habitatfragmentering, skrantesjuka, økende industrialisering m.m.), og Samferdselsdepartementet (SD) forventer at Bane NOR kontinuerlig arbeider for å redusere antall tamreinpåkjørsler.

### 2.2 Rein på vei og jernbane

Mens nesten ingen villrein utsettes for påkjørsler (to villrein påkjørt av Bane NOR i perioden 2008 – 2018, se også Solberg m.fl. 2015), er tamrein særlig utsatt for togkollisjoner da Nordlandsbanen passerer gjennom vinterbeiteområdene. Det eksisterer lite litteratur om tamreinpåkjørsler (Åhrén & Larsson 1999, Nieminen & Leppäluoto 1985, Rolandsen m.fl. 2015 og Bane NORs egne handlingsplaner for å redusere antall dyrepåkørsler i 2014 og 2018). Det er påvist at sannsynligheten for tamreinpåkjørsler øker med bestandstetthet og snømengde (Rolandsen m.fl. 2015), men vi

mangler detaljert kunnskap om tamreinens arealbruk langs jernbanen og adferd ovenfor skremming, særlig i mørketiden (se [2.3.2.2.](#) og [2.3.2.3.](#)) der de fleste påkjørsler forekommer.

## 2.3 Forebyggende teknologiske tiltak mot tamreinpåkjørsler

Mulige teknologiske løsninger mot tamreinpåkjørsler kan grovt deles i følgende kategorier:

4. Tiltak som holder dyr fysisk vekk fra linja
5. Tiltak som skremmer dyr vekk fra linja
6. Tiltak som varsler dyr (ofte overlapp med 2)
7. Tiltak som varsler togføreren om redusert hastighet p.g.a. dyr på linja

For å oppfylle disse kravene har alle teknologiske løsninger behov for instrumentering av dyr, strekningen og/eller toget.

### 2.3.1 Instrumentering av tamrein

All instrumentering av rein krever innsamling av dyrene, noe som skjer regelmessig i løpet av året ved slakting og merking av kalver. Avhengig av type instrument tar instrumenteringen noe minutter per dyr under merkingen. For eksempel vil 3 minutter til instrumentering per dyr utgjøre 10 timer merarbeid av i en flokk på 200 dyr – *hvis* alt går bra. Vedlikehold og funksjonelle tester av bestemte instrumenter kommer i tillegg.

Ved instrumentering må det også tas hensyn til dyrevelferd. På noe typer halsbånd/klaver kan det oppstå isdannelse og store isklumper (opp til 11 kg) kan medføre alvorlig lidelse for rein da halsbåndet kan gnage kjøttsår i halsregionen (NINA-rapport 2018, Ytrehus 2015 og 2016). Personlig erfaring (Wagner) viser også at reinpelsen kan lide under noen typer halsbånd. Reinhår er hule og knekker lett. Dette kan føre til gnagsår rundt halsen. I tillegg kan tap av pels særlig i vinterstid føre til varmetap for dyrene og gjøre dem mer utsatt for gnagsår og isdannelse. Likevel er erfaringer med klaver i reindriften god (personlig kommunikasjon med flere reineiere og forskerne). Det er viktig at reineiere har god oversikt over instrumenterte dyr.



Figur 1. NINAs feltmannskaper observerte rein med isdannelse på senderne. Foto: Aurland Fjellstyre (fra Ytrehus & Kjørstad 2018).

På grunn av stor arbeidsinnsats tilknyttet instrumentering er det ønskelig at disse brukes i mange år. Noe leverandører tilbyr solcellepaneler med ”uendelig” levetid for batteriene, men under mørketiden må batteriene likevel være i flere måneder uten direkte sollys. Heldigvis utvikler batteriteknologien seg raskt og levetid, kapasitet, vekt og priser forbedres kontinuerlig.

Batterienes levetid varierer mye avhengig av hvilke type signal instrumentet bruker/sender. For eksempel bruker GPS-sendere betydelig mer energi enn radiobølger.

Frekvensen av signalet påvirker selvfølgelig også energiforbruket. Mens reineiere ofte bare mottar et GPS-signal per dag for å få en grov oversikt over flokkens posisjon, er dette uegnet for å gi sanntidsvarsler til trafikkinfrastruktur. Det kan derfor være en fordel å sende høyfrekvente posisjonssignaler kun i nærheten av jernbanestrekningen eller veier ved hjelp av GeoFence eller instrumentering av strekningen med mottakere.

De fleste instrumenteringer kan komme reineiere til nytte ved regelmessig å kommunisere dyrenes posisjon, og mange reineiere benytter GPS teknologi allerede for å overvåke dyrene sine. Mottakernes varsel kan i tillegg kobles opp til epost og/eller SMS. Det vil være naturlig at reneier forsøker å gjete dyrene unna sporet dersom et slikt varsel mottas. De fleste posisjonssendere har også en mulighet til å sende ”dødssignal” etter spesifikasjon, noe som kan hjelpe med å finne skadde/døde dyr og søke om erstatning.

Det er også mulig å utstyre klavene med refleksbånd i tillegg til sendere. Da vil reinen lettere kunne oppdages også på strekninger der det ikke finnes varselsystemer.

De fleste instrumenter kan gjenbrukes når dyrene går til slaktning eller er døde.

Hvis klaver er primært for å unngå dyrepåkørsel må det avklares om Bane NOR eller reneierne skal ta kostnaden. Dette gjør en kategorisk evaluering av ”investeringskostnader for Bane NOR eller reneiere” vanskelig for oss. I områder der jernbane og vei går parallelt gjennom landskapet (for eksempel deler av Saltfjellet) kunne det være aktuelt at Bane NOR, SVV og reindriftsnæringen deler på kostnadene.

## 2.3.2 Instrumentering av strekningen

Instrumentering av jernbanestrekningen omfatter forskjellige systemer:

### 2.3.2.1 Oppdagelsesystemer for dyr (animal detection systems)

#### 2.3.2.1.1 Viltdeteksjonssystemer

En fordel med viltdeteksjonssystemer i motsetning til bygningstiltak (gjerder, viltovergang) er at de kan brukes fleksibelt nesten overalt på strekningen. Viltdeteksjonssystemer påvirker ikke dyrenes bevegelser og fragmenterer ikke habitatet, d.v.s. har lite - ingen negativ effekt på økosystemet. Deteksjonssystemer fungerer ved å varsle trafikanter at dyrene oppholder seg i nærheten av strekningen. De fleste systemer kan installeres uten å forhindre trafikk og hvis et system kan bestilles i stort antall/kvantum er disse vanligvis rimeligere enn byggetiltak.

Ulemper med viltdeteksjonssystemer i bruk for jernbanen er behov for instrumentering langs strekningen som kan påvirke arbeid langs strekningen (H&S, brøyteaktiviteter), estetisk uønskete effekter og – særlig over lange tidsrom – instrumentering som krever vedlikeholdskostnader og arbeidsinnsats. Viltoverganger, ofte brukt i kombinasjon med viltgjerder over lange strekninger, er få og sjelden mer enn 50 m brede (Pfister m.fl. 2002). En konsekvens av dette er at dyrene har relativt korte strekninger over et begrenset antall lokasjoner for å krysse på en trygg måte.

Viltdeteksjonssystemer forbedrer ikke habitatfragmenteringen jernbanen har skapt (ingen kontinuitet i vegetasjonsdekke, vann skog, ...), men skaper heller ikke ny fragmentering. Viltdeteksjonssystemer kan være svært effektive for å redusere dyrekollisjoner, men vil ikke kunne eliminere alle tap av dyr.

Det finnes mange deteksjonssystemer for store dyr som bruker passive infrarøde (IR) sensorer (IR scopes, mikrobølger, breakbeam IR, laser sensorer, photoceller, varmesøkende sensorer / termokameraer og geophones).

Her bestemmes målet for gjenkjenning ved for eksempel å posisjonere sensorene på en bestemt høyde. For varmesøkende sensorer eller termokamera kan grenseverdier defineres som utløser alarm. Flokkdyr er lettest å oppdage for varmesøkende systemer da store antall dyr gir et klart signal ved plutselige temperaturforskjeller i miljøet. Det finnes også software som analyserer bilder m.h.p. hastighet, størrelse og bevegelse for å definere når alarmen skal utløses. Globalt finnes mange leverandører som vanligvis agerer i sikkerhetsbransjen (særlig eiendomsbeskyttelse).

Dessverre finnes det ikke mange rapporter om effektiviteten av disse systemene, ofte fordi enkelte leverandører stopper publikasjon av resultater (personlig kommunikasjon med flere leverandører) eller fordi prosjekter ikke ble utført i samarbeid med forskerne som er opptatt av nøytral analyse og publikasjon av funn fra denne. Et stort problem er rett og slett manglende påkjørselsstatistikk på veier. Effektiviteten av et system er som oftest ikke rapportert som antall påkjørsler før og etter tiltak, men som nedsatt hastighet av biltrafikk – noe som selvfølgelig reduserer påkjørsler.

Den mest detaljerte oversikten over dyredeteksjonssystemer finnes i et arbeid publisert av Western Transportation Institute - Montana State University (Huijser m.fl. 2005) og vi oppsummerer de viktigste poengene:



Tabell 1. Vilt-deteksjonssystemer (uten instrumentering av vilt) evaluert av Huijser m.fl. 2005. Ukj = ukjent; MNDOT, WSDOT, WYDOT Minnesota, Washington & Wyoming Department Of Transportation. Modifisert etter Huijser m.fl. 2005.

| Deteksjonssystem            | Mållart  | Leverandør                                 | Sensor-rekkevide | Avstand dekket | Kostnad system         | Kostnad installasjon | Anbefalt for Bane NOR   |
|-----------------------------|--|--|------------------|----------------|------------------------|----------------------|---|
| Passive IR                  | rådyr ( <i>Capreolus capreolus</i> ), hjort ( <i>Cervus elaphus</i> )                | Calonder Energy AG, CH                     | 30 - 100 m       | 50 - 200 m     | 11 500 \$              | ukj                  | med tilpasninger  |
|                             | Mulhjort ( <i>Odocoileus hemionus</i> )  | WYDOT, USA                                 | 20 m             | 92 m           | 200 000 \$             | ukj                  | med tilpasninger  |
| Beambreak (IR & LASER)      | rådyr, hjort, villsvin ( <i>Sus scrofa</i> )   | Calonder Energy AG, CH                     | ukj              | 200 - 250 m    | 20 000 - 50 000        | ukj                  | laser ikke anbefalt pga temperaturfølsomhet                     |
|                             | elg ( <i>Alces alces</i> )   | Pik AB, SE                                 |                  | 100 m          | 30 000 \$              | ukj                  |   |
|                             | elg  | Goodson Assoc, USA                         | 30               | 30             | 500 \$                 | 2 000 \$             |   |
| Mikrobølge radar            | elg  | Sabik Ltd, FIN                             | 50 - 20 m        | 220 m          | 60 000 \$              | 40 000 \$            | Nei pga høy energiforbruk                                       |
| Laser & geophone & IR scope | rådyr, hjort, elg  | WSDOT, USA                                 |                  | 402            |                        |                      | Nei pga feilmeldinger, høy energiforbruk og temperaturfølsomhet |
| Geophone & IR scope         | Mulhjort ( <i>Odocoileus hemionus</i> ), gaffelbukk ( <i>Antilocapra americana</i> ) | WYDOT, USA                                 | ukj              | 2180 m         | 1 000 000 \$           | 1 000 000 \$         | Nei pga feilmeldinger, høy energiforbruk og temperaturfølsomhet |
| Laser sender og mottaker    | Hvithalehjort ( <i>Odocoileus virginianus</i> )                                      | MNDOT, USA                                 | ukj              | 1610 m         | 50 000 \$              | 7 000 \$             | Høy energiforbruk og temperaturfølsomhet                        |
| IR kameras                  | Hvithalehjort  | Flere leverandører                         | 1000 m           | 1000 m         | ukj                    | ukj                  | Høy energiforbruk og temperaturfølsomhet                        |
| Mikrobølge RF               | Hvithalehjort, elg   | WSDOT & Sensor Technology and Systems, USA | ukj              | 1609 m         | 350 000 - 1 300 000 \$ | fra 60 000 \$        | Mange feilmeldinger & høy energiforbruk                         |
| Beambreak fotoceller        | ukj  | Statens vegvesen, NO                       | ukj              | ukj            | ukj                    | ukj                  | Nei pga feilmeldinger og utsatt til lysforhold                  |

**Passive infrarøde sensorer (IR):** Sensorene er påvirket av temperaturforandringer, feilmeldinger utløst av forbikjørende varme biler og nedblåste greiner (særlig i vind); soldrevne sensorer slutter å fungere eller faller ut i perioder hvis snø eller mørke påvirker solcellene – energiforsyningen må tilpasses norske værforhold.

**Beambreak** systemer (LASER og IR): IR og laser er særlig utsatt for frost på bakken og temperaturforandringer; sensorstolper må fundamenteres i betong og må ventileres godt (tåke på linser); avstanden mellom stolpene bør være mindre enn 200 m; feilmeldinger fra vegetasjon kan kanskje forbedres ved å ha stolpene høyere enn vegetasjonen; sensor vindu må beskyttes mot hekkende fugler (Fig. 2); beambreak IR kan være et relativt billig alternativ over korte distanser (for eksempel mellom tunneler) eller i områder hvor dyr pleier å bruke strekningen som korridor.



Figur 2. Stolpen med IR sensor i Ugchelen, NL. Gitter beskytter sensorvindu mot hekkende fugler (Foto: Marcel Huijser; bildet fra Huijser m.fl. 2005)

**Mikrobølge radar** aktiverer et kamera som fokuserer på deteksjonsareal for analyse etterpå eller via en modell i sanntid: feilmeldinger ved nedbør, små dyr eller biler kan reduseres ved sensorvinkelen eller ved å programmere gjenkjenningsparametre m.h.t. objekthastighet, frekvens og varighet.

**Laser:** Batterilevetid for laser er omtrent 1 uke; problemer med vegetasjon og snø i line-of-sight og utredning; problemer med nøyaktig sikte ved tining og frost på bakken eller temperaturforskjeller i laserstolper – mange feilmeldinger krever stort energiforbruk. Systemet var i bruk i kombinasjon med **geophones & IR scopes** for å verifisere lasersignaler – varselsignal til bilister ble bare utløst hvis minst to systemer får signal. Seismiske mikrofoner ga i tillegg mange feilmeldinger fra bil/tog og brøyteaktiviteter; IR scopes er utsatt for temperaturforandringer. Laser systemet kan også brukes alene med to lasere som peker i motsatt retning for å redusere antall feilmeldinger, men systemet er fortsatt utsatt for tåke, fugler og kryssende små dyr.



Figur 3. FLASH system med (v.t.h.) IR sensor langs veg, IR scope og geophones gravt ca. 10 cm ned i bakken i Nugget Canyon, USA (Fotos: WYDOT; bildet fra Huijser m.fl. 2005).

**IR kameras:** Fungerer i kombinasjon med software som kalkulerer bevegelser, hastighet og størrelse for utløsning av varselsignal. Systemet har høyt energikrav og mange problemer med generatorer og datamaskiner p.g.a. temperaturforskjeller og ble tatt ut av bruk etter to år.



Figur 4. Tilhenger og IR kamera system (v) og varsel skilt langs vei(h) i Kootenay, British Columbia, CAN (Foto: Tim McAllister, bildet fra Huijser m.fl. 2005)

**IR kameraer:** fungerer i kombinasjon med software som kalkulerer bevegelser, hastighet og størrelse for utløsning av varsel signal. Systemet har høyt energikrav og har hatt utfordringer med generatoren og datamaskinen p.g.a. temperatur-forskjeller og ble tatt ut av bruk.

**Mikrobølge RF:** Et konstant mikrobølge RF signal (35.5. GHz) sendes til mottaker ca. 120 cm over bakken. Hvis signal er blokkert av kryssende dyr ble varsel skilt aktivert via UHF radio signal. Systemet hadde mange problemer med feilmeldinger, software og kommunikasjon til beacon/master station og er veldig energikrevende. Systemet hadde mange modifikasjoner over flere år. Energiforsyningen var med solcellepaneler, som ikke passer for mørketiden i Nord-Norge.

**Beambreak fotoceller:** blir nesten ikke brukt lenger fordi de er utsatt for lysforandringer og feilmeldinger (vegetasjon, greiner, fugler og skygge).

#### 2.3.2.1.2 Deteksjon av instrumenterte tamrein

Her behandles gjenkjenningssystemer som inneholder kommunikasjon mellom instrumenterte dyr og et mottaker system. Dette kan skje gjennom GPS signaler tilkoblet Geofence, radiomottakere eller SMS. Her er det mindre sjanse for feil. Avhengig av type sendesignal er batterilevetid et viktig parameter i valg av system. Spesifikk gjenkjenning omfatter selvfølgelig stor arbeids- og investeringsinnsats.

#### 2.3.2.2 Skremmesystemer for dyr

Fast installerte skremmesystemer er blant de mindre effektive virkemidlene for å forhindre påkjørsler da dyrene raskt tilvennes signaler som ikke er assosiert med fare.

Nyere produkter bruker skremming i forbindelse med tog eller bil som nærmer seg og aktiverer et kortvarig lys- eller lydsignal (eller begge) som skal vekke dyrenes oppmerksomhet og øke fluktberedskap (Babinska-Werka m.fl. 2015). Slike systemer omfatter instrumentering av strekningen med lys eller lydsignaler rettet vekk fra linja/mot skogen for å skremme dyrene vekk.

Det er tvilsomt at lys- og lydsignaler fungerer under norske værforhold i vind og dyp snø. Vi har heller ingen kunnskap om tamreins adferd mot skremmende signaler, særlig i mørketiden. Det finnes ingen data i litteraturen. I motsetning til artikler som behandler adferd hos rådyr, hjortevilt og elg observert under lyse forhold (Babinska m.fl. 2015), forventer vi at tamrein har avvikende adferd:

1. Det er mulig at tamrein ikke blir skremt av menneskelig aktivitet og kunstige, blinkende lys- og/eller lydsignaler. Vi mangler kunnskap om hva slags frekvenser som kunne skremme eller varsle tamrein. Da tamrein er - i hvert fall delvis - vant til menneskelig aktivitet, kan tamrein viser en stor grad av nysgjerrighet og «tamhet» med sesongmessige variasjoner (for eksempel bukkene

om våren, Fig. 9, eller sultne dyr om vinteren som er vant til føring). Det er faktisk mulig at tamrein blir tiltrukket av lukt, lys eller lyd (personlig erfaring). Det finnes, som nevnt, ingen litteratur på området og tamreinens adferd ved bruk av ulike systemer må undersøkes først.

2. Ved skremming prøver tamrein å komme seg på høyeste punkt i landskapet for å få oversikt (personlig erfaring, kommunikasjon med reindriftsutøvere). Over store deler av strekningen, særlig på Saltfjellet, er jernbanestrekningen lagt på det høyeste punkt, d.v.s. det er mulig at hele tamreinflokker trekker opp på linja ved skremming. Det ble allerede påpekt av Rolandsen og kolleger i NINA rapport 1326 (2017) at reineiere ikke ønsker at toget bruker lys- og lydsignaler da dyrene skremmes av fløyting og flykter opp på sporet.

**På grunn av manglende kunnskap om tamreinens adferd på skremming, særlig i mørketiden, vil vi ikke anbefale skremmesystemer uten foregående feltforsøk som avklarer hvordan tamrein blir påvirket.** Her anbefaler vi tett samarbeid med forskere og ikke minst reineiere siden tradisjonell kunnskap kan bidra betydelig.

#### 2.3.2.3 Varselsystem for dyr

Idéen med varselsystemer for vilt er at viltet blir oppmerksom og at distansen som utløser fluktinstinktet forlenges, d.v.s. dyrene flytter seg fra sporet raskere. Dette fungerer best hvis dyrene kan se strekningen. For å unngå habituering til varselsignaler er det viktig at dyrene kan assosiere varselsignalet med fare fra nærkommende tog. Det er viktig at dyrene har nok tid mellom varsel og ankomst av toget. I praksis betyr det at varselsystemet må få et signal om at toget er i nærheten, for eksempel fra FIDO eller fysiske sensorer langs strekningen, og at distansen mellom tog og varselsignal er stor nok til at dyrene kan reagere. Det er mulig at elg og rådyr lærer å bruke varselsignaler (Babinska-Werka m.fl. 2015), men vi har ingen kunnskap om tamreinens adferd i slike situasjoner. Lydsekvenser som ble brukt i et polsk studie (stresslyd av for eksempel gris, hest, hund, nøtteskrike; Babinska-Werka m.fl. 2015) har sannsynligvis ingen betydning for reinsdyr. I tillegg er tamrein til en viss grad vant til menneskelig aktivitet og blir ikke nødvendigvis varslet/skremt av kunstige lys- og lydsignaler. Vi henviser videre til tamreinens forventete adferd beskrevet i kapittel [2.3.2.2](#).

Vi vil derfor **ikke anbefale teknologiske løsninger som er ment å varsle dyr uten foregående feltforsøk med tamrein i mørket.**

I tillegg til optiske og akustiske signaler ble bruk av luktsignaler langs veier undersøkt. Idéen er å bruke "farlige" lukter som for eksempel ulveurin for å skremme rådyr bort fra veiene. Lukten appliseres i skum på stolper eller trær i en ca 100 m bred korridor langs veiene. En direkte observasjon (personlig kommunikasjon med flere jegere i Tyskland) viser at rådyr i begynnelse stopper for å undersøke lukten, men ignorerer den etter hvert, særlig hvis lederdyr går forbi luktede stolper/tre. Lukten må fylles på hver 6. uke, noe som er ganske arbeidskrevende. Effekten av systemet kan være at dyrene nøler i nærheten av lukt før de går på sporet og idéen er at dette kunne gi bilister litt mer tid til å oppdage dyrene. M.h.t. togets bremselengde er dette ikke en god løsning for togtrafikk. Leverandøren informerer videre at lukten ikke har effekt under 10°C, d.v.s. nesten aldri i Nord-Norge og særlig ikke vinterstid når de fleste kollisjoner skjer (se analyse i [kapittel 4](#)).

**Luktgjerd behandles derfor ikke i denne rapporten.**



Figur 5. Installasjon av duftgjerde i Tyskland (Bilder fra <https://www.augsburger-allgemeine.de/landsberg/Der-dufte-Kampf-gegen-Wildunfaelle-id42773026.html> og leverandør <https://www.youtube.com/watch?v=AlkqowiOBA0>)

#### 2.3.2.4 Varselsystem for sjåføren langs strekningen

På veier finnes mange forskjellige arter av interaktive varselskilt som aktiverer blinkende lys hvis dyr befinner seg i nærheten av spor (Huijser m.fl. 2005). De fleste systemer ble aldri ordentlig evaluert m.h.t. effektivitet i reduksjon av antall påkjørsler og system-pålitelighet, og den tilgjengelige informasjonen er vanligvis anekdotisk. Likevel er det i noe tilfeller dokumentert at interaktive varselskilt fører til at bilister setter ned hastigheten (Muurinen & Ristola 1999, Kistler 1998, Huijser & McGowen 2003, Kinley m.fl. 2003) og øker beredskapen for å bremse (Green 2000, Huijser & McGowen 2003). Dette kan føre til en reduksjon av påkjørsler av opp til 82 % (Kistler 1998, Romer & Mosler-Berger 2003, Mosler-Berger & Romer 2003).

Blinkende viltvarsellys er kanskje mindre egnet for jernbane da bremselengden for tog er for lang. Dette kan muligens tilpasses med instrumentering av lange strekninger hvor distansen mellom signal av oppdaget dyr og signal til tog er ca. 750 – 1000 m. Dette innebærer store investeringer og vedlikeholdsinnsett for Bane NOR. Vi antar at det er lettere/billigere å koble oppdagelse av dyr opp med direkte varsel til togsentralen eller lokføreren via SMS/UHF. Krav for dette må Bane NOR sette.

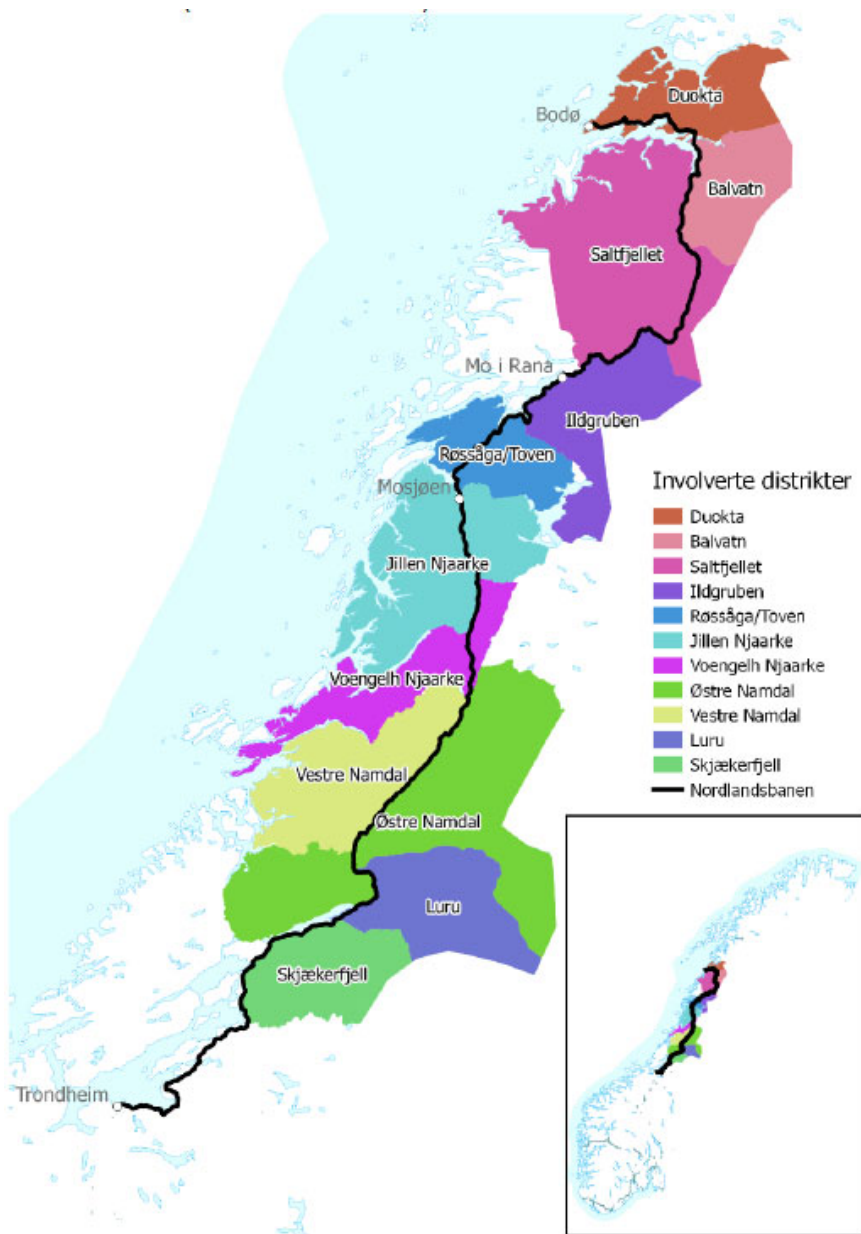
### 2.3.3 Instrumentering av lok

Krav for å instrumentere lokføreren er utenfor vår kompetanse og vurdering. Ved utvikling av framtidens varselsystemer må Bane NOR gi eksakte krav til mulige leverandører om det er ønsket å få varsling til togføreren via FIDO eller direkte varsling til lokføreren via dashboard, nettbrett, radio eller SMS. Utbygging av fibernett langs Bane NOR strekningen vil i framtida forenkle kommunikasjon i sannhetstid og dermed utvide mulighetene for teknologiske løsninger.

## 3 Materiale og metode

### 3.1 Studieområde

Studieområdet for dyrepåkjørselstatistikk omfatter Nordlandsbanen fra Ronglan til Bodø. Nordlandsbanen er inndelt i 38 forskjellige delstrekninger i databasen med registrerte dyrepåkjørsler av 18 arter. Reinbeitedistriktene langs Nordlandsbanen er Duokta, Balvatn, Saltfjellet, Ildgruben, Røssåga/Toven, Jillen Njaarke, Voengelh Njaarke, Østre og Vestre Namdal, Luru og Skjækerfjell.



Figur 6. Reinbeitedistrikter langs Nordlandsbanen (Fra Rolandsen mfl. 2017).

## 3.2 Tamreinpåkjørslar

Analysene er basert på dyrepåkjørslar registrert av BaneNOR i 10-årsperioden fra 25. januar 2008 til 31. Desember 2018. På grunn av mangler i datasettet ble 27 påkjørselshendelser utelatt da de manglet opplysninger (for eksempel type eller antall dyr). Disse utgjør 0.6 % av registreringene med bare 2 utelatte registreringer ført som tamreinpåkjørslar (0.04 % av alle registreringene) og har ingen betydning for konklusjonene.

En tidligere og mer detaljerte analyse av dyrepåkjørslar utført av Rolandsen m.fl. (2015) har allerede gjennomført en kvalitetssikring av Bane NORs database ved å sammenligne antall elgpåkjørslar rapportert fra kommunene (<https://www.hjorteviltregisteret.no/>) til Statistisk sentralbyrå (<https://www.ssb.no/>) og fant til tross for noen begrensninger at det totale antallet årlige påkjørslar stemmer godt overens. Vi har derfor brukt Bane NORs påkjørselsregister for våre analyser.

I motsatt til andre dyr som ble påkjørt av jernbanen (hjort, elg, rovdyr, sau, fugl) er tamrein flokkdyr som ofte blir drept i stort antall i en enkelt kollisjon. Vi måtte derfor tilrettelegge noe data fra Bane NORs register da vi var særlig interessert i katastrofale uhell (>5 dyr per uhell). I databasen var uhell med store antall dyr ofte registrert som 1 eller 2 dyr tilhørende en reineier mens flere dyr tilhørende flere reineier var involvert uhellet. Her måtte vi tilrettelegge data manuelt.

## 3.3 Intervju med reineiere

Forskerne involvert i prosjektet har gode kontakter med reindriftsnæringa langs Nordlandsbanen og er godt informert om problematikken og reineierens perspektiver, problemer og ønsker vedrørende tamreinpåkjørslar. Ved nettverksamlingen "Framtidas reindrift" den 30. oktober i Tromsø hadde forskerne god mulighet til å diskutere problematikken med representanter fra reindriftsnæringa. Vår erfaring og de generelle kommentarene vi fikk av reineierne passer godt overens med det som er oppsummert i NINA analysen 1326 (Rolandsen mfl. 2017), og som i tillegg er mer detaljert enn det vi kunne tilby innenfor rammen av dette prosjektet. Vedrørende teknologiske evaluering har forfatterne bedre erfaring enn reineiere. Likevel dukket det opp noen spørsmål i evalueringsprosessen da vi ønsket å dokumentere reineierens perspektiv. For å kunne sammenligne intervjuer mellom distriktene har vi satt opp en intervjuveileder ([Appendix 2](#)) og utført telefon intervjuer med distriktsledere i de mest utsatte reinbeitedistriktene Saltfjellet, Balvatn, Jillen-Njarke og Ildgruben.

## 3.4 Befaring

Marina Stanimirov (MS, Bane NOR) og Banesjef Tom Petter Høgset (TPH, Bane NOR) organiserte en befaring av en prioritert strekning i uke 44. Den 1. November var TPH, togføreren Børre Mikalsen (BM, BaneNOR), Gabi Wagner (NIBIO) og Svein Morten Eilertsen (SME, NIBIO) på befaring med skinnegående arbeidsmaskin fra Mo i Rana (08:40) til Lønsdal (11.46). Mens GW tok tog videre til Bodø, gikk SME tilbake med arbeidsmaskinen og TPH til Mo i Rana.

Vi fikk god oversikt over landskapet langs strekningen (åpent, flatt, bratt, skog, elv, fjell og tunneler), allerede utførte tiltak mot dyrepåkjørslar (gjerder, vegetasjonsrydding) og erfaringer med dette fra TPH og BM.

GW og SME hadde god mulighet til å lære mer om togførerens perspektiv, erfaring med steder langs strekningen, BaneNORs rutiner relatert til reinpåkjørslar og opprydding etter dyrepåkjørslar. SME hadde til og med mulighet til å observere opprydding av en rein på vei tilbake til Mo i Rana. Lokføreren BM var en utrolig rik kilde til all slags informasjon rundt dyrepåkjørslar (rutiner ved dyrepåkjørslar, opprydding, arbeidsmiljø, personlig erfaring med påkjørsel, avlevings- og ettersøksrutiner for skadete dyr og mye mer) og svarte på alle spørsmål vi hadde m.h.t. lokførerens perspektiv. Flere planlagte intervjuer med lokførerens representanter var unødvendig etter befaringen.

TPH informerte om BaneNORs dialog med reieiere, erfaringer og utfordringer med dette og fibernettutbygging langs strekningen.

Det ble tatt flere bilder av strategisk interessante steder langs linja og noe av disse er vist i rapporten (kapittel 6).



## 4 Analyse tamreinpåkjørsler

Analysene er basert på dyrepåkjørsler registrert av BaneNOR i 10-årsperioden fra 25. januar 2008 til 31. Desember 2018.

### 4.1 Totalt antall påkjørte dyr registrert i Bane NORs database

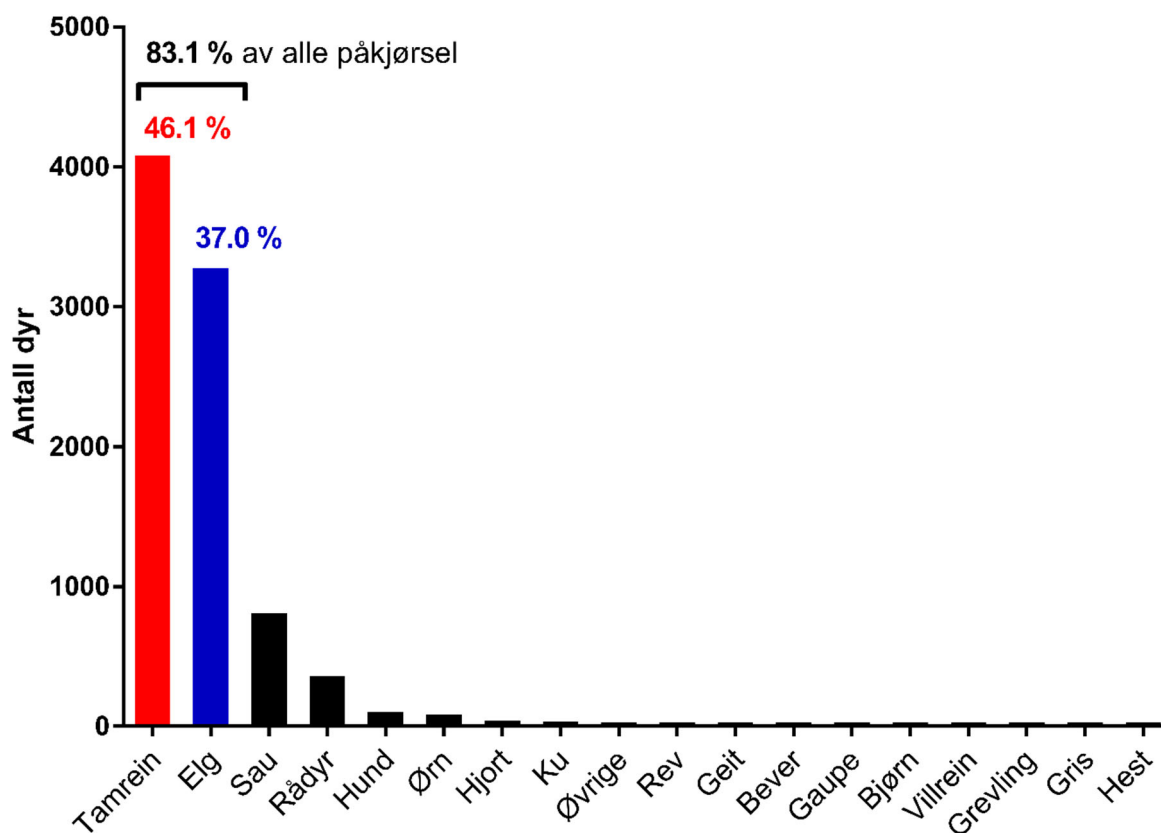
I Bane NORs database er det registrert 4864 dyrepåkjørsler i ovenfor nevnte periode. De siste 10 årene ble totalt 8873 dyr (tamrein, elg, sau, rådyr, hund, ørn, hjort, ku, rev, geit, bever, gaupe, bjørn, villrein, grevling, gris, hest og andre ikke spesifiserte) drept på Nordlandsbanen (Fig. 7 og tabell 2).

Tabell 2. Registrerte dyrepåkjørsler fordelt på art i løpet av 10-årsperioden fra 25. januar 2008 til 31. desember 2018 (se også figur 7).

|              | Påkjørsel   | Antall dyr  | Antall dyr / påkjørsel | % av total påkjørsel | % av total dyr |
|--------------|-------------|-------------|------------------------|----------------------|----------------|
| Tamrein      | 1205        | 4081        | 3.39                   | 24.77                | 46.14          |
| Elg          | 2756        | 3277        | 1.19                   | 56.66                | 37.05          |
| Sau          | 334         | 810         | 2.43                   | 6.87                 | 9.16           |
| Rådyr        | 287         | 358         | 1.25                   | 5.90                 | 4.05           |
| Hund         | 97          | 105         | 1.08                   | 1.99                 | 1.19           |
| Ørn          | 84          | 86          | 1.02                   | 1.73                 | 0.97           |
| Hjort        | 35          | 42          | 1.20                   | 0.72                 | 0.47           |
| Ku           | 18          | 34          | 1.89                   | 0.37                 | 0.38           |
| Øvrige       | 16          | 16          | 1.00                   | 0.33                 | 0.18           |
| Rev          | 12          | 12          | 1.00                   | 0.25                 | 0.14           |
| Geit         | 1           | 11          | 11.00                  | 0.02                 | 0.12           |
| Bever        | 4           | 4           | 1.00                   | 0.08                 | 0.05           |
| Gaupe        | 3           | 3           | 1.00                   | 0.06                 | 0.03           |
| Bjørn        | 2           | 2           | 1.00                   | 0.04                 | 0.02           |
| Villrein     | 2           | 2           | 1.00                   | 0.04                 | 0.02           |
| Grevling     | 1           | 1           | 1.00                   | 0.02                 | 0.01           |
| Gris         | 1           | 1           | 1.00                   | 0.02                 | 0.01           |
| Hest         | 6           | 0           | 0.00                   | 0.12                 | 0.00           |
| <b>TOTAL</b> | <b>4864</b> | <b>8845</b> |                        | <b>100 %</b>         | <b>100 %</b>   |

Antall påkjørte individer per hendelse er høyest for flokkdyr. Statistikken er dominert av tamrein (3.4 dyr / hendelse) etterfulgt av sau (2.4), ku (1.9), rådyr (1.25), hjort (1.2) og elg (1.2). I en enkelt hendelse i løpet av disse 10 årene ble 11 geiter påkjørt, og denne er tatt ut som uteligger i analysen.

## Antall dyr påkjørt 2008 - 2018

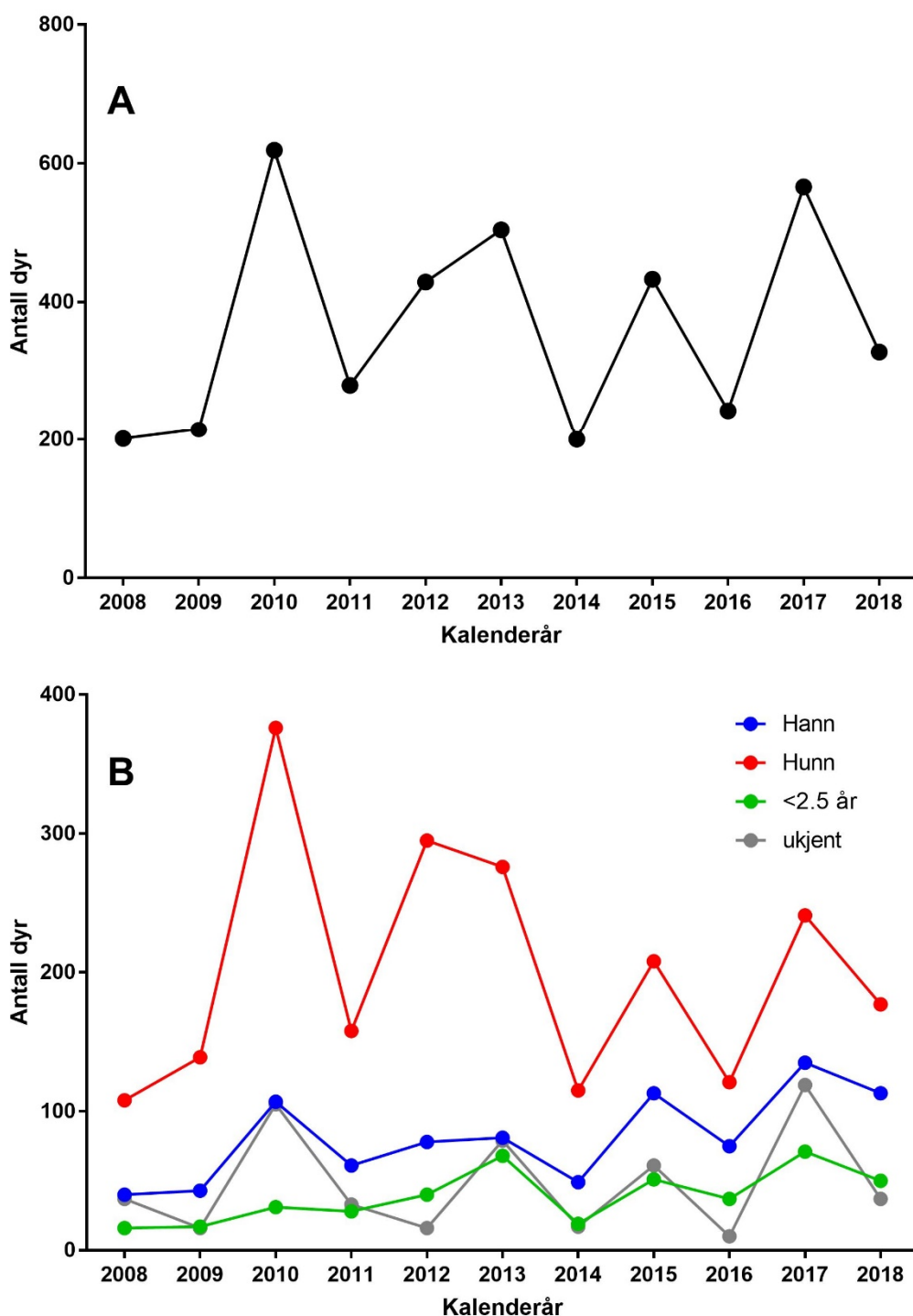


Figur 7. Registrerte dyrepåkjørsler fordelt på art i løpet av 10-årsperioden fra 25. januar 2008 til 31. desember 2018 (se også tabell 2).

Tabell 2 og Figur 7 viser at påkjørsel av tamrein og elg utgjør hovedparten (83.1 %) av dyrepåkjørsler. De siste 10 årene er det flest tamrein som kjøres på totalt sett (46.1 %) og i samsvar med prosjektets målsetning fokuserer denne rapporten på tamrein.

### 4.2 Antall tamreinpåkjørsler 2008 - 2018

I perioden 2008 – 2018 har det vært en relativt stor årlig variasjon i tamreinpåkjørsler (Fig. 8). Vi har ikke analysert faktorer som påvirker tamreinens påkjørselsfrekvens, men Rolandsen m.fl. (2015) har tidligere påpekt at vi mangler kunnskap om tamreinens arealbruk langs Nordlandsbanen. Det er sannsynlig at bestandstetthet og vinterforhold (for eksempel snødybde og islåste vinterbeiter) har en effekt i noe områder, og det finnes tilsvarende resultater fra Sverige og Finland (Nieminen & Leppaluoto 1985; Åhren & Larsson 1999). For mer detaljer se Rolandsen m.fl. (2015).



Figur 8. Antall tamrein registrert påkjørt på Bane NOR strekningen i perioden 2008 – 2018 vist som samlet antall (A) og detaljert etter kjønn (voksne hann og hunndyr) og alder (kalver under 2.5 år); også dyr som var for skadet for kategorisering (B).

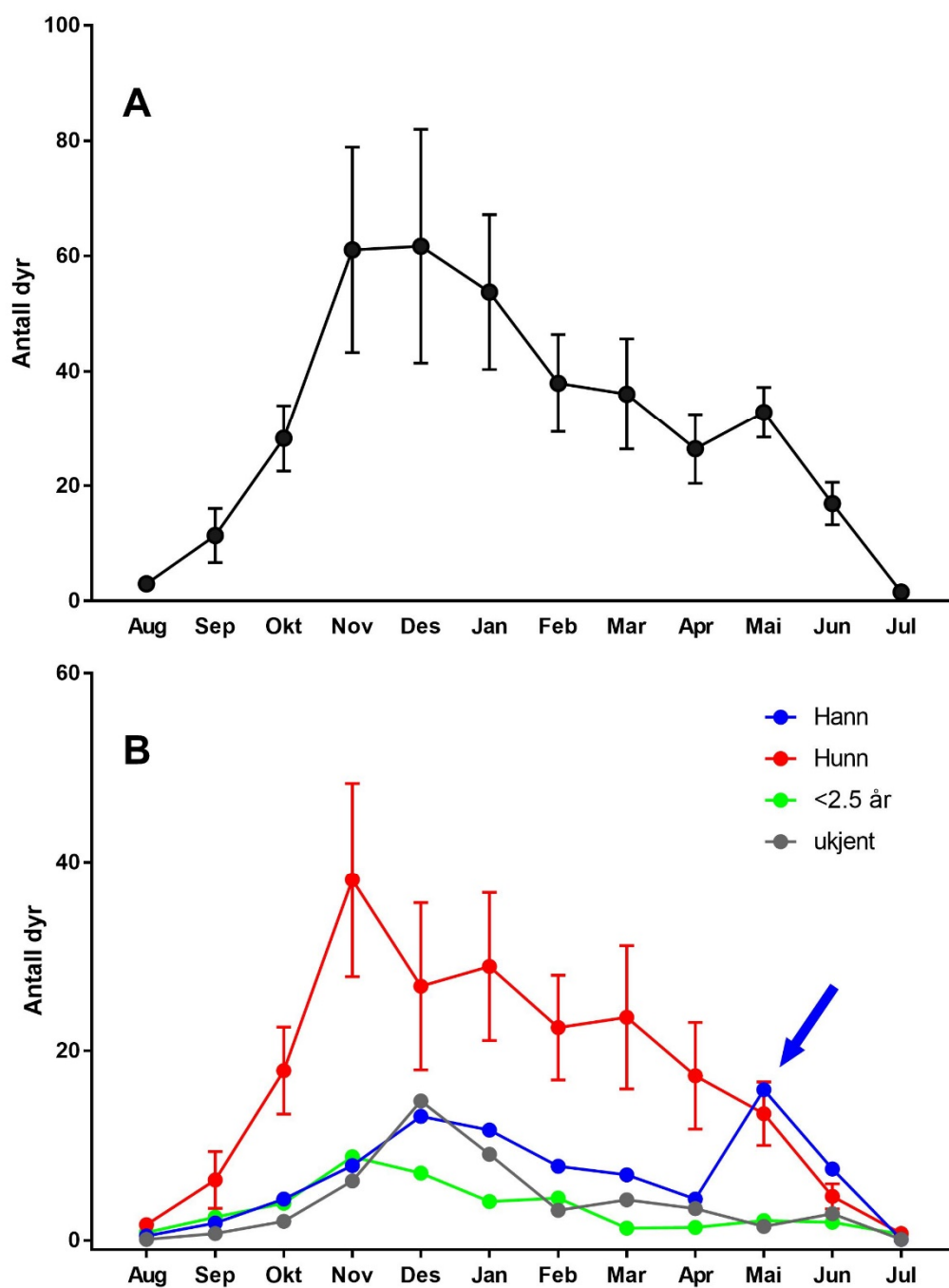
Våre analyser viser at det er hovedsakelig voksne simler som påkjøres (54.6 %), etterfulgt av okser (22.0 %), dyr som var for skadet for å bestemme kjønn (ukjent 13 %) og kalv under 2.5 år (0.4 %). Fordelingen gjenspeiler sannsynligvis gjennomsnittlig flokksammensetningen og identifiserer simlene (som leder kalver) som primært fokus for forebyggende tiltak i framtida.

### 4.3 Antall tamreinpåkjørsler i løpet av året

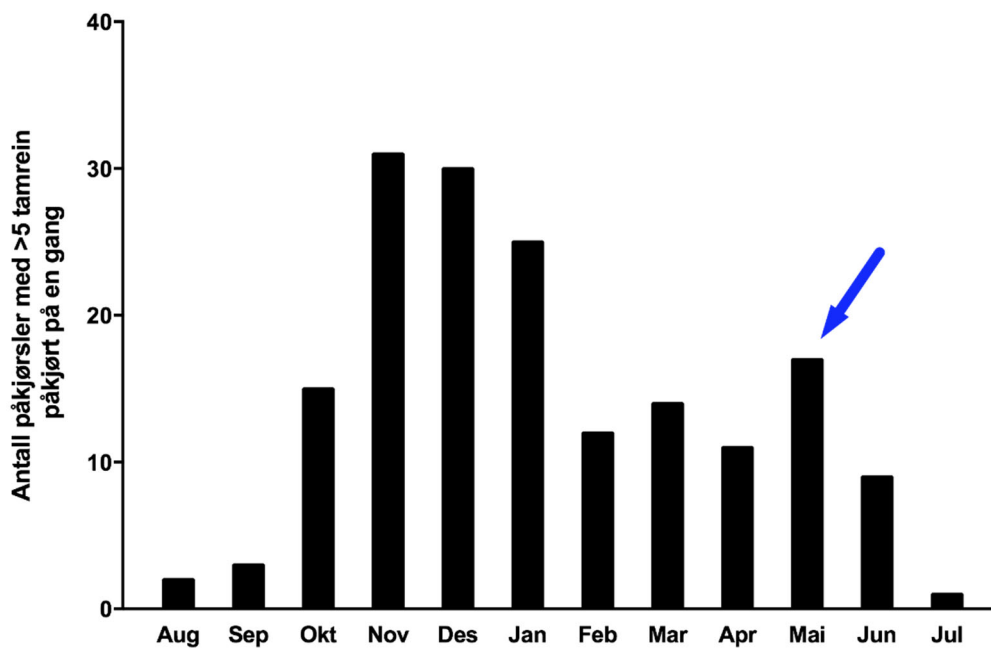
De fleste tamreinpåkjørsler (83.9 %) på Bane NOR skjer i vinterstid i perioden november til april (Fig. 9A). I mørketiden (november – januar) er påkjørselsfrekvensen høyest (47.5 % av alle påkjørsler), d.v.s. at det bør fokuseres på **forebyggende tiltak i vinterperioden, særlig i mørketiden.**

Et interessant avvik i mønsteret i detaljanalysen (Fig. 9B, blå pil) peker på spesielle utfordringer i oksenes adferd i mai. I perioden juni – april utgjør oksepåkjørsler 19.4 % av påkjørte dyr og simplepåkjørsler 56 %, men i mai er plutselig 48.5 % av påkjørte dyr okser. Vi mangler kunnskap om de eksakte årsakene, men kanskje kan forandringen forklares med kjent adferd fra andre steder. Mai er i kalvesesongen og når kalvingen begynner jager simlene bukkene vekk fra kalvingsområdet, eller simlene trekker vekk fra bukkene. Oksene er veldig tamme i denne perioden og lar seg i liten grad skremme av menneskelig aktivitet. Det er derfor ikke overraskende at reinokser kan oppholde seg nært vei eller jernbane og dermed utsettes mer for påkjørsler i vårperioden (personlig erfaring, personlig kommunikasjon med Svein Morten Eilertsen og reineiere). Det er mulig at reineierens erfaringer med vårens okseflokker kan bidra til en løsning som fokuserer på reinoksens spesielle adferd i mai. Vi anbefaler å diskutere denne store påkjørselsfrekvensen av reinokser med reindriftsnæringa da den utgjør nesten 20 % av årets oksepåkjørsler. En midlertidig løsning kan for eksempel være **vokting / gjeting av okser i mai som vil kunne bidra til en betydelig reduisering av reinokse-tog kollisjoner.**

En analyse av katastrofale tamreinpåkjørsler (Fig. 10), d.v.s. hendelser der mer enn 5 dyr ble påkjørt på en gang, viser en tilsvarende fordeling av ulykker i løpet av året som Fig. 9. Flertall av katastrofale hendelser (84.7 %) skjer i perioden november til april med 50.5 % av uhell i mørketiden. Statistikken gjenspeiler tamreinens adferd som flokkdyr, d.v.s. at tiltak som krever merking av dyr ikke nødvendigvis krever merking av hvert enkelt dyr, men kan fokusere på flertall av simlene. Flokkadferd betyr dessverre videre at tamrein er spesielt utsatt for tog kollisjoner.



Figur 9. Gjennomsnittlig fordeling av tamreinpåkjørsler i løpet av året i perioden 2008 - 2018. (A) Totalt antall dyr påkjørt (B) Detaljert etter kjønn (voksne hann og hunndyr) og alder (kalver under 2.5 år); også dyr som var for skadet for kategorisering. Symbolene viser gjennomsnitt og standardavvik. Blå pil viser avvik i mønstret av kjønnsfordelingen (se tekst).



Figur 10. Fordeling av "katastrofale" påkjørsler: gjennomsnittlig antall tamreinpåkjørsler i løpet av året der mer enn 5 dyr ble påkjørt per hendelse. Data viser gjennomsnitt i perioden 2008 - 2018. Blå pil henviser til økt påkjørsel av reinokser (se tekst).

#### 4.4 Antall tamreinpåkjørsler i løpet av døgnet

Antall tamreinpåkjørsler varierer i løpet av døgnet i forhold til døgnetts lyslengde. En nøyaktig analyse av alle data var ikke mulig i dette prosjektet (men vi jobber gjerne med dette i framtida) da tamreinenes aktivitet er styrt av døgnetts lyslengde (van Oort m.fl. 2005 & 2007) som igjen varierer med breddegraden. Det betyr at lysforhold varierer betydelig langs Nordlandsbanen og for å forstå når og hvor rein kommer i nærheten av strekningen må påkjørselsfrekvensen analyseres i forhold til dagens lengde på bestemte strekninger. Vi bestemte oss derfor for å analysere påkjørsler i mørketiden på Saltfjellet langs strekningen Bolna til Rognan (570.9 – 652.1 km fra Trondheim, se Fig. 12) hvor 31 % av alle tamreinpåkjørsler har skjedd de siste 10 årene, derav nesten halvparten i mørketidsperioden fra november til januar (se 4.3.).

#### 4.5 Case studie: mørketid på Saltfjellet

Ulykker på strekningen langs Saltfjellet (reinbeitedistrikt Saltfjellet og Balvatn) utgjør en tredje del av alle tamreinpåkjørsler og er derfor særlig interessant for analysen av påkjørselsfordelingen.

##### **Forebyggende tiltak på Saltfjellet kan ha en stor positiv effekt på Bane NORs påkjørselsstatistikk.**

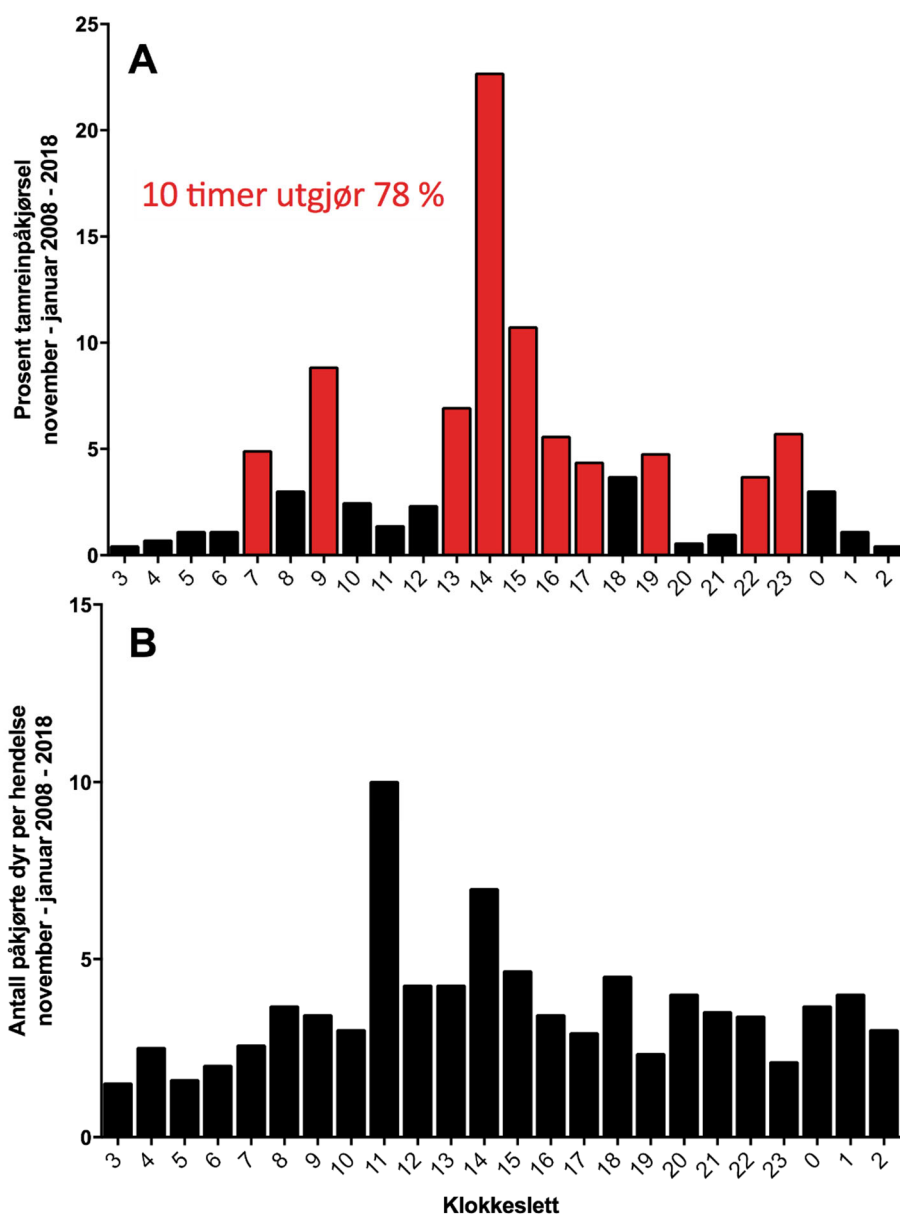
Halvparten av tamrein ble påkjørt under mørketiden i perioden november til januar. Døgnfordelinger i prosentvis tamreinpåkjørsler (Fig. 11) ser litt annerledes ut enn i NINA Rapport 1145 (Rolandsen m.fl. 2015) fordi vi har valgt en relativt kort periode i året (nov – des) med sammenlignbare lysforhold (mørketid) over bare en del av strekningen (Bolna – Rognan). Dette gir litt mer nøyaktig påkjørsels sannsynlighet for en utvalgt delstrekning og gjør det litt lettere å forutsi når og hvor toget bør redusere hastigheten for å redusere påkjørsler på en effektiv måte.

Påkjørselsstatistikk i Fig. 11A viser at tamrein har et trimodalt mønster i mørketiden, d.v.s. at de er særlig utsatt for kollisjoner om morgenen rundt kl. 07:00 - 09:00, midt på dagen 13 – 19:00 og rundt midnatt kl. 23:00. Selv om påkjørsler også er påvirket av togfrekvens, passer dette godt overens med

matinntak-mønstrene hos frittgående rein vi har samlet i feltforsøk i mørketiden (Mastergradsarbeid Rescia ved UiT, upubliserte data).

Fig. 11B viser at uhell med en større flokk (>5 dyr per hendelse) skjer mest midt på dagen i mørketiden. Dette kan være fordi a) dyrene oppholder seg mer på strekningen i denne tiden, eller b) at dyrene sannsynligvis går opp på linja i skumringslys (morgen/kveld). I tillegg er ettersøk av skadete dyr i mørketiden arbeidskrevende. Skadete dyr blir ofte ikke funnet før lang tid etter et uhell.

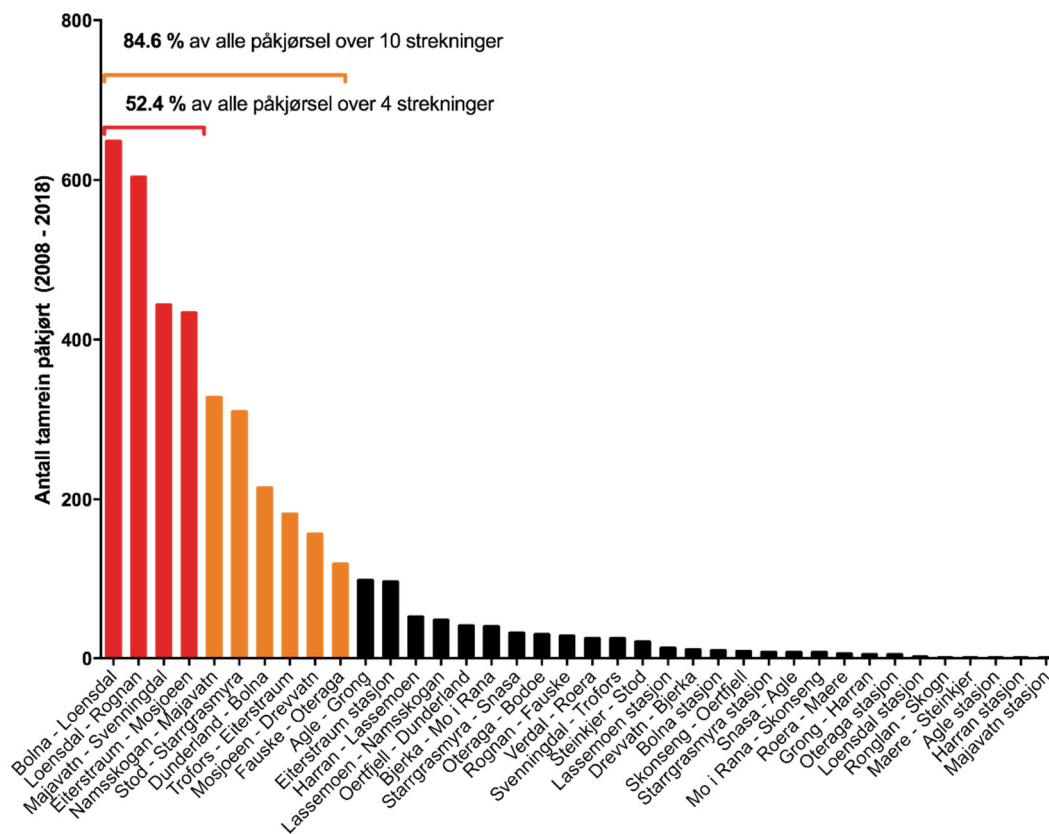
**Med hensikt til påkjørselsstatistikk, dyrevelferd og krav til reineierens tid og økonomi anbefaler vi derfor prioritering av påkjørselsreduserende tiltak i mørketiden.**



Figur 11. Fordeling av tamreinpåkjørsler gjennom døgnet i mørketiden langs strekningen Bolna til Rogna (570.9 – 652.1 km fra Trondheim). (A) Prosentandelen påkjørte tamrein i angitte periode. Datapunkt i rødt er de ti timene med høyeste antall påkjørte tamrein som utgjør 78 % av påkjørsler langs utvalgte strekning i den utvalgte perioden. (B) Antall påkjørte tamrein per hendelse (tamrein-tog-kollisjon). Symbolene viser gjennomsnitt av påkjørsler i perioden november til januar (2008 – 2018).

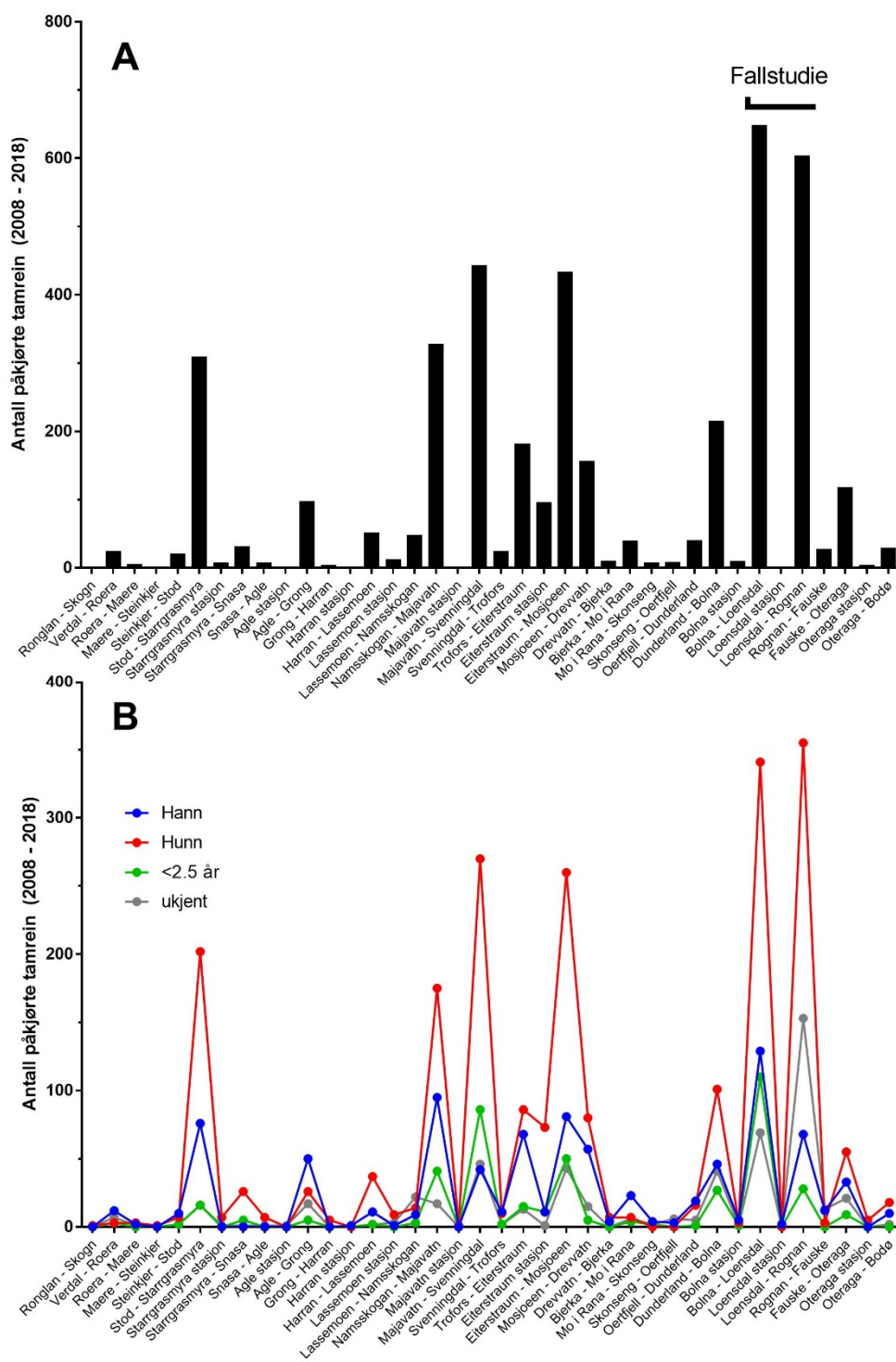
## 4.6 Hot spots

Tamreinpåkjørslene de siste 10 år har i hovedsak (84.6 %) skjedd innenfor 10 delstrekninger på Nordlandsbanen (Fig. 12 & 13 og Tabell 3). Rolandsen m.fl. (2017) har levert en veldig detaljert analyse av utsatte strekninger og delstrekningers særlige utfordringer allerede. Vi oppdaterer her med nyere data da værforhold, beitebruk og forvaltningen forandrer seg i løpet av årene og vil påvirke økosystemet tamrein benytter seg av.



Figur 12. Fordeling tamreinpåkjørslene langs strekningen Bolna til Rogna (570.9 – 652.1 km fra Trondheim).





Figur 13. Antall tamreinpåkjørsler per delstrekning langs Nordlandsbanen fra 72 – 725 km (fra Trondheim). (A) Totalt antall påkjørte tamrein (svart markering for delstrekninger Bolna – Rogna som ble brukt i case studien (se tekst) og (B) antall rein detaljert etter kjønn (voksne hann og hunndyr) og alder (kalver under 2.5 år); også dyr som var for skadet for kategorisering. Symbolene viser gjennomsnitt av påkjørsler i perioden november til januar (2008 – 2018).

Tabell 3. Antall tamreinpåkørsler fordelt over diverse strekninger i perioden 2008 - 2018. Mest utsatte strekninger som utgjør til sammen 85 % av påkørsler vises i oransje markerte rader.

| Strekning                     | Fra km        | Antall dyr | %           |
|-------------------------------|---------------|------------|-------------|
| <b>Bolna - Loensdal</b>       | <b>572.00</b> | <b>649</b> | <b>16.0</b> |
| <b>Loensdal - Rognan</b>      | <b>602.83</b> | <b>604</b> | <b>14.9</b> |
| <b>Majavatn - Svenningdal</b> | <b>322.67</b> | <b>444</b> | <b>10.9</b> |
| <b>Eiterstraum - Mosjoeen</b> | <b>389.80</b> | <b>434</b> | <b>10.7</b> |
| <b>Namsskogan - Majavatn</b>  | <b>294.80</b> | <b>328</b> | <b>8.1</b>  |
| <b>Stod - Starrgrasmyra</b>   | <b>145.48</b> | <b>310</b> | <b>7.6</b>  |
| <b>Dunderland - Bolna</b>     | <b>544.50</b> | <b>215</b> | <b>5.3</b>  |
| <b>Trofors - Eiterstraum</b>  | <b>370.05</b> | <b>182</b> | <b>4.5</b>  |
| <b>Mosjoeen - Drevvatn</b>    | <b>408.30</b> | <b>157</b> | <b>3.9</b>  |
| <b>Fauske - Oteraga</b>       | <b>676.08</b> | <b>118</b> | <b>2.9</b>  |
| Agle - Grong                  | 192.20        | 98         | 2.4         |
| Eiterstraum stasjon           | 387.40        | 96         | 2.4         |
| Harran - Lassemoen            | 237.13        | 52         | 1.3         |
| Lassemoen - Namsskogan        | 256.20        | 48         | 1.2         |
| Oertfjell - Dunderland        | 536.00        | 41         | 1.0         |
| Bjerka - Mo i Rana            | 471.80        | 40         | 1.0         |
| Starrgrasmyra - Snasa         | 171.40        | 32         | 0.8         |
| Oteraga - Bodoe               | 705.00        | 30         | 0.7         |
| Rognan - Fauske               | 652.20        | 28         | 0.7         |
| Verdal - Roera                | 100.60        | 25         | 0.6         |
| Svenningdal - Trofors         | 356.30        | 25         | 0.6         |
| Steinkjer - Stod              | 129.00        | 21         | 0.5         |
| Lassemoen stasjon             | 254.30        | 13         | 0.3         |
| Drevvatn - Bjerka             | 448.30        | 11         | 0.3         |
| Bolna stasjon                 | 570.90        | 10         | 0.2         |
| Skonseng - Oertfjell          | 518.30        | 9          | 0.2         |
| Starrgrasmyra stasjon         | 169.20        | 8          | 0.2         |
| Snasa - Agle                  | 189.00        | 8          | 0.2         |
| Mo i Rana - Skonseng          | 506.50        | 8          | 0.2         |
| Roera - Maere                 | 107.55        | 6          | 0.1         |
| Grong - Harran                | 232.00        | 5          | 0.1         |
| Oteraga stasjon               | 704.32        | 5          | 0.1         |
| Loensdal stasjon              | 602.50        | 2          | 0.0         |
| Ronglan - Skogn               | 72.72         | 1          | 0.0         |
| Maere - Steinkjer             | 120.50        | 1          | 0.0         |
| Agle stasjon                  | 191.50        | 1          | 0.0         |
| Harran stasjon                | 236.00        | 1          | 0.0         |
| Majavatn stasjon              | 322.50        | 1          | 0.0         |

## 4.7 Tamreinpåkjørsler i tid og rom

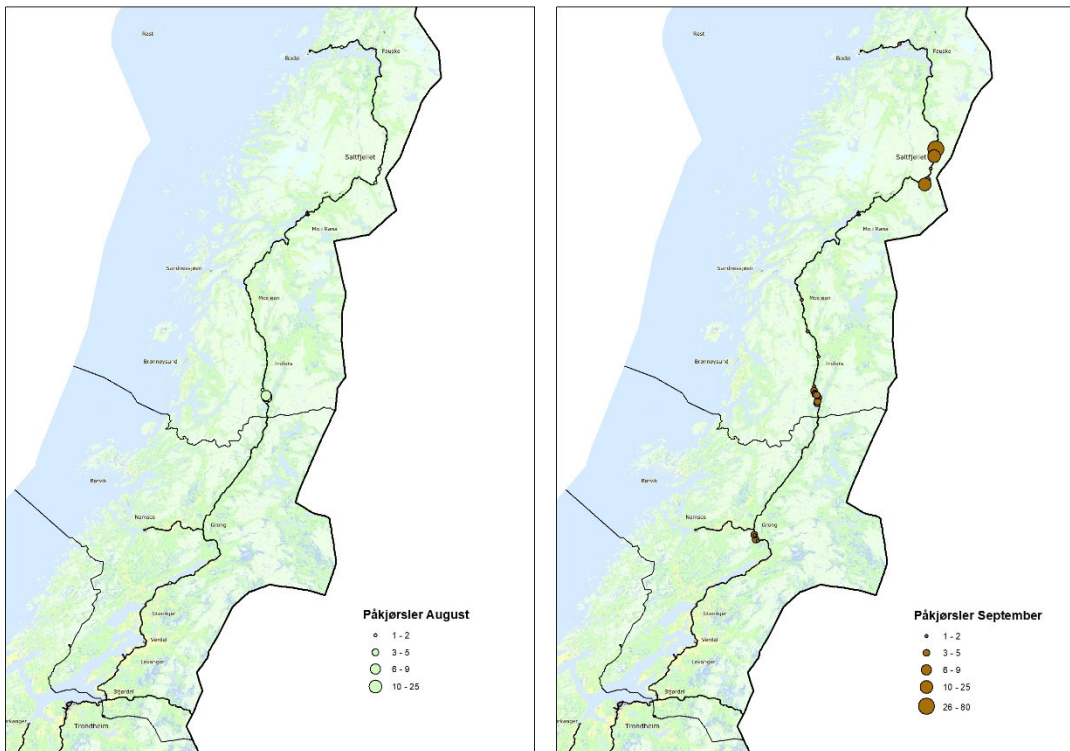
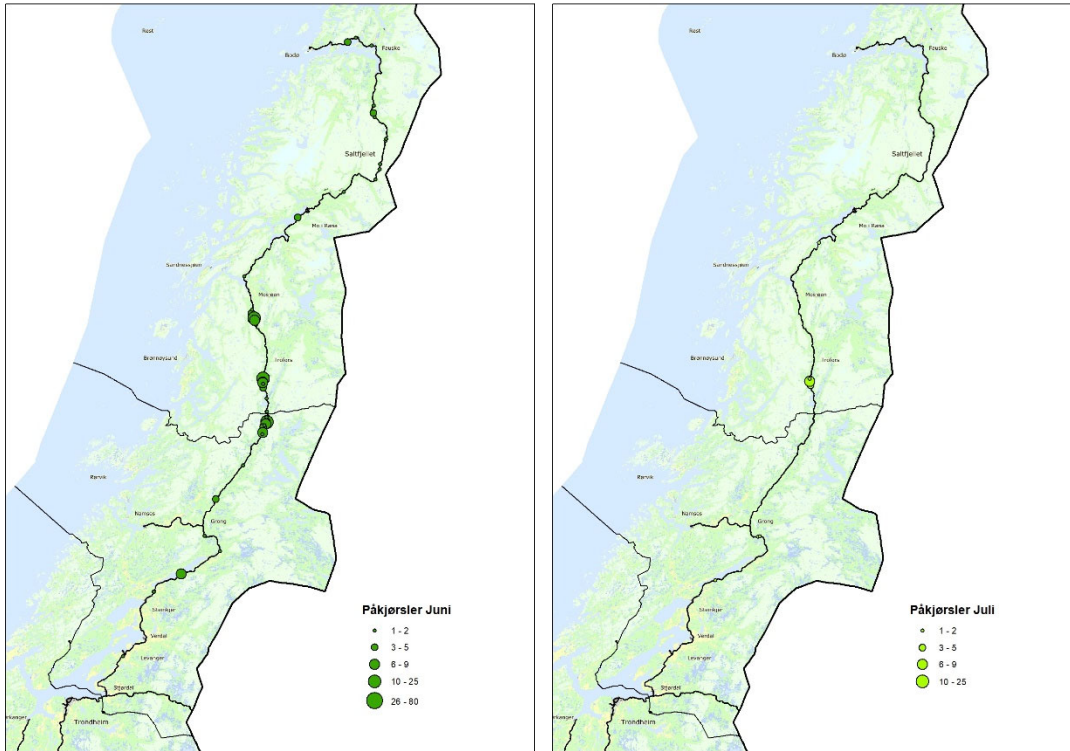
Antallet kollisjoner skal alltid betraktes i forhold til tid og rom. Kartene over de neste tre sidene viser hvordan hot spots varierer i løpet av året og er en visuell kombinasjon av data vist i Fig. 9 og Fig. 13. Som nevnt ovenfor skjer de fleste ulykker vinterstid og da særlig i mørketida. Forebyggende tiltak skal derfor prioritere ikke bare utsatte strekninger, men også ta hensyn til tid på døgnet og årstid.

## 4.8 Kan vi forutsi påkjørselssansynligheten?

Modeller som skal forutsi sannsynligheten for påkjørsler må vurdere sted, snødybde og vegetasjon (Rolandsen m.fl. 2015), men også årstid og tid på døgnet da lysforholdene har en stor effekt på reinflokkens aktivitetsmønster (se case studie 4.4.1.). Dette er særlig viktig langs Nordlandsbanen som går over 4 breddegrader og derfor har en betydelig gradient i daglengde. Utvikling av slike modeller ligger utenfor målet for denne rapporten, men vi mener at lysforhold er en viktig faktor for å predikere sannsynligheten for påkjørsler (se for eksempel case studien 4.4.).

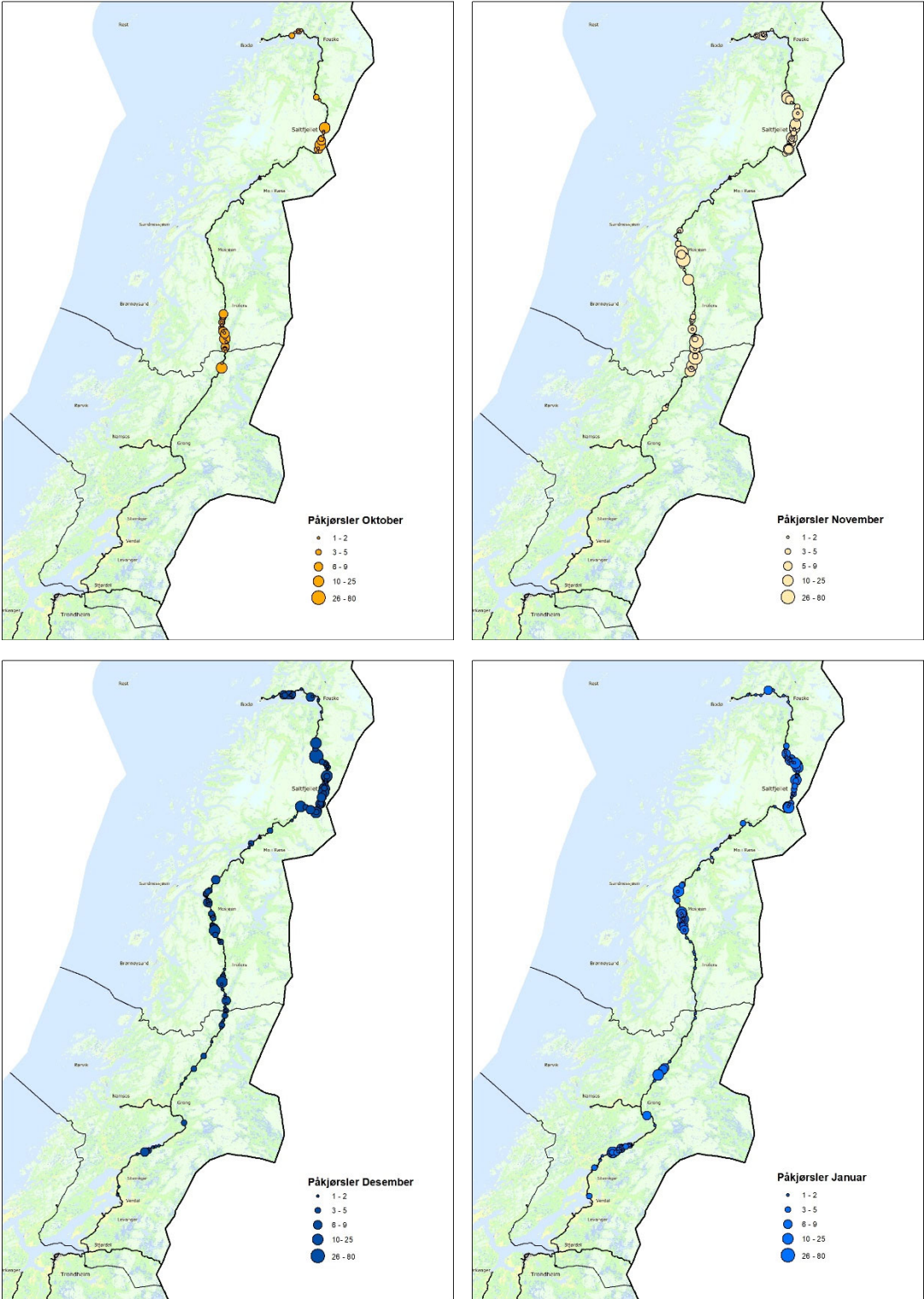
Modeller kan selvfølgelig ikke gi nøyaktig informasjon om dyrenes posisjon. Denne rapporten er derfor opptatt av teknologiske løsninger som kan hjelpe med detektering av tamrein i sannhetstid, samt metoder for å redusere togpåkjørsler av rein.

Fig. 14A

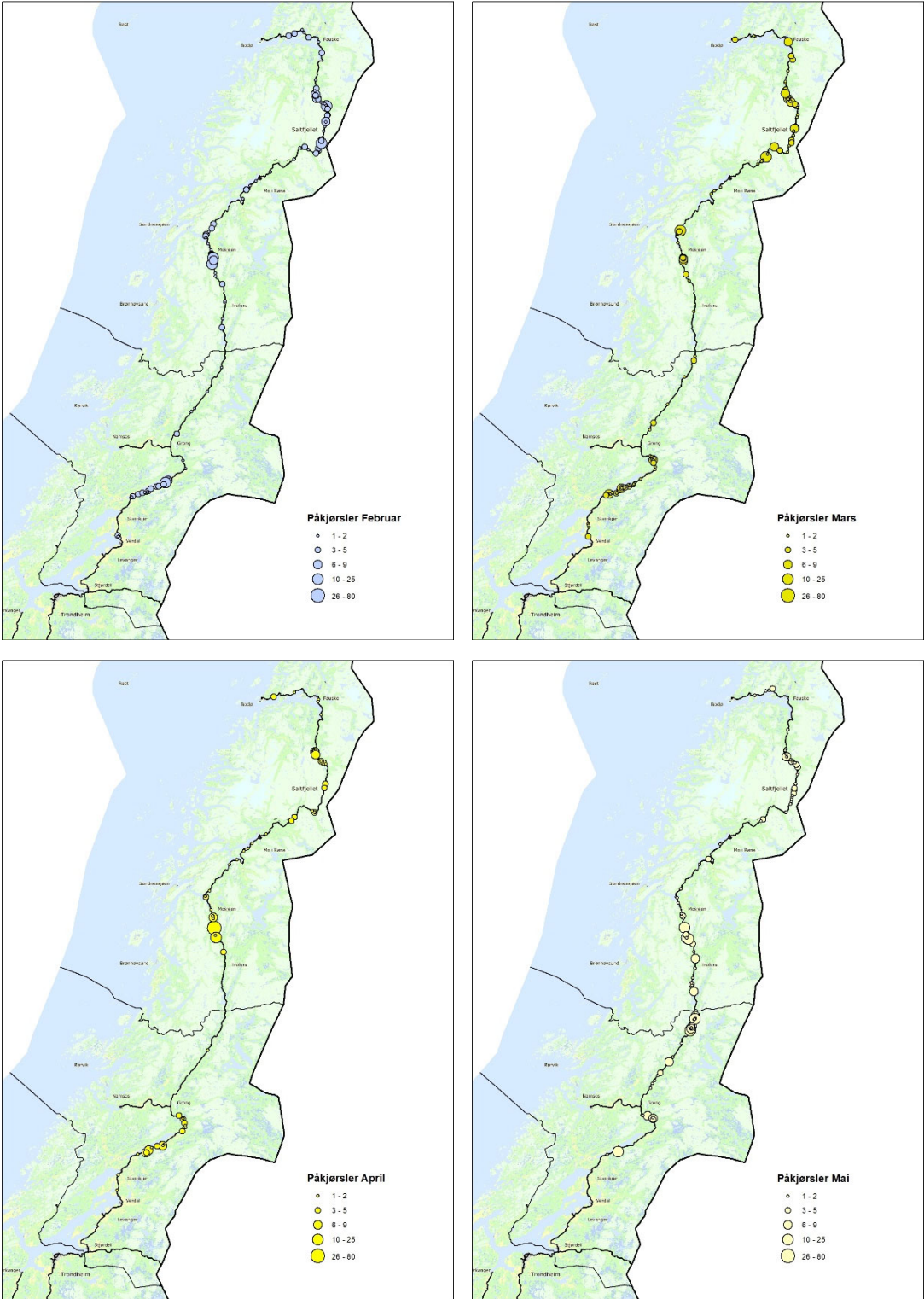


Figur 14. Samlet antall tamreinpåkjørsler langs Nordlandsbanen i perioden 2008 – 2018 fordelt over året. (A) juni – september (B) oktober – januar og (C) februar – mai.

**Fig. 14B**



**Fig. 14C**



## 5 Oversikt over mulige teknologiske løsninger

Det finnes flere teknologiske verktøy for å redusere antall dyrepåkjørsler og antallet er raskt økende, mens prisene synker. Imidlertid er få systemer så langt utprøvd og effektiviteten på tamreinpåkjørselsfrekvensen og gjennomførbarhet i nordnorske værforhold er ukjent. Det er derfor ofte ikke mulig å evaluere investerings- og vedlikeholdkostnader og arbeidsinnsats da spesifikke krav må defineres først.

Vi gjør oppmerksom på at uttrykket «vilt» blir brukt hvis for eksempel litteratur vi diskuterer omhandler vilt (rådyr, elg, hjort, mulhjort, hvithalehjort, gaffelbukk, men også rev, villsvin, grevling, bever og bjørn), eller hvis teknologiske systemer vi diskuterer i utgangspunktet er rettet mot vilt og dermed har «vilt» i navnet (for eksempel Viltvarselsystem, viltspeil; Babinska-Werka m.fl. 2015, ...). Videre gjør vi oppmerksom på at i internasjonal litteratur og i påkjørselsstatistikker innebærer begrepet «wildlife» også reinsdyr («caribou»). Vill- og tamrein er spesifikke begrep brukt i Skandinavia. Per dags dato finnes ingen teknologier som er rettet eksklusivt mot reinsdyr. Derfor er uttrykket «vilt» i rapporten brukt i sammenheng med teknologier som retter seg mot vilt, men som også kan komme til å tas i bruk mot tamrein.

En oversikt over evaluerte systemer finnes i [Appendix 1](#).

## 5.1 Tiltak som skiller dyr fysisk fra jernbane

Så vidt oss bekjent finnes det bare én digital teknologi egnet for å gjerde inn dyrene.

### 5.1.1 NoFence

**Mottatt av:** Nofence AS

**Beskrivelse:**

Det norske firmaet Nofence AS har utviklet et system for virtuell inngjerding av beitedyr, i første omgang for geit, som skal gjøre det enkelt å gi dyrene tilgang til gode og varierte beiter. Systemet består av en app og en batteri- og solcelledrevet klave som kommuniserer over mobilnettet. Klaven inneholder GPS-teknologi som gir posisjonsdata.

I appen ligger et kart der en kan tegne opp Nofencegrensa der en ønsker at dyra skal holde seg innenfor. En kan også gå rundt i terrenget med en smarttelefon og tegne opp virtuelle gjerdestolper. Deretter settes klavene på geitene.

Så lenge beitedyra holder seg innenfor Nofence-grensen så vil de ikke merke noen ting. Hvis et dyr går ut i varslingsfeltet gir klaven fra seg vibrasjon og pipelyder i en økende toneskala som varsel om strømstøt. Støtet tilsvarer ca. 1-2 % av den maksimale strømstøtenergien i tradisjonelle strømgjerder, med en varighet på et halvt sekund. Lydvarslingen varer i minimum 5 sekunder og maksimalt 20 sekunder før strømstøtet kommer, slik at dyra har tid til å oppfatte varslingen. I dette tidsintervallet er det satt en maksimal avstand på 3 meter fra grensa, men dyret kan komme enda lengre i løpet av 5 sekunder. I følge Nofence AS bør derfor Nofence-grensen settes med litt margin.

Nofence hevder at dyra lærer sammenhengen mellom lydvarsling og strømstøt fort og at de snur når de hører lyden for å unngå ubehaget med strømstøtet (betinget respons). Skulle dyret likevel trosse grensa i det første varslingsfeltet, gjentas advarslene i to nye varslingsfelt.

Tar dyret seg gjennom alle tre varslingsfelt registreres dyret som rømt og en får «pushmelding» om dette på mobiltelefonen. Lydsignalene og vibrasjonen slås av og strømstøtet deaktiveres for å sikre at dyret ikke utsettes for nye ubehag. Hvis dyrene finner tilbake til beiteområdet på egen hånd, reaktiveres systemet og dyreeier varsles.

**Teknologi:**

Utstyr montert på dyr skal holde dyra innenfor virtuelle beiteområder med hjelp av strømstøt.

Solcelledrevet klaver har en GPS mottaker, blåtann, bevegelsessensor og mobildata-teknologien LTE CAT-M1 som fungerer på 2G nettverket. Ett oppladbart batteri medfølger hver klave. Dyret må være stort nok til at vekten av klaven, som veier ca 500 gram, ikke oppleves ubehagelig. Klaven kan brukes på kje av geiteraser med normal størrelse fra ca. 3 – 4 måneders alder. Ved montering på små dyr må man passe på at de to spennene ikke kommer i kontakt med hverandre over geitas nakke, samt at klaven ikke kan skli av over dyrets hode.

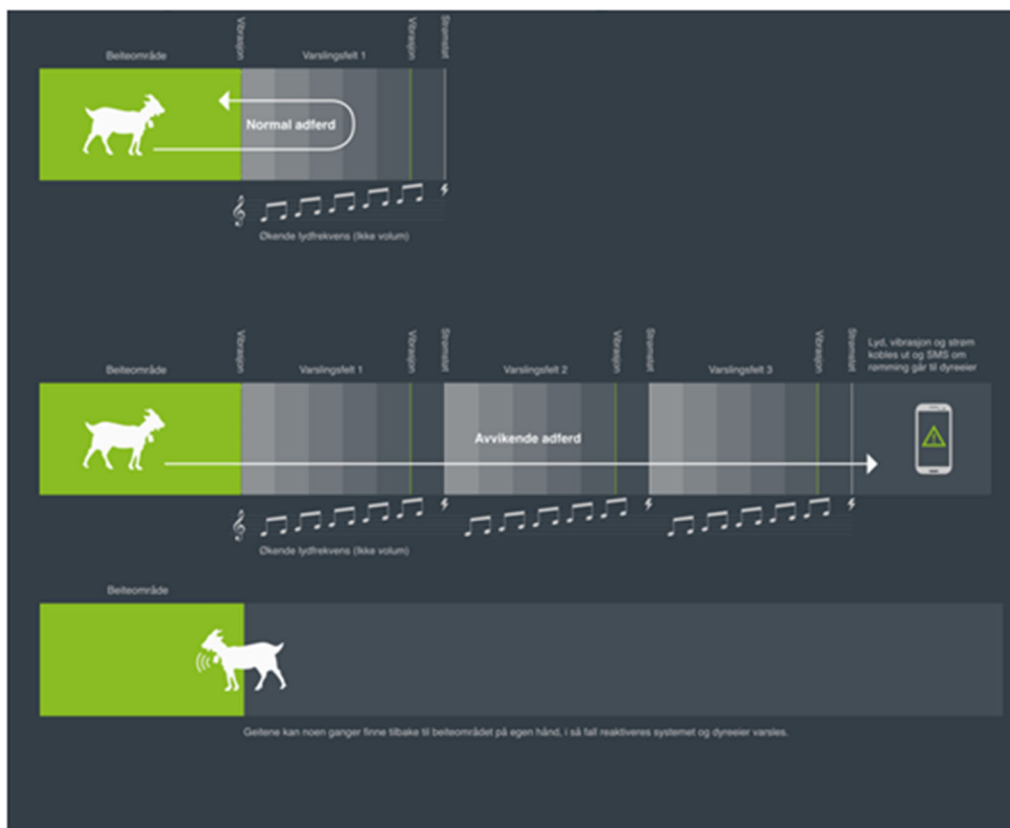
Klavene er i utgangspunktet selvforsynt med strøm fra solcellene gjennom beitesesongen, men en har mulighet for lading eller batteribytte hvis det skulle bli nødvendig. Systemet er utviklet for sommerbeitesesongen, altså den lyse tiden av året. Batterilevetid i mørketiden er ukjent.

Det anbefales bruk av Nofence Beacon, en blåtannenhet som skruer av GPS-mottaker i klaven innenfor beiteområdet for å spare strøm.





Figur 15. Utstyr (fvth): Solcelledrevet klave med GPS-mottaker, blåttann, bevegelsessensor og LTE-CAT-M1; Oppladbare batteri; Nofence Beacon som skaper et «hull» i beiteområde ved å skru av GPS mottaker for å spare strøm; Batterilader 1,5 A med en ladetid av ca. 6.5 timer og en avsluttende syklus på max. 1 time (fra <https://nofence.no/nofence-om-produktet/>).



Figur 16. Skjematisk fremstilling av virkemåte (fra <https://nofence.no/nofence-om-produktet/>).



Figur 17. Reinsdyr med Nofenceklave (prototype 2) under feltforsøk (Foto Hansen & Eilertsen).

### **Vurdering:**

Det er påvist i feltforsøk (Jørgensen & Eilertsen 2012 og 2014) at strømstøt fra NoFence klaver ikke gir ønsket effekt på reinsdyr, d.v.s. at aktivering av klaven ikke virket avskrekkende og tamrein holder seg derfor ikke innenfor grensa på det opptegnede beitet. Det er mulig at systemet kan fungerer etter tilpasninger, men Nofence AS har ikke konkrete planer om å tilpasse klaver til rein per dags dato.

Oppsett av jernbanelinja som «Nofencegrense» betyr at tamrein ikke kan utnytte beiten langs linja eller krysse over uten at grensen ble slått av. Dyr uten klave er ikke påvirket av Nofencegrensen, d.v.s. at hele flokken må utstyres.

**Utviklingsstadiet:** Utviklet for andre bruksområder.

**Type tiltak:** Hindrer dyr å komme inn på sporet.

**Varsling:** Til dyr

### **1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamreinpåkjørsler**

Erfaringer fra feltforsøk med Nofence prototype 1 og 2 (Jørgensen & Eilertsen 2012 og 2014) viste ikke ønsket effekt av systemet på reinsdyr. Rapporten konkluderte med at reinens nedarvede flokkinstinkt var sterkere enn frykten for å få elektrisk støt. Derfor valgte hele flokken å følge etter når ett av individene krysset den virtuelle grensen. Dette kunne også skyldes at reinens pels isolerer svært godt, og at reinen ikke fikk tilstrekkelig sterkt strømstøt når Nofenceklaven ble aktivert til at det virket avskrekkende.

Dersom de nye videreutviklede Nofenceklavene har bedret utforming som sikrer god kontakt mellom elektrodene som skal gi strømstøt og reinens skinn, kan det være en mulighet for at systemet kan fungere. Nofence AS har ikke konkrete planer om nye feltforsøk på reinsdyr. På grunn av det sterke flokkinstinktet hos reinsdyr, må samtlige reinsdyr instrumenteres med Nofenceklaven for at dette skal fungere.

Ifølge tilbakemelding fra en erfaren reindriftsutøvere (Tom Lifjell, personlig informasjon) vil reinen trekke opp mot en høyde dersom den blir skremt. Jernbanelinja representerer mange steder en slik høyde i terrenget. Dersom Nofenceklaven fungerer på reinsdyr, ville den kunne bidra til å redusere påkjørsler dersom man definerer jernbanelinja som «Nofencegrense». Nofenceklavene er et supplement til viltgjerder og tiltaket vil være mest aktuelt langs de vei- og banestrekningene der det ikke blir satt opp gjerder.

## **2. Investeringskostnader for Bane NOR**

Her må det avklares hvem skal investere i teknologien – det er mulig at en samfinansiering mellom togoperatørene, reineiere og vegvesen er en løsning.

Nofenceklaver koster ca kr 1 850,- per stk. I tillegg kommer batteriladere 470,-, ekstra batteri 390,- og Nofence Beacons (minst 2 anbefalt) koster hver 200,- ([www.nofence.no](http://www.nofence.no)). Som nevnt er reinen et flokkdyr og derfor må samtlige simler instrumenteres med slike klaver. For å bruke Nofence tilkommer en årlig kostnad som bestemmes av antall klaver i bruk og antall beitedager. Ved helårig beitebrukt og 100-199 klaver kommer det til 1.50 kr per klave per dag (= kr 106 266,- for helårsbruk av 199 klaver).

## **3. Investeringskostnader for reindriften**

Se under punkt 2. Evt. kan reindriften stå for investeringene i apper og smartelefoner for å kunne nytte infoen fra Nofenceklaven i den daglige reindriften. Dette betyr at det er mulig å spore og registrere informasjon om reinsdyrene.

## **4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene**

I følge hjemmesiden til Nofence AS, er det en daglig avgift på kr 3,-/klave. Da reinsdyr et ute 365 dager i året, utgjør dette en årlig kostnad på kr 1 095,-/klave.

Utskifting av eventuelle defekte klaver/batterier – vi har ikke info om forventet levetid.

## **5. Vedlikeholdskostnader for reindriften**

Ubetydelige. Eventuell erstatning av et fåtall klaver årlig som faller av/ forvinner sammen med rein som forsvinner (dersom reindriften skal dekke denne kostnaden).

## **6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR**

Eventuell installering av mottakerutstyr for å innhente info fra Nofenceklaven om hvor reinsdyrene oppholder seg.

## **7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Arbeidet består i påsetting av klavene. Denne arbeidsoperasjonen kan gjøres samtidig som flokken likevel samles. Likevel vil dette bli en betydelig jobb, i og med at samtlige simler bør utstyres med klaver. Det er vanskelig å estimere arbeidsinnsatsen, men to minutters ekstra arbeid per dyr må påregnes, i tillegg til klargjøring av klavene. I tillegg kan det oppstå et betydelig arbeidsbehov dersom batterier må byttes gjennom vinterperioden pga at solcellene ikke klarer å absorbere tilstrekkelig med energi.

## **8. Ekstraordinær belastning for reineiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen

## **9. Reindriften mulighet til å utnytte beitearealer**

Når jernbanelinja er satt opp som «Nofencegrense», vil ikke reinen kunne utnytte beitearealer på andre siden av linja. Denne virtuelle grensa må slås av før reinen vil kunne passere.

### **10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ingen. Dyr uten klave er ikke påvirket av NoFence sin virtuelle grense.

### **11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ingen påvirkning av dette varslingsystemet på andre arter.

### **12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

Utstyret er tilpasset geiter på sommerbeite, d.v.s. ikke spesialtilpasset arktisk vinterklima. Driftssikkerheten i vinterperioden er uklar.

### **13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketid**

Da systemet skal virke direkte på dyrene, er det i prinsippet uavhengig av lys/mørketid. Men energitilførselen er basert på solcellepanel, som med stor sannsynlighet vil gi problemer i mørketiden.

### **Lenker**

<https://nofence.no/>

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=3&v=EihJuqlOmDc](https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=EihJuqlOmDc)

## 5.2 Tiltak som varsler dyr eller skremmer dyr vekk fra jernbane

Det finnes skremmesystemer av forskjellig slag basert på lys, lyd eller lukt. Noen systemer er i bruk på veier og p.g.a. vanligvis dårlig påkjørselsstatistikk er det vanskelig å dokumentere effekten.

### 5.2.1 Patent nr. 329600 – Norskutviklet skremmesystem

**Mottatt av:** Per Sindre Nyberget

**Beskrivelse:**

Lyd- og lysfunksjoner som installeres på strekningen for å vekke viltets oppmerksomhet og stimulere fluktinstinkt.

Dette er et varslingssystem som er utviklet og patentert i Norge, og som ennå er i et utprøvningsstadium (Per Sindre Nyberget, pers. kommunikasjon). Systemet består av lyd- og lysfunksjoner som installeres på strekninger med hyppige viltpåkjørsler (hotspots) og der en ikke ønsker å stenge for viltets naturlige forflytninger med doble gjerder langs skinnegangen. Prinsippet med systemet er at det skal «vekke viltets oppmerksomhet» like før toget ankommer den aktuelle lokaliteten. Eksempelvis vil lokaliteten med linjen (og viltet) alarmeres 1,6 km foran toget dersom toget kjører i en hastighet på 110 km/t. Alarmen består av både lyd- og lyssignal. Lyden er kun et svakt knepp som kommer 1/10 sekund foran lysalarmen. Selve lyset oppfattes som en blålig lysstripe som krysser sporet i 45 graders vinkel fra skinnegangen i ca. 1,8 meters høyde. Lyden og lyset kommer fra begge sider fra sporet. Lyd- og lyssystemet er festet på stolper, som igjen er festet 2–2,5 meter til side for skinnegangen. Det er 40 meter mellom hver stolpe. Disse signalene aktiveres i sekvenser på 200 meters lengde. I hver sekvens beveger en bølge av lyd og lys seg mot toget. Etter hvert som toget beveger seg framover, aktiveres nye sekvenser (hver på 200 meters lengde) som med lyd- og lyssignal «beveger» seg mot toget. Systemet styres av en GPS-radio som sitter i lokomotivet (alternativt radarer som er plassert langs skinnegangen for å registrere togets hastighet og deretter aktivere «sekvensene» med lyd- og lyssignal. Metoden er godkjent som patent nr. 329600 i Norge.

## **Teknologi:**

Systemet vil bestå av 3 elektroniske komponenter: Detekteringssensor (ende-punkt sensor), Varslingssystem (alarmeringssensor) og en Gateway (koordinator-sensor). Det vil bli utviklet en type radar- eller ultralydsensorikk som skal sende informasjon videre til alarmeringssensorer trådløst for å aktivere spesielt tilpasset lys og lyd slik at dyrene blir skremt fra de uønskede områdene. Trådløs kommunikasjon er derfor en viktig komponent som blir implementert via IOT-teknologi (for kommunikasjon og deling av hendelseinformasjon i nåtid). Parallelt med alarmeringen skal informasjon om hendelsen videresendes til en sentral for overvåking og status.

## **Vurdering:**

Normal adferd for reinsdyr (og elg) som blir skremt er å springe langs jernbanelinja og vekk fra toget. Systemet er basert på kombinasjon av at varslingssignalet skal få viltets oppmerksomhet samt få reinen og viltet til å løpe mot toget. Dette kan ha en positiv effekt ved at reinen da oppdager toget og springer vekk fra jernbanelinja i stedet for å snu 180 grader og begynne å løpe vekk fra toget. I tillegg skal den økte oppmerksomheten hos reinen bidra til raskere fluktespons når de oppdager toget som nærmer seg. Lyssignalene skal være skjermet slik at de kun lyser opp området langs jernbanelinja og å unngå «falske» alarmer til dyr som ikke oppholder seg på/like inntil linja. I forhold til etablerings- og driftskostnader, hevder patenthaver at investeringskostnader tilsvarer under halvparten av kostnadene etablering av sperregjerder representerer. I tillegg skal det være ubetydelige drifts- og vedlikeholdskostnader. I motsetning til vedlikeholdskostnader ved sperregjerder og kratt- og skogrydding som er en kontinuerlig pågående prosess.

I og med at varslingsenhetene kun skal aktiveres når et tog nærmer seg vil reinen kunne assosiere varslene med en fare som det innkommende toget representerer. Det er derfor en mulighet at en unngår tilvenningseffekt (habituering) og at systemet vil ha en varig skremme/varslingsvirkning på reinen. Dersom systemet fungerer på reinsdyr, kan det ha et betydelig potensiale, særlig i skog og mindre eksponerte strekninger. Det er usikkert om systemet vil fungere på værutsatte strekninger (for eksempel Saltfjellet). Selv om varslingssystemet er planlagt etablert med varmetråder for å unngå at varslingsslysene snør og iser ned, er det en mulighet for at lydsignalene ikke når frem til reinsdyrene i perioder med sterk vind. Alternativt må det vurderes om stolpene med lyd- og lyssignal må stå mye tettere. Det må bemerkes at systemet ennå ikke er kommersielt tilgjengelig, men det arbeides aktivt med å sikre finansiering til utprøving av systemet under kontrollerte forhold (et samarbeid mellom norske forskningsinstitusjoner).

**Utviklingsstadiet:** Patentert produkt under utvikling.

**Type tiltak:** Skremmer dyr vekk fra spor.

**Varsling:** Til dyr.

### **1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamreinpåkjørsler**

Da systemet ennå er i utviklingsfasen har en ikke dokumentasjon på effekten gjennom feltforsøk. Da systemet er planlagt som en kombinasjon av lyd- og lyssignaler er det sannsynlig at reinen vil få økt oppmerksomhet av varslingen. Om systemet fungerer etter hensikten og får reinen til å springe vekk fra linja/mot toget og deretter bort fra linja, vil en ikke kunne vite uten kontrollerte feltforsøk.

Varslingssystemet skal kun aktiveres når tog skal passere gjennom området. Dette kan forebygge at reinen tilvennes til systemet (habitueres) i og med at reinen vil assosiere aktivert varsling med toget.

I følge reineiere kan varsel-/skremmelyder føre til at reinen springer opp på jernbanelinja (søker mot høyeste punkt for oversikt) Da systemet er planlagt med avskjerming av varslingsslysene (kun rettet mot jernbanelinja) og moderat lydstyrke kan det tenkes at aktivering av varslingen ikke har slik uønsket effekt på reinen, men dette vil en ikke kunne vite uten kontrollerte feltforsøk.

## **2. Investeringskostnader for Bane NOR**

I følge utvikler koster systemet ca. kr. 500 000,-/km.

## **3. Investeringskostnader for reindriften**

Da det ikke skal monteres utstyr på reinsdyrene forventes det ikke å falle kostnader på reindriften

## **4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene**

Utvikler antyder i underkant av kr 10 000,- /km per år.

## **5. Vedlikeholdskostnader for reindriften**

Ingen.

## **6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR**

Systemet sier automatisk fra til tog og togoperatør når systemet er ute av drift og eventuelle vedlikeholdstiltak må iverksettes.

## **7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Ingen.

## **8. Ekstraordinær belastning for reieiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen.

## **9. Reindriftas mulighet til å utnytte beitearealer**

Ikke begrenset av dette varslingsystemet.

## **10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ikke berørt av dette varslingsystemet.

## **11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ikke berørt av dette varslingsystemet.

## **12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

Tilpasninger er gjort, bl.a. m.h.t. varmetråder for å hindre nedising av systemet.

## **13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketid**

Denne elektronikken basert på lyd- og lysvarling ved rein nært banen, fungerer aller best i mørketida når ulykkesfrekvensen er størst. Reaksjon av tamrein på lys- og lydsignaler i mørket er ikke dokumentert.

### **5.2.2 Animal Detering Device UOZ-1**

**Mottatt av:** NEEL Warszawa, Polen

#### **Beskrivelse:**

Polskutviklet skremmesystem for vilt i nærheten av jernbanen basert på lydsignaler. Et høyttalersystem spiller naturlige lyder (alarmrop av ulike dyr som nøtteskrik, kråkefugler, ulv, gris, hest, hund osv) ved nærkommende tog og stimulerer fluktinstinkt hos ulike dyr.

**Teknologi:** Høyttalersystem aktivert av motkommende tog. Informasjon om tog som nærmer seg gis via "interlocking" signaler eller via "wheel detectors" (Fig. 21).



Figur 18. UOZ-1 i bruk på Mińsk Mazowiecki – Siedlce linje (fra Werka J & Wasilewski M 2009).



Figur 19. Høyttaler UOZ-1 med ytre føringsrør (fra Werka J & Wasilewski M 2009).

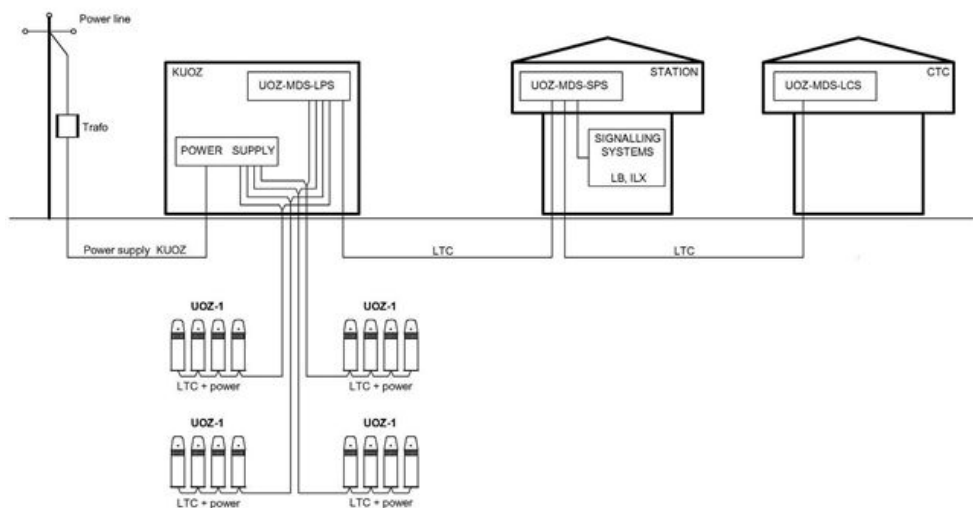




Figur 20. Komplet UOZ-1 enhet (fra Werka J & Wasilewski M 2009).



Figur 21. "Wheel sensors" varsler systemet om tog i nærheten (Neel, PO).



Figur 22. Diagram av UOZ system arkitektur (Neel, PO).

### Vurdering:

Systemet er utviklet og evaluert i Polen. I en evalueringsrapport av systemet er følgende rapportert (Babińska-Werka m.fl. 2015):

Forsøkene ble utført mellom august 2008 og november 2012 på to studieplasser langs E20-linjen, dette er en mye brukt linje som går mellom Minsk Mazowiecki (Vest-Polen) og Siedlce (Øst; ca. 50 km linje). I området var rådyr, elg, hjort, samt rever og brune harer. Ved hjelp av digitale kameraer registrerte forskerne dyreaktivitet 24 timer i døgnet i løpet av ca. 4 år. Målet var å sammenligne reaksjonen hos dyrene (frekvens og hastighet) når varslingsenheten ble slått på og av. Varslings-enheten sendte lydsignaler basert på dyrelyder fra de aktuelle artene som skulle varsles/skremmes. Måling av reaksjonene hos dyrene over flere påfølgende år tillot også forskerne å vurdere om de ble vant til lydene (habituert).

Samlet sett gjorde forskerne 2262 observasjoner av dyr som krysset eller kom nær jernbanlinja. Når et tog nærmet seg og varslingsenheten ble aktivert med lydsignal, flyktet de fleste dyrene (mellom 85-93%, avhengig av art). Reaksjonstiden til hjort i forhold til motgående tog var tre ganger raskere (20 sekunder) når varslingsenheten var slått på, sammenlignet med ingen varsling. Andelen hjort som ikke viste reaksjon på enheten var lik i det første og siste året av studien, noe som tyder på at dyrene ikke ble tilvendt (habituert) til lydsignalene fra enheten.

Systemet krever 230 V AC. Et batteri for nødtilfeller kan brukes, men batteriet holder bare 2 - 8 timer. Det finnes løsninger for fornybar energiforsyning (vind og sol) men bruk i norske værforhold er ikke testet og solcellepaneler kan ikke brukes i mørketiden.

**Utviklingsstadiet:** Eksisterende produkt utviklet for jernbane; i bruk i Polen på E20 mellom Mińsk Mazowiecki og Siedlce og i deler av Moscow - St. Petersburg og St. Petersburg – Helsinki linjene.

**Type tiltak:** Skremmer dyr vekk fra spor

**Varsling:** Til dyr.

### 1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamreinpåkjørsler

Systemet ble testet over en 4 årsperiode. Rådyr ble mest observert i dagslys og ble skremt bort av lydsekvens i 80 % av tilfellene. Bare 7 situasjoner ble observert med elg som også ble skremt bort fra jernbanen. Rev, hund og katter reagerte ikke særlig på skremmesekvensene (50, 30 og 40 % henholdsvis).

I og med at en ikke registrerte tilvenning (habituering) til varslings-signalet over en fire års periode, kan det tyde på at varslings-signal basert på dyrelyder er en effektiv måte å oppnå respons hos dyrene. Systemet er basert på en kombinasjon av at varslings-signalet skal få viltets oppmerksomhet kombinert med at viltet skremmes vekk fra jernbanelinja. I tillegg skal den økte oppmerksomheten hos viltet bidra til raskere fluktrespons hos viltet når de oppdager toget som nærmer seg.

I følge reineiere kan varsel/skremme-lyder føre til at reinen løper opp på jernbanelinja (søker mot høyeste punkt for oversikt). Da systemet er planlagt med avskjerming av varslingslysene (kun rettet mot jernbanelinja) og moderat lydstyrke kan det tenkes at aktivering av varslingen ikke har en slik uønsket effekt på reinen, men dette vil en ikke kunne vite uten kontrollerte feltforsøk.

Varslings-systemet skal kun aktiveres når tog skal passere gjennom området. Dette kan forebygge at reinen tilvennes til systemet (habitueres) i og med at reinen vil assosiere aktivert varsling med toget. Hvordan informasjon om motgående tog kan kommuniseres til UOZ-1 må Bane NORs teknisk gruppe evaluere. I Polen ble dette løst med UOZ-MDS-SPS nettverk signal enheter via kabel til UOZ-MDS kontrollenhet. Vi antar at dette krever betydelige teknologiske investeringer.

I og med at effekt på tamrein ikke er påvist gjennom feltforsøk og at tamreinens adferd kan avvike fra rådyr og hjortevilts adferd, må systemet først evalueres for håndtering mot tamreinpåkjørsler. Om systemet fungerer etter hensikten og får reinen til å springe vekk fra linja/mot toget og deretter bort fra linja, eller om systemet får reinen til å springe opp mot linja vil en ikke kunne få endelig avklart uten kontrollerte feltforsøk.

## **2. Investeringskostnader for Bane NOR**

Pris avhenger av krav fra Bane NOR og implementeringssted. Neel gir pris per km banestrekning mellom EUR 9 000 og 18 000,-. Høyttalere monteres med 65 – 70 m mellomrom langs utsatte strekninger, d.v.s. 14 – 15 høyttalere/km.

## **3. Investeringskostnader for reindriften**

Da det ikke skal monteres utstyr på reinsdyrene forventes det ikke å falle kostnader på reindriften.

## **4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene**

Systemet kan fjernovervåkes via GSM nettverket. Pris for vedlikehold av GSM modem beregnes av modem operatør.

Vedlikehold involverer to inspeksjoner per år, vanligvis med to operatører før og etter vinteren. Erfaringsverdier gir ca. 4 – 5 minutter arbeid / UOZ enhet, d.v.s. at 2 arbeidere kan utføre inspeksjon av en 7 km strekningen med ca. 100 UOZ i løpet av 8 timer. Inspeksjonen inneholder ekstern inspeksjon og funksjonelle tester. I noen tilfeller er det nødvendig å demontere hylla. Firma tilbyr trening av operatører.

## **5. Vedlikeholdskostnader for reindriften**

Da det ikke skal monteres utstyr på reinsdyrene forventes det ikke å falle kostnader på reindriften.

## **6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR**

Bane NOR må spesifisere strekningsspesifikke krav og Neel etablerer systemet. Vedlikehold krever trening av inspektører som Neel tilbyr som del av startpakken.

## **7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Ingen.

## **8. Ekstraordinær belastning for reineiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen.

### **9. Reindriftas mulighet til å utnytte beitearealer**

Ikke begrenset av dette varslingsystemet. Da systemet bare varsler når tog nærmer seg kan rein utnytte arealet uten forstyrrelser når tog er ikke i nærheten.

### **10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ikke berørt av dette varslingsystemet.

### **11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ingen påvirkning forventet.

### **12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

Det er usikkert om systemet vil fungere på værutsatte strekninger (for eksempel Saltfjellet), i dårlig vær, fordi høyttalersystemet snør/iser ned og lyden når ikke frem til reinsdyrene på grunn av sterk vind, is, snø eller regn (Werka og Wasilewski 2009).

### **13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketid**

Teknologien fungerer i mørket, men effektivitet er ukjent – alle kameraobservasjoner av rådyr i feltforsøk i Polen var i dagslys eller skumring, så det finnes ingen data om dyrenes (spesielt tamreinsens) adferd i mørket.

#### **Lenker:**

Firma: <http://www.neel.com.pl/web/?jzyk=en>

[http://www.neel.com.pl/web/pliki/pdf/UOZ\\_ulozka\\_A4\\_en.pdf](http://www.neel.com.pl/web/pliki/pdf/UOZ_ulozka_A4_en.pdf) (general information)

[http://www.neel.com.pl/web/pliki/pdf/ulozka\\_2A4en.pdf](http://www.neel.com.pl/web/pliki/pdf/ulozka_2A4en.pdf) (Produktinformasjon)

Video: [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=29&v=bbHgU1N9Jv0](https://www.youtube.com/watch?time_continue=29&v=bbHgU1N9Jv0)

### 5.2.3 Opto-akustisk varsel til dyr

**Mottatt av:** Mange leverandører, for eksempel Calonder, Swarco, iPTE, SVV

**Beskrivelse:**

Varsel/skremmesystem for vilt i nærheten av veier basert på lys- og/eller lydsignaler (avhengig av type); aktivert av billykter, men noe modeller (for eksempel DD450 fra iPTE) kan også aktiveres med fjernstyring.



Figur 23. Eksempel for dyrevarsler: Deer Deter DD410 (4. Generasjon, venstre) er i bruk i Østerrike mot rådyrpåkjørsler. Nye generasjon Deer Deter DD500+ (5. Generasjon, høyre) har utvidet levetid og robusthet (8-10 år, sertifisert til -70C , utvidet nettverksmuligheter for fjernstyring). Bilder brukt med tillatelse fra iPTE Traffic solutions.



Figur 24. Prosjektleder i SVV Henrik Wildenschild viser fram elgskremmer som ble satt opp på Karlstad i 2014 (fra [www.nye-troms.no](http://www.nye-troms.no))

## Teknologi:

Blinkende LED lys og lyd (få detaljer om frekvens og varighet tilgjengelig) aktivert av lys fra motkommende bil for å unngå at dyrene habitueres; modeller med fjernstyrt aktivering er i utvikling i for eksempel WIWASOL prosjekt i Østerrike.

## Vurdering:

Forskjellige systemer er i bruk på mange veier i Norge, Sverige, Finland, Polen, Østerrike, USA, Tasmania, Israel og Japan, men trenger tilpasning til jernbane. Foreløpig er de fleste systemer aktivert av lys fra motkommende biler. Dette gir imidlertid ikke nok tid til dyrene når tog har høy hastighet, dvs. systemet må tilpasses med annet aktiveringssignal (FIDO tilknyttet fjernstyring, wheel sensors, mm).

De fleste systemer er soldrevet og trenger utvikling for mørketiden.

Ukjent effekt på tamrein – kan skremme rein og føre til at de hopper opp på strekningen. Ikke anbefalt uten feltforsøk med tamreins adferd mot skremming/varsel med lys og lyd, særlig i mørketiden (se kapittel 2.3.2.2. og 2.3.2.3.)

**Utviklingsstadiet:** Utviklet for andre bruksområder (veg)

**Type tiltak:** Varsler/skremmer dyr vekk fra vei.

**Varsling:** Til dyr.

### 1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamreinpåkjørsler

Ofte angitt av leverandører med 40 og opp til 98 % effektivitet på rådyr, tasmansk devil (*Sarcophilus harrisii*), elg, hjort og hvithalehjort (*Odocoileus virginianus*), men ingen "peer reviewed" eller sertifiserte rapporter om redusert kollisjonsfrekvens er tilgjengelig. Fig. 25 viser fram noe detaljer om hva slags hastighet forskjellige modeller egner seg for.

| Device                                 | Alert System                 | Time to react and leave the road | Sensor-Range (specified or measured) | Calculated maximum vehicle-speed    |
|--|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| SWARCO, Strieter-light, WEGU-Reflector | Passive optical Reflector    | 5 + 5 seconds                    | 45m @ low-beam<br>60m @ high-beam    | 16 km/h (!)<br>22 km/h              |
| SWARCO, Weyland                        | Sound plus passive Reflector | 3 + 4 seconds                    | 80m @ low-beam<br>120m @ high-beam   | 41 km/h<br>62 km/h                  |
| WEGU-GFT                               | Sound plus passive Reflector | 3 + 4 seconds                    | 100m @ low-beam<br>140m @ high-beam  | 51 km/h<br>72 km/h                  |
| WIWASOL II                             | Active opto-acoustic System  | 3 + 3 seconds                    | 150m @ low-beam<br>200m @ high-beam  | 90 km/h<br>120 km/h                 |
| DD410/430                              | Active opto-acoustic System  | 3 + 3 seconds                    | 250m @ low-beam<br>400m @ high-beam  | > 130 km/h<br>> 130 km/h            |
| DD450 (RF-Connected)                   | Active opto-acoustic System  | 3 + 3 seconds                    | Infinite, due to remote activation   | > 130 km/h;<br>Works on "hot" roads |

Figur 25. Opto-akustiske dyrevarsler modeller tilpasset trafikken hastighet gir forskjellig tid for dyr for å "reagere" (flytte seg fra vei). Tabell vist med tillatelse fra Andreas Schalks (iPTE) fra en presentasjon for 9<sup>th</sup> Intelligent Transport Systems (ITS), European congress Dublin 2013.

### 2. Investeringskostnader for Bane NOR

Avhengig av spesifisering (passive reflektorer, aktive lys- og lydsignaler), aktivering, energiforsyning og leverandør.

### 3. Investeringskostnader for reindriften

Ingen

#### **4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene**

Noen leverandører gir garanti for vedlikeholdsfri funksjon (for eksempel iPTE gir 5 år garanti), men de fleste systemer er solcelledrevet og vil ikke fungere i mørketid.

#### **5. Vedlikeholdskostnader for reindriften**

Ingen

#### **6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR**

Trenger tilpasning til jernbane; se ellers under punkt 4.

#### **7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Ingen

#### **8. Ekstraordinær belastning for reineiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen

#### **9. Reindriftas mulighet til å utnytte beitearealer**

Ikke begrenset av dette varslingsystemet

#### **10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ikke berørt av dette varslingsystemet

#### **11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ingen påvirkning forventet

#### **12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

De fleste systemer er sertifisert til -30°C, men det finnes få erfaringsverdier. Det er tvilsomt om LED lys og lyd blir sett/hørt ved mye snø/vind.

#### **13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketid**

De fleste systemer er soldrevet og det er tvilsomt om de kan tilpasses mørketiden med batterier; i tillegg finnes ingen data om tamreinens adferd på varsellys og –lyd i mørket.

#### **Lenker:**

<http://www.ipte.at/>

<http://www.swarco.no/>

<https://dpipe.tas.gov.au/wildlife-management/save-the-tasmanian-devil-program/about-the-program/roadkill-project>

<https://nye-troms.no/nyheter/skal-teste-ut-elgskremmer/19.120>

## 5.3 Tiltak som varsler lokfører

### 5.3.1 Droner

**Mottatt av:** Flere innspill til Bane NOR

**Beskrivelse:**

Skinnegående droner har vi ikke mulighet til å evaluere da vi ikke har kunnskap om skinnegående teknologier. Bane NOR sjef Tom Petter Høgset informerte under befaringen at denne teknologien per dags dato ikke er interessant mhp fare for sammenstøt hvis dronen kjører seg fast, særlig under nordnorske værforhold (særlig store snømengder og fokksnø).

For flygende droner som mulig hjelpemiddel til overvåking av rein på jernbanelinja vises til Forskrift om luftfartøy som ikke har fører om bord av 01.01.2016 for definisjoner, virkeområde mm.

**Teknologi:**

Droner er ubemannede fly med forskjellige utforming og størrelser. Den mest vanlig formen for drone som selges på det kommersielle markedet i dag er rotorbaserte og fungerer i prinsippet som et lite helikopter. Vekt varierer fra noen titalls gram til noen få kilo. Disse kan ha alt fra én til flere rotoror. Droner med fire eller flere rotoror (multirotor) er den vanligste typen som er i bruk i dag. Det fins også droner som har en funksjon mer likt et fly, en såkalt fastving. Disse har lengre rekkevidde, men krever mer m.h.t. avgang- og landingsforhold.

**Vurdering:**

Selv om droner åpner for mange muligheter er det fortsatt mange begrensninger knyttet til praktisk bruk. Felles for alle droner at de har begrensninger både m.h.t. bæreevne og rekkevidde. For rotorbaserte droner, som har lavest brukerterskel (lett, mobil, enkel å føre), er batterikapasiteten maksimalt 40 minutter sommerstid og kanskje 30 minutter vinterstid. Slike droner har også relativt liten bæreevne. En fastving har langt større kapasitet både m.h.t. bæreevne og rekkevidde, men stiller større krav til fasiliteter for avgang og landing. Det finnes også hybridversjoner som både er fastvinge og multirotor. Disse har lengre operasjonstid og rekkevidde enn multirotor, men taper litt av dette i forhold til fastvinge, men kan ta av og lande som en multirotor. Felles for alle typer er at de er sårbare for vind og nedbør under isingsforhold. I tillegg er det i regelverket klare begrensninger m.h.t. visuell kontakt, avstand fra fører, høyde mm. Uansett må droner opereres av personer, noe som gir klare føringer for ressursbruk. Disse må igjen være knyttet til et foretak (drone-/flyselskap) som er godkjent av luftfartstilsynet for bruk av drone i næring.

Rotorbaserte droner brukes allerede i dag i reindrifta i sammenheng med tilsyn/overvåking, samt driving av dyr. Dette gjelder operasjoner avgrenset i tid og rom. Slik sett kan drone brukes som et hjelpemiddel for å avkrefte eller bekrefte om det fins dyr i nærheten av bestemte områder langs jernbanelinja på et visst tidspunkt dersom værforholdene tillater det. Imidlertid er dette lite hensiktsmessig for å overvåke et større område over lengre tid/kontinuerlig.

Det finnes også muligheter for å etablere drone-garasjer, d.v.s. faste stasjoner som kan fungere som utgangspunkt for operasjoner fra rotorbaserte droner til fastsatte tidspunkter eller på kommando. Men uansett ville begrensningene nevnt ovenfor m.h.t. flytid, rekkevidde, vær og vind gjelde. Også i et slikt tilfelle må operasjonene overvåkes av piloter, men disse kan være fjernstyrte.

Ved å gå over til fastving øker operasjonstiden og rekkevidden betraktelig og en kunne således dekke større områder om gangen. Men begrensningene m.h.t. vær og vind samt krav til bemanning ville fortsatt være gjeldende.



Eventuelle operasjoner underveis med toget som utgangspunkt er vanskelig å se for seg, først og fremst med tanke på den begrensede batterikapasiteten på rotorbaserte droner, men også på grunn av begrensninger i regelverket.

Utviklingen av droneteknologien samt regelverket som regulerer droneoperasjoner, utvikler seg raskt. Vurderingen av nevnte begrensninger om 5-10 år kan derfor være en helt annen.

**Utviklingsstadie:** Utviklet for andre bruksområder; ikke utviklet som varslingsystem.

**Type tiltak:** Det er mulig å bruke droner for å hindre dyr å komme inn på sporet eller for å varsle om redusert hastighet p.g.a. dyr detektert nær/i spor

**Varsling:** Ingen varslingsystem utviklet

#### **1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamreinpåkjørsler**

Ikke aktuelt på nåværende tidspunkt

#### **2. Investeringskostnader for Bane NOR**

Ikke aktuelt på nåværende tidspunkt

#### **3. Investeringskostnader for reindriften**

Ingen

#### **4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene**

Noen leverandører gir garanti for vedlikeholdsfri funksjon (for eksempel iPTE gir 5 år garanti), men de fleste systemer er solcelledrevet som ikke vil fungere i mørketiden

#### **5. Vedlikeholdskostnader for reindriften**

Ingen

#### **6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR**

Trenger tilpasning til jernbane; ellers se under punkt 4.

#### **7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Ingen

#### **8. Ekstraordinær belastning for reineiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen

#### **9. Reindriftenes mulighet til å utnytte beitearealer**

Ikke begrenset av dette varslingsystemet

#### **10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ikke berørt av dette varslingsystemet

#### **11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ingen påvirkning forventet.

#### **12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

Store begrensningene m.h.t. vær og vind.

#### **13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketid**

Begrenset.

### 5.3.2 Interaktive viltvarslere

**Mottatt av:** For eksempel SVV, Swarco, Calonder, mm

**Beskrivelse:**

Lysskilt blinker ved aktivering når dyr er i nærheten av vei og varsler bilistene for å redusere hastigheten.

Globalt er mange ulike systemer i bruk, blant annet utviklet av SVV. Lysskiltet aktiveres når vilt oppdages av sensorer (se oppsummering kapittel [2.3.1.](#)). Det kan også aktiveres via SMS fra viltnemda eller SVV. Gule lys blinker for å varsle bilistene.



Figur 26. Interaktive eller “dynamiske” vilvarselskilt langs veien – varsellys til bilister ble utløst av vilt (for eksempel gjennom varmesøkende sensorer, til venstre et eksempel fra E6 i Nord-Trøndelag <https://www.nrk.no/trondelag/unik-viltvarsler-pa-e6-1.8367905>). Til høyre en modell fra firmaet Calonder i Sveits som bruker en kombinasjon av kamera og IR sensorer (bildet brukt med permisjon av Calonder Energy AS).

**Teknologi:**

Blinkende LED skilt varsler bilistene. Aktivering utløst via SMS (Statens vegvesen) eller sensorer som detekterer dyr. For oppsummering se kapittel [2.3.2.1.1.](#) Viltdeteksjonssystemer.

**Vurdering:**

Varsel om å redusere hastigheten p.g.a. dyr på strekningen er et effektiv tiltak.

Instrumentering av strekningen med interaktivt blinkende LED skilt kan med tilpasning kanskje erstattes med direkte signal til lokfører. Alarmsignal kan utløses med mange forskjellige sensorer - for oppsummering se kapittel [2.3.2.1.1.](#) Viltdeteksjonssystemer.

De fleste systemer er solcelledrevet og må tilpasses mørketidsbruk hvis LED skilt er ønsket (vi antar at signal til lokfører er billigere, men dette trenger tilpasning).

Viltdeteksjonssystemer har – avhengig av metoden – forskjellige fordeler og ulemper (se oversikt i kapittel [2.3.2.1.1.](#)) – signaler er alltid uspesifikke, d.v.s. at forskjellige uinstrumenterte dyr (og objekter) kan utløse signaler. Ikke tilpasset tamrein.

Vi anbefaler ikke geophones, LASER og photoceller.

**Utviklingsstadiet:** Utviklet for andre bruksområder; ikke utviklet som varselsystem til jernbane.

**Type tiltak:** Varsler om redusert hastighet p.g.a. dyr detektert nær/i spor

**Varsling:** Ingen varslingsystem til lokfører utviklet

**1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamreinpåkjørslar**

Ofte angitt av leverandører med 80 - 98 % effektivitet (m.h.t. redusert hastighet av bilister), men sertifiserte rapporter m.h.t. kollisjonsfrekvens er ikke tilgjengelig.

**2. Investeringskostnader for Bane NOR**

Alle systemer må tilpasses og utvikles. Kommunikasjon med lokfører må utvikles; pris avhengig av system.

**3. Investeringskostnader for reindriften**

Ingen

**4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene**

Avhengig av utvalgt system og leverandør

**5. Vedlikeholdskostnader for reindriften**

Ingen

**6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR**

Avhengig av utvalgt system og leverandør

**7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Ingen

**8. Ekstraordinær belastning for reieiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen

**9. Reindriftenes mulighet til å utnytte beitearealer**

Ingen påvirkning

**10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ingen påvirkning

**11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ingen påvirkning.

**12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

Avhengig av valgt system og leverandør

**13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketid**

Avhengig av energiforsyning og valgt system

### 5.3.3 LoRa Gateway

**Mottatt av:** NorthQ Safety AS

**Beskrivelse:**

Lokomotivet instrumenteres med LoRa Gateway, GPS utstyr og det settes Geo Fence på definerte jernbanestrekninger. Skanner en radius på inntil 50 km. Lokomotivet utrustes med skjerm og førervarslingssystemer (evt integreres i eksisterende skjermer). Kjente «traséer» for reinsdyr langs Nordlandsbanen kan utrustes med LoRa Gateway sendere og varsling. Reinsdyr instrumenteres med en liten tagg/mottaker som støtter teknologiene.

**Teknologi:**

Firmaet NQS tilbyr elektronisk varsling til lokfører med LoRa Gateway i lokomotiv og GPS utstyr montert på dyr med klave eller BT sendere i øremerker. Firmaet tilbyr også uspesifikke deteksjonssystemer ved hjelp av solceller, LoRa, BT, IR, Smartkamera og varmesøkende kamera.

**Vurdering:**

Noe av denne teknologien er lovende, men ferdig produkt finnes ikke. Krever tilpasning av varslingssystemet i lokomotiv og evaluering av effektivitet. Firmaet har erfaring i sikkerhetssystemer, men ingen kunnskap med dyrepåkjørsler/adferd, d.v.s. etablering av systemet må foregå i samarbeid med forskerne. Vi henviser til oppsummering av uspesifikke deteksjonssystemer i kapittel 2.3.1. Firmaet kunne være en interessant medarbeider i flere fremtidige utviklingsprosjekter.

**Utviklingsstadie:** Utviklet for andre bruksområder.

**Type tiltak:** Varsler om redusert hastighet p.g.a. dyr detektert nær / i spor

**Varsling:** Til lokfører; Firma NorthQ Safety foreslår mulig varsling til rein om at toget nærmer seg, men gir ikke detaljer om varslingssignal. Se vurdering om varsler til dyr i kapittel «2.3.2.3 Varselsystem til dyr» - ikke anbefalt.

#### **1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamreinpåkjørsler**

Ukjent

#### **2. Investeringskostnader for Bane NOR**

Ukjent – krever spesifisering

#### **3. Investeringskostnader for reindriften.**

Ukjent – krever spesifisering

NorthQ safety foreslår at det er mulighet for at reineiere kan ha nytte av systemet og av å spore dyrene sine «live». Detaljer mangler og det er ikke klart når ferdig produkt (app, sporing etc.) er utviklet.

#### **4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene**

Ukjent. Muligens utskifting av sender, Teleabonnement knyttet opp mot eventuell SMS/e-post-varsling, utskifting av klaver med sendere (med ukjent frekvens).

Ved bruk av varselsignaler langs strekningen, muligens utskifting av utstyr (ukjent utstyr og dermed frekvens).

#### **5. Vedlikeholdskostnader for reindriften**

Erstatning av et fåtall klaver årlig som faller av/ forsvinner sammen med rein som forsvinner. I tillegg evt. utskifting av klaver med sendere (ukjent frekvens).

## **6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR**

Systemet må utvikles og testes; vedlikehold er avhengig av valgt system.

## **7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Arbeidet består i påsetting av klavene. Denne arbeidsoperasjonen kan gjøres samtidig som flokken likevel samles for andre gjøremål. Vanskelig å estimere arbeidsinnsatsen, men to minutters ekstra arbeidsinnsats per dyr må påregnes, i tillegg til klargjøring av klavene.

## **8. Ekstraordinær belastning for reineiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen. Mottakernes varsel kan imidlertid kobles opp til epost og/eller SMS hos reineier, og det vil være naturlig at reineier forsøker å gjete dyrene unna sporet dersom et slikt varsel tikker inn.

## **9. Reindriftenes mulighet til å utnytte beitearealer**

Ikke begrenset av dette varslingsystemet

## **10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ikke berørt av dette varslingsystemet

## **11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ingen påvirkning av dette varslingsystemet

## **12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

Ingen detaljer tilgjengelig da produktet ikke er ferdig utviklet

## **13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketid**

Varslingsteknologi for togfører vil fungere bra i mørket, men effektivitet av potensjelle varslings signaler til dyr er ukjent da det ikke finnes data om dyrenes (spesielt tamreinenes) adferd i mørket.

### **Lenker:**

Firma: <https://northqsafety.no/>

### 5.3.4 Narrowband Internet of Things (NB IoT)

**Mottatt av:** For eksempel shiip eller Norsk Smartbjella AS

**Beskrivelse:**

Reinsdyr instrumenteres med en halsklave påmontert sporingsutstyr. Geofence etableres. Signaler til tog sendes hyppig når dyr er innenfor Geofence.

Et virtuelt gjerde etableres (geografisk korridor langs jernbanelinja 50-100 meter ut til hver side av sporet ved benyttelse av elektroniske kart). Når sporingsenheten som er montert på dyret er utenfor denne korridoren kan sporingsenheten på dyret settes opp til å sende posisjon til for eksempel hver 12. time. Hvis dyret derimot kommer innenfor geofencekorridoren aktiveres sporingsenheten på dyret til å begynne å sende signaler til togene, til for eksempel hvert 5. minutt. Når så et tog nærmer seg vil sporingsenheten automatisk begynne å sende signaler stadig raskere. Dette vil fortelle/vise lokfører nøyaktig posisjon (+/- 5 meter) på reinsdyrene. Dette kan vises på PC, Mac, nettbrett eller smarttelefon.

I tillegg til å varsle togene kan reineierne se akkurat samme informasjon gjennom samme system på egne datamaskiner/smarttelefoner. Dette kan gi reineierne mulighet til å holde dyrene unna jernbanesporet i god tid før fare oppstår. I tillegg vil reineierne ha nytte av systemet med tanke på samling av reinsdyr i egen regi og overvåkning av dyrene med tanke på andre utfordringer som rovdyr mm (det er dette systemet er skreddersydd for).

Sannsynligvis vil mange dyr, både rein og sau bli utstyrt med dette utstyret uansett i framtida, slik at jernbanen i mange tilfeller stort sett kun trenger mulighet til å logge seg på systemet fra toget.

Utstyret som monteres har uendelig rekkevidde, ingen fysiske installasjoner ut over enheten som monteres på dyret. Batterikapasiteten på enhetene som monteres på dyrene ligger på ca 10.000 sendinger, noe som vil si mange års levetid.

**Teknologi:**

Elektronisk varsling til lokfører med utstyr montert på dyr.

NarrowBand IoT (NB-IoT) er en ny kommunikasjonsteknologi som gjør det mulig for «ting» å kommunisere via det eksisterende 4G-nettet. Nettet er designet for å knytte objekter til internett som er på vanskelig tilgjengelige steder og som tidligere har vært for dyre å koble til internett. Sensorene som benyttes er rimelige i produksjon og har lang batterilevetid.

Dette vil gjøre det mulig å koble «ting» til internett hvor det tidligere ikke har vært lønnsomt eller praktisk gjennomførbart pga. strøm og dekningsutfordringer med forventet batterilevetid på opp til 10 år.



Figur 27. To typer digitalbjeller som bruker NB IoT teknologi. Til venstre Norsk smartbjella (bildet tatt fra <https://smartbjella.no/butikk/smartbjella/>), til høyre shiip bjelle (bildet tatt fra [www.shiip.no](http://www.shiip.no))

## **Vurdering:**

Teknologien virker veldig lovende, særlig m.h.t. batterienes levetid og forventete priser.

Varslingssystem for lokomotiver må tilpasses.

Teknologien er så ny at ingen praktiske erfaringer med effektivitet og signaldekning så langt er gjort.

Da det ikke er behov for fysiske installasjoner langs strekningen er vedlikeholdskostnader og arbeidsinnsats for etablering av systemet betydelig lavere enn for systemer som trenger installasjoner langs linja.

## **Utviklingsstadie:**

Utviklet for andre bruksområder

**Type tiltak:** Varsler om dyr detektert nær / i spor

**Varsling:** Til lokfører

### **1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamrein påkjørsler**

Teknologien er lovende, men er først nå tilgjengelig, så det finnes ingen erfaringer med systemet ennå. Tilpasninger til jernbanen må først testes i kontrollerte feltforsøk.

### **2. Investeringskostnader for Bane NOR**

Krever tilpasning av varslingssystem i lokomotiv; men ingen fysiske installasjoner langs strekningen.

Da ferdig produkt ikke finnes ennå kommer det litt an på hvor mye BaneNOR ønsker å integrere i eksisterende systemer. Et forsiktig første estimat fra shiip.no peker mot ca. NOK 1-2 millioner i engangskostnader og NOK 50 - 100 000 pr. lokomotiv.

### **3. Investeringskostnader for reindriften**

Både Smartbjella og Shiip koster i vanlig utsalg 890,- NOK per bjelle plus abonnement på 99,- NOK per bjelle for 5 måneder. Ved anskaffelse av større mengder vil det muligens kunne avtales andre priser.

### **4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene**

Abonnement for springstilgang

### **5. Vedlikeholdskostnader for reindriften**

Abonnement for springstilgang.

Erstatning av et fåtall sendere årlig som faller av/ forsvinner sammen med rein som forsvinner.

Det tas forbehold om bruksmønster, temperatur og andre faktorer. Batteriene leverer 10 000-15 000 innsendinger/lokasjonssignaler og det beregnes en batterilevetid på 5 – 10 år.

### **6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR**

Ingen

### **7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Arbeidet består i påsetting av klaver med sendere. Denne arbeidsoperasjonen kan gjøres samtidig som flokken likevel samles for andre gjøremål. Vanskelig å estimere arbeidsinnsatsen, men to minutters ekstra arbeidsinnsats per dyr må påregnes, i tillegg til klargjøring av senderne.

### **8. Ekstraordinær belastning for reineiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen. Mottakernes varsel kan imidlertid kobles opp til epost og/eller SMS hos reineier, og det vil være naturlig at reineier forsøker å gjete dyrene unna sporet dersom et slikt varsel tikker inn.

### **9. Reindriftas mulighet til å utnytte beitearealer**

Ikke begrenset av dette varslingsystemet

### **10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ikke berørt av dette varslingsystemet

### **11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ingen påvirkning av dette varslingsystemet

### **12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

NB IoT er brukt offshore i mange år og det er gjort tilpasninger m.h.t. temperatursvingninger, tetthet og lave temperaturer slik at de fungerer bra i nordiske værforhold. Batteriteknologien er kontinuerlig under utvikling/forbedring.

### **13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketid**

Lysforhold har ingen betydning da informasjon om dyrenes posisjon er basert på radiobølger.

### **Lenker**

<https://www.u-blox.com/en/solution/technology/narrowband-iot-nb-iot>

<https://smartbjella.no/>

<https://www.shiip.no/>



### 5.3.5 GPS klaver

**Mottatt av:** For eksempel savemy.no (Lars Theodor Kintel)

**Beskrivelse:**

Rein utstyres med GPS sender og varsel om rein i nærheten av strekningen sendes på SMS eller til app (senere integrert mot FIDO). Basert på eksisterende produkt «Findmysheep».

E-bjeller kan settes opp med egendefinerte meldingsplaner som bestemmer hvor mange ganger man ønsker å vite hvor dyret er i løpet av en dag. Det vanligste er 1 gang om dagen, noe som gjør at GPS henter ut posisjonen 1 gang per dag. Når E-bjella har fått en godkjent posisjon sender den posisjonen tilbake via satellitt slik at den til slutt ender opp hos brukeren.



Figur 28. Reinsdyr utstyrt med GPS (Foto: Frank Meissner).

**Teknologi:** Elektronisk varsling med GPS utstyr montert på dyr

**Vurdering:**

Teknologien er i bruk for sporing av beitedyr, men batterikapasitet, størrelse på sender og frekvens på batteriskift må vurderes. I landbruket er det vanlig å bruke posisjonssignal bare en gang per dag som nok ikke er ofte nok for å vurdere når reinsdyr nærmer seg jernbanelinja. Høyere varslingsfrekvens vil redusere batteriets levetid betydelig. Solceller på klaven kan forlenge batteriets levetid, men batterier må vare gjennom mørketiden. Teknologiske detaljer av ferdig utviklet system er ennå ikke tilgjengelig.

Sporingsposisjoner fra Findmysheep og Norsk kartdata (WMS tjenester) kan tilknyttes Bane NORs datasett med sanntids toginformasjon (SIRI - Service Interface for Realtime Information). Når toget nærmer seg dyr kommer det en alarm opp i systemet som gir varsel om dyr i nærhet av jernbanelinja. Utstyr i lokomotiv krever utvikling.

**Utviklingsstadiet:** Utviklet for andre bruksområder

**Type tiltak:** Varsler om dyr detektert nær/i spor

**Varsling:** Til lokfører

### **1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamreinpåkjørsler**

Da systemet ikke er ferdig utviklet, finnes ingen data om effektivitet. Ferdig utviklet produkt må testes i feltforsøk.

### **2. Investeringskostnader for Bane NOR**

Uklart da ferdig produkt ikke er utviklet – krever systemutvikling og utprøving for eksempel i form av FoU-kompetanse.

### **3. Investeringskostnader for reindriften**

Pris for e-bjeller fra for eksempel Savemyreindeer er ca. 1890,- eks. mva;

Ladebrett for å lade E-bjella, oppgradering av programvare og for å legge til sendeplan (kan deles mellom naboer) koster 4 500,- eks. mva.

### **4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene**

Ingen informasjon tilgjengelig da systemet ikke er ferdig utviklet

### **5. Vedlikeholdskostnader for reindriften**

Utskifting / lading av GPS batterier

Teleabonnement knyttet opp mot sporing

Utskifting av ødelagte sendere – mangler produkt informasjon

### **6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR**

Krever teknologiske detaljer av ferdig utviklet varslingsystem

### **7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Arbeidet består i påsetting av klaver Med sendere. Denne arbeidsoperasjonen kan gjøres samtidig som flokken likevel samles for andre gjøremål. Vanskelig å estimere arbeidsinnsatsen, men to minutters ekstra arbeidsinnsats per dyr må påregnes, i tillegg til klargjøring av klaver/sendere.

Erstatning av et fåtall klaver/sendere årlig som faller av/ forsvinner sammen med rein som forsvinner.

### **8. Ekstraordinær belastning for reineiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen. Mottakernes varsel kan imidlertid koples opp til epost og/eller SMS hos reineier, og det vil være naturlig at reineier forsøker å gjete dyrene unna sporet dersom et slikt varsel kommer inn.

### **9. Reindriften mulighet til å utnytte beitearealer**

Ikke begrenset av dette varslingsystemet.

### **10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ikke berørt av dette varslingsystemet.

### **11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ingen påvirkning av dette varslingsystemet.

### **12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

GPS sendere fra forskjellige leverandører har vært i bruk i Norge i mange år; p.g.a. høyere sendefrekvens av posisjonssignal må kanskje tilpasninger gjøres m.h.t. batteritype.

### **13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketid**

Lysforhold har ingen betydning for GPS signal.

#### **Lenker**

<https://devpost.com/software/savemyreindeer>

<https://www.findmy.no/>

### 5.3.6 EarTraX og CellTraX

**Mottatt av:** GPS Collars AS

**Beskrivelse:**

Rein utstyres med GPS/GSM/UHF utstyrte øremerker. Posisjonssignal tilkobles virtuelt gjerdesystem langs jernbane for å varsle togfører.

**Teknologi:**

Firmaet tilbyr 6 ulike løsninger.

EarTraX: Elektronisk varsling med solcelledrevet GPS, GSM eller UHF utstyr montert på dyr med øremerke. Øremerket har et 1 mm tykk gjennomsiktig polykarbonat skall og måler 75 x 50 x 13 mm. Batterienes levetid i EarTraX er teoretisk uendelig ved bruk av solceller, men selvfølgelig begrenset i mørketiden. Firmaet antar at ladingen av batteriet om sommeren skal være tilstrekkelig til bruk gjennom vinteren, men dette er ikke testet. EarTraX kan utstyres med GPS/UHF system (60 g) eller UHF-only (50 g) som sender på 863 – 870 MHz band. For å minimere batteribruk er det anbefalt å bruke GPS signal bare for å bestemme dyrenes posisjon m.h.t. et virtuelt gjerde (ved nærhet til strekningen i mer enn 4 sekunder) og sende UHF signal til mottaker plassert langs jernbanen. Alternativt, med enda mindre energiforbruk, kan EarTraX utstyres med UHF signal (felttestet på gribb over 4 år), men sannsynligvis ikke i mørketiden.

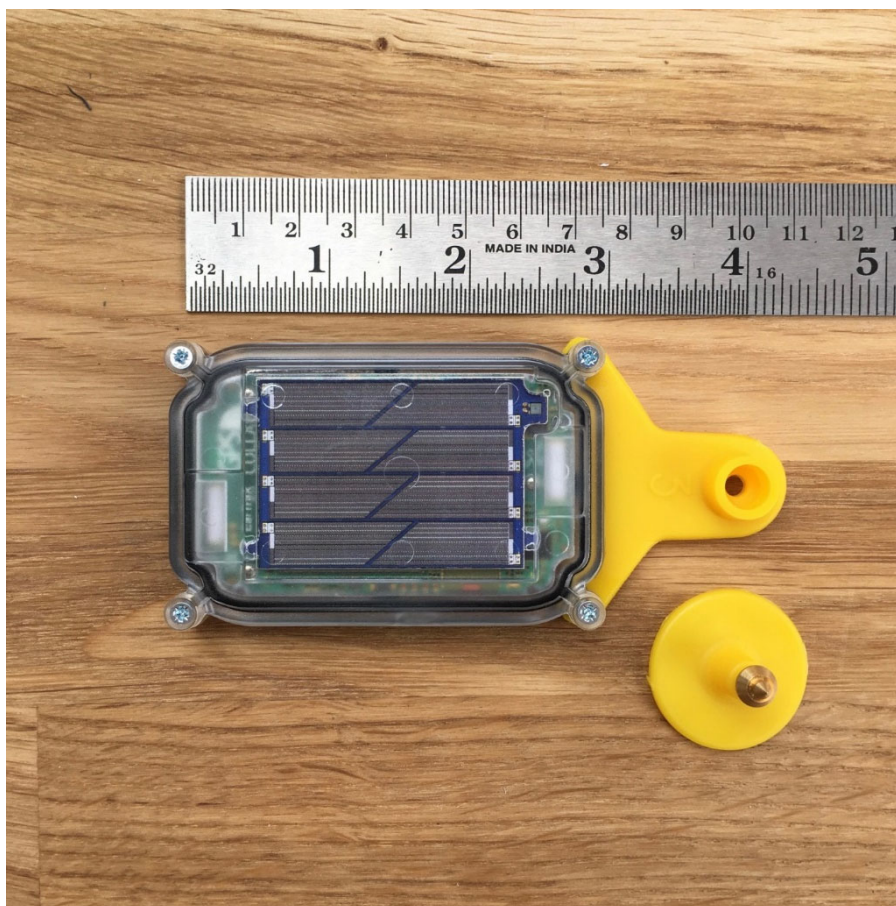
CellTraX (450 – 600g), GPS, GSM eller UHF systemer montert på klave. En ny generasjon batterier er i test. CellTraX har batterilevetid av 24 – 48 måneder (avhengig av antall signaler).

Avhengig av spesifikasjoner, har mottakeren rekkevidder på 500 m - 15 km. Mottakerne sender mobiltelefonsignal til sentralen eller togfører direkte.

Kommunikasjon mellom instrumenterte dyr og lokomotiv kan skje via GPS, UHF eller GSM ved bruk av mottaker på lokomotiv, langs strekningen eller via telefonnettet.

Ved inaktivitet kan enhet sende døds melding per SMS etter selvbestemte parametre. Data kan nedlastes som csv fil til Excel eller kml fil til Google Maps, og er tilgjengelig med PC, iMac, nettbrett eller smarttelefon, og kan analyseres med Movebank®.

For detaljerte løsningsforslag se Fig. 33 – 39.



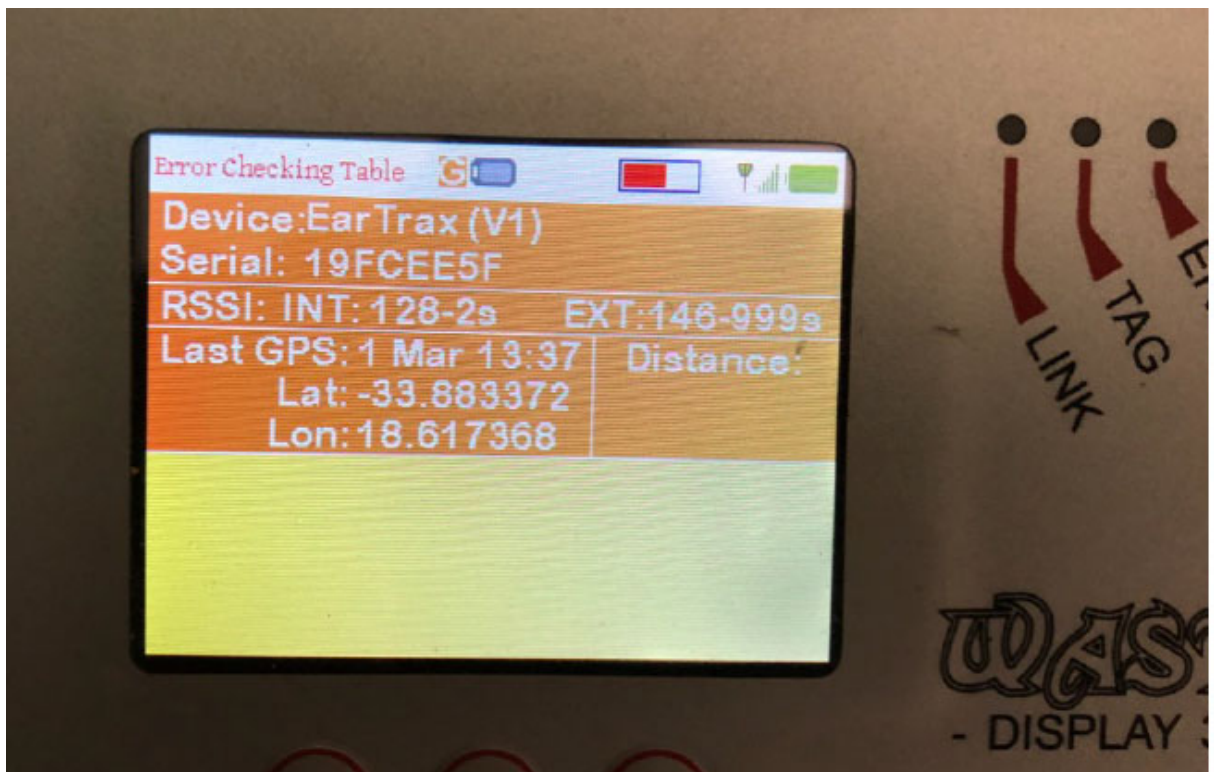
Figur 29. Solcelledrevet GPS/UHF Wildlife Radio Telemetry øremerke (47.5 g) monteret på kyr (fra <https://www.gpscollars.co.uk/product-EarTraX-GPS-UHF-id15>).



Figur 30. EarTraX på hjort (fra <https://www.gpscollars.co.uk/EarTraX-on-Red-Deer-in-Switzerland>)



Figur 31. CellTraX klav (Foto GPS Collars AS).



Figur 32. Mulig output system som kan plasseres i lokførerens kabin (Foto GPS Collars AS).

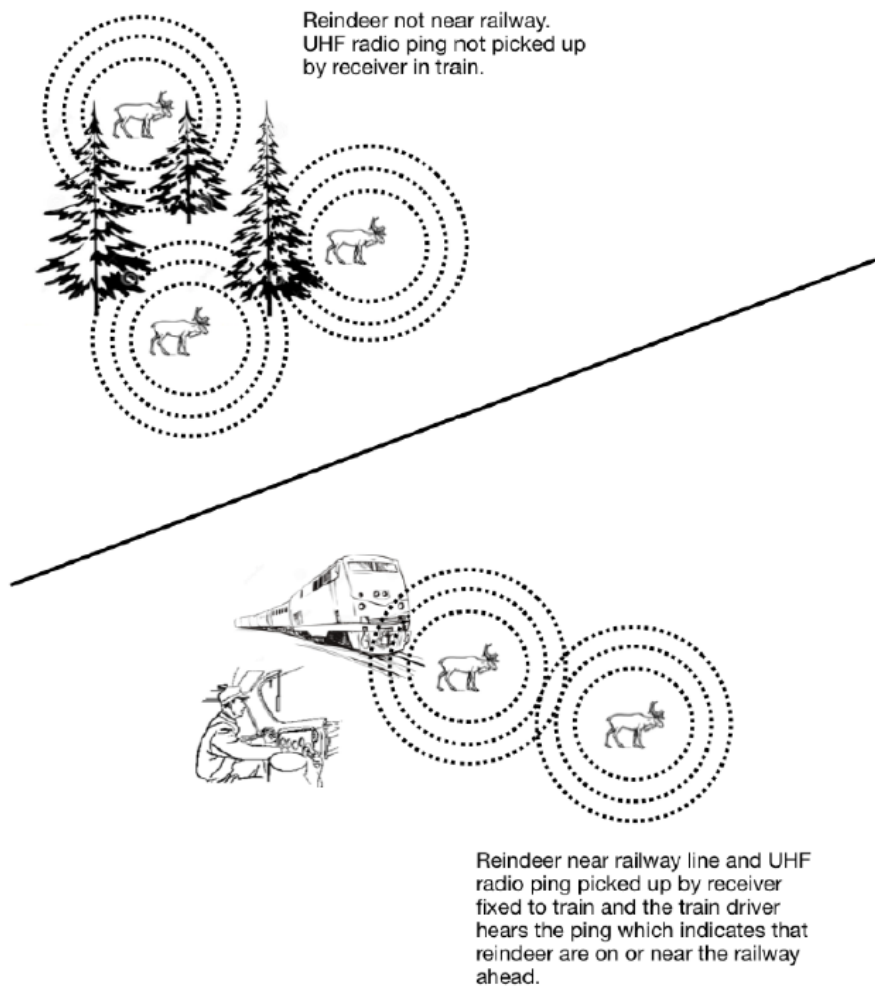
| Solution  | 1<br>EarTraX<br>UHF | 2<br>EarTraX<br>UHF<br>Lineside | 3<br>EarTraX<br>GPS/UHF | 4<br>EarTraX<br>GPS/UHF<br>LineSide | 5<br>CellTraX<br>GPS/GSM/<br>UHF | 6<br>EarTraX<br>CellTraX<br>Mesh<br>Network |
|---|---------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|
| EarTraX ear tag<br>(or fitted to collar)                                  | ✓                   | ✓                               | ✓                       | ✓                                   |                                  | ✓   |
| CellTraX neck<br>collar   |                     |                                 |                         |                                     | ✓                                | ✓   |
| Mesh Network  |                     |                                 |                         |                                     |                                  | ✓   |
| Solar powered<br>Solar gain during<br>summer sufficient<br>for winter use | ✓                   | ✓                               | ✓                       | ✓                                   |                                  | ✓   |
| Battery powered<br>24-48 month life                                       |                     |                                 |                         |                                     | ✓                                | ✓   |
| Battery<br>replacement  | N/A                 | N/A                             | N/A                     | N/A                                 | Return to<br>GPS Collars<br>AS   | Return to<br>GPS Collars<br>AS              |
| IP68 rated  | ✓                   | ✓                               | ✓                       | ✓                                   | ✓                                | ✓   |
| Rated to -40°C  | ✓                   | ✓                               | ✓                       | ✓                                   | ✓                                | ✓   |
| UHF radio ping  | ✓                   | ✓                               |                         |                                     |                                  | ✓   |
| UHF radio ping<br>with GPS data   |                     |                                 | ✓                       | ✓                                   |                                  | ✓   |
| GSM Connection<br>with GPS data   |                     |                                 |                         |                                     | ✓                                | ✓   |
| Driver informed<br>directly from tag                                      | ✓                   |                                 | ✓                       |                                     |                                  | ✓   |
| Line-side<br>infrastructure   |                     | ✓                               |                         | ✓                                   |                                  |   |
| Driver informed<br>via Bane NOR<br>control                                |                     | ✓                               |                         | ✓                                   | ✓                                | ✓   |
| Radio Receiver<br>required in cab   | Required            | Optional                        | Required                | Optional                            | Optional                         | Required                                    |
| GSM coverage  |                     | Potentially<br>Required         |                         | Potentially<br>Required             | Required                         | Potentially<br>required                     |

Figur 33. Mulig kombinasjon av systemenheter (GPS Collars AS).

## Solution 1: Radio receiver on the train.

Solution 1 is the simplest and most power-efficient system on offer. A radio receiving antenna is fitted to the outside of the train cab and connected to the warning system in the cab. When a radio ping is picked up by the receiver, the driver would get an audible warning that tagged reindeer are close by. The number of tagged deer ahead could also be determined.

This solution would require some physical work on the train - fixing of a small patch antenna on the outside of the drivers cab and the placing of a small receiving box within the cab.



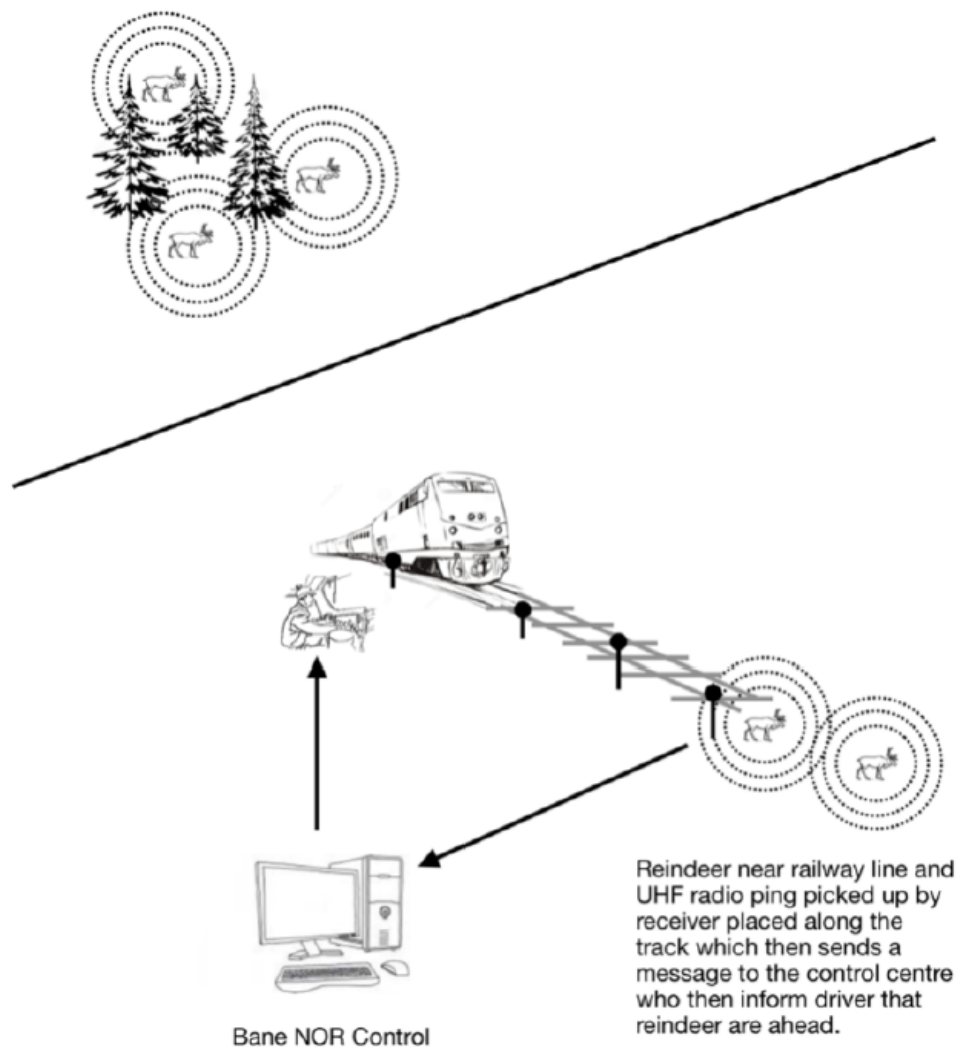
Figur 34. UHF radio signal fra instrumenterte tamrein gir alarmsignal til mottaker installert på lokomotiv.



## Solution 2: Radio receiver within integrated line-side infrastructure

Alternatively, a system of small radio receivers could be put along the railway track at 1-2km intervals. These receivers would be autonomous units connected to solar/battery powered GSM phone engine. If the tagged reindeer comes close to one of these receiving stations, the receiving station would then send a message via the cell-phone network to Bane NOR's control centre warning that tagged reindeer are close to a specific receiving unit. Bane NOR control centre would then warn the train driver giving the approximate location of the tagged reindeer. Total data transmitted for each message would be less than 10kb.

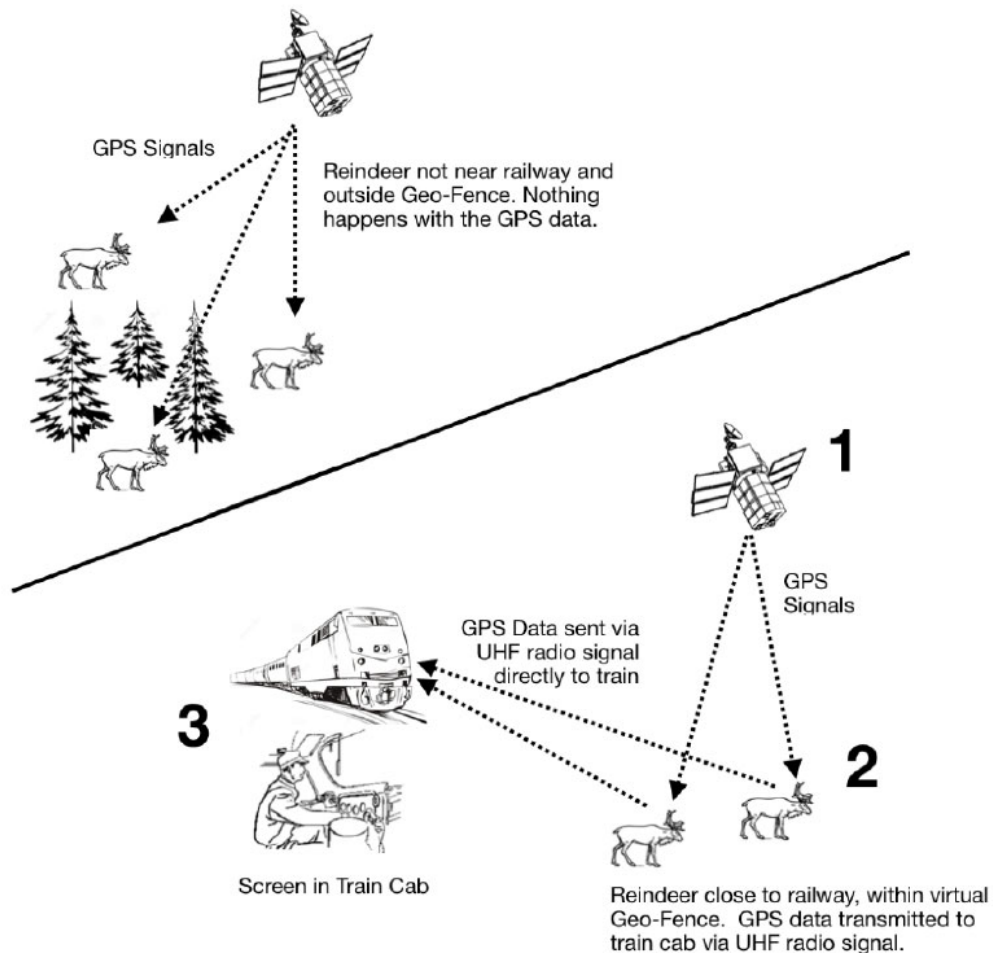
The line-side infrastructure would be provided by GPS Collars AS. It would include a UHF radio receiver, GSM mobile phone engine both of which would be powered by a solar powered car battery. The specification of the battery and solar panel required would be calculated to ensure that the solar gain in the summer would last the winter. The unit would be housed in a box that would be IP68 and all components used would work down to  $-40^{\circ}\text{C}$ . Additionally, a small heating system could be included to keep temperatures at  $0^{\circ}\text{C}$ . Alternatively, the system could be connected to any line-side power infrastructure already in place.



Figur 35. UHF radio signal av instrumenterte tamrein gir alarmsignal til mottaker langs strekningen. Mottaker bruker telefonsignal som sendes til togfører.

### Solution 3: Radio receiver on the train.

Solution 3 requires a receiver in the cab of the train which would be provided by GPS Collars AS. This would pick up the radio ping from the tagged reindeer. The radio ping includes GPS coordinate data and the unit on the train would then provide an audible warning and a distance estimate to the known tagged reindeer.

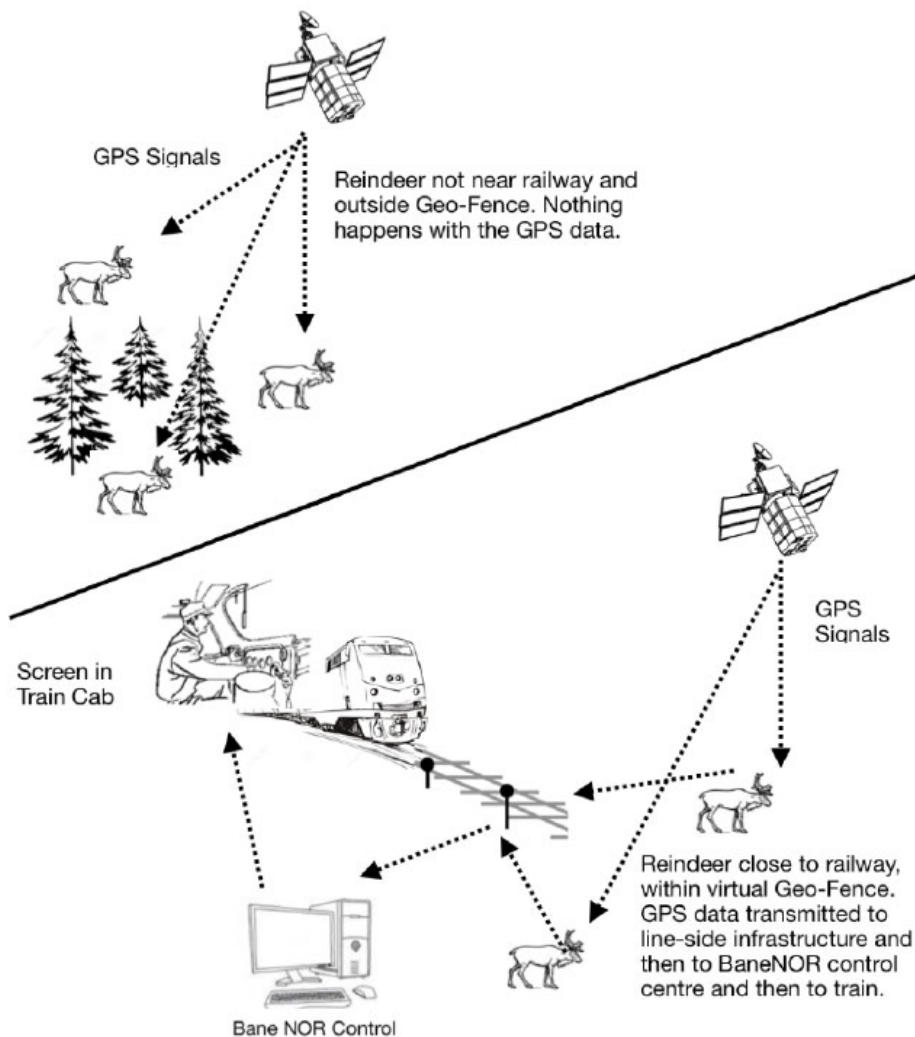


Figur 36. GPS signal av instrumenterte rein tilkobles Geo Fence. GPS data sendes med radiosignal til lokførere.

#### Solution 4: Radio receiver within integrated line-side infrastructure.

As for Solution 2, a system of small radio receivers could be put along the railway track at 1-2km intervals. These receivers would be autonomous units connected to solar/battery powered GSM phone engine. If the tagged reindeer comes close to one of these receiving stations, the receiving station would then send a message including the GPS location of the reindeer via the cell-phone network to Bane NOR's control centre warning that tagged reindeer are close to a specific receiving unit. Bane NOR control centre would then warn the train driver giving the exact location of the tagged reindeer. Total data transmitted for each message would be less than 10kb.

The line-side infrastructure would be provided by GPS Collars AS. It would include a UHF radio receiver, GSM mobile phone engine both of which would be powered by a solar powered car battery. The specification of the battery and solar panel required would be calculated to ensure that the solar gain in the summer would last the winter. The unit would be housed in a box that would be IP68 and all components used would work down to  $-40^{\circ}\text{C}$ . Additionally, a small heating system could be included to keep temperatures at  $0^{\circ}\text{C}$ . Alternatively, the system could be connected to any line-side power infrastructure already in place.



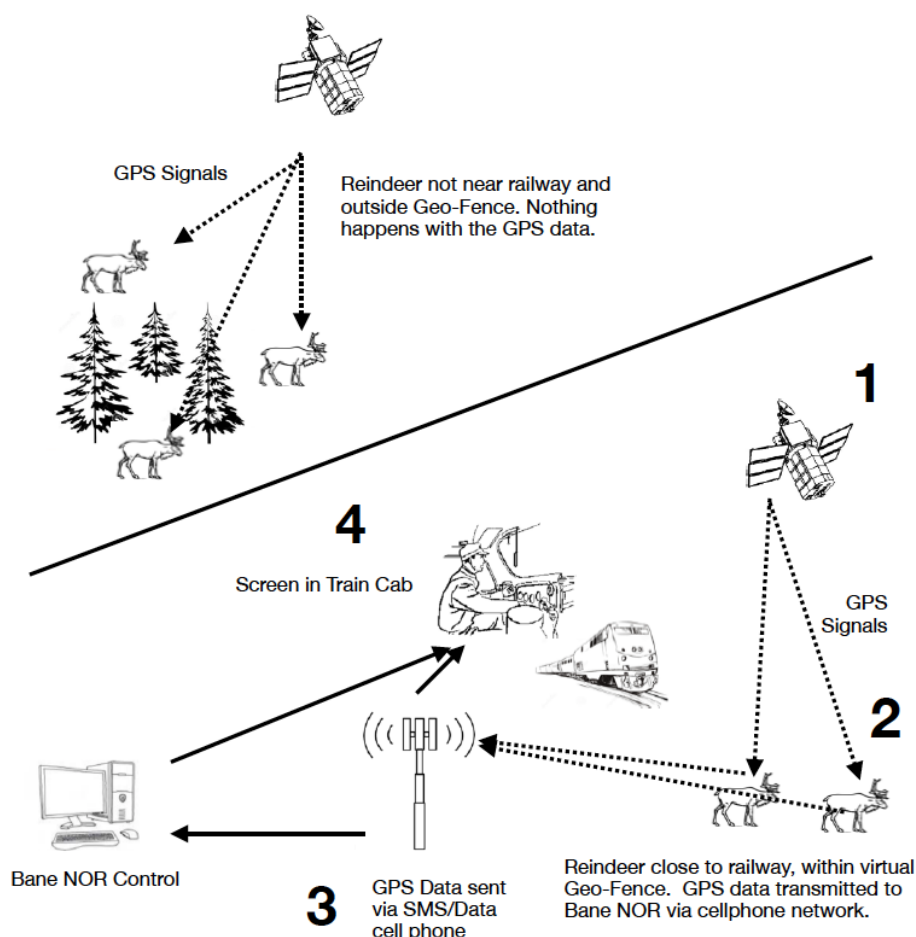
Figur 37. GPS signal av instrumenterte rein tilkobles Geo Fence. GPS data lastet ned av mottaker langs strekningen og GPS data sendes til togføreren.

## Solution 5: Battery Powered CellTraX GPS/GSM with 24-48 month life.

This solution is the most power demanding and as a result a solar powered system would not work. GPS Collar AS would therefore recommend our CelltraX range of collars. CellTraX collars are fitted around the neck of the reindeer and collect GPS location data from the reindeer on a specified schedule. This schedule can vary between once every hour through to once every day. When the reindeer is not near the railway line, then nothing happens with this location information. However, if the reindeer comes close to the railway line (within the GEO-fence), then the unit will start to transmit accurate GPS location data on an hourly basis through the Cellphone network to Bane NOR Control directly. Bane NOR would then contact the train driver. Total data transmitted for each message would be less than 10kb. Please note this system requires there to be cellphone reception along the length of the railway line.

CellTraX for Solution 5 can be either 450g or 600g. The physical (LxWxD) dimensions of the 450g Model is 180mm x 50mm x 20mm and the 600g model is 205mm x 50mm x 20mm.

The expected battery life of the 450g model is 24-36 months while the 600g model has a life of 36-48 months.



Figur 38. Rein instrumentert med GPS klaver; signal sendes bare i nærheten av GeoFence via telefonnettet.

## Solution 6: Mesh Network incorporating EarTraX and CellTraX.

This is the highest specification solution to be provided by GPS Collars AS. Essentially EarTraX GPSUHF tags/collars are deployed on as many reindeer as possible. These tags collect GPS data as normal. When they cross the GEO-Fence they then start transmitting the GPS data which is then picked up by the train. However, in addition, one in twenty reindeer would be fitted with a CellTraX GSM/GPS/UHF collar which acts as the “mother collar” and collects data from all other EarTraX units and then transmits the information out through the the mobile phone network. This data can be relayed to Bane NOR control and they can then map the reindeer herd wherever they are. Additionally the Sami reindeer herder can get the same information and then know where his herd is in relation to the railway.

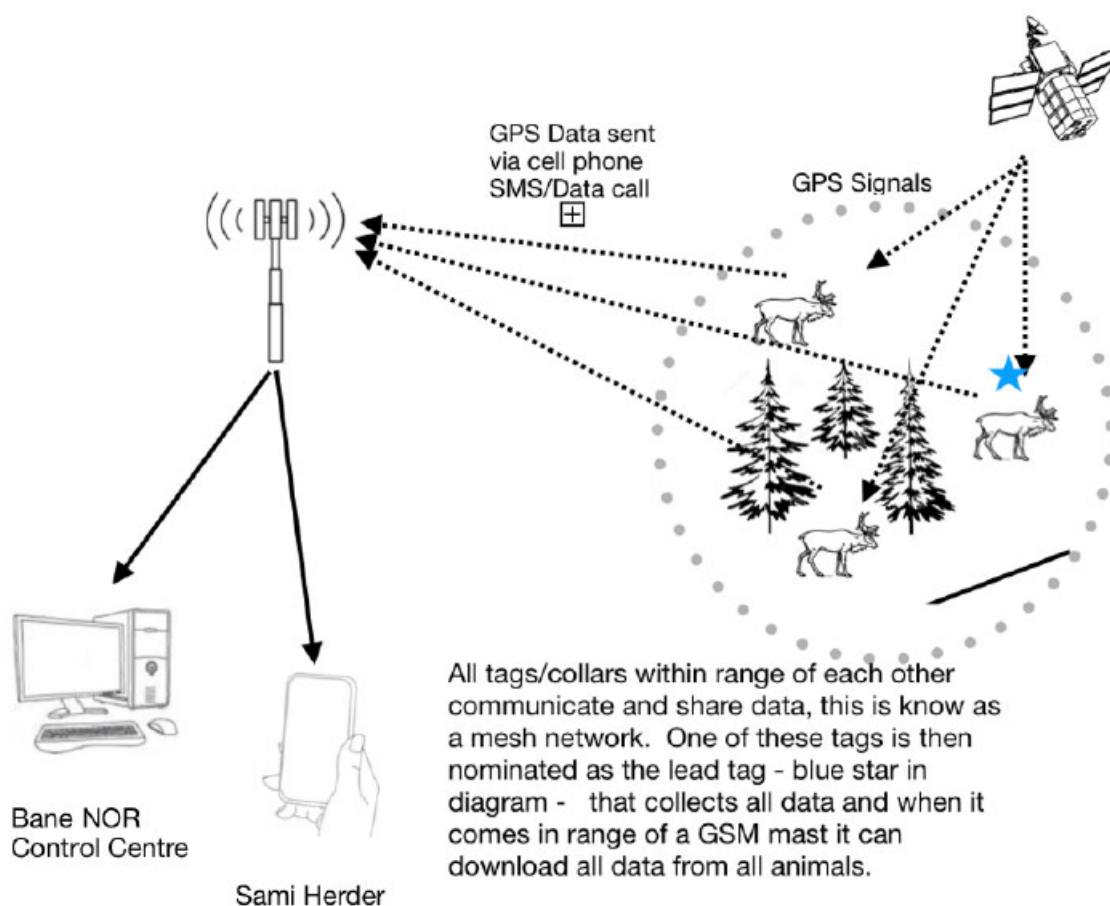


Fig 39. Solcelledrevet EarTraX GPS/UHF tilkoblet GeoFence og alarm til lokomotiv via UHF radiosignal.

## **Vurdering:**

Teknologien virker veldig lovende, men energiforsyningen til EarTraX kan være et problem i mørketiden. En første generasjon EarTraX var i utprøving på hjort langs jernbanen i Sveits, men fungerte ikke. Firmaet har utviklet et lovende produkt (3. generasjon) som testes i 2019.

Det kan være en fordel å bruke øremerker i stedet for klaver (se diskusjon under 2.3.1. Instrumentering av rein), men bruk i arktiske forhold er ikke testet, d.v.s. det er ikke helt klart om så store og tunge øremerker kan medføre frostskafer/ising på ørene.

Vanlig instrumentering på klaver med CellTraX er et alternativ og test av nye batterier med utvidet levetid er i gang. Valg av sendesignal (for eksempel UHF) kan sette energiforbruket betydelig ned, og vi vil anbefale spesifikasjoner med UHF signaler i stedet for energikrevende GPS løsninger. I slike tilfeller trenger systemet line-of-sight beacon for nedlasting av posisjonsdata langs strekningen. Mottaker i lokomotivet er så vidt vi vet ikke testet ennå og vi har ingen opplysninger om funksjon.

Mange kommunikasjonsløsninger og bruk av CellTraX med mottaker på lokomotiv er lovende, men systemet må tilpasses, testes og effektiviteten utprøves.

## **Utviklingsstadiet:**

Utviklet for andre bruksområder; utprøving for bruk på hjort m.h.t. jernbane planlegges i Sveits.

**Type tiltak:** Varsler om redusert hastighet p.g.a. dyr detektert nær/på spor

**Varsling:** Til lokfører

### **1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamreinpåkjørsler**

Ukjent, testes i Sveits i 2019

### **2. Investeringskostnader for Bane NOR**

Avhengig av spesifisering og kostnadsfordeling vedrørende klaver/mottakersystem mellom Bane NOR og reindriften. GPS Collars AS tilbyr utprøving av demosystem etter kravsspesifisering dersom Bane NOR dekker kostnader for hardware, software, airtime og personalkostnader.

Endelige priser er avhengig av spesifiseringen – GPS collars AS gir prisantydninger i Fig. 40.

### **3. Investeringskostnader for reindriften**

Avhengig av kostnadsfordeling av klaver/mottakersystem mellom Bane NOR og reindriften – se prisantydninger under punkt 2.

| Solution   | 1<br>EarTraX<br>UHF | 2<br>EarTraX<br>UHF<br>Lineside | 3<br>EarTraX<br>GPS/UHF | 4<br>EarTraX<br>GPS/UHF<br>LineSide | 5<br>CellTraX<br>GPS/GSM/<br>UHF | 6<br>EarTraX<br>CellTraX<br>Mesh<br>Network |
|--|---------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|
| EarTrax Unit cost with standard solar panels           | \$100               | \$100                           | \$120                   | \$120                               |                                  | \$120                                       |
| EarTrax Unit cost with space grade solar panels        | \$170               | \$170                           | \$190                   | \$190                               |                                  | \$190                                       |
| EarTrax fitted to collar                               | +\$20               | +\$20                           | +\$20                   | +\$20                               |                                  | +\$20 for EarTraX                           |
| CellTrax Unit cost                                     |                     |                                 |                         |                                     | \$900                            | \$900 Only 1 in 20                          |
| Annual unit costs for SIM                              |                     |                                 |                         |                                     | \$96                             | \$96  |
| Unit cost of hardware in cab                           | \$2000              |                                 | \$2000                  |                                     | \$2000                           | \$2000                                      |
| Unit cost of Lineside infrastructure per 2 km of track |                     | \$1400 plus SIM costs           |                         | \$1400 plus SIM costs               |                                  |   |
| Design of User Specific Interface                      | Hardware In Cab     | Software at Bane NOR Control    | Hardware In Cab         | Software at Bane NOR Control        | Software at Bane NOR Control     | Software at Bane NOR Control                |
| Design of User Specific hardware                       |                     | Line-side Required              |                         | Line-side Required                  |                                  |   |

Figur 40. Prisantydninger for forskjellige løsninger for instrumentering av rein/strekning/lokomotiv. Kostnader beregnet med levering av min. 1000 enheter. Ved utprøving av en et mindre antall enheter er kostnader høyere. Pris ekskl. vat/mva.

#### 4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene

Avhengig av system – ved instrumentering av strekningen må vedlikehold av mottakerne tas hensyn til.

#### 5. Vedlikeholdskostnader for reindriften

Utskifting / lading av batterier ved bruk av CellTraX.

Teleabonnement knyttet opp mot sporing.

Utskifting av ødelagte klaver – frekvens ukjent.

## **6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR**

Avhengig av spesifikasjoner i utviklet varslingsystem

## **7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Arbeidet består i påsetting av øremerker. Noen minutters ekstra arbeidsinnsats per dyr må påregnes under flokksamling, i tillegg til klargjøring av øremerker/klaver.

Erstatning av et fåtall klaver årlig som faller av/forsvinner sammen med rein som forsvinner.

## **8. Ekstraordinær belastning for reineiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen. Bedre informasjon om dyrenes posisjon vil hjelpe tilsynet med flokken.

## **9. Reindriftenes mulighet til å utnytte beitearealer**

Ikke begrenset av dette varslingsystemet

## **10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ikke berørt av dette varslingsystemet

## **11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ingen påvirkning av dette varslingsystemet

## **12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

Alle komponenter er sertifisert til -40°C. Hvis ønskelig kan mottakere utstyres med termostat avhengig av ønsket batteriespesifikasjoner.

## **13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketiden**

Lysforhold har ingen betydning for GPS/GSM/UHF signalet, men hensyn må tas til batterilevetid. Solcelledrevet system anbefales ikke (mørketiden).

## **Lenker**

<https://www.gpscollars.co.uk/>  
<https://wls.ch/?lang=en>



### 5.3.7 AnimalSense

**Mottatt av:** Universitetet i Umeå & NIBIO

**Beskrivelse:**

Elektronisk varslingsystem med formål å varsle bil-/togførere om at det er rein i nærheten av vei eller spor. Så vidt oss bekjent er dette det eneste oppdagelsesystem for instrumenterte tamrein som har blitt testet ut (utført på Saltfjellet).

**Teknologi:**

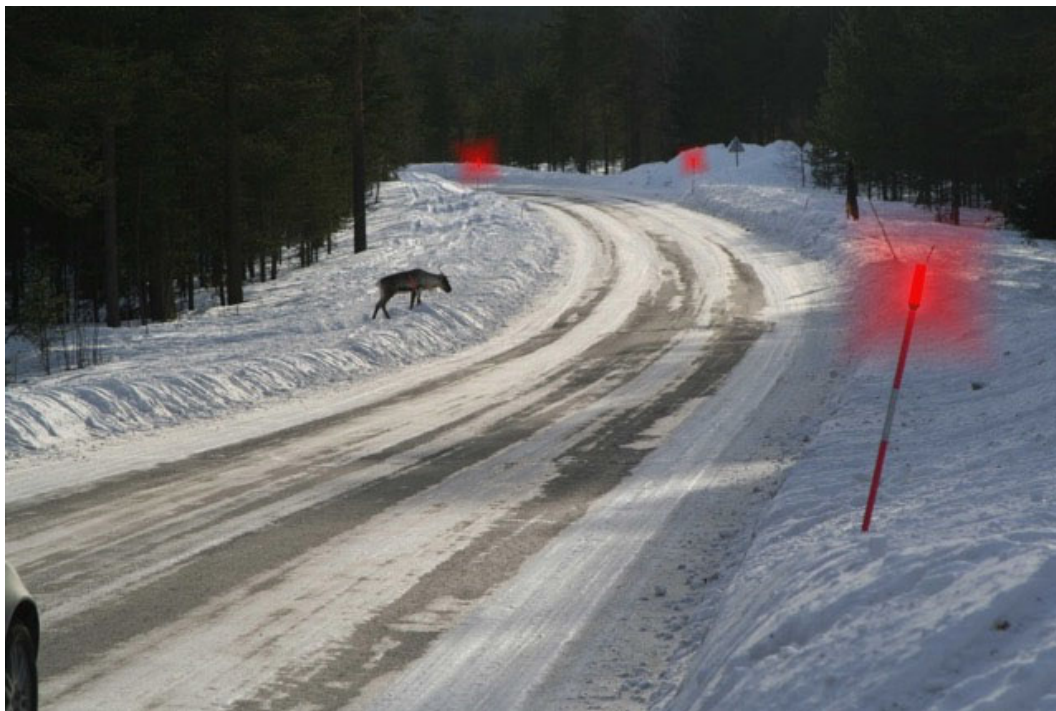
Teknologien i reinsenderne er basert på vanlige 805.15.4 866 MHz radiobølger. Reinsenderen (Fig. 41 og 42) sender radiosignaler til mottakere med oransje lysdioder montert på stikker langs veien. Disse begynner å blinke når reinen nærmer seg (Fig. 43). Batteriene i reinsenderne har en levetid på opp mot fem år, senderen veier bare 20 gram og prisen per enhet er under NOK 200,-. Mottakerne er imidlertid mer energikrevende og batterilevetiden for disse er estimert til ca. 2 måneder. For varslingsystemet på vei, er kommunikasjonen mellom reinsender og mottaker stilt inn på 50 m, d.v.s. blinklyset begynner i utgangspunktet å varsle når reinen er 50 m unna (avstanden kan stilles manuelt i mottakerens hardware opp til maks. 200 meters rekkevidde). Når en mottaker starter å blinke sender den i tillegg ut radiobølger for å starte alle andre mottakere innen den innstilte rekkevidden fra den. Rekkevidden mellom mottakerne er ca. 100 meter (Fig. 43). Det er viktig at sendere og mottakere takler lave temperaturer. Batteriene er derfor testet i 1,5 måned i dypfryser ved -18°C. Blinklysholderen er også utstyrt med silikonhinne for at ikke snø og is skal fryse på kapselen.



Figur 41. Radiosender og mottak, integret i hhv. halsklave av plast og blinklysholder (Foto: Johannes Karlsson, Universitetet i Umeå).



Figur 42 . Simler med klaver påmontert reinsendere (Foto: Svein Morten Eilertsen).



Figur 43. Funksjon av reinvarslingsystem på vei (Animasjon v/ Johannes Karlsson, Universitetet i Umeå).

### Vurdering:

I en utprøving av dette varslingsystemet på E6 over Saltfjellet vinter-vår 2018, ble 235 voksne reinsimler instrumentert med reinklaver påmontert radiosendere. Totalt 41 mottakere (blinklys) ble montert på jernstikker langsmed den 4,5 km lange teststrekningen med 90-110 m mellomrom mellom mottakerne. Saltfjellet reinbeitedistrikt mistet 15 reinsdyr i testområdet fra desember 2017 fram til forsøksstart den 28. februar 2018. Ingen rein, verken med eller uten sender, ble påkjørt gjennom testperioden. Hver 4. mottaker ble imidlertid defekt i løpet av forsøksperioden, hovedsakelig p.g.a. for liten batterikapasitet. Det ble konkludert med at denne varslingssteknologien er lovende, men det

finnes forbedringspotensial, spesielt knyttet til mottakernes batterikapasitet. En ny generasjon av sendere og mottakere testes ut på E6 over Saltfjellet vinteren 2019.

Universitetet i Umeå/NIBIO mener at dette elektroniske varslingssystemet også kan brukes langs jernbanen med noen tilpasninger, bl.a. må det tas høyde for den lange nedbremsingsdistansen et tog har. Muligheten til å koble opp radiomottakernes varsel til e-post og sms må utredes, slik at både lokfører/togleder og reineier kan få beskjed når det er rein på tur ut i jernbanesporet. Således vil ikke blinklysene i seg selv ha noen funksjon for varslingen på bane. Dette varslingssystemet vil ikke kunne eliminere alle tap av dyr. Men selv en reduksjon i ulykkesfrekvensen på 70–80 prosent vil være svært bra. Varslingssystemet er et supplement til viltgjerder og tiltaket vil være mest aktuelt langs de vei- og banestrekningene der det ikke blir satt opp gjerder.

**Utviklingsstadiet:** Utviklet for vei

**Type tiltak:** Varsler dyr detektert nær / i spor.

**Varsling:** Til lokfører

### **1. Effektivitet av teknologiske løsninger mot vilt-/tamreinpåkjørsler**

Utprøving på E6 over Saltfjellet er lovende; ukjent funksjon m.h.t. nedbremsingsdistansen; krever organisatorisk tiltak mot jernbaneforetak m.h.t. tilpassning for mottak og videresending av informasjon til togleder. Slike radiosenderne er et supplement til viltgjerder og tiltaket vil være mest aktuelt langs de vei- og banestrekningene der det ikke blir satt opp gjerder.

### **2. Investeringskostnader for Bane NOR\***

Reinklaver med sendere koster ca. NOK 215,- per stk, mottakere koster ca. NOK 2000,- per stk. I tillegg kommer jernstikker og arbeid med montering på stikkene langs jernbanen. Antall mottakere per km er avhengig av hvor tett man vil sette blinklysene. Det kan være tilstrekkelig med 5 mottakere per kilometer (200 m avstand mellom stikkene) og varsling kun på den ene siden av jernbanelinja. Siden reinen er et flokkdyr, er det sannsynligvis tilstrekkelig å bruke sendere på et utvalg av voksne simler og samtlige lederdyr.

### **3. Investeringskostnader for reindriften\***

Ingen. Evt. kan reindriften stå for investeringene i reinklaver med sendere (ca. NOK 215,- per stk). Denne senderteknologien har mange muligheter som reindriftnæringa vil kunne være interessert i. Hver sender har sitt unike ID-nummer. Dette betyr at det er mulig å spore og registrere informasjon om reinsdyrene, ved å knytte opplysninger om eier, kjønn og alder på dyret til sendernummeret. Det vil også være mulig å identifisere senderen, og dermed enkeltdyr, med drone. Den lave prisen på senderen gjør at reineiere vil ha råd til å investere i den nye teknologien, og at det vil gi dem en egennytte, utover å hindre påkjørsler.

Kommunikasjon mellom mottaker og togleder/lokfører må utvikles.

### **4. Vedlikeholdskostnader for Bane NOR, Jernbanedirektoratet, togoperatørene\***

Utskifting av 3,6 V lithiumbatterier (to per mottaker) hver andre måned \*\*

Teleabonnement knyttet opp mot eventuell SMS/epost-varsling.

Utskifting av klaver med sendere hvert femte år.

Utskifting av jernstikker og mottakere som ødelegges grunnet vær og vind.

### **5. Vedlikeholdskostnader for reindriften\***

Ubetydelige. Erstatning av et fåtall klaver årlig som faller av/ forsvinner sammen med rein som forsvinner. I tillegg evt. utskifting av klaver med sendere hvert femte år.

## **6. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for Bane NOR\***

Arbeid med utskifting av batterier i mottakerne annen hver måned.

Arbeid med utskifting av jernstikker og mottakere som ødelegges grunnet vær og vind.

Tilsyn/kontroll av mottakere for å se at disse fungerer (dette kan kombineres med ordinært tilsyn langs banestrekningen).

## **7. Arbeidsinnsats for etablering og vedlikehold for reindriften**

Arbeidet består i påsetting av klavene. Denne arbeidsoperasjonen kan gjøres samtidig som flokken likevel samles for andre gjøremål. Vanskelig å estimere arbeidsinnsatsen, men to minutters ekstra arbeidsinnsats per dyr må påregnes, i tillegg til klargjøring av klavene.

## **8. Ekstraordinær belastning for reineiere i form av f. eks. gjeting**

Ingen. Mottakernes varsel kan imidlertid koples opp til epost og/eller SMS hos reineier, og det vil være naturlig at reineier forsøker å gjete dyrene unna sporet dersom et slikt varsel kommer inn.

## **9. Reindriften mulighet til å utnytte beitearealer**

Ikke begrenset av dette varslingsystemet.

## **10. Fragmentering av landskapet og barrierer for mange dyrs bevegelser (ikke bare rein)**

Ikke berørt av dette varslingsystemet.

## **11. Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet**

Ingen påvirkning av dette varslingsystemet.

## **12. Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold (vind, is, lave temperaturer)**

Tilpasninger er gjort, bl.a. m.h.t.. batteritype, innstillinger av kommunikasjonen mellom sender og mottaker (distanse og hyppighet av varsling) for å øke batterilevetiden i mottakeren, blinklysholderen er utstyrt med silikonhinne for at ikke snø og is skal fryse på kapselen og senderen er forseglet i en plastkapsel, slik at den skal tåle vær og vind over lang tid.

## **13. Funksjon av teknologiske løsninger i mørketid**

Denne elektronikken, opprinnelig utviklet for varsling av bilførere med blinkende lys, fungerer aller best på vei i mørketida når ulykkesfrekvensen er størst. Tilpasning av elektronikken til bane krever imidlertid en direkte kommunikasjon/varsling mellom mottaker og lokfører/togleder av hensyn til togets lange nedbremsingstid. Slik sett vil blinklysene i seg selv ha liten funksjon dersom systemet skal benyttes på jernbanen.

\* I områder der jernbane og vei går parallelt gjennom landskapet (for eksempel deler av Saltfjellet) kunne det være aktuelt at Bane NOR, SVV og reindriftnæringen deler på kostnadene med varslingsystemet.

\*\* Mulig at samarbeid med SVV kan forbedre utskiftingsfrekvensen av batteriene; det kan også være mulig å bruke batteriene som kan lades med en mobil generator (personlig kommunikasjon med Henrik Wildenschild fra SVV).

## 6 Oppsummering og anbefalinger

Etter litteraturgjennomgangen og evalueringen av mulige teknologiske løsninger oppsummerer vi at det finnes mange teknologiske verktøy (og enda flere leverandører), men ikke *et* ferdig system vi kan anbefale, dette fordi alle systemer må tilpasses sted og tid for bruk.

### 6.1 Tiltak som hindrer dyr å komme in på sporet

Teknologiske gjerdesystemer som holder dyr vekk fra strekningen med strømstøt har ikke enda påvist effekt på tamreinens adferd (Jørgensen & Eilertsen 2012 & 2014), og blir **ikke anbefalt med dagens utviklingsstandard**. Det er mulig at teknologien kan tilpasses i framtida.

### 6.2 Tiltak som skremmer dyr vekk fra spor

Det største problem m.h.t. tamreinpåkjørsler er at vi ikke vet nok om tamreinens adferd, særlig i mørketiden. Dette gjelder i hovedsak tamreinens adferd mot skremming. Det finnes flere skremmesignaler (lys og lyd) og noe av disse ble også utprøvd i feltforsøk i Europa (Babińska-Werka m.fl. 2015, Werka & Wasilewski 2009), men det er ukjent hva slags effekt signalene har på tamrein og effekten på de fleste arter i mørket er ukjent.

Det er tvilsomt om lys og lydsignaler som har vært i bruk til nå (for eksempel UOZ-1 eller Deer Deter, se ovenfor) fungerer bra i værutsatte områder som for eks. Saltfjellet der mye snø, særlig fokksnø, og vind kan påvirke høyttalersystemer og stolper med lys.

I motsetning til ville flokkdyr (hjortevilt, elg, rådyr) er tamrein til en viss grad vant til menneskelige aktiviteter og blir ikke nødvendigvis skremt bort av kunstig lys og lyd. Adferd mot ukjente signaler varierer litt med sesong (personlig erfaring av flere forsker, se også Fig. 9 med diskusjon), men kan i noe tilfeller føre til nysgjerrighet hvor dyrene trekkes mot ukjente lukt, lys eller lydsignaler (personlig erfaring og kommunikasjon med flere forsker).

I tillegg har tamreinen for vane å søke det høyeste punkt i landskapet for å skaffe seg oversikt ved skremming, og dette gjør at skremmende signaler er vanskelig å anbefale. Vi har personlig erfaring og tradisjonell kunnskap fra reineiere som støtter hypotesen om at en tamreinflokk sannsynligvis vil hoppe opp på linja ved skremming hvis linja er høyeste punkt i området. Dette gjelder nesten hele Saltfjellet (Fig. 44). Vi har ingen data som støtter en motsatt hypotese, men hva som vil skje vet vi ikke før det er prøvd ut i et feltforsøk.

**Vi vil derfor ikke anbefale skremming for å hindre tamreinpåkjørsler uten foregående feltforsøk der tamreinens adferd kartlegges. Vi anbefaler tett samarbeid med reineiere i denne saken da det finnes mer tradisjonell enn vitenskapelig kunnskap. Det er også viktig at en slik feltforsøk ble godt dokumentert og resultater publisert.**



Figur 44. Strekingen over Saltfjellet er ofte det høyeste punktet i umiddelbart nærheten av tamrein, særlig hvis dyrene nyter gode beiteforhold langs strekingen, bruker fryste Lønselva (til høyre i bildet) for å krysse, eller benytter seg av snøbrøytet sporet som en enkel korridor i landskapet. Ved skremming hopper dyrene opp på linja, gjerne i flokk (bildet tatt av Wagner under befaringen).

### 6.3 Tiltak som varsler dyr

Teknologiske løsninger som varsler dyr benytter seg av informasjon om tog som nærmer seg. Det er viktig at dyrene forbinder varselsignalet med fare, ellers tilpasser dyrene seg signalet og varselsignaler mister effekten. Slike systemer kan utløses digitalt via Bane NORs sanntids informasjonssystemer eller ved hjelp av radar eller hjulsensorer langs strekingen (se for eksempel UOZ-1 systemet). Det er viktig at dyrene får nok tid å bli oppmerksomme og dermed rekke å flytte seg vekk fra sporet – d.v.s. at varselsignalet må gis med nok distanse mellom toget og dyr, særlig hvis dyrene kan ikke se strekingen/jernbanelinja.

Det finnes flere teknologiske verktøy som er ment å «vekke viltets oppmerksomhet» like før toget ankommer den aktuelle lokaliteten og som kan initiere økt fluktberedskap. Det er mulig at dyrene lærer å assosiere lyd- og/eller lyssignaler med fare og unngå strekingen ved utløst signal (Babinska-Werka m.fl. 2015, Werka & Wasilewski 2009). Om tamrein reagerer med tilsvarende adferd, særlig i mørketiden, er ukjent. **Sammen med argumenter om forventet tamreinadferd (6.2) mot skremming vil vi derfor ikke anbefale teknologiske løsninger som er ment å varsle dyr uten foregående feltforsøk med tamrein i mørket.**

### 6.4 Tiltak som varsler lokføreren om redusert hastighet

Veøkologer er enig i at redusert hastighet er den mest effektive måten å redusere viltkollisjoner på (Kistler 1998, Romer & Mosler-Berger 2003, Mosler-Berger & Romer 2003), og det er også et

alternativ reindriftsnæringa ønsker i de fleste tilfeller (Rolandsen m.fl. 2017), sammen med byggetiltak (gjerder og viltovergang).

Varsel til lokføreren krever kommunikasjon mellom to systemer – et oppdagelsessystem (animal detection systems) og et varselsystem som kommuniserer et utløst signal fra gjenkjenningssystemet til lokføreren.

**I alle tilfeller er energiforsyningen av instrumenteringen på rein eller på strekningen en utfordring som krever feltforsøk og utvikling – vi anbefaler tett samarbeid med prosjektledere i SVV som er godt kjent med problematikken og utvikler kontinuerlig nye metoder for å redusere kostnader og arbeidsinnsats. Dette gjelder særlig langs strekninger hvor vei og jernbane går parallelt gjennom landskapet og som eventuelt kan bruke samme teknologi og dele investerings- og vedlikeholdskostnader.**

#### 6.4.1 Viltdeteksjonssystemer (animal detection systems)

Her finnes et mangfold av systemer diskutert i kapittel 2.3.2.1.1. Fordelen med uspesifikke oppdagelsessystemer er at de ikke krever instrumentering av dyr og kan oppdage flere ulike arter.

Overalt er problemet med uspesifikke oppdagelsessystemer at de må tilpasses til dyreart som skal beskyttes. I mange tilfeller krever dette god målidentifikasjon og en kombinasjon av to eller flere sensorsystemer (for eksempel geophone og IR scope; varmesøkende kamera med objektgjenkjenningssoftware). Det hyppigste problemet er feilmeldinger (false positives), d.v.s. at signalet ble utløst av feil objekt (vegetasjon i vind, andre dyr, menneskelige aktiviteter, nedbør, nedkastet snø fra brøytemaskiner osv). Nøyaktige beambreak systemer (LASER, passive og active IR) lider ofte under forskyvning når bakken fryser og tiner eller hvis ytre hyller er utsatt for temperaturforskjeller. Dette gjør de fleste systemer utsatt for nordnorsk vær og det er kanskje best å bruke slike systemer i litt mindre utsatte områder over korte strekninger (for eksempel tunneller eller korridorer dyrene benytter seg av). Noe systemer har stort energiforbruk (for eksempel trenger varmesøkende kameraer oppvarming av linsen over mestparten av året) som kanskje begrenser innsatsen langs store deler av strekningen. Vi anbefaler systematisk utprøving av flere gjenkjenningssystemer på sammenlignbare strekninger for å teste ut funksjonalitet i kulde og i mørke. Utvikling krever tett samarbeid med leverandører som har erfaring med værforhold på utsatte strekninger. I alle tilfeller må energiforsyningen sikres m.h.t. lave vedlikeholdskostnader og arbeidsinnsats (batterilevetid, batterilading med for eksempel mobile generatorer, funksjonelle sensortester, vedlikehold av stolper, ...).

**Vi anbefaler utprøving av uspesifikke deteksjonssystemer over korte deler av strekninger som er mest utsatt for vilt, husdyr og rein som ikke er instrumentert. Dette gjelder særlig ved og mellom tunnell-inn og utslag (Fig. 45). Tunneler kan kanskje brukes for å beskytte en del instrumenter (for eksempel infrarødkamera) mot vær og vind. Andre sensorer (for eksempel IR beambreaker eller lignende; symbolisert med rød linje i Fig. 45) kan posisjoneres for å overvåke området langs linja.**

**Der dyrene bruker linja som korridor i landskapet (Fig. 46 merk antall spor!) kan instrumentering plasseres på inn- og utgang av en slik korridor ved å rette sensorene over linja.**



Figur 45. Området mellom tunneller hvor dyrene oppholder seg ofte. En mulig overvåkingssystem kunne være en rekke sensorer langs jernbanespor (stolper for å befeste sensorer symbolisert av vertikale svarte linjer; sensorretningen symbolisert av rød linje; bildet tatt av Wagner G under beferingen).



Figur 46. Hvor linja går gjennom bratt terreng bruker dyrene strekningen gjerne som korridor. A) Legg merke på antall dyrespor (bildet tatt av Eilertsen SM under beferingen november 2018). B) Strategisk posisjonerte vilt-deteksjonssystemer som overvåker tilgang til korridorer (for eksempel IR sensorer eller beambreaker, symbolisert av rød linja i bildet) kunne være svært effektiv for å varsle togføreren at dyr befinner seg på spor (bildet tatt av Wagner G under beferingen).

#### 6.4.2 Deteksjon av instrumenterte tamrein

Foreliggende rapporten fokuserer på tamrein og i motsetning til elg, rådyr og hjortevilt er en fordel med tamrein at de samles inn omtrent to ganger i året. Dette gjør det mulig å instrumentere dyrene og



gi spesifikke varsel til lokføreren og reineierne når tamrein er i nærheten av eller i sporet (ingen feilmeldinger).

Sendere kan utstyres med GPS eller radiosystemer som har ulike energikrav og tilkobles en GEO fence (virtuelt gjerde). Der signalmottak krever mye energi fra senderen (for eksempel for satelittkommunikasjon) kan det være en fordel å instrumentere strekningen med radiomottakere som krever mindre energi og som kan sende signalet videre gjennom modem (SMS).

Vi anbefaler prioritering av instrumentering på simlene (hoveddelen av flokken) da kalver følger simlene. Klaver kan i tillegg være vanskelig å sette på kalver da de vokser mest i første leveåret. Bukkene forandrer nakkestørrelsen betydelig når de kommer i brunst, noe som også fører til problemer med tilpasning av klavestørrelsen.

**Dyrespesifikk gjenkjenning av tamrein gir god informasjon om dyrenes posisjon m.h.t. strekningen, men gir store arbeids- og investeringskostnader for instrumentering av rein. Dyrevelferd m.h.t. isklumper og skadet pels må tas hensyn til. En fordel ved instrumentering av tamrein er at dyrenes posisjon kan brukes av reineiere, Bane NOR og SVV og utviklings- og vedlikeholdkostnader kan kanskje deles.** Vi anbefaler samarbeid med SVV hvor vei og jernbane er i nærheten av hverandre og informasjon om tamreins posisjon i sanntid kan brukes av flere systemer (for eksempel interaktive viltvarselsskilt for bilister på vei, SMS til reineier og varsel til lokføreren). Statens vegvesen har også god kunnskap med utvikling av installasjon, funksjon og vedlikehold av diverse varselsystemer.

### 6.4.3 Varsel til lokfører

Krav for type signal til lokfører (direkte eller via FIDO) må Bane NOR sette. De fleste systemer tilbyr kommunikasjon med mottakere via modem. På grunn av lokomotivets store bremselengde anbefaler vi ikke lyssignaler i nærheten av utsatte strekninger. Interaktive blinkende lyssignaler kan være effektivt i veitrafikk, men skilt i samme posisjon over lang tid ble etter hvert ignorert (personlig erfaring og kommunikasjon med H. Wildenschild fra SVV, også Bond & Jones 2013; Huijser m.fl. 2005 & 2015). Teknologiske løsninger gir god oversikt over dyrenes posisjon langs strekningen og jo bedre sanntidsinformasjonen er, jo mindre habituerer sjåførene til varselsignaler. Det blir viktig å ikke distrahere lokførere med for mye informasjon (for eksempel bilder fra varmesøkende kamera). Det kan derfor være en fordel å filtrere informasjonen gjennom en togleder før den sendes til lokføreren, for eksempel km tall på strekningen der hastigheten må reduseres. Krav for varsel i lokomotiv (varsellys eller -lyd, tekst, app, nettbrett osv) må Bane NOR spesifisere og kravsette.

## 6.5 Kriterier som bør vektlegges i FoU

Utvikling av teknologiske løsninger som har til hensikt å redusere antall reinpåkørsler langs jernbanen krever en rekke forutsetninger som bør vektlegges i prosessen.

### 6.5.1 Samarbeid og finansiering

Da det ikke finnes et ferdig system som reduserer tamreinpåkørsler, vil utvikling og testing av mulige løsninger være en kostnadskrevende prosess som krever samarbeid mellom Bane NOR, eventuell SVV, reineiere, forskere og leverandører. Vi har nevnt ovenfor at SVV har flere prosjekter (særlig interaktive viltvarselsskilt) hvor de har god erfaring med og data på fleksibilitet, mobilitet, batterienes levetid, arbeidsinnsats og kostnader for vedlikehold av varselsystemene. Da veg og tog er i nærheten av hverandre over lengre strekninger kan Bane NOR og SVV utvikle og bruke de samme eller lignende systemer. Hvordan kostnader og arbeidsinnsats blir fordelt må vurderes avhengig av løsningen.

Dyredeteksjonssystemer (for eksempel IR, beambreaker systemer, termokameraer osv) medfører først og fremst kostnader for Bane NOR og er mindre belastende for reineiere, men det kan likevel være en

fordel å involvere reineiere for å bruke deres kunnskap om dyrenes sesongmessig atferd og best mulig posisjonering/plassering av slike systemer.

Systemer som krever instrumentering av rein er en stor belastning for reineiere m.h.t. programmering, instrumentering og oppfølging. Mange reineiere erfarer at selv om reinsdyr tåler klaver med sendere over lang tid, d.v.s. selv om batterienes levetid er god, er det nødvendig å ta klavene av etter noe måneder for å sette disse på andre individer (personlig erfaring Svein Morten Eilertsen fra NIBIO og personlig kommunikasjon med Reiulf Aleksandersen, reindriftseier på Kvaløya). Sporingssystemer har også årlige kostnader for sending av data over telenettet og lisens for software. Sammen med klaver er det store kostnader hvis hoveddelen av simlene i flokken skal instrumenteres. Her må det avklares hvordan slike tilleggskostnader (klaver & abonnement) kan dekkes av samarbeidspartnere på en bærekraftig måte for reindriftnæringa.

Med hensikt til datatilgang kan det være fornuftig å ha en tydelig avtale med Bane NOR slik at Bane NOR får opplysninger relevante for dyrenes opphold ved jernbanen (se intervju med distriktsledere), mens reineiere vil bruke andre opplysninger.

For å planlegge finansiering av FoU prosjekter må Bane NOR først avklare rammen for samarbeid og innsats med SVV, reineiere, forskere og leverandører.

### 6.5.2 Pris

Det har vært vanskelig å sammenligne prisene i denne rapporten da det ikke eksisterer ferdige løsninger rettet mot tamrein påkjørsler. Utlysninger av FoU-prosjekter må etterspørre priser for;

- a) Instrumenter som skal brukes;
- b) Energiforsyning av instrumentene: skifte av batterier, solcellepaneler, fast installert energiforsyning;
- c) Er kjøp og vedlikehold av for eksempel mobile ladestasjoner (generatorer) nødvendig?
- d) Installasjon (reisekostnader og lønn for samarbeidspartnere);
- e) Målinger under utprøvsperioden (reisekostnader og lønn for samarbeidspartnere);
- f) Analyse av effektiviteten (lønn for samarbeidspartnere);
- g) Arbeidsinnsats relatert til vedlikehold (for eksempel hvor ofte må funksjonalitet sjekkes, batteriene eller andre deler skiftes, software oppdateres; kan Bane NORs medarbeidere utføre vedlikehold eller er en service avtale med leverandøren nødvendig, ...).

Som allerede nevnt ([6.5.1.](#)), må det først avklares hvilke samarbeidspartnere som er involvert i utviklingen av en mulig løsning og hvordan kostnader skal deles opp, særlig mellom Bane NOR og reindriftnæringa.

### 6.5.3 Arbeidsinnsats

Som nevnt under [6.5.1.](#) varierer arbeidsinnsatsen hos samarbeidspartnerne med valgt teknologisk løsning. Uspesifikke dyredeteksjonssystemer (for eksempel IR sensorer) vil først og fremst medføre et samarbeid mellom Bane NOR og leverandøren, men kan i mindre grad også dra nytte av tradisjonell kunnskap og uavhengige vitenskapelige effektivitetsanalyser.

Teknologier som krever instrumentering av rein kan bare utvikles i tett samarbeid med reindriftnæringa og det er viktig å respektere og involvere reineierens kunnskap. Samling av rein er en tidskrevende og anstrengende prosess og ytterligere belastning må minimeres hvis mulig. Instrumentering må gå raskt og programmeringen før og datatilgjengeligheten etter instrumenteringen

må være brukervennlig. Under utviklingsperioden er det viktig at leverandører tilbyr - og faktisk har kapasitet for - en god kontakt med brukeren.

For teknologiske løsninger som krever instrumentering av strekningen må Bane NOR vurdere hvem som kan utføre arbeidet (Bane NORs eller leverandørens medarbeidere) forbundet med installasjon, utprøving og vedlikehold.

#### 6.5.4 Effektivitet mot dyrepåkjørsler

Som tidligere nevnt er effektivitetsanalyser et stort problem i trafikkøkologi. Mens utallige forsøk foregår globalt for å redusere dyrepåkjørsler, finnes lite statistikk om tiltakenes effektivitet, særlig hvis denne ikke er lovende. Akkurat dette gjør det vanskelig å anbefale teknologiske løsninger.

Bane NORs bevissthet og grundighet vedrørende rapportering av dyrepåkjørsler over mange år er en unik kilde for analyser og må brukes videre i utvikling av teknologiske løsninger. Da dyrepåkjørsler har store årlige variasjoner kan det være vanskelig å vurdere resultatene av installerte tiltak. Vi forventer ikke at teknologiske løsninger kan forhindre dyrepåkjørsler 100%, men at dyrepåkjørsler reduseres i ulik grad og til et akseptabelt nivå. For å dokumentere effektiviteten av valgte teknologiske løsninger må resultatene overvåkes over flere år. Det er særlig viktig å analysere dyrepåkjørsler i de områdene (antall streknings-km) der tiltak er installert da stor-skala data (for eksempel strekningspåkjørsler over flere km) kan skjule spesifikk effektivitet. I motsetning til installasjon av gjerder for å holde dyrene borte fra strekningen, er det ikke forventet at hotspots for påkjørsler endres ved installasjon av deteksjonssystemer da dyrene ikke er fysisk berørt og kan bruke områdene som vanlig.

**Vi anbefaler at Bane NOR etterspør strategier for kort- og langsiktig rapportering og analyse av effekter av teknologiske løsninger og synliggjøring av disse i litteratur.**

#### 6.5.5 Reindriftas mulighet for å utnytte beitearealer

I motsetning til byggetiltak er det ikke forventet at teknologiske løsninger mot tamreinpåkjørsler kan holde dyrene bort fra linja, men heller brukes for å varsle/skremme dyr bort fra linja eller varsle lokføreren å redusere hastigheten.

Ved bruk av skremmesystemer, som ikke anbefales uten å teste effekten på tamrein, kan dyrene *i teori* bruke beitearealer i nærheten av strekningen. Dette gjelder bare hvis det viser seg gjennom feltforsøk at dyrene flykter bort fra strekningen når tog nærmer seg. I praksis vet vi ikke om reinsdyr reagerer med flukt bort fra linja, som ofte er det høyeste punktet i landskapet. Dette gjør at reinsdyr (ofte hele flokken) velger å oppholde seg på linja for å få oversikt eller sove. I tillegg er det mindre snø langs strekningen om vinteren og det er mulig at reinsdyr foretrekker å gå langs linja for å unngå dyp snø, særlig ved skremming.

Ved bruk av metoder som varsler lokføreren kan tog redusere farten og dette kan medføre en reduksjon av påkjørsler, men ikke forhindre disse fullstendig. Hvis frekvensen av varsler eller jernbanetrafikken i seg selv øker, kan dette medføre økende driftsforstyrrelser og Bane NOR må vurdere hvordan dette skal håndteres.

Vi forventer at i praksis vil det fortsatt være nødvendig å holde dyrene fysisk bort fra linja gjennom gjeting/vokting. Teknologier som holder instrumenterte dyr fysisk utenfor et definert området (for eksempel NoFence) er ikke utviklet for reinsdyr per nå.

#### 6.5.6 Fragmentering av landskapet

Vi forventer ikke en signifikant fragmentering av landskapet ved bruk av teknologiske løsninger mot tamreinpåkjørsler som krever instrumentering av dyr. Metoder som krever instrumentering av strekningen kan utvide arealet langs strekningen brukt av jernbanen. Teknologiske løsninger som bruker lys- og lydsignaler for å skremme dyrene bort kan faktisk virke som barriere for noen dyr og

dermed føre til fragmentering av landskapet. Skremmesignaler bør uansett ha kort varighet når tog nærmer seg for å unngå habituering hos dyrene. Derfor forventer vi ikke en slik fragmentering gjennom lys og lydsignaler (se også 6.5.7.) hvis slike signaler viser seg å være av nytte.

### 6.5.7 Effekt av teknologiske løsninger på økosystemet

Selv om vi ikke forventer noen negative effekter av diverse geofence løsninger på økosystemet (så vidt vi vet per i dag), er det viktig å gjennomføre en konsekvensutredning for en del teknologiske løsninger som påvirker miljøet (for eksempel skremmende lys- og lydsignaler, forstyrrende byggetiltak under perioder med instrumentering og vedlikehold hvis teknologiske tiltak krever dette). Leverandører for teknologiske løsninger må tydelig beskrive forventete/mulige belastninger på økosystemet og informasjon bør helst vurderes av en uavhengig faglig kvalifisert gruppe.

### 6.5.8 Bruk av materialer som tåler nordiske værforhold

Mulige leverandører av teknologiske løsninger bør kunne dokumentere at instrumentene takler nordiske værforhold m.h.t. ising, vind, lave temperaturer, snø, nedbør, fuktighet og mangel av lys i vinterstid. Selv om det finnes sertifisering for enkle parametre (for eksempel ekstreme kuldegrader), er det ofte kumulative effekter som nedsetter funksjon av instrumenter (temperaturveksel, nedbør fulgt av ising eller i forbindelse med sterk vind). Dette kan også gjelde områder der instrumentene blir installert. Det vises for eksempel til at særlig nøyaktig teknologi som LASER beam breaker systemer (Huijser m.fl. 2005) har nedsatt funksjon ved ising og tining av bakken selv om instrumentene tåler slike temperaturforandringer. Vi anbefaler derfor at frekvens av instrumentutfall og/eller nedsatt funksjon dokumenteres tydelig, særlig i utviklingsperioden/testperioden.

### 6.5.9 Funksjon av teknologiske løsninger i mørketida

En stor utfordring med alle teknologiske løsninger som kan bidra til å redusere antall tamreinpåkørsler er at de fleste kollisjoner skjer i mørketida (kapittel 4). Det betyr at energiforsyningen med solcellepaneler ikke er en god løsning hele året. Bane NOR og leverandører må være klar over når og hvor lenge varsel- eller deteksjonssystemer er i bruk og hvordan energiforsyningen skal sikres (kan for eksempel utbygging av fast energiforsyning være billigere enn batteriskift i ladingsenheter ved mangeårig bruk?). Instrumentering av dyr der kun solcellepaneler er energikilden eksisterer (for eksempel EarTraX) og leverandører lover «uendelig» batterilevetid. Det er ikke testet ut hvor lenge slike batterier leverer energi uten solstråling og hvordan solcellepaneler installert på øremerker påvirker dyrenes ører i arktiske værforhold (ørene kan rives opp eller fryser). Mange reindriftsutøvere vil helst ikke bruke øremerker (personlig erfaring av flere forskere i NIBIO, se også intervjuer med distriktsledere) og mulige leverandører av teknologiske løsninger må informeres om dette. Utlysninger av FoU-prosjekter må beskrive mørketidas utfordringer tydelig (tid helt uten direkt sollys og veldig korte dager okt – februar), da mange utenlandske leverandører ikke er klar over dette.

## 6.6 Veien videre

Da det ikke finnes ferdige systemer krever alle teknologiske løsninger utvikling og utprøving i området der de skal brukes/fungere.

Et stort problem i veitrafikken er å teste effektiviteten av et system der det ikke finnes en god påkjørselsstatistikk (Huijser m.fl. 2005). Her har Bane NOR en utrolig fordel med den mangeårige dyrepåkjørselsstatistikken, d.v.s. forsøk kan gi klare resultater om effektiviteten – noe som er uvanlig i veiøkologien. Dette gjør Bane NOR til en perfekt partner i utvikling av teknologiske løsninger mot dyrepåkjørsler.

Et annet problem vedrørende dyrepåkjørsels-økologi er at resultatene ofte ikke er publisert/tilgjengelig (Huijser m.fl. 2005 og 2009) – noe som vanskeliggjør litteraturoversikten og utvikling av kunnskap. **Vi anbefaler derfor på det sterkeste at Bane NOR prioriterer samarbeid med forskere for å få resultatene publisert og tilgjengelig i vitenskapelig litteratur. Dette også m.h.t. å gjøre Bane NORs innsats synlig i internasjonal presse hvor tamreinpåkjørsler får negativ oppmerksomhet m.h.t. dyrevelferd** (for eksempel [Foxnews](#) 2017, [The Guardian](#) 2017).

For å oppnå en mest mulig effektiv reduksjon av tamreinpåkjørsler anbefaler vi å prioritere utvikling av teknologiske tiltak **på strekningen langs Saltfjellet** (31.1. % av alle tamreinpåkjørsler skjer mellom Bolna og Rognan) i vinterperioden, særlig **i mørketiden** (47.5 % av alle tamreinpåkjørsler skjer i perioden november - januar). For å unngå problemer med systemfeilmeldinger av uspesifikke oppdagelsessystemer anbefaler vi utvikling av systemer som gjenkjenner tamrein i sanntid, d.v.s. inneholder **instrumentering av simler** (55.3 % av påkjørte tamrein på case-studie strekningen Bolna stasjon – Rognan er hunndyr). Vi anbefaler elektroniske sendersystemer med lav energiforbruk (NB IoT, UHF). Systemer som ikke krever instrumentering av strekningen er ønskelig for å begrense vedlikeholdskostnader og arbeidsinnsats, men vi mangler erfaring m.h.t. mottaker i lokomotiv/kommunikasjon med lokføreren.

Strekningen er homogen over mange kilometer, noe som gjør den en perfekt teststrekning for å prøve ut og sammenligne flere ulike systemer. Saltfjellet er også svært utsatt for nordnorske værforhold med mye vind, snø, nedbør og lave temperaturer. Sammen med begrensete lysforhold (ingen sol november – januar) er de «tøffeste testforhold» tilstede i dette området. Instrumenter som tåler forhold på Saltfjellet kan godt sertifiseres for andre deler av strekningen.

I tillegg anbefaler vi et møte med reineiere med særlig fokus på bukkenes adferd langs strekningen i mai. Vi hadde ikke nok tid for å analysere hvorfor og hvor så mange bukker ble påkjørt i denne perioden (48.5 % av påkjørte dyr i mai er hanndyr; resten av året er bare 19.4 % av påkjørte dyr hanndyr), men vi hørte fra Ildgruben (se [intervjuer](#)) at påkjørsler av okser er et problem for distriktet. Det er mulig at Bane NOR og reineiere sammen kan utvikle en strategi for å redusere dette sterke avviket i den månedlige statistikken gjennom fokuserte midlertidlige tiltak. Det er viktig å legge merke til at okser ikke kan instrumenteres med klaver da nakken utvider seg betydelig i brunst.

Uansett hvilke tiltak som iverksettes anbefaler vi at effekten av tiltakene overvåkes igjen og igjen da dyrenes bevegelsesmønstre og bruk av areal forandrer seg i løpet av årene – ofte som resultat av utførte tiltak.

# Referanser

- Babińska-Werka J, Krauze-Gryz D, Wasilewski M & Jasińska K: Effectiveness of an acoustic wildlife warning device using natural calls to reduce the risk of train collisions with animals. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 38: 6-14. (2015).
- Barrientos R & Borda-de-Água L: Railways as Barriers for Wildlife: Current Knowledge. *Railway Ecology* 43-64 In: Borda-de-Água L, Barrientos R, Beja P, Pereira H (eds) *Railway Ecology*. Springer (2017).
- Bernard JM, Lansiaart M, Kempf C, Tille M (editors): Roads and wildlife. Actes du colloques "Route et fauna sauvage"; Strasbourg, Conseil de l'Europe, 5-7 Juin 1985. Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports et Ministère délégué chargé de l'Environnement, Colmar, France (1987).
- Bomford M & O'Brien PH: Sonic deterrents in animal damage control: a review of device tests and effectiveness. *Wildlife Society Bulletin* 18: 411-422 (1990).
- Bond ARF & Jones DN: Wildlife Warning Signs: Public Assessment of Components, Placement and Designs to Optimise Driver Response. *Animals* 3(4): 1142-1161 (2013).
- Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson K: Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin* 29: 646-653 (2001).
- Conover MR: Monetary and intangible valuation of deer in the United States of America. *Wildlife Society Bulletin* 25: 298-414 (1997).
- Dorsey B, Olsson, Rew LJ: Ecological Effects of Railways on Wildlife. In: Van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (eds) *Handbook of Road Ecology*. Wiley (2015).
- Forman RT & Alexander LE: Roads and their major ecological effects. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 29: 207-231 (1998).
- Forman RT, Sperling D, Bissonette JA, Clevenger AP, Cutshall CD, Dale VH, Fahrig L, France R, Goldman CR, Heanue K, Jones JA, Swanson FJ, Turrentine T, Winter TC: *Road ecology - Science and Solutions*. Island Press, Washington (2003).
- Foster ML & Humphrey SR: Use of highway underpasses by Florida panthers and other wildlife. *Wildlife Society Bulletin* 23: 95-100 (1995).
- Foxnews: More than 100 reindeer dead in Norway after getting hit by freight train. <https://www.foxnews.com/science/more-than-100-reindeer-dead-in-norway-after-getting-hit-by-freight-train> Published online 27. Nov. 2017.
- Green M: How long does it take to stop? Methodological analysis of driver perception brake times. *Transportation Human Factors* 2: 195-216 (2000).
- Hughes WE, Saremi AR, Paniati JF: Vehicle-animal crashes: an increasing safety problem. *Institute of Transportation Engineers Journal* 66: 24-28 (1996).
- Huijser MP & McGowen PT: Overview of animal detection and animal warning systems in North America and Europe. In: 2003 Proceedings of the International Conference on Ecology and Transportation. Irwin CL, Garrett P, McDermott KP (eds). Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University. Raleigh, USA (2003). Tilgjengelig fra <http://www.itre.ncsu.edu/cte/icoet/03proceedings.html>
- Huijser MP, Mosler-Berger C, Olsson M, Strein M: Wildlife Warning Signs and Animal Detection systems aimed at reducing wildlife-vehicle collisions. In: Van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (eds) *Handbook of Road Ecology* (2015).

- Huijser MP, Wagner ME, Hardy A, Clevenger AP, Fuller JA: Animal–Vehicle Collision Data Collection. A Synthesis of Highway Practice. Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation. 387 - 391 (2007).
- Huijser MP, McGowen PT, Camel W, Hardy A, Wright P, Clevenger AP: Animal vehicle crash mitigation using advanced technology. Phase I: review, design and implementation. Technical Report by the Western Transportation Institute, Montana State University, USA (2005)
- Huijser MP, Holland TD, Kociolek AV, Barkdoll AM, Schwalm JD: Animal-vehicle crash mitigation using advanced technology phase II: system effectiveness and system acceptance. Technical Report by the Western Transportation Institute, Montana State University, USA (2009)
- Jørgensen GMH & Eilertsen SM: Utpøving av NoFence på reinsdyr. Prototype 2. Bioforsk Rapport nr 62 (9) (2014).
- Jørgensen GMH & Eilertsen SM: Utpøving av NoFence på reinsdyr. Bioforsk rapport nr 59 (7) (2012)
- Kinley TA, Newhouse NJ, Page HN: Evaluation of the Wildlife Protection System Deployed on Highway 93 in Kootenay National Park During Autumn 2003. Sylvan Consulting Ltd. Invermere, British Columbia, Canada (2003).
- Kistler R: Wissenschaftliche Begleitung der Wildwarnanlagen Calstrom WWA-12-S. Juli 1995 - November 1997. Schlussbericht. Infodienst Wildbiologie and Ökologie. Zürich, Switzerland (1998).
- Knapp K, Yi X, Oakasa T, Thimm W, Hudson E, Rathmann C: 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 (2004).
- Koehler AE, Marsh RE, Salmon TP: Frightening methods and devices/stimuli to prevent mammal damage – a review. In: Davis LR & Marsh RE (Eds.) Proceedings of the Fourteenth Vertebrate Pest Conference, 6–8 March 1990, Costa Mesa, California. University of Kalifornia at Davis, CA, USA: 168–173 (1990).
- Mosler-Berger C and Romer J: Wildwarnsystem CALSTROM. Wildbiologie 3: 1-12 (2003).
- Muurinen I and Ristola T: Elk accidents can be reduced by using transport telematics. Finncontact 7 (1): 7-8 (1999). Tilgjengelig fra <http://www.tiehallinto.fi/fc/fc199.pdf>
- Nieminen M & Leppäluoto J: Renarnas trafikdødelighet i Finland under åren 1974 - 1983. Rangifer 5: 53-58 (1985).
- Pfister HP, Keller V, Heynen D, Holzgang O: Wildtierökologische Grundlagen im Strassenbau. *Strasse und Verkehr* (3): 101-108 (2002).
- Pojar TM, Prosen RA, Reed DF, Woodard TN: Effectiveness of a lighted, animated deer crossing sign. *Journal of Wildlife Management* 39: 87-91 (1975).
- Proctor MF: Genetic analysis of movement, dispersal and population fragmentation of grizzly bears in southwestern Canada. Unpublished dissertation. The University of Calgary, Canada (2003).
- Reeve AF & Anderson SH: Ineffectiveness of Swareflex reflectors at reducing deer-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin* 21: 127-132 (1993).
- Rolandsen CM, Solberg EJ, Van Moorter Bram, Strand O: Dyrepåkjørsler på jernbanen i Norge 1991–2014. NINA Rapport 1145 (2015).
- Rolandsen CM, Langeland K, Tømmervik H, Hesjedal A, Kjørstad M, Van Moorter B, Danielsen IE, Tveraa T, Solberg EJ: Tamreinpåkjørsler på Nordlandsbanen. NINA Rapport 1326 (2017).

- Romer J & Mosler-Berger C: Preventing wildlife-vehicle accidents. The animal detection system CALSTROM. Proceedings of the Infra Eco Network Europe (IENE) Conference; Brussels, Belgium (2003). Tilgjengelig fra <http://www.iene.info/>
- Romin LA & Bissonette JA: Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. *Wildlife Society Bulletin* 24: 276-283 (1996).
- Rytwinski T, van der Ree R, Cunnington GM, Fahrig L, Findlay CS, Houlihan J, Jaeger JAG, Soanes K, van der Grift EA: Experimental study designs to improve the evaluation of road mitigation measures for wildlife. *Journal of Environmental Management* 154: 48-64 (2015).
- Sivertsen TR, Gundersen H, Rolandsen CM, Andreassen HP, Hanssen F, Hanssen MG, Lykkja O: Evaluering av tiltak for å redusere elgpåkørsler på veg. Høgskolen i Hedmark - Oppdragsrapport Nr. 1 (2010).
- Strand O, Bevanger K, Falldorf T: Villreinens bruk av Hardangervidda – sluttrapport fra Rv7 prosjektet. NINA Rapport 1- 67 s. (2006).
- Strand O, Jordhøy P, Panzacchi M, Van Moorter B: Veger og villrein. Oppsummering – overvåking av Rv7 over Hardangervidda. NINA Rapport (2015).
- Solberg EJ, Rolandsen CM, Herfindal I, Heim M: Hjortevilt og trafikk i Norge: En analyse av hjorteviltrelaterte trafikkulykker i perioden 1970-2007. NINA Rapport (2009).
- Sullivan JM: Trends and characteristics of animal-vehicle collisions in the United States. *Journal of Safety Research* 42: 9-11 (2011).
- The Guardian: More than 100 reindeer killed by freight trains in Norway 'bloodbath'. <https://www.theguardian.com/world/2017/nov/27/reindeer-killed-by-freight-trains-norway> Published online 27. Nov. 2017.
- Ujvári M, Baagøe J, Madsen AB: Effectiveness of acoustic road markings in reducing deer-vehicle collisions: a behavioral study. *Wildlife Biology* 10: 155-159 (2004).
- Ujvári M, Baagøe HJ, Madsen AB: Effectiveness of Wildlife Warning Reflectors in Reducing Deer-Vehicle Collisions: A Behavioral Study. *The Journal of Wildlife Management* 62 (3): 1094-1099 (1998).
- Van Oort BEH, Tyler NJC, Gerkema MP, Folkow L, Blix AS & Stokkan KA: Circadian organization in reindeer. *Nature* 438: 1095-1096 (2005).
- Van Oort BEH, Tyler NJ, Gerkema MP, Folkow L, Stokkan KA: Where clocks are redundant: weak circadian mechanisms in reindeer living under polar photic conditions. *Naturwissenschaften* 94 (3): 183-94 (2007).
- Werka J & Wasilewski M: Animal deterring devices (UOZ-1) monitoring. Report for the period from december 2007 to november 2009. Topic commissioned by PKP Polish Railway Lines S.A. Contract No. A/018/02a/031/00/5555/07 Warsaw (2009).
- Woronecki PP: Effect of ultrasonic, visual, and sonic devices on pigeon numbers in a vacant building. In: Crabb AC & Marsh RE (Eds.), *Proceedings of the Thirteenth Vertebrate Pest Conference*, 1-3 March 1988, Costa Mesa, California. University of California at Davis, CA, USA: 266-272 (1988).
- Ytrehus B & Kjørstad M: Flere villrein med isdannelse på halsbånd. NINA Nyhetsartikkel <https://www.nina.no/Aktuelt/Nyhetsartikkel/ArticleId/4426/Flere-villrein-med-isdannelse-pa-halsband> (2018)
- Ytrehus B: Obduksjonsrapport – Rein fra Nordfjella. Brev til NINA (2015).



Ytrehus B: Korrigerende tiltak etter uønskede hendelser med villrein. Brev til Forsøksdyrforvaltningen i Mattilsynet (2016).

Åhrén T & Larsson PO: Renpåkørning - En pilotstudie för att hitta förslag till effektiva åtgärder för att minska antalet djurpåkørningar utmed Malmabanen (1999).

# Appendix 1

Oversikt over mulige tiltak. KU = krever utvikling.

| Navn   | Mottatt av  | Teknologi   | Beskrivelse   | Instrumentering |     |                       | Vurdering | Utviklingsstadi  |
|--|---|---|---|-----------------|-----|-----------------------|-----------|--|
|  |   |   |   | rein            | lok | linje til lok til dyr |           |  |
| <b>Tiltak som skiller dyr fysisk fra jernbane</b>                  |   |   |   |                 |     |                       |           |  |
| NoFence  | NoFence   | Virtuelt gjerdessystem med batteri- og solcelledrevet GPS klave som kommuniserer over mobilnettet | Virtuelt gjerdessystem styret av reinere gir strømstøt hvis dyrene forlater definert området  | X               | X   |                       | X         | Ikke anbefalt da det er påvist at strømstøt fra NoFence klaver gir ikke ønsket effekt på tamrein   |
| <b>Tiltak som varsler dyr eller skremmer dyr vekk fra jernbane</b> |   |   |   |                 |     |                       |           |  |
| Patent nr. 329600  | Per Sindre Nyberget   | Skremmesystem for vilt basert på alarm- og lyssignaler  | Lyd- og lysbølger beveger seg mot tog for å varsle dyr om nærkommende tog og stimulerer flyktinstinkt   | X               | X   |                       | X         | Ikke anbefalt uten foregående feltforsøk på tamreins adferd  |
| Animal Deterrence Device UOZ-1                                     | NEEL Warszawa, Polen  | Skremmesystem for vilt basert på naturlige lydsignaler  | Høyttaler spiller naturlige alarmlyd av ulike dyr ved nærkommende tog og stimulerer flyktinstinkt hos ulike dyr                               | X               | X   |                       | X         | Testet over 4 år - lovende mht rådyr og elg, men ingen data om effekt på tamrein; kommunikasjon mellom høyttaler og togposisjon krever mest sannsynlig utviklingsarbeid fra Bane NOR; krever fast elektrisitet; nedsatt effektivitet av høyttaler ved is, snø, regn og vind. |
| Opto-akustisk varsel til dyr                                       | Globalt mange leverandører; for eks. Calonder, Swarco, iPTE, Statens vegvesen | Varsel-/skremmesystem for vilt basert på kunstlige lys- og lydsignaler                            | Motkommene biler utløser lys- og/eller lydskensner som er ment å vekke viltets oppmerksomhet og øke flyktberedskap/skremme dyr vekk fra veier | X               | X   |                       | X         | Tamreins adferd mot systemet er uklart og krever evaluering i feltforsøk; aktivering av systemer gjennom billykter er uegnet for jernbanen - systemet må tilpasses (signal fra tog via GPS, RF eller sms; instrumentering av strekningen med togsensorer)                    |

| Navn                                | Mottatt av  | Teknologi   | Beskrivelse  | Instrumentering |     |                       | Varsel | Vurdering   | Utviklingsstadi  |
|-------------------------------------|---|---|--|-----------------|-----|-----------------------|--------|---|--|
|                                     |   |   |  | rein            | lok | linje til lok til dyr |        |   |  |
| <b>Tiltak som varsler lokførere</b> |   |   |  |                 |     |                       |        |   |  |
| Droner                              | diverse innspill til Bane NOR   | ubemannede fly med multirotor eller fastving                                    | Kunne brukes for optisk overvåkning eller driving av dyr   | -               | -   | -                     | KU     | Store begrensninger i regelverket, kapasitet, bæreevne og rekkevidde; også mht vær, vind og is.   | Utviklet for andre bruksområder; ikke knyttet til varslingsystemer |
| Skinnegående drone                  | diverse innspill til Bane NOR   | Fjernstyrte skinnegående drone - ikke utviklet produkt                          | Pilotvogn som kan gå foran togsettet utstyrt med følsomme kameraer og sensorer og kommunisjonsystem med togsett            | -               | -   | -                     | KU     | Produkt ikke utviklet; idé må vurderes av Bane NORs tekniske grupper; må være minimum 5 tonn; fare for sammenstøt hvis drone kjører seg fast; mest sannsynlig ikke brukbar i norske værforhold  | Idé  |
| Interaktive tiltaksvarslere         | Globalt mange leverandører; for eks. Calonder, Swarco, Statens vegvesen | Mange sensorsystemer er mulig - se kapittel 2.3.2.1.1 Vilt-deteksjonssystemer   | Deteksjonssystemer for store pattedyr; vanlig tilknyttet varselkilt til bilister; krever utvikling av varsel til lokførere | X               | X   | X                     | KU     | Flere lovende hjelpemidler - se kapittel 2.3.2.1.1 Vilt-deteksjonssystemer  | Alle løsninger må tilpasses særlig mht energiforsyningen           |
| LoRa Gateway                        | NorthQ Safety AS  | Varselsystem til lokførere med dashboard i lokomotiv, Geofence og klaver på dyr | Reinsdyr utstyres med sender; lokomotiv utrustes med LoRa Gateway, Geofence etableres                                      | X               | X   | X                     | KU     | Teknologi er lovende men ferdig produkt mht varslingsystem i lokomotiv finnes ikke. Systemet krever utvikling og evaluering; tekniske detaljer derfor ikke enda tilgjengelig; NOS nevnte varsling til dyr med lys- eller lydsignaler men det ble ikke forklart i detalj; derfor av ukjent effektivitet. | Utviklet for andre bruksområder                                    |

| Navn                | Mottatt av   | Teknologi   | Beskrivelse  | Instrumentering |     |       | Varsel | Vurdering   | Utvikingsstadi   |
|---------------------|--|---|--|-----------------|-----|-------|--------|---|--|
|                     |  |   |  | rein            | lok | linje |        |   |  |
| NB IoT              | Norsk Smartbjellelag (Peter Asle Mona); shiip (Jan Narve Bakken) | Elektronisk varsling med radiobølger basert utstyr montert på dyr   | Reinsdyr utstyres med halsklave påmontert sporingsutstyr. Geofence etableres. Signaler til tog sendes hyppig når dyr er innenfor Geofence. | X               | X   |       | KU     | Svart lovende teknologi pga lav energiforbruk, men ingen erfaringsverdier med effektivitet og signaldekning endå (ny teknologi!); varslingsystem for lokomotiver krever utvikling; ingen fysiske installasjoner langs strekningen nedsetter vedlikeholdskostnader og arbeidsinnsats for BaneNOR | Utviklet for andre bruksområder  |
| GPS klaver          | for eksempel Savemyreindeer (Lars Theodor Kintel)                | Reinsdyr utstyres med GPS sender. Varsel sendes på sms eller app; senere integrert mot FIDO. Basert på eksisterende produkt "Findmysheep" | Utviklet for andre bruksområder; krever tilpassning med installasjon i lokomotivet   | X               | X   |       | KU     | Vanlig GPS klav posisjonssignal frekvens (1x/dag) er ikke nøyaktig nok for å evaluere hvis det finnes dyr på spur; varslingsystem er ikke utviklet og må vurderes mht batterikapasitet, størrelse på sender og frekvens av batteriskift; effektivitet av systemet er ukjent                     | Basert på eksisterende produkt "Findmysheep" men varslingsystem er ikke utviklet |
| EarTraX og CellTraX | GPS Collars Ltd  | Geofence og GPS/GSM/UHF klav eller øremerker  | Virtuelt gjerdessystem langs jernbane som sammenholdes med dyrets posisjon   | X               | X   | (X)   | KU     | Systemet er i utprøving i Sveits men resultatene er ikke endå publisert; Krever tilpassning av varslingsystem for togfører  | Eksisterende produkt men varslingsystemet til lokomotive krever utvikling        |
| Animal Sense        | NIBIO/Univ. i Umeå   | Radiosignal montert i reinklaver sender informasjon til mottakere langs veien; Disse begynner å blinke når reinen nærmer seg              | Elektronisk varslingsystem med formål å varsle bil-/togførere om at det er rein i nærheten av/i spor                                       | X               | X   | X     | KU     | Utprøving 2018 og 2019 på Saltfjellet foregår; lovende teknologi, men krever utvikling for varslingsystem til lokfører.   | Utviklet for bilveger men kan tilpasses jernbanen                                |

# Appendix 2

## Veileder for intervju av reineiere langs Nordlandsbanen:

### Innledning

Nibio har på oppdrag fra Bane NORs evaluert teknologiske løsninger for å hindre tamreinpåkjørslar langs Nordlandsbanen. Vi har vurdert ulike løsninger som inngjerding av sporet og ulike skremmesmetoder, men vi anbefaler teknologier som gir varsel til lokfører dersom det er rein i nærheten av sporet. Målet er at varslet skal være i sann tid slik at toget kan redusere hastigheten. Et slikt system krever instrumentering av dyr med en gps-sender. Vi vet ikke ennå akkurat hvilken form teknologien skal ha, men forventer en slags instrumentering av dyr med klave eller øremerker. Vi ønsker tilbakemelding fra en del reineiere som er berørt i forhold til sånne teknologier.

### Spørsmål

1. Mange teknologiske løsninger for å redusere dyrepåkjørslar er utviklet mot vilt og inneholder skremmsel av dyrene med høyt lys eller lyd. Hvordan forventer du at tamrein reagerer? (for eksempel hopper de opp på jernbanestrekningen hvor den ligger høyere enn området, skal de hoppe bort fra strekningen, skal de «se og vente» hva som skjer, hva skjer med flyktdistansen, kan de kanskje lære å assosiere skremmselyd med fare fra tog ....)
2. Ville du vurdere instrumentering av dyr hvis en sånn teknologi kunne forhindre tamreinpåkjørslar langs jernbane?
3. Ville du foretrekke klave eller øremerker?
  - a. Hvorfor?
  - b. Hvis svaret er «øremerker»: hvis man ikke klarer å utvikle en teknologi som er tilpasset til å ha i øret, kunne du da tenke deg å bruke klave?
4. Systemet skulle varsle hvis rein kommer i nærheten av jernbane. Hvilke tilleggsfunksjon kunne være interessant/eller viktigste? For eksempel dødsvarsler, GPS posisjon, melding om redusert bevegelse, ...
5. Er det viktig å ha begrensning om opplysninger av sporingsdata – for eksempel at BaneNOR får bare tilgang at dyrene er i nærheten av jernbane men ikke hvem sine dyrene eller hvor de ellers oppholder seg.
6. Synes du at reindriftsnæringa skulle være involvert i utvikling av denne teknologien?
  - a. På hvilken måte?
  - b. Evt. hvorfor ikke?
7. Er det andre ting du mener er viktig å få fram i denne sammenhengen?

## Oppsummering intervju distriktsledere (Tall = Spørsmål i [intervjuveileder](#))

|   | Saltfjellet   | Balvatn   | Jillen-Njarke  | Ildgruben  |
|---|---|---|--|--|
| 1 | Kan fungere for å hindre reinen å trekke inn i tunneller  | Reinen blir fort vant til lyd. Flukten vil ta den letteste veien – ofte er det langs linja. | Vil ikke anbefale skremming. Blir vant. Samme skjer ved bruk av helikopter ved samling.              | Ikke så aktuelt for Ildgruben (se pkt. 2)  |
| 2 | Ja, men må ha en fornuftig størrelse  | Ja, absolutt  | Positiv til alt som kan hindre påkjørsler. Må ikke være mye ekstra arbeid for reineier               | For Ildgruben er problemet påkjørsel av okser. Ikke mulig å ha klaver p.g.a. at nakken utvider seg i brunsten. |
| 3 | Foretrekker klave. Merke i øret kan revne øret.   | Begge deler kan fungere. Redd for isdannelse på klaver.                                     | Skulle ønske det kunne kombineres med de kommende pålagte individmerkene                             | Okser kan ikke instrumenteres med klaver p.g.a. varierende tykkelse i nakken                                   |
| 4 | Ja, samme tilleggsfunksjoner som man får i Telespor og FindMy   | Ja, samme som de tradisjonelle  | Ja   | Ja   |
| 5 | Ikke skeptisk til at bane nor får opplysninger, men de har jo ikke behov for det.   | Bare reineier burde få andre opplysninger enn opphold ved jernbanen                         | Bane Nor har ikke behov for info. Kan kanskje få for mye informasjon som kan føre til likegyldighet. | Spiller ingen rolle  |
| 6 | Naturlig at reindriftnæringen er involvert i utvikling. De har best kunnskap om reindrift og dyreatferd. Bør kunne få tilskudd. | Ja – samme som Saltfjellet  | Ja<br>Økonomisk om man kan få flere funksjoner – for eksempel i forhold til rovvilt.                 | Tja... ikke sikkert  |
| 7 | Lokførernes kunnskaper om dyreatferd bør økes. Må ikke bruke lys og horn. Dyrene trekkes mot lyset.                             | Distriktet har ikke mange påkjørsler – kanskje 10 dyr i året.                               | Varsel bør komme til trafikkansvarlig som så varsler lokfører.                                       | Instrumentering er ikke så aktuelt for Ildgruben p.g.a. oksepåkjørsler (se pkt. 2 og 3)                        |

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.