

Dyrepåkjørsler på jernbanen i Norge 1991–2014

Christer M. Rolandsen, Erling J. Solberg, Bram Van Moorter og Olav Strand



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Dyrepåkjørsler på jernbanen i Norge 1991– 2014

Christer Moe Rolandsen
Erling J. Solberg
Bram Van Moorter
Olav Strand

Rolandsen, C. M., Solberg, E. J., Van Moorter, B. & Strand, O.
2015. Dyrepåkjørsler på jernbanen i Norge 1991–2014. – NINA
Rapport 1145. 111 s.

Trondheim, mai 2015

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2767-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Sigbjørn Stokke

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Inga E. Bruteig (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Jernbaneverket

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Marina Stanimirov, Astrid Busengdal og Helge Voldsund

FORSIDEBILDE

Vegetasjonsrydding. Foto: Anders Wåla, Jernbaneverket.

NØKKELOORD

Norge, jernbane, dyrepåkjørsler, elgpåkjørsler, hjortepåkjørsler,
rådyrpåkjørsler, tamreinpåkjørsler, sauepåkjørsler, hotspot,
blackspot, ulykkesbelastet strekning, evaluering, etterundersøkelse

KEY WORDS

Norway, railway, hotspot, blackspot, animal-train accidents, animal-
vehicle accidents, moose-train accidents, reindeer-train accidents,
assessment report.

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Rolandsen, C. M., Solberg, E. J., Van Moorter, B. & Strand, O. 2015. Dyrepåkjørsler på jernbanen i Norge 1991–2014. – NINA Rapport 1145. 111 s.

Som et ledd i å redusere omfanget av viltulykker har Jernbaneverket utarbeidet en handlingsplan for å redusere antallet dyrepåkjørsler for perioden 2014–2017. I handlingsplanen identifiseres ulykkesbelastede strekninger med mange dyrepåkjørsler av en gitt art over en femårsperiode. Jernbaneverket ønsket mer kunnskap om hva som forårsaker slike konsentrasjoner av ulykker og hvorfor de varierer i utstrekning og styrke mellom områder og over tid. I tillegg ønsket de en vurdering av effekten av vegetasjonsrydding som tiltak mot elgpåkjørsler på Nordlandsbanen, og av effekten av et viltgjerde som tiltak mot tamreinpåkjørsler på Saltfjellet. Som bakgrunn for videre arbeid var det også ønskelig med en generell litteraturgjennomgang av tidligere studier av dyrepåkjørsler av hjortedyr, spesielt på jernbanen. I denne rapporten har vi forsøkt å dekke disse ønskene etter beste evne ut fra ressursene vi hadde til rådighet.

Litteraturgjennomgangen viser at flest studier omhandler dyrepåkjørsler på veg og i mindre grad ulykker på jernbanen. Ofte er det imidlertid de samme faktorene som forklarer variasjonen i antall dyrepåkjørsler på veg og bane. Spesielt viktige er bestandstettheten og trafikkintensiteten på veg og bane, som begge kan forklare mye av økningen i antallet påkjørsler av hjortedyr i Norge de siste 40 årene.

Av klimatiske faktorer er det hovedsakelig snøforhold og temperatur som påvirker påkjørselsfrekvensen. Påkjørselsfrekvensen av elg øker med økende snødybde, men mest i områder som vanligvis får mye snø vinterstid. Det samme er funnet å være tilfelle for tamrein i Finland. Antallet hjortedyrpåkjørsler øker også i år med lave vintertemperaturer og høye sommertemperaturer, sannsynligvis fordi temperaturen påvirker dyrenes aktivitetsnivå.

De fleste elgpåkjørslene i Norge skjer om vinteren, og det samme synes å være tilfelle i mange andre land. I tillegg er det rapportert om påkjørselstopper på tiden av året når ungdyrene sprer seg, under brunsten på høsten, i jaktseasonen, og i trekkperioden på vår og høst når mange veger krysses. De fleste dyrepåkjørslene skjer ved skumring og daggry når hjortedyrene er mest aktive. Hjortedyr er særlig utsatt for påkjørsler når skumringsperiodene overlapper med tidspunkter på dagen med høy trafikkintensitet (senhøst og vinter).

Dyrepåkjørsler inntreffer med varierende frekvens langs veg og jernbane, ofte som følge av varierende habitat og landskapsformasjoner. Viktige elementer knyttet til dette er faktorer som påvirker mattilgang, skjul, siktforhold og kanalisering av dyr. Gode beitebetingelser nær veg og jernbane tiltrekker seg flere hjortedyr, noe som igjen kan øke risikoen for dyrepåkjørsler. Tett skog kan også redusere den generelle sikten langs jernbane og veg, med økt påkjørselsfrekvens som følge. Motsatt ser vi at hjort og rådyr også påkjøres i åpne landbruksområder, som er et viktig habitat for disse artene.

Den viktigste forskjellen mellom veger og jernbane som risikoelement, er at veger er forbundet med mer menneskelig aktivitet (flere kjøretøy, flere hus, flere synlige mennesker m.m.). Dette fører til at jernbanen i mindre grad oppfattes som farlig av hjortedyr, og følgelig registrerer vi en uforholdsmessig større andel av dyrepåkjørslene på jernbanen.

Jernbaneverket har benyttet data fra de fem siste årene til å velge ut spesielt ulykkesbelastede strekninger. Ut fra våre vurderinger kan dette være en for kort periode ettersom tilfeldig variasjon får stor betydning. Ved å inkludere flere år kan presisjonen økes, men samtidig kan de bakenforliggende årsakene ha endret seg. Det er derfor vanskelig å gi et entydig råd om hvor mange år med data som bør benyttes ved beregning av ulykkesbelastede strekninger. Et alternativ er å vekte gjennomsnittet med antallet år med spesielt høy påkjørselsfrekvens, eller å benytte støtteinformasjon om utviklingen i bestandstetthet, vegetasjonsforhold og snø- og

temperaturforhold. På det viset kan en unngå at ulykkesbelastede strekninger defineres ut fra enkeltår med spesielle hendelser.

I tillegg til ulykkesfrekvensen pr. km bane er det viktig å avklare over hvor lange strekninger ulykkesfrekvensen er høy. Vi fant en romlig avhengighet i ulykkesfrekvens fra 63 til 203 kilometer på de fem lengste jernbanestrekningene i Norge, noe som betyr at dyrepåkjørslar ikke er lokalisert til kortere strekninger med spesielle egenskaper. Dette bør tas hensyn til når ulykkesbelastede strekninger defineres og eventuelle tiltak etableres. Dersom tiltakets utstrekning er for kort, kan ulykkene forflyttes til nærliggende områder.

I perioden 1991–2013 har det vært en tilnærmet dobling i antallet registrerte dyrepåkjørslar på jernbanen – fra snaue 1000 til 2000 – men stor årlig variasjon. Omtrent 90 prosent av registrerte dyrepåkjørslar involverer elg, tamrein, sau, rådyr og hjort. I tillegg er det jevnlig påkjørslar av hund og storfe samt et mindre antall individer fra andre arter. Økningen i antallet påkjørslar av elg, hjort og rådyr samsvarer godt med bestandsutviklingen i perioden, mens det er mer uklart hvordan antallet påkjørslar forholder seg til bestandsutviklingen av husdyr og tamrein.

Artsfordelingen i dyrepåkjørslene gjenspeiler i stor grad bestandstettheten av de ulike artene langs jernbanene. Andelen elg er høy på de fleste banene som går i skogkledte områder, med unntak for Raumabanen der tettheten av elg er lav og tettheten av hjort er høy. Tamrein er hovedsakelig et problem på Nordlandsbanen og Ofotbanen, og i mindre omfang på Meråkerbanen og Rørosbanen. Rådyrpåkjørslar skjer oftest på Østlandet, Sørlandet og i Trøndelag, mens sau hovedsakelig påkjøres på Dovrebanen, Meråkerbanen og Raumabanen. I samsvar med utbredelsesområdets overlapp med jernbanen, påkjøres elgen med høy intensitet over relativt lange strekninger, mens hjort, tamrein og sau påkjøres på relativt kortere strekninger.

De mest ulykkesbelastede strekningene på det norske jernbanenettet særmerkes av at flere arter påkjøres med relativt høy frekvens i de samme områdene. Dette gjelder kombinasjonen elg og tamrein på Nordlandsbanen og elg og sau på Dovrebanen og Meråkerbanen. I utvelgelsen av tiltaksstrekninger bør derfor det samlede antallet påkjørslar være et vurderingskriterium.

I vår case-studie av elgpåkjørslar på Nordlandsbanen fant vi at risikoen for å kjøre på en elg var forbundet med en rekke ulike forklaringsvariabler. I studieperioden på vel 20 år økte antallet elgpåkjørslar med 74 prosent, i takt med nesten samme økning i bestandstettheten av elg på fylkesnivå (63 %). Det samme var tilfelle på kommunenivå i perioden 2004–2014. Vi fant ingen tilsvarende sammenheng mellom bestandstetthet og påkjørslar mellom kommuner, noe som sannsynligvis skyldes jernbanetraseens lokalisering i forhold til skog og tettbebygde områder. Åttifire prosent av påkjørslene på Nordlandsbanen skjedde i områder med skog, og 94 prosent fant sted mindre enn 100 meter fra skogen. Dette samstemmer med studier som viser at GPS-merkede elger i Nord-Trøndelag oppholder seg i skogen i 80–90 % av tiden.

Også dypere snø og kaldere vintertemperaturer økte sannsynligheten for elgpåkjørslar. Økende snømengde fører til at elgen trekker fra høyereliggende til lavereliggende områder der jernbanen ofte er lokalisert. I tillegg er det mye som tyder på elgen i større grad benytter linja som transportkorridor på dager med mye snø.

Analysen av vegetasjonsrydding som avbøtende tiltak på Nordlandsbanen viste at antallet elgpåkjørslar ble redusert i årene etter rydding, men resultatet var beheftet med stor usikkerhet. En slik effekt er i samsvar med resultatene i enkelte tidligere studier, mens andre ikke har kunnet påvist noen effekt av vegetasjonsrydding. Vi anbefaler at analysene gjentas på Nordlandsbanen når det foreligger flere år med data i perioden etter vegetasjonsrydding.

Tamrein påkjøres i all hovedsak innenfor åtte ulike delstrekninger på Nordlandsbanen, og på nesten alle strekningene har det vært en økning i påkjørselsfrekvens i perioden 1990–2013. Resultatene antyder en sammenheng mellom bestandstettheten av tamrein og antallet påkjørslar i områder hvor jernbanen passerer gjennom vinterbeiteområder, men ikke

nødvendigvis der jernbanen hovedsakelig passerer andre sesongbeiteområder. I noen områder økte også antallet påkjørsler av tamrein med økende snødybde.

På Saltfjellet fant vi ingen entydig effekt av et fire kilometer langt viltgjerde som ble montert for å redusere antallet tamreinpåkjørsler. Før gjerdet ble bygd skjedde 14 prosent av tamreinpåkjørslene langs gjerdestrekningen. Etter at gjerdet ble satt opp ble det ikke registrert påkjørsler innenfor gjerdet, men 10 prosent av tamreinpåkjørslene ble registrert på kilometerstrekningen i hver ende av gjerdet. Når vi undersøkte antall ulykker på en strekning som omfatter gjerdet pluss fire kilometer i hver retning, fant vi ingen klar nedgang i antall tamreinpåkjørsler. Selv om gjerdet kan ha avverget enkelte påkjørsler, er det sannsynlig at vi her ser et eksempel på ulykkesforflytning. Dette var ikke helt uventet tatt i betraktning det relativt korte gjerdet og den store variasjonen i hvor på Saltfjellet ulykker skjer i ulike år. Før gjerdene etableres bør derfor konsekvensene av en eventuell økt kryssingsfrekvens ved endene av gjerdene vurderes sammen med det omkringliggende landskapets kanalisierende egenskaper på dyrs bevegelser.

I likhet med konklusjonene i tidligere studier, tror vi det neppe eksisterer enkle og billige løsninger på problemet med dyrepåkjørsler på jernbanen. Tiltakene som skal til for å fjerne eller vesentlig redusere dyrepåkjørslene har ofte en økonomisk kostnad som langt overstiger dagens tildelte budsjetter. Det er derfor viktig å benytte de tilgjengelige ressursene slik at de på sikt kan gi bedre forutsetninger for suksess. Dette tror vi best kan oppnås ved å gjennomføre såkalte før-, under- og etterstudier av tiltak, samtidig som det sammenlignes med representative kontrollstrekninger hvor tiltak ikke gjennomføres. En slik framgangsmåte vil gi et bedre grunnlag for å avklare hva som faktisk virker, slik at begrensede ressurser kan kanaliseres best mulig.

Jernbaneverket deler behovet for å øke kunnskapen om dyrepåkjørsler og effekter av avbøtende tiltak med viltmyndigheter (kommuner, fylkeskommuner, Fylkesmannen og Miljødirektoratet), landbruksmyndigheter (Fylkesmannen, Reindriftsforvaltningen og Landbruks- og matdepartementet) og Statens vegvesen. Å etablere en felles arena med disse, kan bidra til å redusere omfanget av dyrepåkjørsler. For eksempel kontrollerer viltmyndigheter og landbruksmyndigheter bestandsstørrelsen til de mest utsatte artene, og har således stor innvirkning på antallet dyr som potensielt kan påkjøres. I store deler av landet går jernbanen parallelt med større veger europa-veger og riksveger, noe som tilsier at kunnskapsoppbygging og tiltaksetablering med fordel bør samordnes.

Christer M. Rolandsen, NINA, 7485 Trondheim
christer.rolandsen@nina.no

Erling J. Solberg, NINA, 7485 Trondheim
erling.solberg@nina.no

Bram Van Moorter, NINA, 7485 Trondheim
bram.van.moorter@nina.no

Olav Strand, NINA, 7485 Trondheim
olav.strand@nina.no

Abstract

Rolandsen, C. M., Solberg, E. J., Van Moorter, B. & Strand, O. 2015. Animal-Train accidents on the railway in Norway 1991–2014. – NINA Report 1145. 111 pp.

In effort to reduce the number of animal-train accidents, the Norwegian National Rail Administration (NNRA) have developed an action plan for the period 2014–2017. The Action Plan identifies railroad stretches with many animal-train accidents of a given species over a five year period.

The NNRA wanted more knowledge about what causes such concentrations of accidents and why stretches with many accidents differ in extent and severity between regions and over time. In addition, they wanted an assessment of vegetation management as a mitigating action to reduce the number of moose-train accidents on Nordlandsbanen, and the effect of a fence as a mitigating action to reduce the number of reindeer-train accidents at Saltfjellet. As background for further work, they also wanted a general literature review of the results from previous studies of ungulate-vehicle accidents, especially on railways.

The literature review shows that most studies dealing with animal-vehicle accidents concern road accidents, while fewer studies have been undertaken on railways. Often, however, the same factors are involved in accidents on both roads and rail. Particularly important factors explaining the variation in accident frequency are animal population density and traffic intensity, of which both seem to explain much of the increasing number of ungulate-vehicle accidents in Norway during the last 40 years.

Climatic factors that are found to have an effect on the frequency of accidents are snow conditions and temperature. Accidents with moose increases with increasing snow depth, but mainly in areas with deep snow in winter. A similar effect was found for reindeer in Finland. The number ungulate-vehicle accidents also increases in years with low winter temperatures and high summer temperatures, probably because temperature affects the activity level of animals.

The number of moose-vehicle accidents in Norway seems to peak in late autumn and winter, and the same is the case in many other countries. Others report of accident peaks at the time of year when young animals disperse, during the rutting season in the autumn, in the hunting season, and in periods when animals migrate between seasonal ranges. Most ungulate-vehicle accidents happens at dusk and dawn when ungulates are most active. Moose seem to particularly vulnerable to accidents with vehicles when dusk and dawn periods overlap with high traffic intensity times during the day (i.e. late autumn and winter).

Ungulate-vehicle accidents occur with varying frequency along roads and railways, often as a result of varying habitat and landscape characteristics. Key landscape elements are those that affect food supply, shelter, visibility and channelling of animal movement. Attractive feeding opportunities close to roads and railways attract more deer, which in turn may increase the risk of collisions. Dense forest can also reduce the overall visibility for drivers on rails and roads, which increase collision probability. Conversely, we may observe higher number of accidents with red deer and roe deer in open agricultural areas, which is a much used habitat for these species.

Compared to most railways roads are more often associated with human activity (more vehicles, more houses, more visible people etc.), and wild animals are therefore perceiving railways to be less dangerous than roads. This is probably the reason why we encounter disproportionately more animal-vehicle accidents on railways than roads.

The NNRA has used data from the last five years to indicate particular accident black spots. These are stretches with more than 0.5 accidents per kilometer and year of a given species. Because of large variation in the frequency of animal-train accidents, five years may sometimes be a too short period to make such a categorization. By including more years with accident data

the accuracy increases, but at the same time the underlying factors causing the elevated accident frequency may have changed. It is therefore difficult to give general recommendations about how many years of data that should be used when calculating blackspots.

An alternative is to use weighted averages for each stretch, where more weight are given to stretches where the accident frequency is above a given threshold for more years. Even better is probably to use supporting information about factors affecting the probability of animal-train accidents. This may include information about population density, vegetation cover, and snow and temperature. By so doing, we can avoid accident blackspots to be defined by a single or few years with special conditions.

Besides calculating the accident frequency per km it is important to determine for how many km the accident frequency stays high. We found a maximum spatial dependency in accident frequency between 63 and 203 kilometers on the five longest railways in Norway. This suggests that animal collisions are not typically localized to shorter stretches with special properties. This should be taken into account when the accident blackspots are defined, and before the kind of mitigating measures are decided.

In the period 1991–2013, there was a doubling of the number of animal-accidents recorded on Norwegian railways – from about 1000 to 2000 – although with large annual variation. Approximately 90 percent of animal-train accidents involved moose, reindeer, domestic sheep and roe deer. In addition, dogs and cattle were regularly involved in accidents. Increasing number of collisions with moose, red deer and roe deer corresponded well with the increasing population density of these species during the period.

The species involved in train accidents were distributed according to their population density in different parts of Norway. The proportion of moose-train accidents was high on railways passing through forested areas, except for Raumabanen on the west coast, where moose are few and the density of red deer is high. Accordingly, mainly red deer are killed on this railway. Accidents with semi-domesticated reindeer was mainly a problem on Nordlandsbanen and Ofotbanen, and to a lesser extent on Meråkerbanen and Rørosbanen. Roe deer-train accidents occurred mainly in eastern and southern Norway, and to some extent in Trøndelag, whereas accidents with domestic sheep mainly happened on Dovrebanen, Meråkerbanen and Raumabanen. Moose-train accidents were found at high frequency over relatively long distances, according to their wide distribution, while accidents with red deer, semi-domesticated reindeer and domestic sheep were more localized.

Stretches (at 10 km scale) with most accidents per kilometer and year most often involved several species. This was most pronounced for moose and semi-domesticated reindeer on Nordlandsbanen, and moose and domestic sheep on Dovrebanen and Meråkerbanen. Thus, the total number of accidents should be considered when stretches are prioritized for implementing mitigating measures.

In our case study of moose-train accidents on Nordlandsbanen, we found the probability of accidents to be associated with several factors. The number of moose-train accidents increased with increasing moose density at the municipality, but no relationship existed between population density and number of collisions between municipalities. The latter was probably because the variation in the localization of the railway relative to forests and urban areas among municipalities.

Eighty-four percent of moose-train accidents on Nordlandsbanen occurred in forest, and 94 percent took place within a distance of 100 meters from the forest. This concurs with studies showing that GPS-marked moose in the same area spend 80–90 percent of their time in forest. The probability of moose-train accidents also increased with deeper snow and colder winter temperatures.

Deeper snow make moose to move from upland to lowland areas where railways often are located. In addition, moose are suggested to increase the use of the railway line as a transport corridor on days with deep snow.

The removal of vegetation along parts of Nordlandsbanen seemed to reduce the number of moose-train accidents in the subsequent years. This is in accordance with some previous studies, while other studies have not shown any effect of vegetation clearing. In our analyses, the effects of vegetation clearing was associated with high uncertainty and we therefore recommend a similar analysis when more data are available for the period after vegetation removal. We also suggest that data are collected on the feeding opportunities after vegetation removal, e.g. the presence of logging debris, and frequency of vegetation regrowth.

We also conducted a case study of the frequency of accidents with semi-domesticated reindeer on Nordlandsbanen. A high frequency was recorded on eight different stretches, and on most there were increasing accident frequency during the period 1990–2013. The increase was associated with increasing reindeer density in areas where the railway passes through reindeer winter ranges, but not where the railway passes through areas used during other times of the year.

A four-kilometer wildlife fence established to reduce the number of reindeer collisions on one of these stretches (Saltfjellet), where not found to have a convincing effect. Prior to fencing, 14 percent of reindeer accidents on Saltfjellet took place on the fenced stretch while no accidents were recorded inside the fence after establishment. However, 10 percent of the accidents were recorded at the one kilometer stretches on each end of the fence after fencing. When we examined the number of accidents on a stretch including the fence plus another four kilometers in both directions, we found no clear decline in the number of accidents. Although the fence can have prevented a few accidents, most accidents seems to have been displaced to areas at the ends of the fence, i.e. accident migration. This was not unexpected given the relatively short length of the fence and the large spatial variation in accident frequency in this part of Nordlandsbanen. To improve the effect of future fences we suggest that more effort is put on assessing the crossing frequencies and opportunities at the ends of the fences. If the crossing opportunities are good, fences probably need to be far longer than four kilometer to stop reindeer and other large ungulates to pass on the ends.

The NNRA requirement of increased knowledge about animal-vehicle collisions and impacts of mitigation measures is shared with the Norwegian Public Roads Administration, wildlife authorities (municipalities, counties and the Norwegian Environment Agency) and the agricultural authorities (municipalities, counties and The Norwegian Agricultural Authority). We believe that establishing a common arena with these institutions may increase the chance of being successful in reducing the problem of animal-vehicle accidents. The wildlife authorities and agricultural authorities control the population densities of the most common species, and therefore has a major impact on the number of animals that can potentially be victims of collision. Moreover, as the railway often run close to major roads, the NNRA may economically benefit by planning and implementing mitigation measures in close collaboration with the Public Roads Administration.

Christer M. Rolandsen, NINA, NO–7485 Trondheim
christer.rolandsen@nina.no

Erling J. Solberg, NINA, NO–7485 Trondheim
erling.solberg@nina.no

Bram Van Moorter, NINA, NO–7485 Trondheim
bram.van.moorter@nina.no

Olav Strand, NINA, NO–7485 Trondheim
olav.strand@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	6
Innhold	9
Forord	11
1 Innledning	12
2 Litteraturgjennomgang	14
2.1 Faktorer som påvirker antall dyrepåkjørslar	14
2.1.1 Bestandstetthet	14
2.1.2 Klima og værforhold	14
2.1.3 Tid på døgnet og året	15
2.1.4 Atferdsforskjeller	15
2.1.5 Landskapsforhold	16
2.1.6 Trafikk	17
2.2 Tiltak for å redusere antallet ulykker	17
2.2.1 Skille hjortedyr fysisk fra jernbane	17
2.2.2 Redusere lokal bestandstetthet	17
2.2.3 Skremme hjortedyr fra jernbanen	18
2.2.4 Varsling	18
2.2.5 Vegetasjonskontroll	18
2.2.6 utfordringer ved evaluering av avbøtende tiltak	19
3 Materiale og metode	21
3.1 Studiemråde	21
3.2 Dyrepåkjørslar	22
3.3 Sett elg- og fellingsdata	23
3.4 Tilrettelegging av data om jernbanen, tiltak og miljødata	23
4 Om ulykkesbelastede strekninger – blackspots og hotspots	28
5 Fordeling av dyrepåkjørslar på jernbanenettet	34
5.1 Totalt antall påkjørte dyr registrert i Jernbaneverkets database	34
5.2 Utviklingen i antall dyrepåkjørslar 1991/1992–2013/2014	36
5.3 Antall dyrepåkjørslar i løpet av året og døgnet for ulike arter	37
5.4 Dyrepåkjørslar fordelt på bane og art	40
6 Elgpåkjørslar på Nordlandsbanen	47
6.1 Antallet elgpåkjørslar i tid og rom	47
6.2 Mulige årsaker	51
6.3 Hva er årsaken til variasjonen i påkjørselsfrekvens?	53
6.3.1 Hvor godt kan vi forutsi påkjørselssannsynligheten langs Nordlandsbanen?	57
6.4 Effekten av vegetasjonsrydding på antall elgpåkjørslar	59
6.5 Tretti år etter vegetasjonsrydding	61
7 Tamreinpåkjørslar på Nordlandsbanen	64
7.1 Antallet tamreinpåkjørslar i tid og rom	64
7.1.1 Strekningen Dunderland–Rognan (Saltfjellet)	67
7.1.2 Strekningen Namsskogan–Holmvasselv tunnel	71
7.1.3 Strekningen Stod–Snåsa	73

8 Oppsummering og anbefalinger	76
8.1 Omfang og fordeling av dyrepåkjørsler	76
8.2 Hva forårsaker variasjonen i påkjørselsfrekvens	77
8.3 Bruk av påkjørselsdata for vurdering av ulykkesbelastede strekninger	78
8.4 Kan vi redusere antallet dyrepåkjørsler?	79
8.4.1 Viltgjerd	79
8.4.2 Vegetasjonsrydding	80
8.4.3 Bestandskontroll	82
8.5 Anbefalinger for videre arbeid med å redusere antall dyrepåkjørsler	83
9 Referanser	85
10 Vedlegg	89

Forord

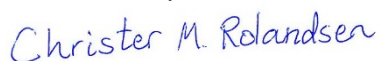
Jernbaneverket har utarbeidet en handlingsplan for å redusere antall dyr påkjørt av tog. Gjeldende plan er for perioden 2014–2017. Som en del av arbeidet ønsket Jernbaneverket mer kunnskap om hva som forårsaker konsentrasjoner av ulykker på enkelte strekninger, og hvorfor de varierer i utstrekning og styrke mellom områder og over tid. NINA fikk tildelt oppdraget med å undersøke dette nærmere etter en anbudskonkurranse.

Denne rapporten presenterer resultatet av vår litteraturgjennomgang av dyrepåkjørsler for utvalgte arter, samt våre analyser av dyrepåkjørselsdata registrert av Jernbaneverket i perioden 1. april 1991–31. mars 2014.

Vi takker Jernbaneverket for samarbeidet underveis i arbeidet med rapporten, og håper resultatene kan bidra som nyttig bakgrunnskunnskap i Jernbaneverkets arbeid for å redusere omfanget av dyrepåkjørsler på jernbanen.

Takk også til Sigbjørn Stokke som har forestått den interne kvalitetssikringen av rapporten.

Trondheim, april 2015

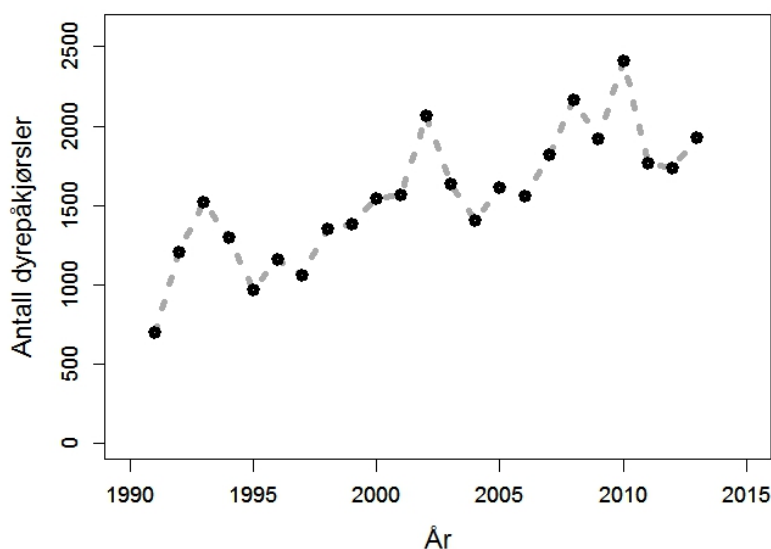


Christer Moe Rolandsen

1 Innledning

Dyrepåkjørslar på veg og jernbane som involverer større pattedyr har økt betydelig i Norge og resten av Europa i løpet av de siste 40 år (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996, Putman mfl. 2011, Solberg mfl. 2009). Slike ulykker fører ofte til store skader på kjøretøyet og at det påkjørte dyret skades eller dør. I Norge dør nå anslagsvis 6000-7500 hjortevilt i ulykker på vei og jernbane hvert år, mens færre enn 700 ble påkjørt og drept i 1970 (Solberg mfl. 2012). Den største økningen i påkjørselsfrekvens har vi hatt på vegnettet og flere hjortedyr dør i kollisjoner med bil enn med tog (Solberg mfl. 2009). Tatt i betraktning det relativt beskjedne jernbanenettet (<5 % av vegnettet) og færre tog enn bil i Norge, utgjør likevel trafikken på jernbanen en langt større risiko for hjortedyr i de områdene den krysser.

I tillegg til ville hjortedyr som elg, hjort og rådyr, påkjøres det også et stort antall individer av andre arter på jernbanen hvert år (se resultater). Mest utsatt er sau og tamrein, men også storfe, hund og ville rovdyr påkjøres relativt ofte. I løpet av den siste 5-årsperioden ble det registrert nærmere 2000 dyrepåkjørslar på jernbanen hvert år, noe som er en dobling av påkjørselsfrekvensen i løpet av 20 år (fig. 1.1). Det høye og økende antallet påkjørsler har økonomiske og økologiske konsekvenser og fører til store velferdsmessige tap for dyr og mennesker som involveres. Kunnskap som reduserer påkjørselsfrekvensen – selv med noen få prosent – kan derfor bidra til vesentlige samfunnsøkonomiske besparelser og reduserte lidelser for både mennesker og dyr.



Figur 1.1. Antall registrerte dyrepåkjørslar i Jernbaneverkets database (Banedata) i perioden 1991–2013. Rapporteringsåret tilsvarer jaktåret (1.4. – 31.3) og benevnes med første kalenderåret. Antallet dyr domineres av elg, tamrein, sau og rådyr.

Som et ledd i å redusere omfanget av viltulykker har Jernbaneverket utarbeidet en handlingsplan for perioden 2014–2017. I handlingsplanen identifiseres strekninger med mange dyrepåkjørslar av en gitt art over en femårsperiode – strekninger som ofte omtales som «blackspots» eller «hotspots». Jernbaneverket ønsker mer kunnskap om hva som forårsaker slike konsentrasjoner av ulykker og hvorfor de varierer i utstrekning og styrke mellom områder og over tid. I tillegg er det ønskelig med en oversikt over tiltak som kan redusere omfanget av dyrepåkjørslar generelt.

I denne rapporten forsøker vi å besvare de overordnede spørsmålene Jernbaneverket ønsket svar på:

1. Hvor finner vi hotspots for påkjørsler?
2. Hvorfor er enkelte områder hotspots?
3. Kan vi predikere hotspots?
4. Hva er effekten av avbøtende tiltak?

Dette gjør vi ved å først presentere resultatene av en litteraturgjennomgang der vi ser på de viktigste årsakene til at ville og tamme dyr påkjøres på veg og jernbane (kapittel 2). Hovedfokus har vært rettet mot ulykker på jernbanen, men fordi de samme årsaksfaktorene er involvert, inkluderer vi også studier som omhandler vegtrafikk. Langt de fleste studiene omhandler dyrtrafikk-ulykker på vegnettet, mens kun et fåtall studier har fokusert på dyrepåkjørsler på jernbanen (f.eks. Solberg mfl. 2009). Basert på den samme litteraturgjennomgangen presenterer vi så en oversikt over avbøtende tiltak som er forsøkt for å redusere ulykkesfrekvensen på veg og jernbane, og effekten av disse.

I kapittel 3 beskriver vi dataene som er benyttet i de statistiske analysene i kapittel 4–7. Innledningsvis gjør vi noen analyser som er relevante for vår forståelse av begrepene hotspot/blackspot (kapittel 4). Disse brukes om hverandre i litteraturen, men på norsk kan vi omtale dette som ulykkesbelastede punkt eller strekninger. Deretter gjør vi en deskriptiv analyse av dyrepåkjørsler på jernbanen der vi ser på fordelingen av påkjørsler mellom arter og over tid (Kapittel 5). Fordi varierende bestandsstørrelser er en viktig forklaringsfaktor i mange studier, undersøker vi spesifikt i hvilken grad denne kan forklare endringene i påkjørselsfrekvensen av de ulike artene over tid. I tillegg lager vi en oversikt over fordelingen av dyrepåkjørsler innen og mellom jernbanestrekninger. Denne viser hvilke baner som er mest belastet og hvilke deler av banen som opplever de høyeste konsentrasjonene av påkjørsler.

Deretter analyserer vi nærmere fordelingen og utstrekningen av dyrepåkjørsler på jernbanen i forhold til ulike forklaringsvariabler. Vi fokuserer spesifikt på elgpåkjørsler (Kapittel 6) og tamreinpåkjørsler (kapittel 7) på Nordlandsbanen ettersom elg og tamrein påkjøres oftest på jernbanen og fordi Nordlandsbanen er den mest belastede enkeltbanen i Norge (se kapittel 5). Vi anser derfor Nordlandsbanen for å være et godt utgangspunkt for å lære oss mer om hvor vi finner spesielt ulykkesutsatte strekninger (hotspots), og hva som gjør at enkelte strekninger er mer ulykkesutsatte enn andre.

Basert på resultatene fra modellene fra Nordlandsbanen vurderte vi så hvorvidt vi med særlig presisjon kan predikere hvor og når det er sannsynlig å påkjøre elg på jernbanen i Norge. Til dette formålet er det vanlig å utvikle såkalte prediksjonsmodeller basert på data fra spesifikke områder for siden å teste modellenes prediksjonsstyrke i andre områder eller for en annen tidsperiode (f. eks. andre jernbanestrekninger, eller mellom to ulike tidsperioder på samme bane). Dersom utfallet av modellkjøringene er et sett med spesifikke egenskaper som særmerker strekninger med mange påkjørsler, kan vi så i kartform presentere forventa risiko for påkjørsler på ulike delstrekninger av jernbanen. I vårt tilfelle viste resultatene at påkjørselsfrekvensen av elg i relativt liten grad var assosiert med spesifikke egenskaper langs banen, men i større grad var assosiert med tidsmessig variasjon i værforhold og bestandstetthet. Framfor å presentere et relativt homogent sett med sannsynligheter i kartform valgte vi derfor heller å diskutere betydningen av de ulike faktorene.

I hver av de foregående kapitlene diskuteres resultatene underveis, mens vi til slutt oppsummerer en del av resultatene og peker på mulige tiltak for å redusere antallet dyrepåkjørsler. Hovedfokus i oppsummeringen er rettet mot tiltak som kan implementeres av Jernbaneverket selv langs linja, eller av togoperatørene (f.eks. NSB) i form av rutineendringer i trafikken. I tillegg peker vi på bestandsmessige tiltak som med stor sannsynlighet vil ha en effekt dersom de effektueres. Både ville og tamme klauvdyrbestander er gjenstand for forvaltning og kan, om det finnes vilje, forvaltes på et vis som gjør dem mindre utsatt for trafikkulykker.

2 Litteraturgjennomgang

Litteraturen som omhandler påkjørsler av større pattedyr på jernbane er hovedsakelig studier av elg, og et fåtall som omhandler hjort og rådyr (f.eks. Kusta mfl. 2014, Solberg mfl. 2009). Det er langt flere som har studert dyrepåkjørsler på veg, og i en viss grad kan resultater fra disse ha overføringsverdi for jernbanen (Andersen mfl. 1991, Andreassen mfl. 2005, Solberg mfl. 2009). Hovedinntrykket fra tidligere studier er at de samme faktorene påvirker hvor og når elg, hjort og rådyr påkjøres (Solberg mfl. 2009). Vedrørende årsaker som kan forklare tamreinpåkjørsler har vi kun funnet to studier, fra Sverige (Åhrén & Larsson 1999) og Finland (Nieminen & Leppäluoto 1985), i tillegg til Jernbaneverkets egne undersøkelser (Busengdal mfl. 2014).

2.1 Faktorer som påvirker antall dyrepåkjørsler

Dyrepåkjørsler fordeler seg ikke tilfeldig over tid og mellom områder (i rom) og derfor er det god grunn til å tro at spesifikke årsaksfaktorer kan knyttes til sannsynligheten for å påkjøre dyr på jernbanen. Under ser vi nærmere på faktorer som i ifølge utførte studier har vist seg kan påvirke frekvensen av dyrepåkjørsler. Felles for dem alle er at de påvirker eller er assosiert med sannsynligheten for at et større antall dyr oppholder seg på eller nærme jernbanelinja i perioder med trafikk, noe som nødvendigvis er en forutsetning for at ulykker skal inntreffe.

2.1.1 Bestandstetthet

Bestandstettheten av ulike arter i et område synes å være en svært viktig forklaring på variasjonen i antall påkjørsler av dyr over tid (Mysterud 2004, Rolandsen mfl. 2011, Solberg mfl. 2009). I Norge har tettheten av elg, hjort og rådyr økt betraktelig de siste tiårene (Bjørneraas 2012) og det er derfor ikke overraskende at antallet ulykker har økt (figur 1.1). For elgpåkjørsler i norske fylker er det et tilnærmet proporsjonalt forhold mellom antall ulykker på veg og bestandsstørrelsen når man samtidig kontrollerer for endringer i trafikkmengde og værforhold (Rolandsen mfl. 2011). Derfor observerte vi en dobling av antallet elgpåkjørsler på vegnettet for hver dobling av elgbestanden i Norge. På jernbanen var det også en samvariasjon mellom antallet påkjørte elg og bestandstettheten, men forholdet var lavere enn proporsjonalt (Solberg mfl. 2009). At forholdet er lavere enn proporsjonalt betyr at en gitt prosentvis økning i bestandstettheten ikke medførte en like stor prosentvis økning i elgpåkjørsler. Dette vitner om at risikoen for at en elg skal påkjøres ikke alltid er stabil når bestandstettheten endrer seg.

Slike studier er ikke gjennomført for tamrein, men et tilsvarende positivt forhold mellom påkjørselsfrekvens og bestandsstørrelse er sannsynlig (Åhrén & Larsson 1999). Hvorvidt forholdet også er proporsjonalt er imidlertid usikkert. Til forskjell fra de skoglevende hjortedyrartene er reinen et flokkdyr, noe som kan – dersom flokkstørrelsen øker mer enn antallet flokker – påvirke risikoen for det enkelte individet for å bli påkjørt. På den annen side kan en økning i flokkstørrelsen også påvirke antallet dyr som påkjøres i hver hendelse.

Også når vi studerer variasjonen i påkjørselsfrekvens på vegnettet mellom fylker og kommuner finner vi at bestandstettheten er av betydning (Solberg mfl. 2009, Rolandsen mfl. 2011). Flere elg, hjort og rådyr blir påkjørt på veg i kommuner med høye tettheter av de aktuelle artene, men her er det mye variasjon som ikke forklares av tetthet. Dette skyldes sannsynligvis at det er tettheten i nær tilknytning til vegnettet eller jernbanen som er avgjørende og ikke nødvendigvis tetthetene innenfor en kommune eller fylke. Kunnskap om faktorer som påvirker hvor hjortedyrene befinner seg i forhold til veg og jernbane innenfor et område er derfor vel så viktig for å kunne forutsi påkjørsels sannsynligheten. Alle faktorene i de neste delkapitlene (2.1.2–2.1.6) er av en slik karakter.

2.1.2 Klima og værforhold

Variasjon i værforhold kan medføre variasjon i antall dyrepåkjørsler hvis de påvirker hvor dyrene befinner seg i forhold til veg og jernbane. Ulike studier har vist at flere elg påkjøres i år eller perioder med mye snø (Andersen mfl. 1991, Gundersen & Andreassen 1998, Rolandsen mfl. 2011), noe som også synes å være tilfelle for flere andre hjortedyrarter (Nieminen & Leppäluoto 1985, Olson mfl. 2015). Årsaken til dette er sannsynligvis at en større andel hjortedyr trekker

ned fra høyereliggende områder i spesielt snørike år, og akkumuleres rundt veg og jernbane i dalbunnene (Olson mfl. 2015, Rolandsen mfl. 2010, Storaas mfl. 2005). Dette ble også antydnet som forklaring i en finsk studie der antallet reinpåkjørsler økte med snødybden (Nieminen & Leppäluoto 1985). Når det er mye snø er det også enklere for dyrene å bevege seg på jernbanesporet hvor det er mindre snø sammenlignet med omkringliggende områder. Av samme grunn blir det vanskeligere for elgen å flytte seg ut av sporet når det kommer tog (Rea mfl. 2010). Det er først og fremst i områder som vanligvis har mye snø vinterstid at det observeres økt påkjørselsfrekvens av elg med økende snødybde (Rolandsen mfl. 2011, Solberg mfl. 2009). Dette kan forklares med at elgen er godt tilpasset vårt nordlige klima, og av den grunn ikke påvirkes av varierende snøforhold før snøen blir relativ dyp (Andersen mfl. 1991).

Antallet påkjørsler av hjortedyr har også vist seg å være høyere i år med lave vintertemperaturer, (Sivertsen mfl. 2010), og i år med høyere sommertemperaturer. Mekanismene bak dette mønsteret er ukjent, men kan være relatert til hjortedyras generelle aktivitetsnivå. Elgen er for eksempel lite tolerant for høye temperaturer, både vinter og sommer (Renecker & Hudson 1986), og av den grunn kan det være at aktivitetsnivået er høyere i kalde enn varme vintre. Det faktumet at rådyret – som er langt mer varmetolerant – følger det samme mønsteret, og at flere elg (Rolandsen mfl. 2011) og rein (Nieminen & Leppäluoto 1985) påkjøres i varme somre, tilsier dog at andre forklaringsmekanismer også bør vurderes. En alternativ forklaring er at aktiviteten innenfor de ulike årstidene fordeler seg forskjellig gjennom døgnet i varme og kalde perioder, med den følge at aktiviteten overlapper mer eller mindre med den mest trafikkintensive delen av døgnet.

2.1.3 Tid på døgnet og året

Antall dyrepåkjørsler varierer mellom årstider. Siden tettheten av hjortedyr nærme veg og jernbane er spesiell høy vinterstid, skjer de fleste elgpåkjørslene i Norge om vinteren (Gundersen & Andreassen 1998). Også studier fra andre land har rapportert at de fleste ulykkene skjer i viktige vinterområder (f.eks. Modafferi 1991). Den sesongmessige variasjonen i dyrepåkjørsler kan imidlertid være ulik mellom arter og områder. I enkelte studier har man observert påkjørselstopper på tiden av året når ungdyrene sprer seg (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996) og i forbindelse med brunsten. Det siste er registrert hos rådyr på Sørlandet (Solberg mfl. 2009). Andre har antydnet at flere hjortedyr blir påkjørt under jakta (Sudharsan mfl. 2006), når de er mer aktive, og i trekkperioden når mange veger krysses (Sullivan mfl. 2004).

Topper i antallet dyrepåkjørsler sammenfaller ikke bare med høyaktivitetsperioder i hjortedyrenes årssyklus, men er også relatert til aktivitetsnivået gjennom døgnet. Mange studier viser at antallet dyrepåkjørsler er høyere ved skumring og daggry når hjortedyrene er mest aktive (Gundersen & Andreassen 1998, Haikonen & Summala 2001, Solberg mfl. 2009). Særlig utsatt er hjortedyr for påkjørsler når skumringsperiodene overlapper med tidspunkter på dagen med høy trafikkintensitet (Huseby 2013).

2.1.4 Atferdsforskjeller

Atferdsforskjeller innen og mellom arter kan påvirke variasjonen i dyrepåkjørsler via flere mekanismer. For eksempel kan områdebruken i nærheten av veg og jernbane variere ulikt gjennom året og døgnet for de ulike artene, og det samme gjelder frykten de enkelte artene viser for menneskelige aktivitetsområder. Veger og jernbane kan for eksempel virke som effektive barrierer for villrein på Dovrebanen og Bergensbanen (Nellemann mfl. 2001, Strand mfl. 2006, Strand mfl. 2015, Vistnes mfl. 2001), samtidig som mange tamrein blir påkjørt på Nordlandsbanen (Busengdal mfl. 2014). Svakere barriereeffekter av veger er funnet for elg (Dussault mfl. 2007, Laurian mfl. 2008, Rolandsen mfl. 2010). I Finland påkjøres det et stort antall tamrein, og de bakenforliggende årsakene synes å være mye de samme som for andre hjortedyrarter (Nieminen & Leppäluoto 1985). Den variable responsen hos rein i forhold til veg og jernbane er antagelig knyttet til i hvor stor grad domestisering og jakt har påvirket deres frykt for menneskelig aktivitet.

Vi kan heller ikke utelukke at andre atferdsforskjeller mellom arter påvirker påkjørselssannsynligheten. Et påfallende trekk i Norge er at en langt lavere andel av hjortebestanden påkjøres på veg og bane sammenlignet med elgbestanden, mens det motsatte er tilfelle for rådyrbestanden (Solberg mfl. 2009, Solberg mfl. 2008). Hvorvidt dette hovedsakelig skyldes atferdsforskjeller med hensyn til hvor ofte eller hvordan artene krysser veg og jernbane er imidlertid uklart. Andre årsaker kan være forskjeller i utbredelse i forhold til veg- og jernbanenettet samt trafikkintensiteten i disse områdene.

Det kan til dels være store forskjeller i atferd og aktivitetsnivå mellom ulike kjønns- og aldersgrupper for en art, noe som kan tenkes å påvirke sannsynligheten for å bli påkjørt (Joyce & Mahoney 2001). For eksempel finner vi i Norge høyere ulykkesfrekvens i trafikken for okser enn kyr hos elg, noe som samsvarer med at hanndyrene ofte er mer aktive enn hunndyrene hos hjortedyr. I andre studier er det antydning at åringsdyr er spesielt utsatt for trafikkulykker i perioden like etter frastøting fra elgkua (Joyce & Mahoney 2001). I denne første uavhengige fasen kan det være at ungdyra blir spesielt utsatt for ulike risikofaktorer, men vi har liten grunn til å tro at dette er en viktig årsak til elgpåkjørsler i Norge.

2.1.5 Landskapsforhold

Topografi, habitattype og andre landskapsrelaterte faktorer er viktig med hensyn til hvordan dyr fordeler seg i terrenget. Dette kan gjenspeiles i hvor dyrepåkjørsler skjer. De viktigste habitat og landskapsfaktorene som har betydning for hvor dyrepåkjørsler skjer er antagelig de som påvirker mattilgang, skjul, siktforhold og kanalisering av dyr.

Gode beitebetingelser nær veg og jernbane vil tiltrekke seg flere hjortedyr, noe som igjen kan øke risikoen for dyrepåkjørsler. Generelt øker mattilgangen for skoglevende hjortedyrene med mildere klima og produktiv jord, og siden slike forhold opptrer mer hyppig desto lavere en kommer i landskapet, vil tettheten av hjortedyr gjerne være høyere i laveliggende enn i høyereliggende deler av landet (Solberg mfl. 2006). Dette gjelder også i snørike landsdeler, der det kan være fordelaktig for hjortedyrene å trekke mot laveliggende områder vinterstid (Kastdalen 1996, Lorentsen mfl. 1991, Rolandsen mfl. 2010, Storaas mfl. 2005, Sæther mfl. 1992). Økt tetthet av dyr i lokale overvintringsområder, kan gi økt antall dyrepåkjørsler der disse områdene overlapper med høy trafikkbelastning. Som en følge av dette befinner flere av de mest påkjørselsbelastede veg- og jernbanestrekningene i Norge seg i dalsystemer som mottar mange dyr fra høyereliggende naboområder. Dette er blant annet vist for Rørosbanen som har flere elgulykker der sidedaler munner ut ved jernbanen (Gundersen & Andreassen 1998).

Foryngelsesflater i skogen er et yndet beiteområde for elgen (Olsen & Vibe 1981). Dette er antagelig grunnen til at flere elgpåkjørsler skjer på veger som passerer gjennom yngre barskog enn på veger som går gjennom landbruksområder. Langs Rørosbanen er det vist en økt påkjørselsrisiko i nærheten av nylige hogde flater (Gundersen & Andreassen 1998). Tett skog kan også redusere den generelle sikten langs jernbane og veg, med mulig økt påkjørselsfrekvens som følge. På den annen siden vet vi at landbruksområder utgjør et viktig habitat for rådyret, og for hjort er det vist at påkjørsler ofte skjer i nærheten av dyrka mark (Meisingset mfl. 2014, Meisingset mfl. 2013).

Til forskjell fra de fleste landskapsformasjoner vil vegetasjonsforholdene forandre seg over tid og således påvirke fordelingen av hjortedyrene i forhold til trafikkbelastede områder. Dette er spesielt relevant for det skoglevende hjortedyrene ettersom skogbildet har endret seg betydelig i løpet av de siste 50–60 årene. Siden 1950 er beitetrykket fra husdyr mer enn halvert i skogsområdene, med påfølgende økt gjengroing av bygdenære utmarksområder og tidligere innmarksområder (Austrheim mfl. 2008). Dette har sannsynligvis økt tilbudet av mat og skjul for hjortedyrene, og fordi disse områdene i stor grad grenser opp mot veger og jernbane kan det ha medført økt påkjørselsrisiko. I så fall kan vi forvente at påkjørselsfrekvensen har økt mer enn den generelle bestandsveksten. Samtidige har det vært en relativ økning i skogavvirkningen i mer høyereliggende områder, noe som delvis kan ha motvirket dette. Dette gjelder kanskje

spesielt for elgen som i stor grad utnytter den rike fremveksten av lauv og urter på ungsjokgsflatene.

2.1.6 Trafikk

Antall tog på banen og biler på vegnettet kan påvirke antall dyrepåkjørsler. Enkelte studier har vist at flere tog gir økt antall dyrepåkjørsler (Kusta mfl. 2014), mens andre studier antyder at høyt trafikkvolum (mange tog) også kan skape en barriereeffekt slik at antallet dyrepåkjørsler synker med økende togtetthet (Seiler 2011). Ingen kjente studier har riktignok undersøkt i detalj betydningen av barriereeffekter av jernbanen, men flere studier viser at høy trafikkintensitet kan avskrekke hjortedyr fra å krysse vegen (Gagnon mfl. 2007, Seiler 2005).

I tillegg til trafikkvolumet i seg selv, er det sannsynlig at også hastigheten kan påvirke påkjørselsfrekvensen. Høy fart reduserer reaksjonstiden et dyr har tilgjengelig fra toget eller bilen oppdages, og øker nedbremsingstiden fra tidspunktet dyret oppdages av tog- eller bilføreren. Flere studier har derfor antydnet en sammenheng mellom økt fart og økt antall påkjørsler av hjortedyr (Danks & Porter 2010, Meisingset mfl. 2014, Seiler 2005).

2.2 Tiltak for å redusere antallet ulykker

Antall dyrepåkjørsler kan reduseres ved bruk av avbøtende tiltak i tilknytning til vei og jernbane. Mange tiltak er foreslått og flere av dem gjennomført, og de har alle sine fordeler og ulemper. I det følgende gjennomgår vi flere tiltak som kan bidra til reduksjon i antallet dyrepåkjørsler. Som vist ovenfor er det i litteraturen flest studier av tiltak langs veg, men mye av kunnskapen har også relevans for jernbanen.

2.2.1 Skille hjortedyr fysisk fra jernbane

En effektiv måte å forhindre påkjørsler er ved å skille hjortedyrene fra jernbanen, for eksempel gjennom oppsetting av viltgjerder (Clevenger mfl. 2001, Hedlund mfl. 2004, Leblond mfl. 2007, Olsson mfl. 2008). For at gjerdene skal fungere effektivt må de være tilstrekkelig høye og av tilstrekkelig lengde for å motvirke at hjortedyr henholdsvis hopper over eller passerer på enden. Lange strekninger med viltgjerder vil imidlertid virke som en barriere for både mennesker og dyr (Olsson mfl. 2008), og derfor fungerer viltgjerder best når de kombineres med et tilstrekkelig antall over- eller underganger (Hedlund mfl. 2004). Flere studier viser at dyrene til en viss grad tilvennes bruken av viltpassasjer over tid (Kastdalen & Gundersen 2004). Det er likevel en utfordring å finne ut hvor mange passasjer som er nødvendig for å opprettholde dyrenes naturlige områdebruk, og hvor de skal plasseres for å bli regelmessig brukt. I Norge er det stadig mer vanlig å sette opp viltgjerder langs nyetablerte riks- og europaveger i kombinasjon med under- eller overganger for viltet. Nyere undersøkelser viser at disse viltpassasjene brukes av flere hjortedyrarter, men det er uklart hvor stor andel av bestandene som benytter dem (Kristiansen 2010, Strætkvern 2010).

For å redusere antallet dyrepåkjørsler, særlig av tamrein, brukes viltgjerder også langs enkelte jernbanestrekninger (Busengdal mfl. 2014). Disse kan føre til redusert antall ulykker enten 1) ved at de forhindrer dyrene fra å krysse eller oppholde seg på jernbanen, eller 2) ved at gjerdene leder dyrene til områder der dyrene kan krysse jernbanen med lavere risiko. Effekten av viltgjerder i et større geografisk område omkring gjerdene er lite undersøkt, men det er en generell bekymring for at korte gjerdene kun forflytter problemet til endene. Dersom dette er tilfelle kan det totale antallet ulykker i et større område forbli uforandret etter at tiltaket er satt i verk (Clevenger mfl. 2001).

2.2.2 Redusere lokal bestandstetthet

Fordi bestandstettheten påvirker antallet hjortedyrpåkjørsler, kan bestandsreduksjon være et effektivt avbøtende tiltak. Det som avgjør antallet dyrepåkjørsler er imidlertid ikke endring i tettheten av hjortedyr på en stor skala (eks. kommune eller fylke), men tettheten av hjortedyr som befinner seg i områder nærmere jernbanen. Økt jakttrykk langs jernbanen kan derfor være tilstrekkelig forutsatt at det ikke er en jevn tilstrømming av individer fra andre områder. Det siste

kan være tilfelle dersom områdene langs jernbanen er spesielt attraktive. I slike tilfeller kan det være nødvendig å redusere bestanden i et stort omkringliggende område (Rolandsen mfl. 2011, Solberg mfl. 2009).

Et alternativ til bestandsreduksjon er å forhindre at hjortedyr konsentreres nærme veg og jernbane med påfølgende høy kryssingsfrekvens. En metode som har oppnådd en viss popularitet i Norge, er føring av elg i utvalgte områder. Hensikten er å redusere sannsynligheten for at elgen bruker områder med høy risiko for påkjørsel. Metoden er så langt mest utprøvd i Hedmark, der føringen med rundballer skjer i en viss avstand til jernbanen og riksvegnettet i hoveddalførene (Andreassen mfl. 2005, Storaas mfl. 2005). I tidligere studier ble det antydnet at metoden kan begrense påkjørselsfrekvensen lokalt (Andreassen mfl. 2005, Storaas mfl. 2005), men det er uklart om dette også er tilfelle på regional skala og over tid (Hedlund mfl. 2004). På fylkesnivå er det lite som tyder på at føringstiltakene har hatt noen stor effekt på antallet elg som påkjøres (Solberg mfl. 2012).

2.2.3 Skremme hjortedyr fra jernbanen

Skremsler av forskjellig slag har så langt vist seg å ha begrenset effekt på antallet hjortedyrpåkjørsler. En rekke avskrekkingsmiddel, basert på lys (viltspeil), lyd eller lukt, er forsøkt, men så langt er det vanskelig å finne dokumenterte effekter over tid (Hedlund mfl. 2004). Problemet med hjortedyr, som med mange andre arter, er at de raskt tilvennes slike skremsler. Nyere produkter som varierer mellom lys og lyd av forskjellig type, og skremsler som utløses av biler eller tog er under utprøving og vil kanskje redusere graden av tilvenning. Tatt i betraktning hjortedyrenes manglende respekt for det spekteret av lyd og lys som allerede eksisterer i nærheten av mange trafikkerte veger, er det dog mye som tilsier at effektene neppe blir store og vedvarende.

For tamrein benyttes det i enkelte tilfeller helikopter for å drive dyrene bort fra jernbanen (Busengdal mfl. 2014). Dette er først og fremst i tilknytning til flytting av tamrein mellom sommer- og vinterbeiter, og er neppe gjennomførbart på en større skala. Flygende eller skinnegående droner kan kanskje utvikles for 'rydding' av banen, men studier hvor slike tiltak er utprøvd er vi ikke kjent med. I enkelte land (f.eks. Polen) er det imidlertid tatt i bruk et system som varsler med lydsignaler i forkant av at toget kommer. Hensikten er å skremme dyrene bort fra jernbanesporet. En utfordring med å benytte slike system i Norge, er snøforholdene vinterstid. For eksempel kan det tenkes at dyrenes respons vil være å flykte på jernbanesporet – hvor bevegeligheten er bedre – framfor å forflytte seg bort fra sporet.

2.2.4 Varsling

Skilting for å varsle økt fare for at dyr kan krysse kjøreretningen er vanlig praksis på veg, men er lite brukt på jernbanen. Enkel fareskilting har vist seg å ha liten effekt da trafikantene tilvennes skiltene (Putman mfl. 2011). Det er derfor tatt i bruk fleksible skilt flere steder for å varsle førere kun i perioder med økt risiko. Selv om det reduserer antallet ulykker på kort sikt, mangler det dokumentasjon på at dette medfører vesentlig reduksjon i antall påkjørsler over tid (Putman mfl. 2011).

I Norge er det en viss praksis for at reieiere varsler om dyr som oppholder seg i nærheten av jernbanen. Basert på slike varsel kan lokførere redusere farten på toget, med den hensikt å minke sannsynligheten for påkjørsler (Busengdal mfl. 2014). Mer generelle varsler, i form av prediksjonsmodeller, er også utviklet for å forutsi hvor og når elgpåkjørsler er mest sannsynlig på enkelte jernbanestrekninger (Gundersen & Andreassen 1998). Basert på vår økende kunnskap om hvor hjortedyr oppholder seg til forskjellige tider av året, og hvilke faktorer som fører til at dyrene beveger seg inn i risikoområder, bør det være mulig å utvikle langt mer spesifikke varslingsrutiner for når påkjørselsrisikoen er høy.

2.2.5 Vegetasjonskontroll

Vegetasjonskontroll langs jernbanen har mange formål. Modifisering av vegetasjonen kan skje inntil 30 meter fra jernbanesporet og skal blant annet ivareta togframføring og sikkerhet

(Jernbaneverket 2015, Jernbaneverket 2015). For eksempel kan trær felles for å hindre trebrekk eller vindfall over jernbanesporet. Rydding av vegetasjon er også relevant som avbøtende tiltak for å redusere antallet dyrepåkjørslar. Fjerning av større trær og annen vegetasjon gir bedre siktforhold, noe som kan gjøre det lettere for lokfører å registrere og respondere på kryssende dyr. Vegetasjonsrydding langs sporet vil også fjerne mat for plantespisere, noe som kan redusere sannsynligheten for at hjortedyr oppholder seg ved jernbanen. I følge Jernbaneverkets tekniske regelverk skal vegetasjonskontroll gjennomføres som tiltak mot dyrepåkjørslar der disse er til ulempe for togframføringen (Jernbaneverket 2015). Hensikten med ryddingen er da å fjerne både føde og skjul for dyrene.

Rydding av vegetasjon er et relativt vanlig tiltak både langs veg og bane, og vil bedre sikten for trafikantene. Erfaringene med effekten av siktrydding på antall dyrepåkjørslar er likevel blandede. I flere områder er det registrert reduksjon i antall påkjørslar langs både jernbane (Andersen mfl. 1991, Andreassen mfl. 2005) og veg (Meisingset mfl. 2014, Sivertsen mfl. 2010) etter siktrydding, mens effekten har uteblitt i andre områder, til tross for omfattende rydding (Eriksson 2014, Sivertsen mfl. 2010). Måten vegetasjonsryddingen blir gjennomført på, og eventuelt reduksjon av gjenveksten, kan ha betydning for om tiltaket får den ønskede effekten (Rea mfl. 2010).



Foto: Anders Wåla, Jernbaneverket.

2.2.6 Utfordringer ved evaluering av avbøtende tiltak

Et problem med mange av disse studiene, er at de er gjennomført ved å sammenligne antallet dyrepåkjørslar før og etter tiltak uten å kontrollere tilstrekkelig for endringer i bestandstetthet, snøforhold eller andre faktorer som har variert i løpet av studieperioden. Dette gjør det vanskelig å avklare om tiltaket har hatt en effekt eller ei. I tillegg er det få studier som pågår over tilstrekkelig tidsrom til å avklare om effektene er permanente, eller om problemet gjenoppstår etter en viss tilvenning. I det siste ligger også muligheten for at lokale tiltak kun forflytter problemet til andre

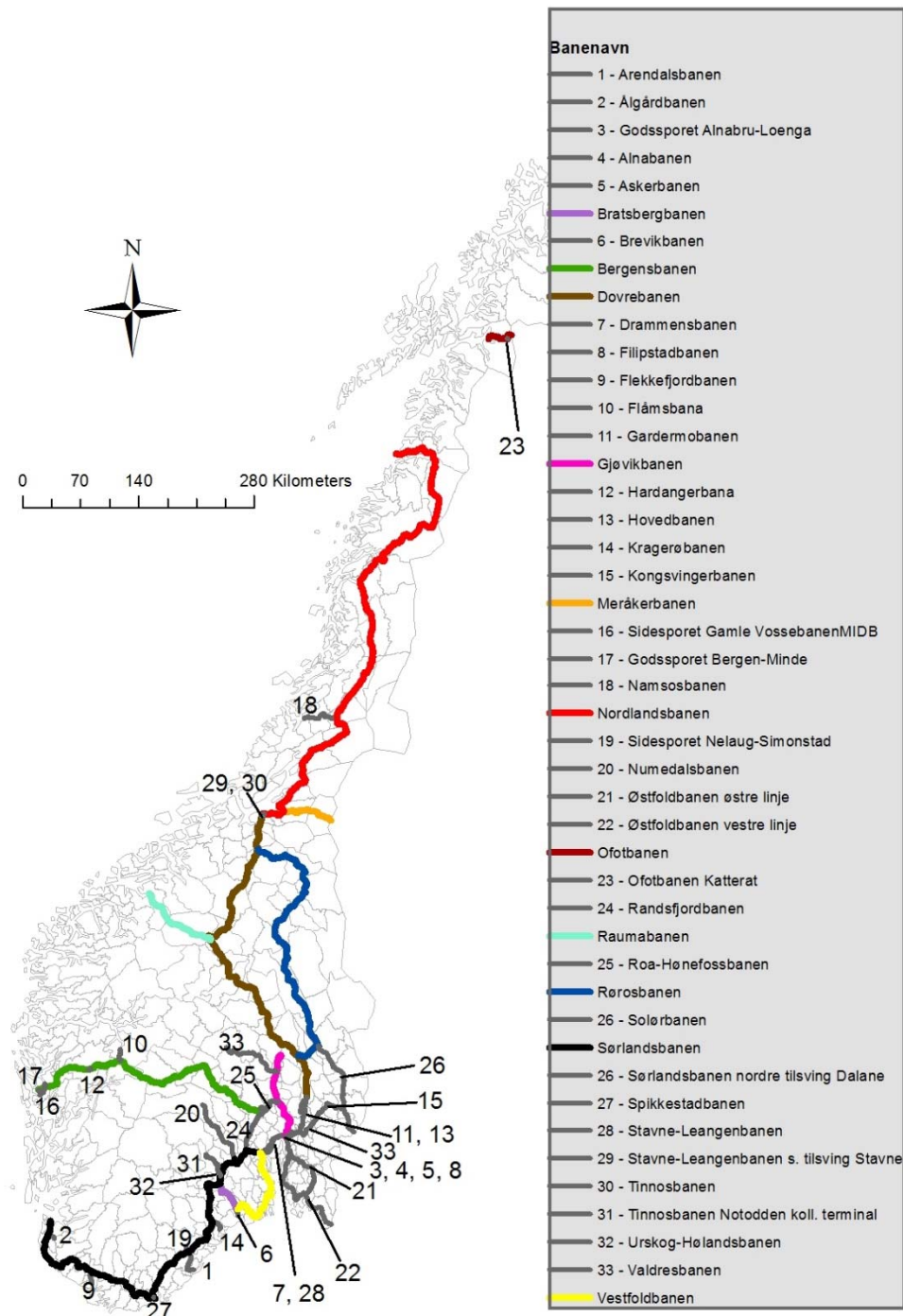
områder. Hjortedyr kan bevege seg over store områder, og muligens også endre geografisk fordeling som respons på lokale tiltak (Clevenger mfl. 2001). Det er derfor viktig at tiltakene gjennomføres på en tilstrekkelig stor geografisk skala, og at responsen av tiltaket evalueres i forhold til tilstanden i områder uten tiltak, i tillegg til tilstanden før tiltaket ble iverksatt (Solberg mfl. 2012).

Et annet problem som i liten grad tas hensyn til i de ulike studiene er utvelgelsen av tiltak som evalueres. Tiltak mot trafikkulykker iverksettes ofte etter at uvanlig mange ulykker har inntruffet på en gitt strekning. Dette medfører at effekten av tiltaket ofte overestimeres fordi utgangspunktet var ekstraordinært høyt (Hauer 1997). En viss nedgang i påkjørselsfrekvens kan i slike tilfeller forventes selv i fravær av tiltak. For å få best mulig kunnskap om de ulike tiltakenes effekt bør de derfor etableres på et tilfeldig utvalg av ulykkesbelastede strekninger, uavhengig av antallet påkjørsler på forhånd.

3 Materiale og metode

3.1 Studieområde

Studieområdet omfatter hele jernbanenettet i Norge. Dette består av omtrent 4087 banekilometer (fig. 3.1). Se også tabell 5.2 for mer informasjon om lengden på hver bane.



Figur 3.1. Jernbanen i Norge. Baner med færrest dyrepåkørsler er vist med samme grå farge, men er i tillegg angitt med nummer for å kunne identifisere dem geografisk. De ti banene med flest dyrepåkørsler pr. kilometer og år i perioden 1991–2013 er vist med tykkere fargekodede linjer uten nummer. I tillegg til disse 10 banene er Sørlandsbanen vist som en tykkere svart linje selv om den er nummer tretten på listen når det justeres for banens lengde. Dette fordi den er lang og dermed er blant de med flest ulykker samlet sett.

Jernbanen kan inndeles i 44 forskjellige banestrekninger. Flere av disse er korte og enkelte benyttes kun unntaksvis og da til godstrafikk. I databasen med dyrepåkjørslar fra Jernbaneverket var det registrert dyrepåkjørslar av elg, hjort, rådyr, sau eller tamrein på 29 baner (se tabell 5.2).

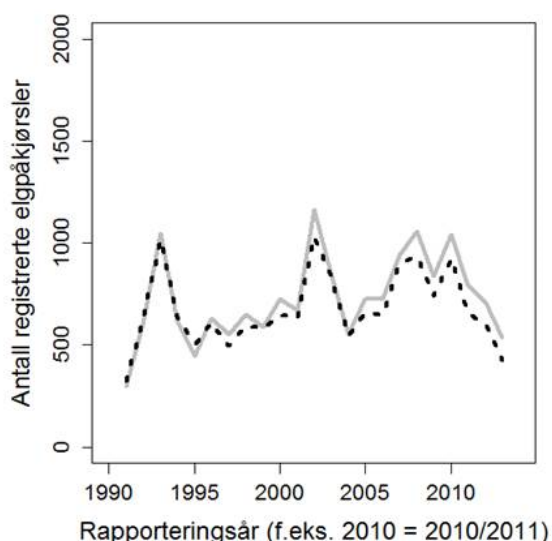
3.2 Dyrepåkjørslar

Analysene er basert på dyrepåkjørslar på jernbanen i 23-årsperioden fra 1. april 1991 til 31. mars 2014. I basen (banedata) har Jernbaneverket registrert 35 757 påkjørslar av 33 ulike arter eller artsgrupper. I rapporten er årlige verdier oppgitt for rapporteringsåret (tilsvarer jaktåret) som går fra 1. april til 31. mars påfølgende år. Rapporteringsårene er i rapporten angitt med det første kalenderåret, f.eks. 2013 for rapporteringsåret 1.april 2013–31.mars 2014. Hensikten med å benytte rapporteringsåret er å få hele vintersesongen innenfor samme år.

I tillegg til de 35 757 dyrepåkjørslene som inngikk i analysene, ble ca. 40 dyrepåkjørslar utelatt da de enten manglet kilometerangivelse eller opplysninger om banestrekning. Disse utgjør omkring 1 promille av registreringene og har ingen betydning for konklusjonene.

Som en del av kvalitetssikringen sammenlignet vi antallet elgpåkjørslar registrert av jernbaneverket med antallet elgpåkjørslar rapportert fra kommunene (www.hjorteviltregisteret.no) til Statistisk sentralbyrå (SSB: www.ssb.no). Dataene omhandler de samme ulykkene, men rapporteringen foregår uavhengig av hverandre.

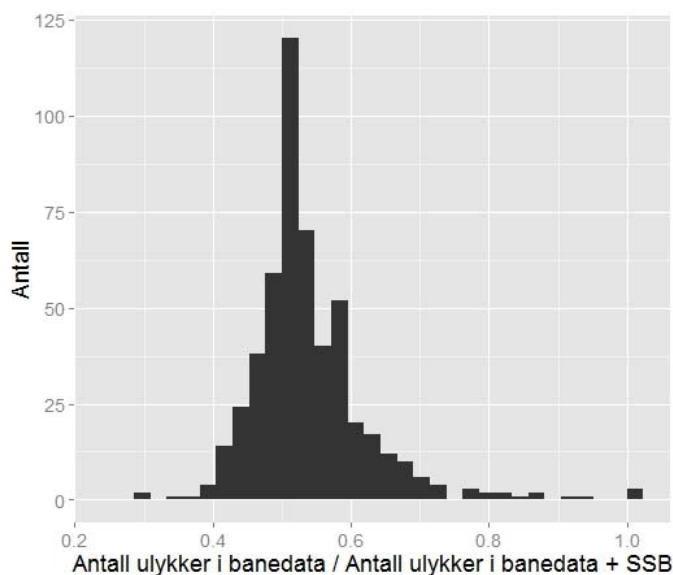
Det var en nær samvariasjon mellom antallet påkjørte elg rapportert av Jernbaneverket (Banedata) og SSB mellom år. Det ble imidlertid rapportert flere elgpåkjørslar av Jernbaneverket enn hva kommunene rapporterte til SSB, med unntak for 4 år midt på 1990-tallet (Fig. 3.2). I gjennomsnitt rapporterte kommunene inn 93 % ulykkene registrert i banedata. Vi antar at dette avviket hovedsakelig skyldes at kommunene rapporterer kun døde dyr til SSB, mens Jernbaneverket også registrerer elgpåkjørslar hvor dyret ikke nødvendigvis ble drept. Siden 2007 har kommunene hatt mulighet til å skille mellom dyr som blir drept eller avlivet, og dyr som overlever eller ikke funnet etter påkjørslar med bil og tog. Antallet elgpåkjørslar rapportert av kommunene etter dette (1. april 2007–15. april 2015) viser at den samme andelen (93 %) ble registrert døde eller avlivet etter togpåkjørslar.



Figur 3.2. Årlig antall elgpåkjørslar registrert i Banedata (grå linje) og SSB (svart stiptet linje).

Selv om det totale antallet årlige påkjørslar i Banedata og SSB stemmer godt overens, finner vi likevel en del avvik mellom årlig antall registrerte elgpåkjørslar på kommunenivå (fig. 3.3). En del av avvikene skyldes at kommunesammenslåinger er tatt hensyn til i SSB-tallene men ikke Banedata, og likeledes må vi anta at en varierende andel av de påkjørte elgene blir registrert døde i ulike kommuner. I tillegg kan det være avvik som skyldes manglende samsvar mellom

kartkoordinaten for dyrepåkjørslene og kommunen oppgitt i Banedata. Når vi sammenlignet kartkoordinaten med den registrerte kommunen i Banedata fant vi imidlertid stor grad av samsvar (98 %). En ukjent andel av avvikene kan også skyldes feilregistreringer i en av databasene. Vi har ikke hatt tid til å gjøre ytterligere analyser av dette i denne rapporten.



Figur 3.3. Fordelingen av kommuner (vertikal akse) i forhold til avviket mellom antallet elgpåkjørsler rapportert til Banedata og til SSB horisontal akse). Et forholdstall på 0,5 angir at samme antall elgpåkjørsler er rapportert til Banedata og SSB pr. år. En verdi på 1 tilsier at det kun er registrert påkjørsler i Banedata, men ikke i SSB. Figuren er basert på kommuner med mer enn ti påkjørsler.

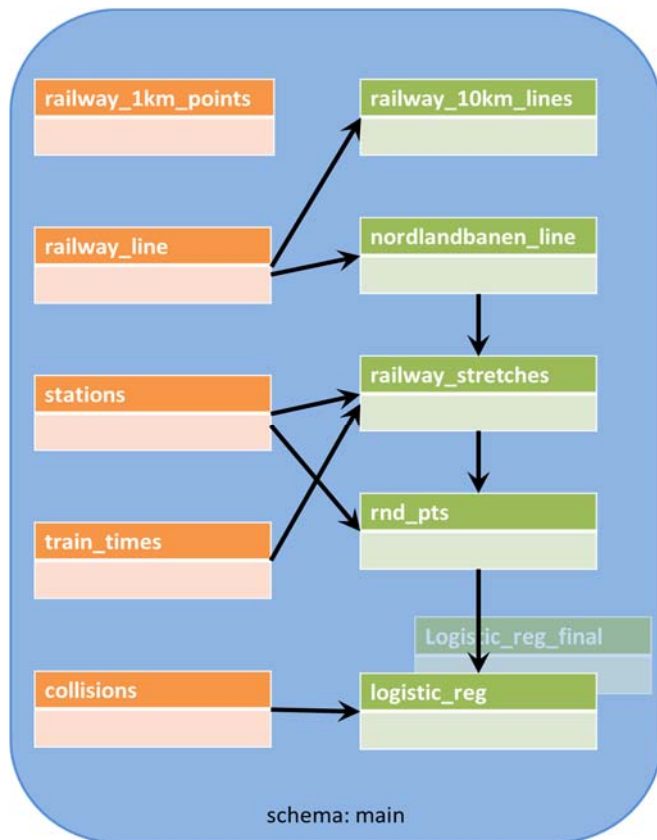
3.3 Sett elg- og fellingsdata

For å få informasjon om utviklingen i elgens bestandstetthet har vi benyttet antall felte elg og antall elg sett pr. jegerdag. Dette er to indekser på bestandstetthet som har vist seg å reflektere endringer i bestandsstørrelse rimelig godt (Rolandsen mfl. 2011, Solberg mfl. 2012, Solberg mfl. 2014, Ueno mfl. 2014). Data om felte elg er hentet fra SSB (www.ssb.no). Data om sett elg er hentet fra Hjorteviltregisteret (www.hjorteviltregisteret.no) for perioden 1987–2014, mens data fra årene 1980–1986 er digitalisert fra originale sett elg-skjema innhentet fra Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen. Sette elg og jaktinnsatsen (jegerdager) samles inn av elgjegerne under jakta og rapporteres siden til kommunen. I likhet med sett elg-data rapporterer jegerne antallet elg skutt, fordelt på kjønn og aldersgruppe (kalv, åring, voksen), til kommunen og videre til SSB hvert år. I analysene benyttet vi antallet elg felt pr. km² jaktareal og år når vi sammenligner elgtetthet mellom kommuner.

3.4 Tilrettelegging av data om jernbanen, tiltak og miljødata

Tilrettelegging av data for videre analyser var definert som en egen arbeidspakke i avtalen med Jernbaneverket. Til dette formålet etablerte vi en PostgreSQL/PostGIS database som håndterer romlige objekter. På det viset kunne vi lettere utnytte andre miljødata som vi lagrer på samme databaseplattform, og dessuten er basen et godt verktøy for å gjennomføre avanserte analyser i tid og rom. Full dokumentasjon av databasen er lagret på NINAs intranett, samt gjengitt i vedlegg 10.1. Dette gjør det enklere å reproducere analysene på et senere tidspunkt dersom dette er ønskelig. Dessuten kan deler av databasen eller scriptene gjenbrukes og modifiseres for andre formål. Vi har derfor referert til de relevante tabellenes navn i teksten under for å gjøre det enklere å forstå koblingen med informasjonen i vedlegg 10.1.

Data om Jernbanenettet ble oversendt fra Jernbaneverket i et geodatabaseformat. Dette inkluderte data om jernbanen, og i tillegg informasjon om hvor det er stasjoner, tunneler og broer. Vi fikk også et punktdatasett som inneholdt et punkt for hver kilometer. For Nordlandsbanen fikk vi oversendt informasjon (Excel-fil) om beregnede passeringstider på hver stasjon for alle nord- og sørgående tog i perioden 1. januar 2014–31. august 2014.



Figur 3.4. Oversikt over de elleve tabellene i databaseskjemaet «main» i PostgreSQL/PostGIS databasen. De oransje tabellene ble importert til databasen enten som tabeller (MS Excel) eller fra geografiske data (ESRI shapefiler). De grønne tabellene er basert på de oransje tabellene, og de svarte pilene angir hvilke de er basert på. Den delvis gjennomslåtte tabellen «Logistic_reg_final» er forklart i figur 3.5). Se også vedlegg 10.1.

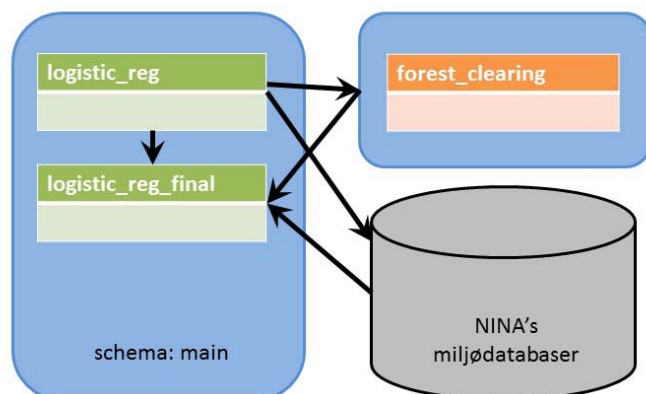
Dataene ble importert til PostgreSQL/PostGIS databasen (fig. 3.4). Jernbanen (*railway_line*) ble brukt til å lage en ny tabell hvor hvert linjesegment var av maksimum 10 kilometers lengde (*railway_10km_lines*), og dette ble brukt for å visualisere frekvensen av ulykker på alle jernbaner i Norge. Vi tok ut Nordlandsbanen til en egen tabell (*nordlandbanen_line*) for vår case-studie av elgpåkjørsler på Nordlandsbanen (kap. 6).

Til denne analysen valgte vi en tilnærming hvor vi sammenligner egenskaper på eller omkring påkjørselspunkter med forhold på eller omkring tilfeldige valgte punkter på jernbanen. Dette gjør oss i stand til å identifisere de bakenforliggende årsakene til at ulike strekninger er mer eller mindre ulykkesbelastet. Vi brukte deretter samme modell for å undersøke effekten av vegetasjonsrydding på sannsynligheten for elgpåkjørsler på Nordlandsbanen.

Vi kontrollerte for at det er stor forskjell i hvor mange tog som passerer ulike deler av jernbanen gjennom året og mellom år. Dette ble gjort ved å velge tilfeldige punkter langs jernbanen som korresponderte med tid og sted hvor det ifølge tidtabellen (*train_times*) passerte et tog. Dette ble gjort ved å koble stasjoner i tidtabellen (*train_times*) med den geografiske posisjonen til de samme stasjonene i stasjonstabellen (*stations*). Dette gjorde oss i stand til å plukke ut delstrekningen som toget skulle kjørt på (*railway_stretches*).

Ved deretter å benytte lineær ekstrapolering mellom avgang og ankomsttid kunne vi estimere passeringstiden for et tog på et gitt punkt på jernbanen. Dette ble brukt for å generere tabellen med tilfeldige punkter (med tidsangivelse) langs Nordlandsbanen gitt at et tog skulle passert området (*rnd_pts*). Denne tabellen ble så kombinert med registrerte elgpåkjørsler (*collisions*) for å generere tabellen som var utgangspunktet for å undersøke faktorer som påvirker sannsynligheten for elgpåkjørsler (*logistic_reg*).

For å gjennomføre analysen måtte vi først koble både ulykkespunkter og tilfeldige valgte punkter (*logistic_reg*) med andre data om jernbanen og miljødata. Dette ble gjort ved å opprette en ny tabell (*logistic_reg_final*) hvor vi for alle punkter hentet informasjon om faktorer som vi ønsket å inkludere som forklaringsvariabler i analysen (fig. 3.5). Under forklarer vi litt nærmere hvilken informasjon som ble hentet fra de ulike datakildene som vi har lagret i NINAs miljødatabaser (fig. 3.5). Disse geografiske datasettene er hentet fra Statens kartverk (N50, digital terrengmodell), Skog og Landskap (AR5), Meteorologisk institutt (temperaturdata) og NVE i samarbeid med Meteorologisk institutt og Statens kartverk (snødata).



Figur 3.5. Oversikt over hvordan tabellen som ble benyttet til regresjonsanalysen i kapittel 6 ble knyttet til ulike miljødata og data om jernbanen i PostgreSQL/PostGIS databasen. Se også fig. 3.4 og vedlegg 10.1.

Fra N50-kartet hentet vi informasjon om kommunenavn og kommunenummer (*n50_kommune*, *n50_kommune_nr*), avstand til nærmeste hus eller næringsbygg (*dist_building*), avstand til nærmeste skog (*dist_forest*) og andel skog i 1 kilometers radius (*prop_forest_1km*).

Fra AR5 kartet hentet vi informasjon om arealtype (*ar5_artype*, *ar5_category*). Etter innledende diskusjoner og analyser besluttet vi å kun inkludere om punktene var i skog eller ikke når de endelige analysene ble kjørt.

Fra en digital terrengmodell med romlig oppløsning på 25 meter hentet vi høyden over havet (*dem*). Fra en tabell med informasjon om den klimatiske tregrensa hentet vi informasjon om punktet var over eller under den klimatiske tregrensa. For hvert punkt beregnet vi også gjennomsnittlig (*mean_dem*) og median høyde (*median_dem*) over havet i det omkringliggende landskapet (en buffer tilsvarende en sirkel med 10 kilometer radius).

Vi inkluderte også informasjon om avstanden til nærmeste jernbanebro og jernbanetunnel (*dist_bridge*, *dist_tunnel*), og dersom tilfeldige punkter havnet inne i en tunnel eller nærmere enn 10 meter fra åpningen ble de ikke tatt med i analysene. Dette ut fra antagelsen om at elgen ikke går inn i tunneler og blir påkjørt der.

Til nå har vi kun beskrevet faktorer som vi har statistisk informasjon om. Bygging av nye hus, og omdisponering av arealer kan også ha inntruffet i løpet av ti-årsperioden som vi har sett på i denne analysen. Vi tror imidlertid ikke slike endringer har hatt stor innvirkning på våre analyser. Dersom analysene gjennomføres for lengre tidsperioder er det viktig å få tilgang på arealressurskart som er mest mulig oppdatert for de årene som inngår i analysene.

I tillegg til de statiske datakildene har vi inkludert informasjon om faktorer som endres over tid. Dette inkluderer daglig snødybde (*snow_depth*), daglig temperatur (*temperature_daily*) og daglig nedbør (*precipitation_daily*).

For å undersøke effekten av bestandstetthet inkluderte vi informasjon om antall felte elg pr. km². Dette er kun tilgjengelig på kommunenivå. Fordi viltforvaltningen og jegerne ofte responderer litt

forsinket på endringer i elgtetthet (Fryxell mfl. 2010, Rolandsen mfl. 2011, Ueno mfl. 2014) undersøkte vi effekten av antall felte elg med enten ingen, eller 1–3 års forsinkelse (shot_moose, shot_moose_I1, shot_moose_I2, shot_moose_I3).

Basert på rutetabellen (train_times) beregnet vi antall tog som passerte samme punkt i løpet av de 24 foregående timene, og dette benyttet vi som estimat på togfrekvensen. Vi beregnet også antallet minutter siden forrige tog (time_previous_train), men innså at denne ikke kunne benyttes på grunn av vansker med å skille forrige tog fra toget som kjørte på elgen. De ulike variablene benyttet i elgpåkjørselsmodellen er nærmere beskrevet i Tabell 3.1

Tabell 3.1. Faktorer benyttet i analysene av elgpåkjørsler på Nordlandsbanen.

Faktorer	
Antall tog siste 24 timer	Beregnet fra tabell med planlagte passeringstider for hvert enkelt tog på 42 stasjoner på Nordlandsbanen i perioden 1. april 2004–31. mars 2014. Kilde: Jernbaneverket.
Avstand til nærmeste jernbanebro (meter)	Beregnet fra kart med informasjon om plassering av jernbanebroer. Kilde: Jernbaneverket.
Avstand til nærmeste jernbanetunnel (meter)	Beregnet fra kart med informasjon om plassering av jernbanetunneler. Kilde: Jernbaneverket.
Avstand til nærmeste bygning (meter)	Beregnet som avstand fra bolig eller næringsbygg. Kilde: N50 vektor, Statens kartverk.
Høyde over havet (meter)	Beregnet fra digital terrengmodell for Norge fra et raster med romlig oppløsning på 50*50 meter. Kilde: Statens kartverk.
Andel skog i 1 km radius	Beregnet som andelen skog i kartet innenfor en buffer på 1 km. Kilde: N50 vektor, Statens kartverk.
Avstand til skog	Beregnet som avstanden til nærmeste skog i meter. Kilde: N50 vektor, Statens kartverk.
Punkt i skog	Angir om punktet er i skog eller i annen landskapstype. Kilde: AR 5, Skog og Landskap.
Daglig snødybde	Gjennomsnittlig snødybde for alle tilfeldige punkter på Nordlandsbanen den aktuelle datoen. Kilde: NVE i samarbeid med Meteorologisk institutt (met.no) og Statens kartverk. Kart med beregnet daglig snødybde på et raster med romlig oppløsning på 1*1 kilometer.
Relativ snødybde	Snødybde i punktet den aktuelle dagen minus gjennomsnittlig daglig snødybde den samme dagen (se over). Kilde: NVE i samarbeid med Meteorologisk institutt (met.no) og Statens kartverk. Kart med beregnet daglig snødybde på et raster med romlig oppløsning på 1*1 kilometer.
Daglig temperatur	Gjennomsnittlig temperatur for alle tilfeldige punkter på Nordlandsbanen den aktuelle datoen. Kilde: Meteorologisk institutt (met.no). Kart med beregnet daglig temperatur på et raster med romlig oppløsning på 1*1 kilometer.
Relativ temperatur	Temperaturen i et punktet den aktuelle dagen minus gjennomsnittlig daglig temperatur den samme dagen (se over). Kilde: Meteorologisk institutt (met.no). Kart med beregnet daglig temperatur på et raster med romlig oppløsning på 1*1 kilometer.
Romlig elgtetthet	Gjennomsnittlig elgtetthet i studieperioden på kommunenivå.
Relativ elgtetthet	Elgtetthet i kommunen det aktuelle året minus gjennomsnittlig elgtetthet i kommunen i studieperioden.

Vi fikk også data om hvor på Nordlandsbanen det har blitt gjennomført vegetasjonsrydding for å redusere antall dyrepåkjørsler (siden 2009). Fra dette inkluderte vi data om hvor, og i hvilke år (clearing_year), det har vært gjennomført vegetasjonsrydding. Filene inneholdt ikke dato for når strekningene var ferdig ryddet det angitte året. Vi besluttet derfor, basert på informasjon fra Jernbaneverket, og sette denne datoen til 1. oktober. Deretter beregnet vi tiden siden siste rydding (latest_forest_clearing_days), type rydding (clearing_type), lengden på ryddingen (clearing_length) og bredden (clearing_width). For framtidige analyser anbefaler vi at jernbaneverket benytter et geografisk datalagringsalternativ med oversikt over ryddetiltak, i stedet for MS Excel. Dette vil gjøre det enklere å gjennomføre analyser og lage illustrasjoner.

I forbindelse med analysene av tamreinpåkjørsler på Nordlandsbanen har vi benyttet Informasjon om plassering av gjerde for å redusere antall tamreinpåkjørsler på Saltfjellet (Busengdal mfl. 2014). Fra Jernbaneverket har vi også fått informasjon om tidspunkt der det er gitt Helikopterstøtte i forbindelse med flytting av tamrein langs Nordlandsbanen.

4 Om ulykkesbelastede strekninger – blackspots og hotspots

I faglitteraturen benyttes begrepet blackspots eller hotspots om det vi på norsk omtaler som ulykkesbelastede strekninger (av en gitt lengde) eller ulykkesbelastede punkt (f. eks. en rundkjøring på veg eller planovergang på jernbanen). Det kan imidlertid være en utfordring å definere nøyaktig hvilke kriterier som skal ligge til grunn for at et punkt eller en strekning skal betegnes som ulykkesbelastet. Ofte tar slike definisjoner utgangspunkt i antall ulykker pr. kilometer veg eller jernbane, eller antall ulykker pr. kjørte kilometer på veg eller jernbane. I tillegg kan skadegraden på involverte mennesker og dyr, økonomiske kostnader eller andre samfunnsøkonomiske kostnader (f. eks. forsinkelser i togtrafikken) være utgangspunkt for en videre klassifisering av alvorlighetsgraden.

Vurderinger av hvilke terskler som skal benyttes for å omtale en strekning eller et punkt som ulykkesbelastet kan gjøres ved hjelp av statistiske beregninger (Bil mfl. 2013, Elvik 2008, Elvik 2012, Hauer 1997), eller ut fra mer subjektive kriterier. På norske veger er for eksempel definisjonen av ulykkespunkter og strekninger subjektivt definert basert på erfaringer fra tidligere ulykkestall. Her er et ulykkespunkt definert som minimum fire politirapporterte personskadeulykker på fem år, over en strekning på maksimalt 100 meter (Statens vegvesen 2014). En ulykkesstrekning på veg er definert som minimum ti politirapporterte personskadeulykker på fem år, over en strekning på maksimalt 1000 meter (Statens vegvesen 2014).

På samme måte som Statens vegvesen har Jernbaneverket brukt erfaringstall som grunnlag for å sette en subjektiv definisjon på det som omtales som prioriterte strekninger i Jernbaneverkets handlingsplan mot dyrepåkjørslar 2014–2017 (Busengdal mfl. 2014). De prioriterte strekningene er valgt ut fordi det er påkjørt mer enn 0,5 dyr pr. kilometer pr. år i den siste femårsperioden for den aktuelle arten. Tilleggs-kriterier for om strekninger prioriteres kan være at det foregår samarbeidsprosjekter med lokale myndigheter og/eller grunneiere, eller at konsekvensene av dyrepåkjørslene har stor innvirkning på togframføring eller Jernbaneverkets ressurser. I det følgende omtaler vi prioriterte strekninger som ulykkesbelastede strekninger.

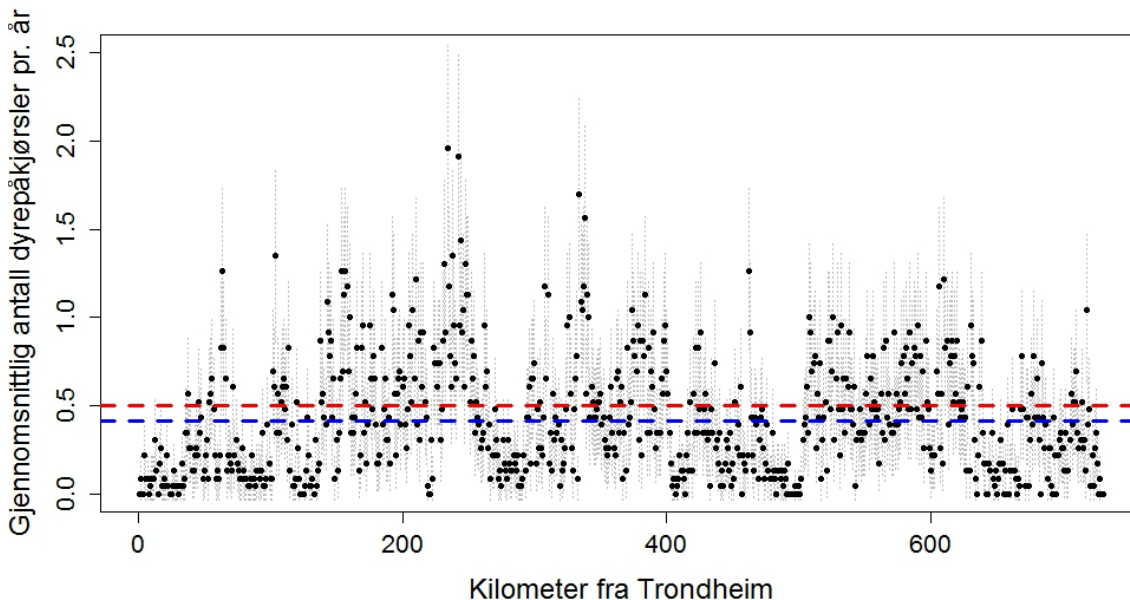
Selv om det årlige antallet dyrepåkjørslar totalt sett er høyt (fig.1.1), er disse fordelt på mange kilometer med jernbane. For på se nærmere på hvordan ulykker fordeler seg på strekninger mellom år har vi benyttet dyrepåkjørslar på Nordlandsbanen som eksempel. I figur 4.1 vises årlig antall dyrepåkjørslar på Nordlandsbanen for hver hele kilometer fra Trondheim (km 0) til Bodø (km 726) samt det totale antallet for hele 23-årsperioden (fig. 4.1a og b). Dette viser at antallet dyrepåkjørslar pr. kilometer og år varierer mellom 0 og 64. Variasjonen er stor både mellom år på samme strekning og mellom strekninger innen samme år.

For hele 23-årsperioden er det høyeste antallet påkjørslar i ett enkelt år på en kilometerstrekning 64 dyr (km 388 i 2012). På denne kilometerstrekningen har det imidlertid kun skjedd dyrepåkjørslar i syv av de 23 årene med data. Ser vi i tillegg bort fra året med 64 dyrepåkjørslar var gjennomsnittet for de seks andre årene 3,3 påkjørte dyr. Den kilometerstrekningen med det høyeste antallet påkjørslar totalt i løpet av hele perioden (km 341 i 1991–2013), hadde 125 dyrepåkjørslar. Heller ikke her var det ulykker hvert år, kun i 14 av 23 år.



Figur 4.1. (a) Samlet antall dyrepåkjørsler (elg, hjort, rådyr, tamrein og sau) pr. km på Nordlandsbanen i perioden 1991–2013. (b) Antall dyrepåkjørsler (elg, hjort, rådyr, tamrein og sau) pr. km og år i perioden 1991–2013. Rapporteringsåret går fra 1. april det oppgitte året til 31. mars påfølgende år.

Den store variasjonen mellom kilometerstrekninger og år, og det relativt beskjedne antall påkjørsler vi kan forvente på en gitt kilometer hvert år (0,41 dyrepåkjørsler pr. km og år i gjennomsnitt, fig. 4.2) gjør at det er flere statistiske utfordringer knyttet til å definere en gitt strekning eller et gitt punkt som ulykkesbelastet. Dette påvirker i neste omgang hvor sikre konklusjoner vi kan gjøre i forhold til effekten av gjennomførte tiltak for å redusere antall påkjørsler. Et høyt antall påkjørsler pr. km og år for de fem seneste år (som benyttet av Jernbaneverket og Statens vegvesen) kan være forårsaket av reell høy ulykkesfare på strekningen, men kan også til dels skyldes tilfeldige eller naturlige svingninger.



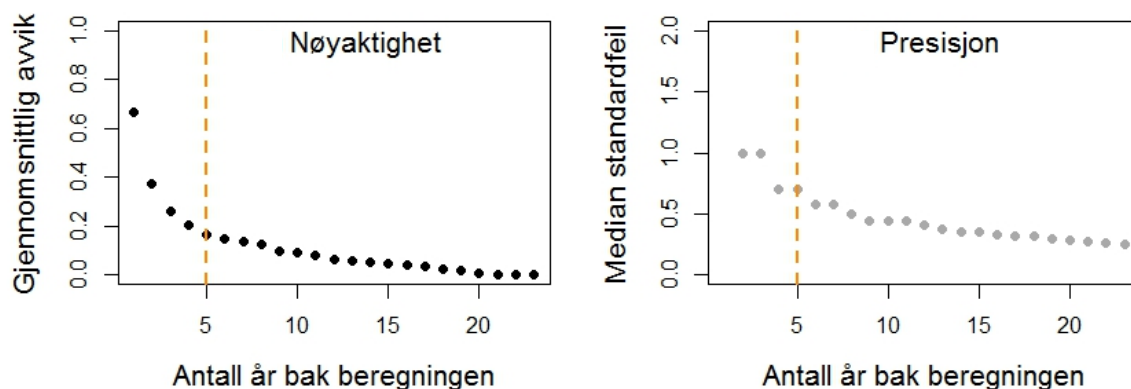
Figur 4.2. Gjennomsnittlig antall dyrepåkjørsler pr. km fra en poisson-regresjonsmodell ± 2 standardfeil. Rød linje angir kriteriet for at en kilometerstrekningene er definert som ulykkesbelastet jf. Jernbaneverket (0,5 påkjørsler pr. km og år). Blåstiplet linje angir gjennomsnittlig antall påkjørsler for alle kilometerstrekninger på Nordlandsbanen (0,41 påkjørsler pr. km og år).

Tilfeldige hendelser på strekninger hvor ulykkesfaren ellers er gjennomsnittlig eller lavere kan føre til at beslutninger om å gjennomføre tiltak gjøres på for dårlig grunnlag. I faglitteraturen omtales dette fenomenet som «regression to mean» (Elvik 2008, Elvik 2012, Hauer 1997), og resultatet kan være at man overestimerer effekten av et gitt tiltak på ulykkesfrekvensen. Dette fordi ulykkestallet sannsynligvis vil bli redusert enten det gjennomføres tiltak eller ikke. En viktig utfordring blir derfor å skille endringer som har en eller flere årsaker som det kan gjøres tiltak mot, fra tilfeldig variasjon som vanligvis ikke bør medføre økte ressurser til ulykkesbegrensende tiltak.

En måte å motvirke statistiske tilfeldigheter på er å øke datamengden, i dette tilfelle øke antall år med registrerte dyrepåkjørsler som grunnlag for å velge ut ulykkesbelastede strekninger. Dette medfører økt læring om hva som er det gjennomsnittlige antall ulykker pr. kilometer og år, og kan gi en bedre bakgrunn for å definere hva som er ulykkesbelastede strekninger. Dette har vi illustrert ved å se på endringen i nøyaktighet og presisjon for estimerer på antall ulykker pr. km og år på Nordlandsbanen (fig. 4.3). Med nøyaktighet mener vi analysens evne til å måle den sanne verdien. I vårt tilfelle er analysen basert på 5 år med data, og vi har da valgt å sammenligne med samme verdi basert på 23 år med data som vår «sanne» verdi. Som vi diskuterer under er ikke dette nødvendigvis alltid riktig å gjøre, men i fravær av kunnskap om den virkelige sanne verdien må vi benytte det vi har for få frem poenget. Med presisjon menes spredningen i verdiene som danner grunnlaget for gjennomsnittlig antall dyrepåkjørsler.

Endringer i nøyaktighet og presisjon er beregnet ved å inkludere et suksessivt antall år i beregningene. Først ett år, så to år, så tre år, helt til vi har inkludert alle tilgjengelige 23 årene for å

beregne gjennomsnittlig antall dyrepåkjørslar pr. år på en gitt kilometer. Resultatet viser at endringer mot mer nøyaktige og presise estimat skjer raskest til å begynne med. Gjennomsnittlig antall påkjørsler blir derfor mer nøyaktig estimert ganske raskt ved inkludering av relativt få år med data. Figur 4.3 viser at kurvene for nøyaktighet og presisjon kan sies å begynne å synke mindre etter 5 år med data, men at det trengs vesentlig flere år før presisjonen stabiliseres. Jernbaneverkets beslutning om å benytte 5 år som grunnlag for å prioritere strekninger kan ut fra dette sies å støttes til en viss grad, selv om det er helt opplagt at det å inkludere flere år vil medføre langt mer nøyaktige og presise estimater på det gjennomsnittlige ulykkestallet.



Figur 4.3. Estimert utvikling av gjennomsnittlig nøyaktighet (venstre) og median presisjon (høyre). Nøyaktighet angir avvik fra gjennomsnittet basert på 23 år med data. Utvikling i nøyaktighet og presisjon er for kilometerstrekninger med mer enn gjennomsnittlig antall påkjørsler ($> 0,41$ påkjørsler pr. km og år, se fig. 4.2), og beregnet ved å inkludere et suksessivt antall år i beregningen fra ett til 23 år. Vertikal oransje stiplet linje angir fem år, som er det antall år Jernbaneverket benytter for å vurdere om kilometerstrekninger er ulykkesbelastet eller ikke. Verdien for presisjon etter 1 år var stor, og er ikke angitt da denne langt overstiger skalaen på y-aksen.

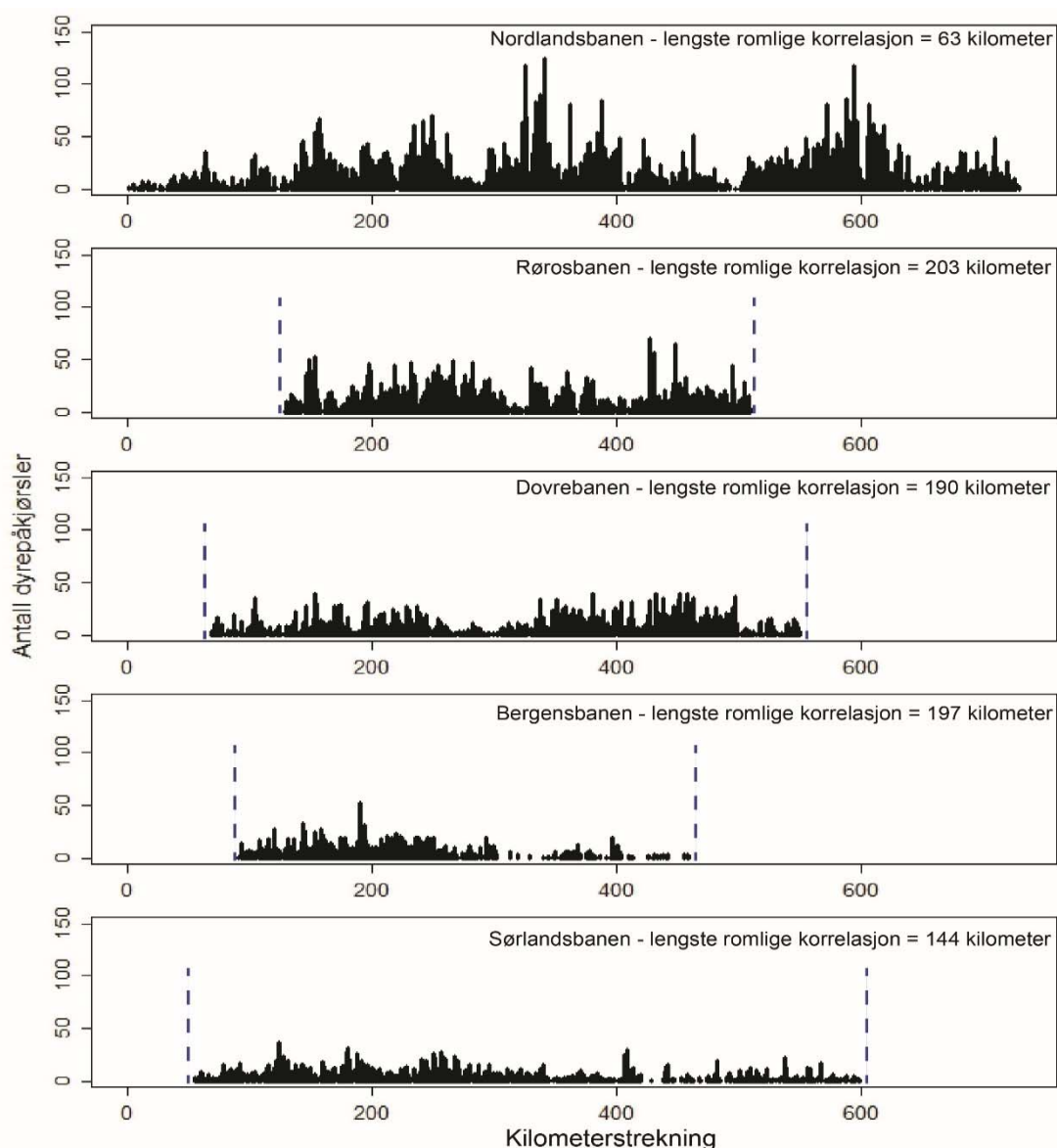
Faren med å benytte for mange foregående år med data for å vurdere nåværende nivå på ulykkesfrekvens er at de bakenforliggende faktorene som nå er årsaken til høyt antall ulykker ikke nødvendigvis var tilstede for mange år siden. Det er derfor vanskelig å gi et entydig råd om hvor mange år med data som bør benyttes ved beregning og prioritering av ulykkesbelastede strekninger. Et alternativ kan være å vekte gjennomsnittet med hvor ofte påkjørselsfrekvensen er over en gitt verdi. Dette for å gi mer vekt til strekninger som ofte har mange påkjørsler, i forhold til de som sjeldnere har mange påkjørsler. Som senere analyser skal vise er nok det sikreste å benytte støtteinformasjon når prioriterte strekninger for tiltak skal velges ut. Slik støtteinformasjon kan inkludere informasjon om variasjon i hvordan ulike påvirkningsfaktorer, for eksempel bestandstetthet, vegetasjonsforhold og snøforhold, har endret seg over kortere og lengre tidsperioder på ulike delstrekninger.

Det vi kaller statistiske tilfeldigheter kan også påvirkes av den geografiske skalaen vi benytter for å beregne årlige antall ulykker. Risikoen for dyrepåkjørslar kan være relativt høy over relativt lange strekninger. Det er derfor viktig å vurdere på hvilken geografisk skala det er nyttig å definere ulykkesbelastede strekninger. I Jernbaneverkets handlingsplan er den lengste prioriterte delstrekningen for tiltak mot dyrepåkjørslar på Nordlandsbanen ca. 70 kilometer. Dette er i en del av landet hvor årsleveområder for elg er beregnet til å være opptil flere hundre kvadratkilometer (Rolandsen mfl. 2010).

Langs store deler av Nordlandsbanen er det samtidig relativt store områder med mer eller mindre sammenhengende skog hvor det eksisterer svært mange kryssingsmuligheter for elg. Dette landskapet kanalisere i liten grad elgens kryssinger til definerte steder, og vi forventer derfor at påkjørslene er relativt jevnt fordelt langs jernbanen (se også kapittel 2.2.6 og fig. 8.1 i Diskusjonen).

En ytterligere kompliserende faktor for baner som Nordlandsbanen er at noen arter er tallrike i skog (f.eks. elg), mens andre arter er tallrike på fjellet (f.eks. tamrein). Dermed risikerer man at strekninger som ikke er ulykkesbelastet på grunn av elgpåkjørslar, har høyt antall tamreinpåkjørslar. Samlet sett blir resultatet en enda større andel av jernbanestrekningen kan ha høye ulykkestall (se tabell 5.3).

Et annet element som er lite påaktet er lengden på de ulykkesutsatte strekningene. Ulykkesfrekvensen et bestemt sted kan være avhengig av ulykkesfrekvensen på nærliggende strekninger. Ved å beregne den romlige korrelasjonen kan vi få et mål på i hvor stor grad ulykkesfrekvensen på en delstrekning eller et punkt er avhengig av ulykkesfrekvensen på nærliggende strekninger. Dersom den romlige korrelasjonen vedvarer over lengre delstrekninger kan vi anta at det i stor grad er de samme bakenforliggende årsakene (f.eks. tettheten av dyr) som fører til den høye ulykkesfrekvensen langs den aktuelle delstrekningen.



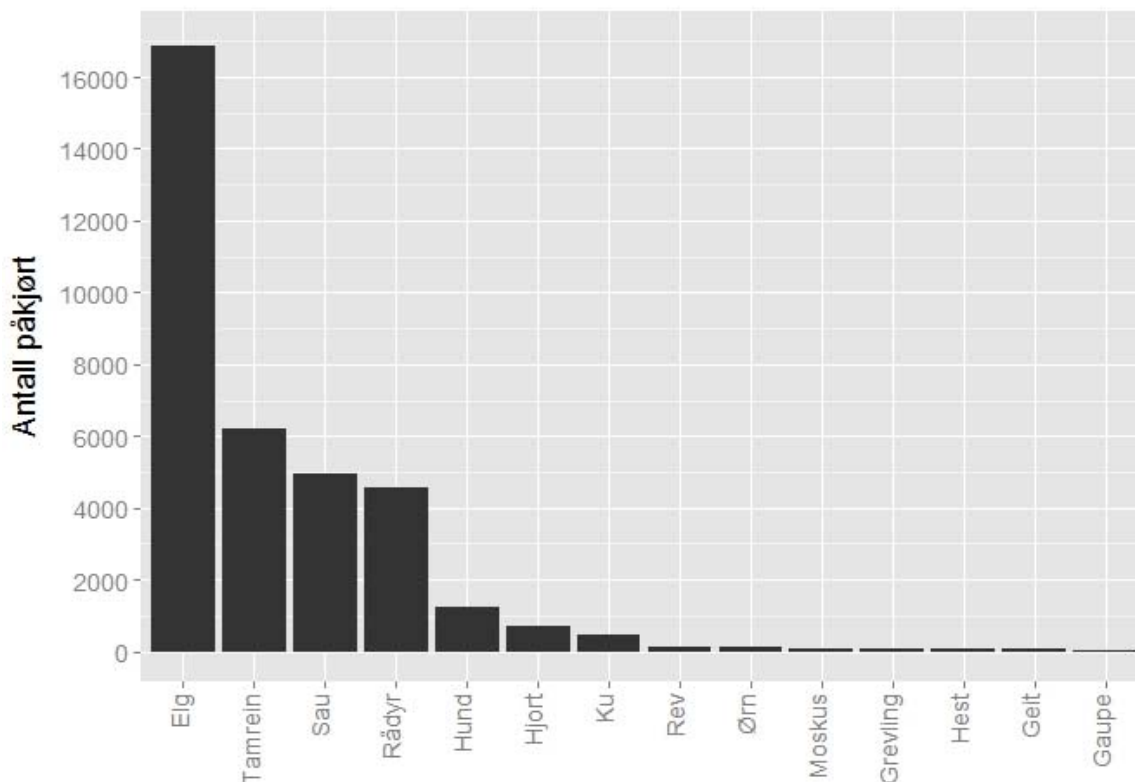
Figur 4.4. Maksimal lengde på den romlige korrelasjonen i dyrepåkjørslar på de fem lengste jernbanestrekningene i Norge. Beregnet fra en variogram-analyse. For Nordlandsbanen angir kilometerangivelsen avstanden til Trondheim (kilometer 0), mens for de andre banene måles avstanden fra Oslo. Ingen av disse banene har imidlertid startpunkt i Oslo, og begynner derfor ikke på kilometer 0. Disse banenes start og slutt er markert med blå stiplede linje.

Vi gjorde en slik analyse for de fem lengste jernbanestrekningene i Norge. Den lengste strekningen hvor ulykkesfrekvensen var romlig korrelert fant vi på Rørosbanen (203 kilometer). Deretter følger Bergensbanen (197 kilometer), Dovrebanen (190 kilometer), Sørlandsbanen (144 kilometer) og Nordlandsbanen (63 kilometer) (fig. 4.4). I arbeidet med å definere ulykkesbelastede strekninger bør dette hensynstas ved at man vurderer ulykkestallene også i en viss avstand før og etter de strekningene som er aller mest belastet. Dette for å unngå at gjennomførte tiltak ikke bare forflytter deler av ulykkene til nærliggende områder. I faglitteraturen omtales denne utfordringen som en av de potensielle utfallene av det som kalles «accident migration», som vi kan oversette til ulykkesforflytning (BTE 1995). For eksempel er det antatt at viltulykker kan forflyttes ved oppsetting av for korte viltgjerder (Forman mfl. 2002, se også kap. 7.1.1).

5 Fordeling av dyrepåkørsler på jernbanenettet

5.1 Totalt antall påkjørte dyr registrert i Jernbaneverkets database

I Jernbaneverkets database er det i løpet av 23-årsperioden fra 1. april 1991 til 31. mars 2014 registrert 25 957 hendelser hvor ett eller flere dyr er påkjørt av tog. I disse hendelsene ble tilsammen 35 757 dyr påkjørt. I basen er det registrert påkjørsler av 33 ulike arter eller artsgrupper, og i tillegg er påkjørsler av en del andre arter samlet i gruppen «øvrige arter». Her inngår blant annet bjørn, ulv, villsvin, ulike husdyr og fugler. De registrerte dyrepåkørslerne domineres av hendelser med elg (57 %), etterfulgt av rådyr (15 %), sau (9 %) og tamrein (8 %). Tilsammen utgjør disse artene 89 prosent av alle registrerte hendelser og 91 prosent av alle registrerte dyr (fig. 5.1 og tabell 5.1).



Figur 5.1. Registrerte dyrepåkørsler fordelt på art eller artsgruppe i løpet av 23-årsperioden fra 1. april 1991 til 31. mars 2014. Ett år tilsvarer et jaktår som går fra 1. april til 31. mars påfølgende år. Kun arter med flere enn 20 påkjørte individ er tatt med (se tabell 5.1).

Antall påkjørte individer pr. hendelse er høyest for tamrein (3,0) etterfulgt av og sau (2,0), rådyr (1,2) og elg (1,1). Det er likevel flest elg (47 %) som påkjøres totalt sett, mens tamrein (17 %), sau (14 %) og rådyr (13 %) til sammen utgjør 44 prosent av alle påkjørsler. I samsvar med prosjektets målsetning vil de påfølgende resultatkapitlene omhandle påkjørsler av elg, hjort, rådyr, sau og tamrein, med særlig vekt på elg og tamrein. Andelen påkjørte hjort av totalt antall individer (2 %) er langt lavere enn for de andre artene, men tas med fordi den prosentvise økningen i antall hendelser med hjort er sterkt økende (se under), og dessuten for å få en samlet oversikt over påkjørsler av alle hjorteviltartene.

Tabell 5.1. Registrerte dyrepåkjørsler fordelt på art eller artsgruppe i løpet av 23-årsperioden fra 1. april 1991 til 31. mars 2014. Ett år tilsvarer et jaktår som går fra 1. april til 31. mars påfølgende år. Kun arter med flere enn 20 registrerte individ er tatt med, mens arter med færre enn 20 registreringer er samlet i gruppen «andre arter».

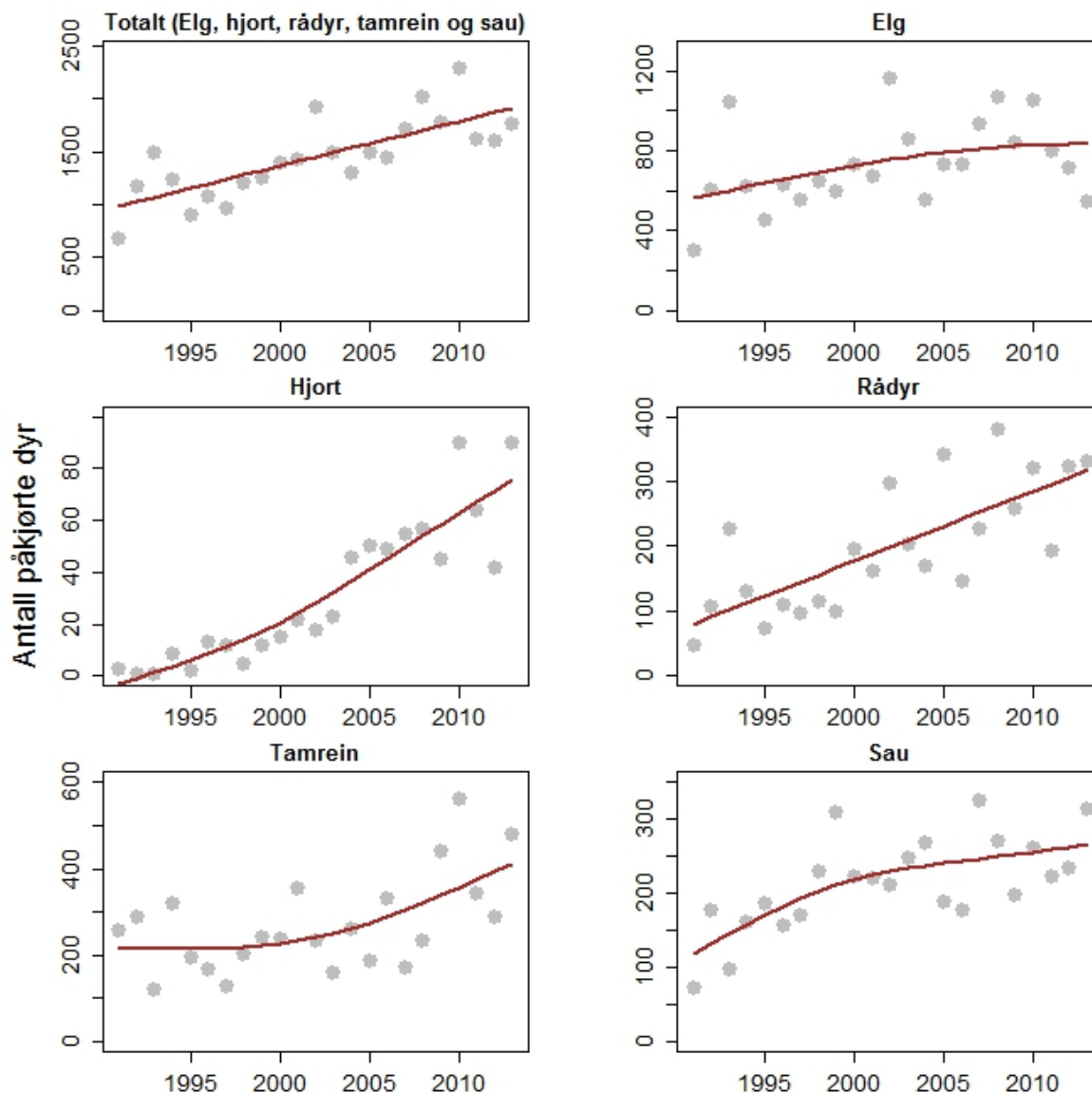
Art	Antall hendelser	Antall påkjørte individer	Gjennomsnittlig antall påkjørt pr. hendelse	Gjennomsnittlig antall påkjørt pr. år	Antall år med hendelser i løpet av 23 år
Elg	14871	16872	1,1	733,6	23
Rådyr	3841	4569	1,2	198,7	23
Sau	2443	4939	2,0	214,7	23
Tamrein	2084	6222	3,0	270,5	23
Hund	1156	1225	1,1	53,3	23
Hjort	648	724	1,1	31,5	23
Ku	272	450	1,7	20,5	22
Ørn	111	109	1	5,7	19
Rev	106	112	1,1	5,9	19
Moskus	83	93	1,1	4,4	21
Grevling	76	81	1,1	5,1	16
Hest	50	80	1,6	4,2	19
Gaupe	29	29	1	1,9	15
Geit	26	76	2,9	5,1	15
Andre arter	161	176			
Sum	25 957	35 757			



Tamrein på Saltfjellet krysser Nordlandsbanen, Foto: Astrid Busengdal, Jernbaneverket.

5.2 Utviklingen i antall dyrepåkjørslar 1991/1992–2013/2014

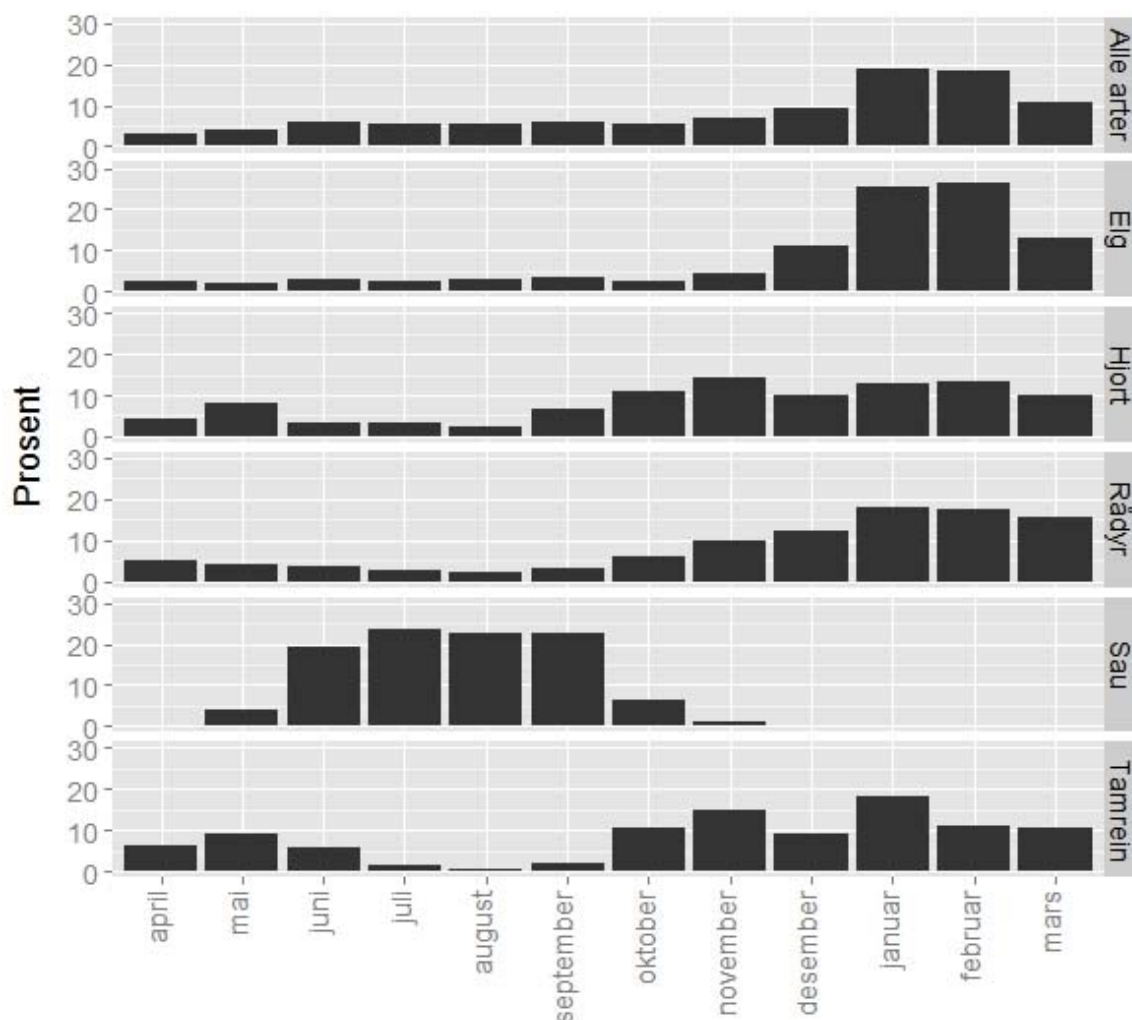
I perioden 1991–2013 har det vært en generell økning i antall dyrepåkjørslar, men med relativt stor årlig variasjon for alle artene (fig. 5.2). Selv om det har vært flest dyrepåkjørslar av elg og tamrein i perioden (tabell 5.1) er det størst prosentvis økning i ulykker med hjort og rådyr. For hjort har antallet økt fra et årlig gjennomsnitt på 3 dyr i den første 5-års perioden til 66 dyr i den siste 5-årsperioden, noe som tilsvarer en økning på hele 2100 prosent. Tilsvarende prosentvise økning for rådyr har vært 144 prosent, mens det har vært en lavere prosentvis økning for elg (30 %), tamrein (79 %) og sau (76 %).



Figur 5.2. Årlig antall registrerte påkjørslar i perioden 1991–2013 av elg, hjort, rådyr, tamrein og sau samt totalt for alle artene samlet. Trendkurven er beregnet fra en «generalized additive model» (GAM). Et år tilsvarer rapporteringsåret (1. april–31. mars påfølgende år), f.eks. gjelder tallene for 2013 perioden 1. april 2013–31. mars 2014. Merk at y-aksen er ulik for figurene.

5.3 Antall dyrepåkjørsler i løpet av året og døgnet for ulike arter

Flest dyrepåkjørsler på jernbanen skjer vinterstid i perioden desember–mars. Dette er særlig tydelig for elg og rådyr, mens påkjørsler av hjort og tamrein i større grad skjer på høsten (oktober–november) og våren (mai). Påkjørsler av sau skjer naturlig nok kun i løpet av beitesesongen sommerstid (fig. 5.3).



Figur 5.3. Prosentvis fordeling av dyrepåkjørsler fordelt på måned for hver art i perioden 1991–2013.

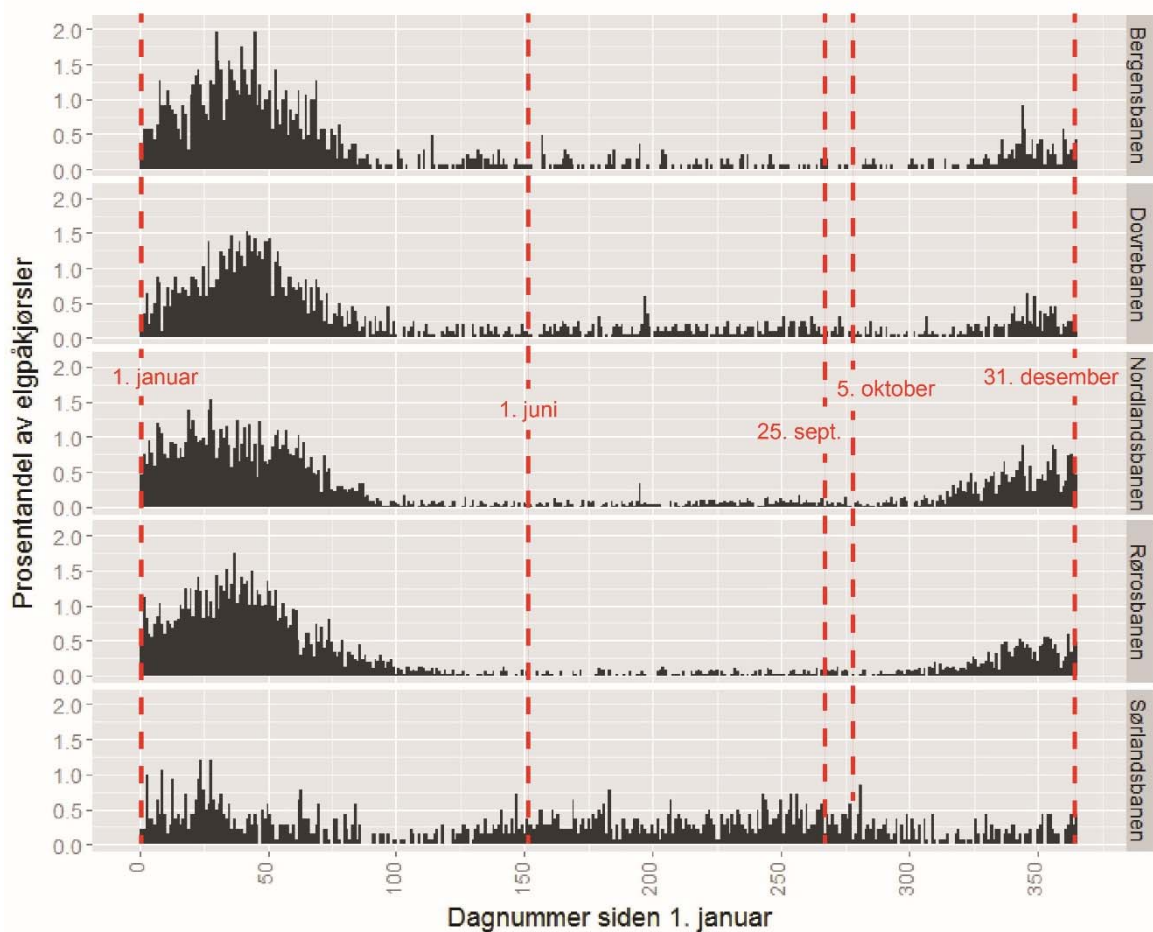
Selv om flest hjortedyr påkjøres vinterstid, er det forskjeller mellom områder. Fordelingen av tamreinpåkjørsler gjennom året varierer mye mellom områder og styres i stor grad av om jernbanen krysser vinterbeite- eller sommerbeiteområdene til de ulike reinbeitedistriktene (se kap. 7). Likeledes ser vi at elgpåkjørslene fordeler seg ulikt gjennom året på de større jernbanene. Særlig Sørlandsbanen skiller seg ut med høy andel elgpåkjørsler også på sommeren. Årsaken er antagelig at Sørlandsbanen ikke følger like markante dalfører som de andre større jernbanene i Norge, og at området som krysses er mer snøfattige. Elgen vil derfor i mindre grad konsentreres nær Sørlandsbanen vinterstid, men uten at dette forklarer hele årssyklusen i påkjørsler.

I tillegg til effekten av snø er det foreslått en rekke andre faktorer som påvirker sesongvariasjonen i antall elgpåkjørsler. En potensielt viktig faktor er bestandsstørrelsen, som varierer mye gjennom året. Størst er bestanden rett etter kalving rundt 1. juni, hvorpå bestanden gradvis synker som følge av jakt og annen dødelighet fram til kalvingen neste år. Aller størst er

bestandsnedgangen i løpet av jakta da 25–30 prosent av elgbestanden felles. Elgjakta starter 25. september i det meste av området rundt Bergensbanen, Dovrebanen, Nordlandsbanen og Rørosbanen, og 5. oktober langs Sørlandsbanen. I det meste av studieperioden har elgjakta pågått ut oktober (til dagnummer 301, fig. 5.4).

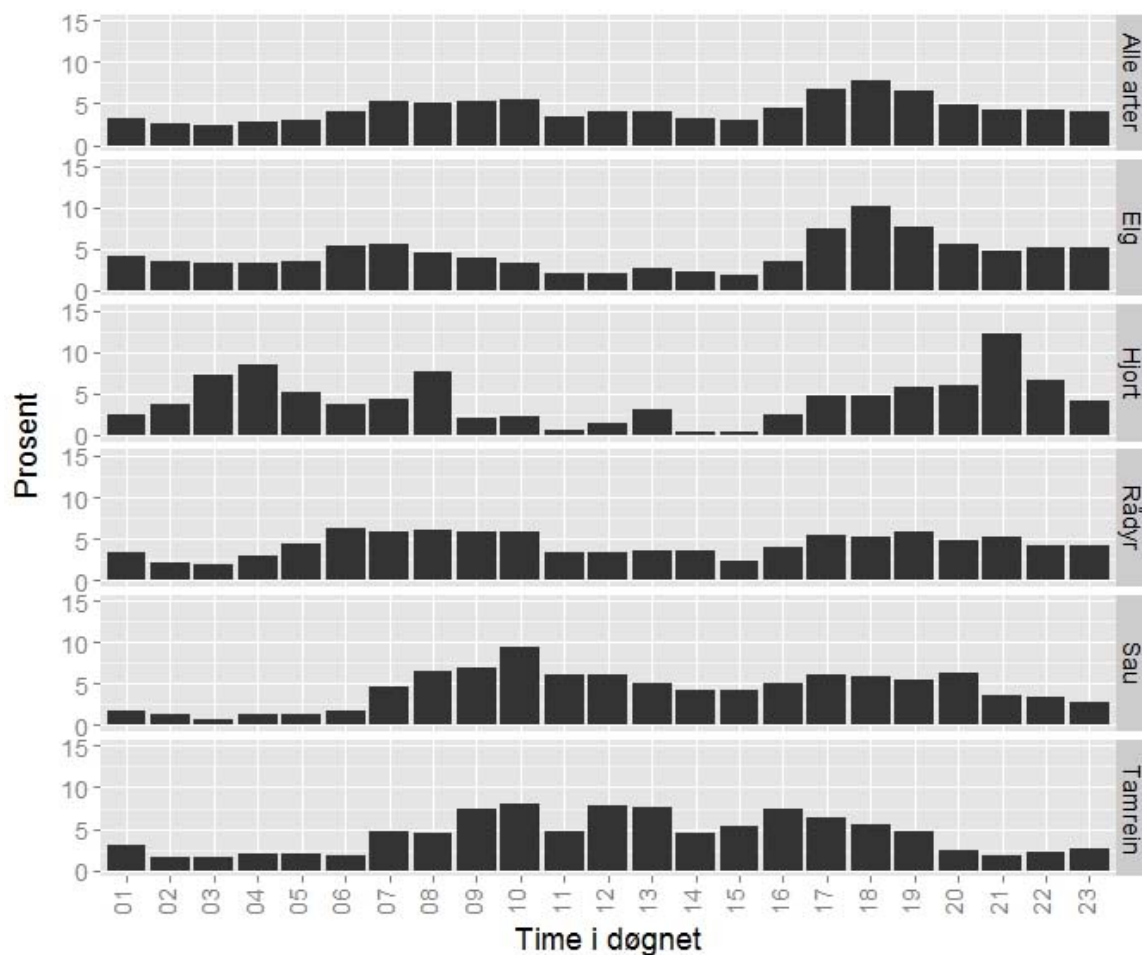
Til tross for de store endringene i løpet av året, er det lite som tyder på at bestandsstørrelse har noen stor effekt på antallet elg som påkjøres. Påkjørselsfrekvensen sommerstid (1. juni–25. september) er riktignok høyere enn i mai (før kalving) og i oktober (etter jaktstart), men er fortsatt svært mye lavere enn påkjørselsfrekvensen vinterstid (fig. 5.3 og 5.4). Endringene i elgens oppholdssted og atferd i forhold til jernbanen er derfor av langt større betydning for antallet påkjørsler enn variasjonen i bestandsstørrelse gjennom året. Unntaket er som tidligere nevnt Sørlandsbanen der sesongvariasjonen i påkjørselsfrekvens er lavere fordi elgens oppholdssted mellom ulike årstider ikke er så påvirket av årlig variasjon i snøforhold.

Heller ikke sesongvariasjonen i aktivitetsnivå ser ut til å være særlig viktig for antallet elgpåkjørsler. Elgen er mest aktiv i sommerhalvåret da de beveger seg med størst fart (meter pr. time) og bruker de største leveområdene (Rolandsen mfl. 2010). I Nord-Trøndelag krysser elgen følgelig jernbanen 3 ganger oftere i sommerhalvåret enn i vinterhalvåret, men uten at dette reflekteres i antallet påkjørsler. Aller høyest er aktivitetsnivået i oktober når både parringsaktiviteten (brunst) og jaktforstyrrelser påvirker elgen. I media er det derfor ikke uvanlig at det advares mot spesielt høy risiko for elgpåkjørsel i starten av jaktseasonen. Som vist i figur 5.4 er det liten grunn til å forvente dette på jernbanen, og det samme viser seg å være tilfelle med hensyn til risikoen for elgpåkjørsler på vegenettet (C. M. Rolandsen unpubl. data).



Figur 5.4. Prosentandelen elgpåkjørsler fordelt på dag og bane. Data fra de 5 lengste jernbanene (Bergensbanen, Dovrebanen, Nordlandsbanen, Rørosbanen og Sørlandsbanen) i perioden 1. april 1991–31. mars 2014.

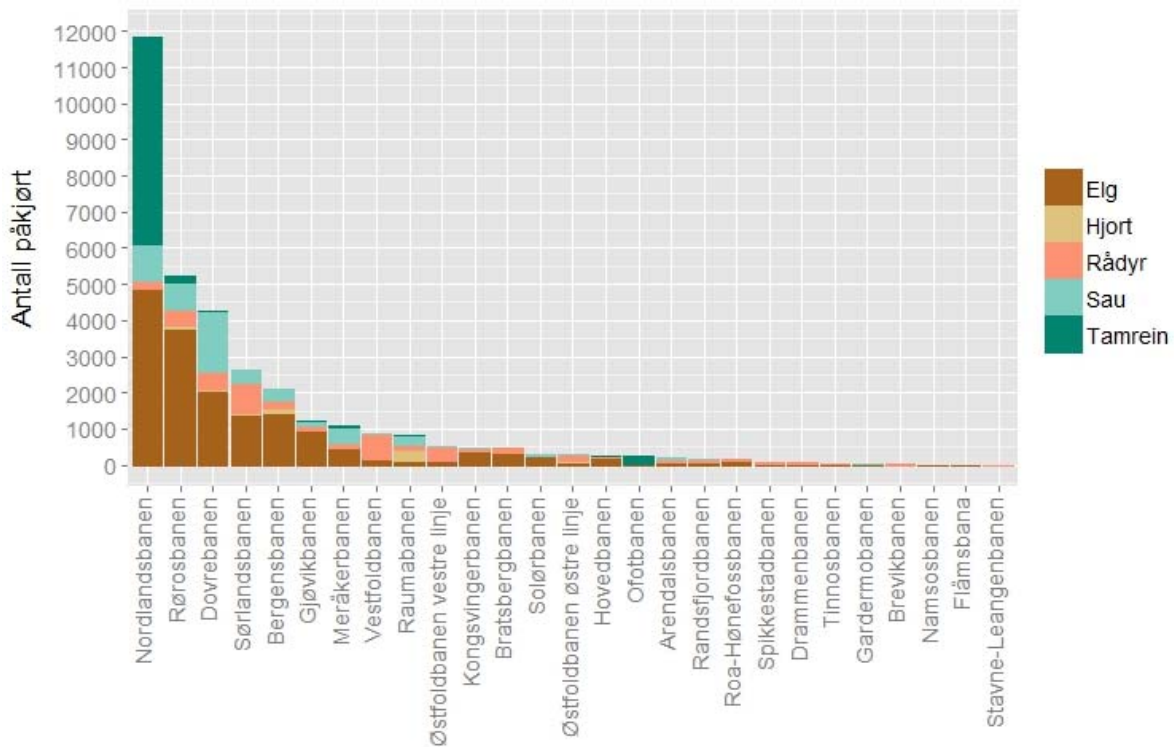
I tillegg til variasjon i antall ulykker gjennom året varierer antallet ulykker gjennom døgnet. Påkjørsler av elg, hjort og rådyr skjer oftest om kvelden, på natten og i morgentimene (fig. 5.5), noe som sammenfaller med disse artenes aktivitetsmønster (Krop-Benesch mfl. 2013, Mysterud mfl. 2011, Rolandsen mfl. 2010). Sau og tamrein påkjøres også oftere om morgenen og om kvelden, men til forskjell fra de ville hjortedyrene synes de å bli påkjørt relativt sett oftere på dagen (fig. 5.5). Vi antar at dette avspeiler artenes aktivitetsmønster i løpet av døgnet, men vi kan ikke utelukke at også døgnfordelinger i antall tog i de aktuelle områdene virker inn.



Figur 5.5. Prosentandelen dyrepåkjørsler fordelt på time og art i perioden 1991–2013.

5.4 Dyrepåkjørsler fordelt på bane og art

I perioden 1991–2013 ble det registrert påkjørsler av elg, hjort, rådyr, sau og tamrein på 27 ulike baner i Norge. Flest dyrepåkjørsler ble registrert på Nordlandsbanen, etterfulgt av Rørosbanen, Dovrebanen, Sørlandsbanen og Bergensbanen (fig. 5.6, tabell 5.2). Dette er de fem lengste banene i Norge, noe som delvis forklarer det store antallet ulykker (tabell 5.2). Om vi justerer for banenes lengde finner vi likevel Nordlandsbanen øverst på listen med flest ulykker pr. kilometer, men nå etterfulgt av Meråkerbanen, Rørosbanen, Gjøvikbanen og Bratsbergbanen (fig. 5.7).

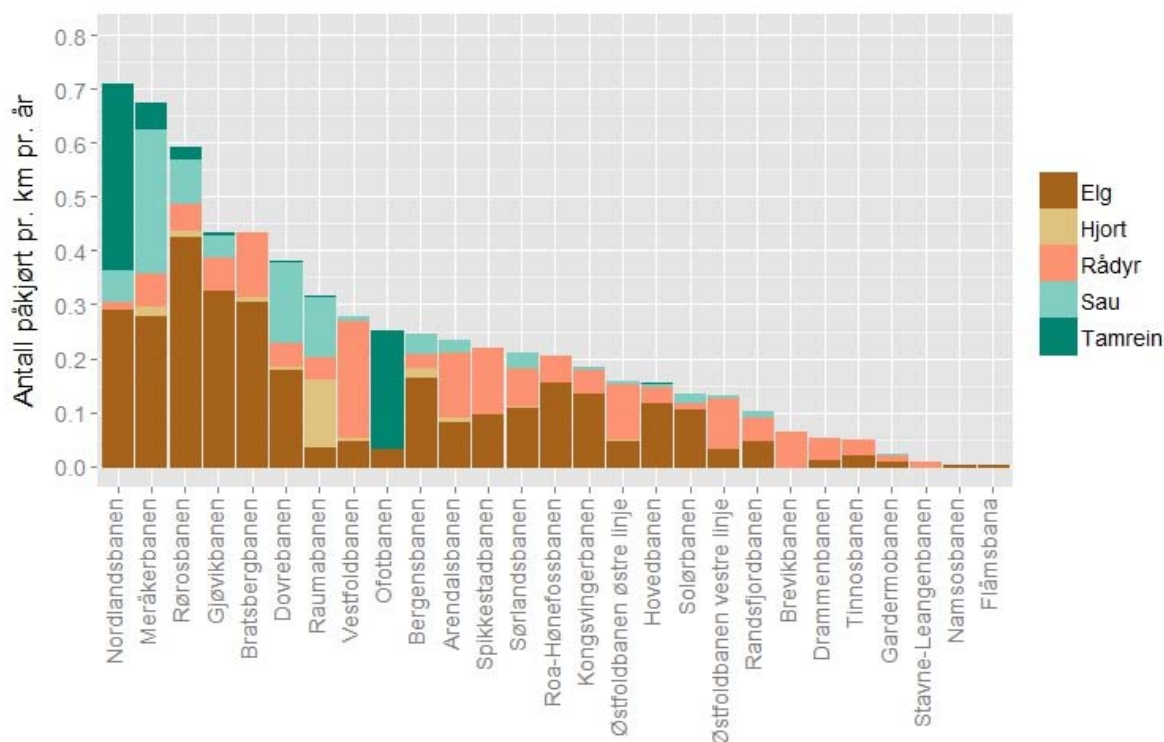


Figur 5.6. Antall påkjørsler av elg, hjort, rådyr, sau og tamrein på ulike baner.

Figuren er basert på påkjørsler i perioden 1. april 1991–31. mars 2014.

Artsfordelingen i ulykkesstatistikken gjenspeiler i stor grad bestandstettheten av de ulike artene i forskjellige deler av landet. Tettheten av elg er nå høy i de aller fleste skogkledde delene av landet, med unntak for Vestlandet og Finnmark. Andelen elg av alle dyrepåkjørsler er dermed høy på de fleste banene som går gjennom skog, med unntak for Raumabanen på Vestlandet. På sistnevnte bane er det hjorten som dominerer ulykkesstatistikken, noe som stemmer overens med at tettheten av hjort er høyest på Vestlandet og i Sør-Trøndelag. Tamrein har sin hovedutbredelse fra Røros og nordover og er således kun et problem på Nordlandsbanen og Ofotbanen, og i mindre omfang på Meråkerbanen og Rørosbanen. I Banedata er det også registrert et fåtall tamreinpåkjørsler på Gjøvikbanen, Raumabanen og Hovedbanen, som alle befinner seg utenfor tamreinområdene. Dette er derfor feilregistreringer.

Bestandstettheten av rådyr er høyest på Østlandet, Sørlandet og Trøndelag, og særlig høy er tettheten i kulturlandskapet. Antallet rådyrpåkjørsler er derfor høyest på banene rundt Oslofjorden og på Sørlandsbanen. Flest sau påkjøres på Dovrebanen, men også på Meråkerbanen og Raumabanen er det et stort antall påkjørsler av sau pr. km (fig. 5.6 og 5.7).



Figur 5.7. Antall påkjørsler pr. kilometer av elg, hjort, rådyr, sau og tamrein på ulike baner. Figuren er basert på påkjørsler i perioden 1. april 1991–31. mars 2014.

På hver bane er det stor variasjon i antall dyrepåkjørsler på ulike delstrekninger, og på flere delstrekninger er det endringer i antallet dyrepåkjørsler over tid (fig. 5.8 og 5.9).

Jevnt over finner vi at dyrepåkjørsler inntreffer på de samme strekningene nå som tidligere, men med varierende intensitet. Mest påfallende er økningen i antallet hjort som påkjøres på Raumabanen (fig. 5.9), noe som sammenfaller med en vesentlig bestandsøkning av hjort de siste 25 årene (Solberg mfl. 2012). Dette har medført at deler av Raumabanen nå fremstår som svært ulykkesbelastet (hotspots) med hensyn til hjortepåkjørsler. Tilsvarende ser vi at antallet rådyrpåkjørsler har økt, særlig på Østlandet og Sørlandet, og at antallet tamrein som påkjøres har økt på Nordlandsbanen. Også lengden på de ulykkesbelastede strekningene varierer mellom arter. Elgen påkjøres med høy intensitet over lengre strekninger på Nordlandsbanen og Rørosbanen, mens påkjørsler av hjort, tamrein og sau er lokalisert til relativt korte strekninger på alle banene der de påkjøres.

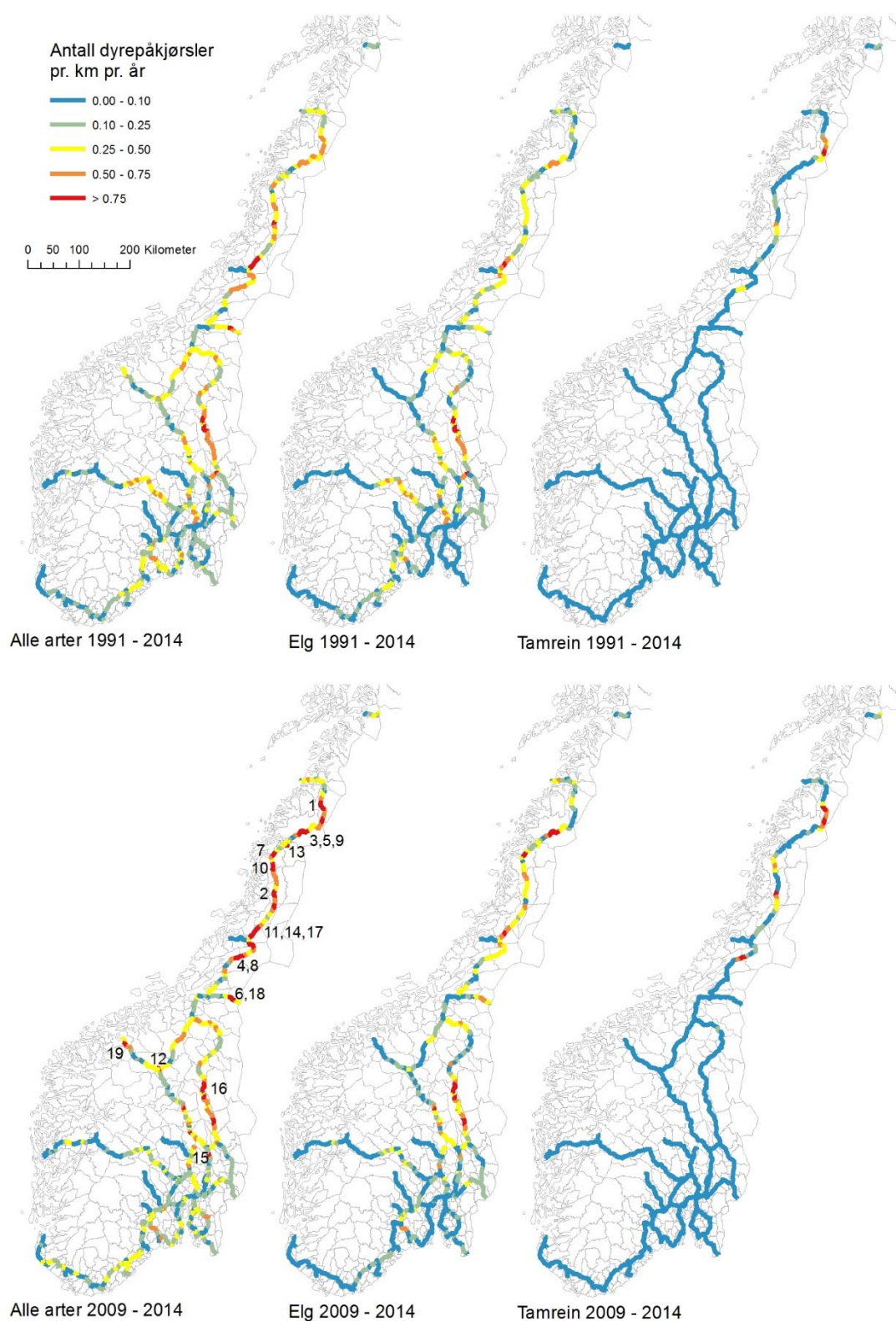
I tabell 5.3 viser vi påkjørselsfrekvensen på de 20 mest belastede delstrekningene av 10 kilometers lengde i den siste femårsperioden (fig. 5.8, tabell 5.3). Disse strekningene (200 km) utgjør i underkant av 5 prosent av jernbanenetteverket i Norge (4051 kilometer), men var i gjennomsnitt belastet med omkring 18 prosent av de årlige påkjørslerne for perioden 2009–2014. Mange påkjørsler kan således forhindres ved å iverksette effektive tiltak på relativt korte strekninger. Flere av de aktuelle delstrekningene er da også foreslått som prioriterte strekninger for tiltak (se fig. 7.8). Utfordringen er imidlertid at slike områder ofte er en del av et større sammenhengende område som også er ulykkesbelastet, men i noe mindre grad. Om effekten av tiltak på slike strekninger uten tiltak på nærliggende strekninger blir like effektive, eller om de kun forflytter deler av påkjørslerne til nærliggende områder, er et sentralt spørsmål som bør undersøkes nærmere.

Fjorten av delstrekningene var på Nordlandsbanen, mens de resterende var på Dovrebanen, Meråkerbanen, Rørosbanen og Raumabanen. På Nordlandsbanen er det elg og tamrein som

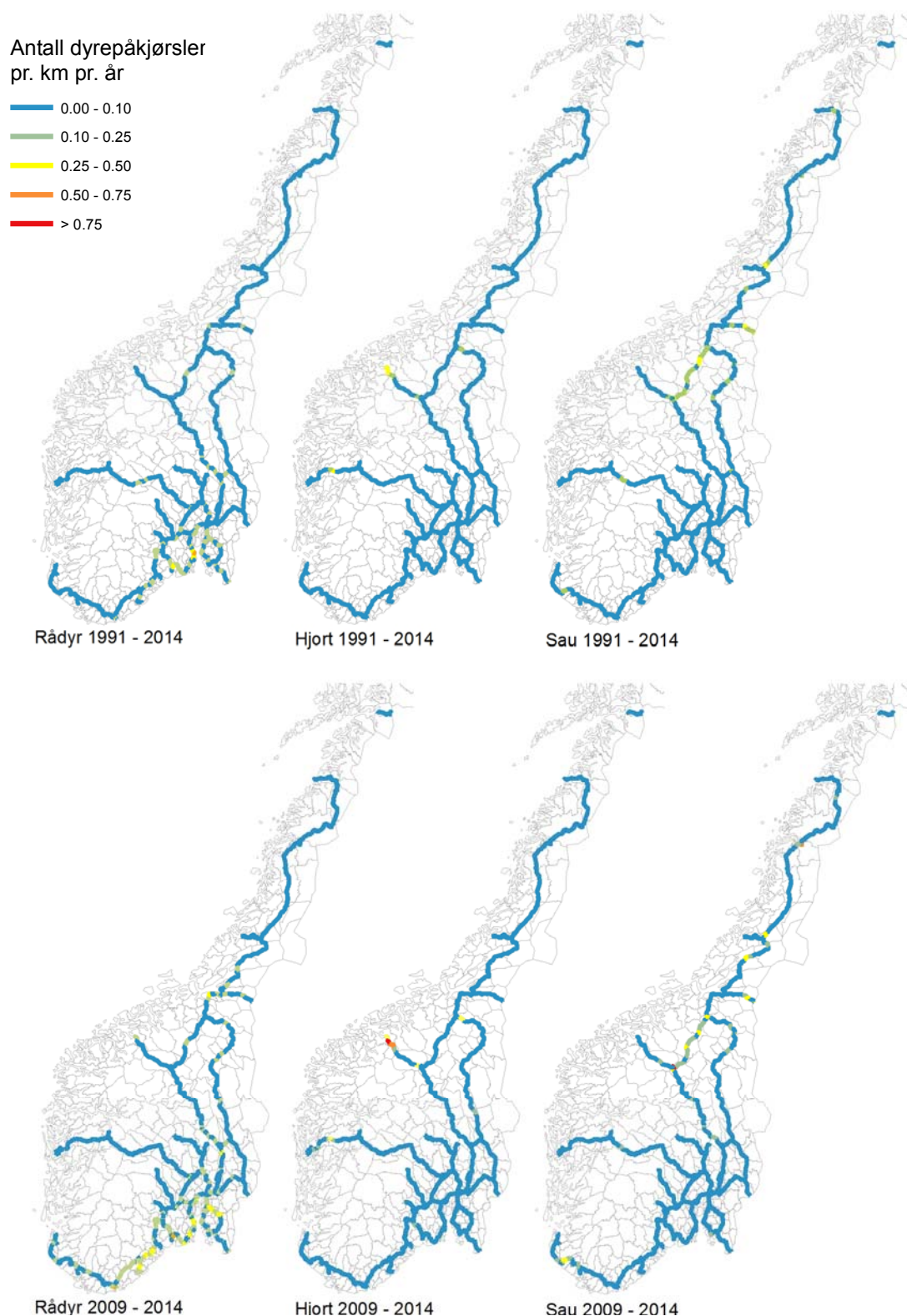
dominerer påkjørslene, mens elg og sau utgjør hovedproblemet på Dovrebanen og Meråkerbanen. Her bør eventuelle tiltak derfor utformes slik at flere arter kan skjermes mot påkjørsler. Dette er i mindre grad aktuelt på delstrekningene på Rørosbanen og Raumabanen der henholdsvis elg og hjort dominerer (fig. 5.8, tabell 5.3).



Elgpåkjørsel. Foto: Jernbaneverket.



Figur 5.8. Gjennomsnittlig antall dyrepåkjørslar pr. kilometer og år i perioden 1991–2014 (øverst) og 2009–2014 (nederst) fordelt på art. Alle arter viser summen av påkjørslar for de 5 artene samlet (elg, tamrein, rådyr, hjort og sau). Se også fig. 5.9. Antall dyrepåkjørslene er først summert for delstrekninger med lengder opp til 10 kilometer (se Metode) og deretter standardisert i forhold til lengden på hver delstrekning. I kartet for alle arter (nederst) angis de tjue 10-kilometerstrekningene med flest dyrepåkjørslar i perioden 2009–2014 (se tabell 5.3).



Figur 5.9. Gjennomsnittlig antall dyrepåkjørsler pr. kilometer og år i perioden 1991–2014 (øverst) og 2009–2014 (nederst) fordelt på art. Alle arter viser summen av påkjørsler for de 5 artene samlet (elg, tamrein, rådyr, hjort og sau). Se også fig. 5.9. Antall dyrepåkjørslene er først summert for delstrekninger med lengder opp til 10 kilometer (se Metode) og deretter standardisert i forhold til lengden på hver delstrekning.

Tabell 5.2. Antall registrerte påkjørsler av elg, hjort, rådyr, tamrein og sau på ulike baner i perioden 1. april 1991 til 31. mars 2014. Tabellen er sortert etter fallende antall påkjørsler.

Bane	Lengde (km)	Totalt antall	Antall elg	Antall hjort	Antall rådyr	Antall tamrein	Antall sau
Nordlandsbanen	726	11824	4862	5	245	5733	979
Rørosbanen	382	5232	3760	107	455	201	709
Dovrebanen	485	4243	2034	44	502	1	1662
Sørlandsbanen	549	2618	1401	26	865	0	326
Bergensbanen	371	2083	1417	145	222	0	299
Gjøvikbanen	124	1230	935	0	170	1	124
Meråkerbanen	71	1096	457	28	100	75	436
Vestfoldbanen	138	882	159	12	698	0	13
Raumabanen	115	837	101	330	111	3	292
Østfoldbanen vestre linje	170	510	132	0	363	0	15
Kongsvingerbanen	115	484	366	0	112	0	6
Bratsbergbanen	47	475	336	11	128	0	0
Solørbanen	94	292	232	0	29	0	31
Østfoldbanen østre linje	79	284	91	5	182	0	6
Hovedbanen	68	246	187	0	50	1	8
Oftobanen	43	240	33	0	0	207	0
Arendalsbanen	37	194	70	7	101	0	16
Randsfjordbanen	54	160	76	2	68	0	14
Roa-Hønefossbanen	32	156	120	0	36	0	0
Spikkestadbanen	14	67	30	0	37	0	0
Drammenbanen	42	50	13	0	37	0	0
Tinnosbanen	49	45	20	1	24	0	0
Gardermobanen	64	36	17	1	17	0	1
Brevikbanen	10	13	0	0	13	0	0
Valdresbanen	48	10	8	0	0	0	2
Numedalsbanen	47	8	8	0	0	0	0
Namsosbanen	51	3	3	0	0	0	0
Stavne-Leangenbanen	6	1	0	0	1	0	0
Flåmsbana	20	1	1	0	0	0	0

Tabell 5.3. Gjennomsnittlig antall dyrepåkjørsler pr. km, år og art på de 20 mest belastede 10-km-strekningene i perioden 2009–2013. Tabellen er sortert etter fallende antall påkjørsler. Se figur 5.9 for strekningenes beliggenhet.

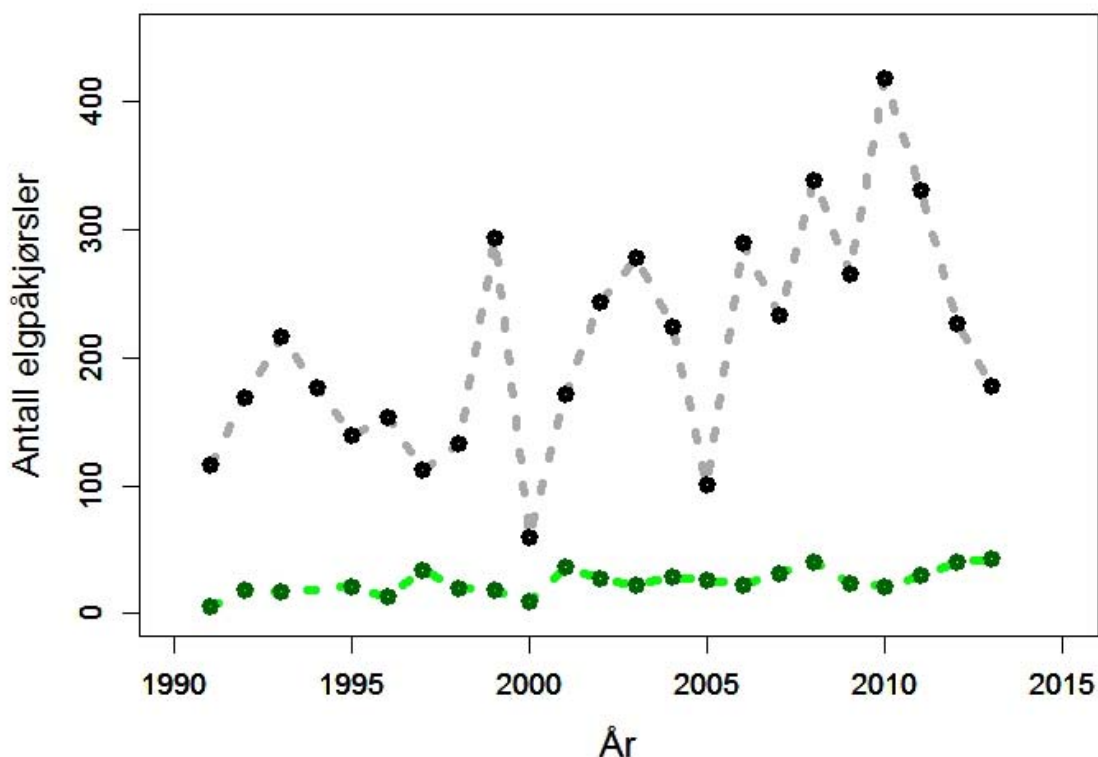
Bane	Nummer	Alle arter	Elg	Hjort	Rådyr	Tamrein	Sau
Nordlandsbanen	1	1,28	0,22	0,00	0,00	1,04	0,02
Nordlandsbanen	2	1,24	0,42	0,00	0,00	0,82	0,00
Nordlandsbanen	3	1,22	1,14	0,00	0,00	0,06	0,02
Nordlandsbanen	4	1,22	0,36	0,00	0,00	0,78	0,08
Nordlandsbanen	5	1,16	1,00	0,00	0,02	0,12	0,02
Meråkerbanen	6	1,10	0,64	0,00	0,06	0,00	0,40
Nordlandsbanen	7	1,08	0,90	0,00	0,02	0,16	0,00
Nordlandsbanen	8	1,04	0,34	0,00	0,04	0,56	0,10
Nordlandsbanen	9	1,04	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Nordlandsbanen	10	1,03	0,41	0,00	0,00	0,63	0,00
Nordlandsbanen	11	1,00	0,70	0,00	0,00	0,02	0,28
Dovrebanen	12	0,98	0,16	0,00	0,00	0,00	0,82
Nordlandsbanen	13	0,96	0,38	0,00	0,00	0,00	0,58
Nordlandsbanen	14	0,96	0,76	0,00	0,02	0,12	0,06
Dovrebanen	15	0,94	0,62	0,00	0,30	0,00	0,02
Rørosbanen	16	0,92	0,86	0,00	0,00	0,00	0,06
Nordlandsbanen	17	0,92	0,68	0,00	0,04	0,20	0,00
Meråkerbanen	18	0,92	0,52	0,00	0,16	0,00	0,24
Raumabanen	19	0,90	0,00	0,82	0,04	0,00	0,04
Nordlandsbanen	20	0,88	0,02	0,00	0,00	0,86	0,00

6 Elgpåkjørsler på Nordlandsbanen

Som ett av to case-studier analyserer vi her hvordan antallet elg påkjørt på Nordlandsbanen varierer over tid og mellom delstrekninger, og undersøker i hvilken grad vi kan forklare forskjellene ut fra variasjonen i ulike forklaringsvariabler. Blant forklaringsvariablene inngår også vegetasjonsryddingen som er gjennomført langs enkelte strekninger av Nordlandsbanen de siste fem årene (2009–2013). Under beskriver vi de ulike forklaringsvariablene i modellen, samt utfallet av modellkjøringen. Først viser vi imidlertid hvordan antallet elgpåkjørsler har variert over tid og mellom kilometerstrekninger i studieperioden.

6.1 Antallet elgpåkjørsler i tid og rom

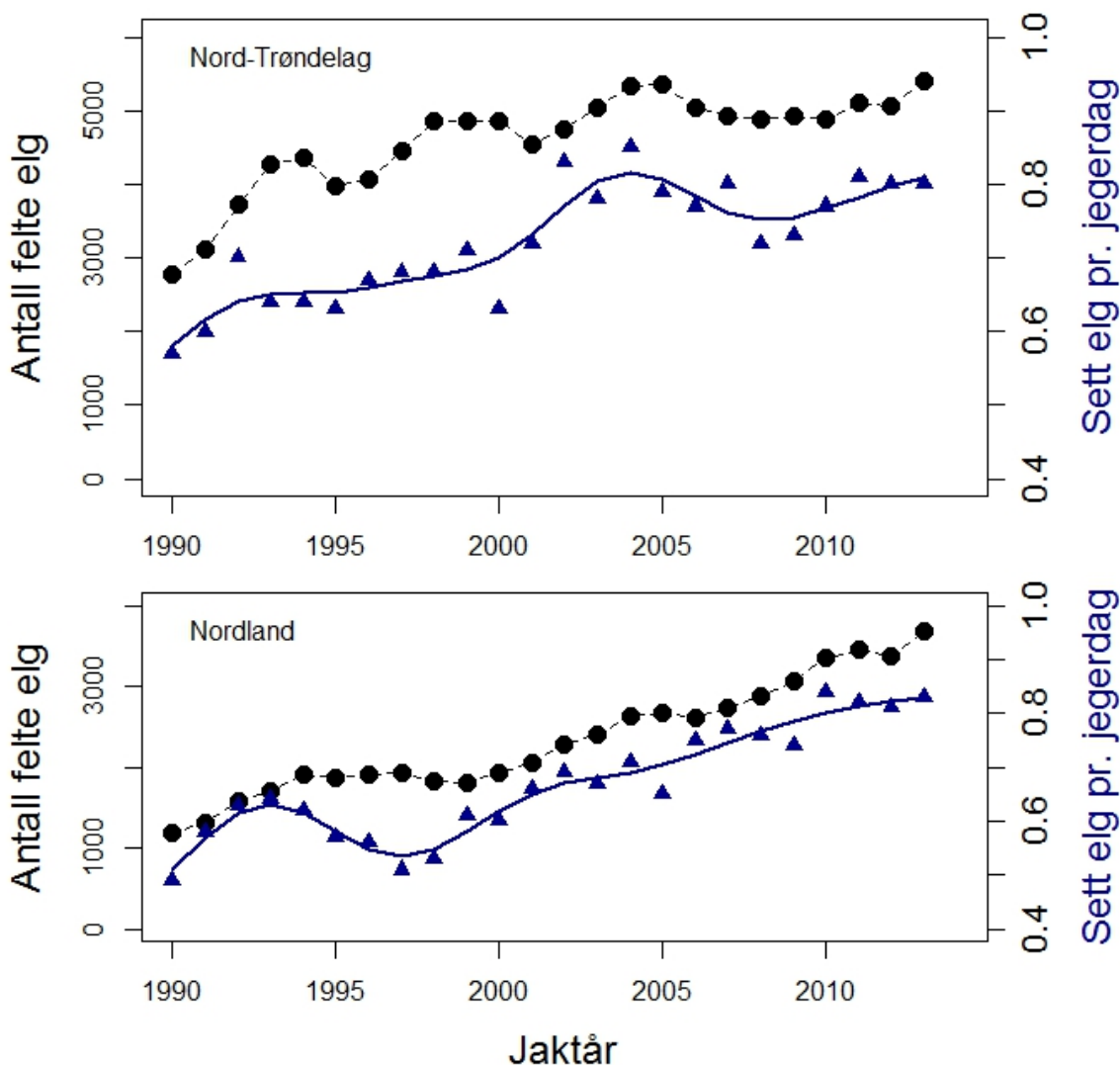
Antallet elgpåkjørsler på Nordlandsbanen viste en generell økning i perioden 1991–2014, men med store årlig variasjoner. Størst var påkjørselsfrekvensen i 2010–2011 med flere enn 400 elg påkjørt, mens færre enn 20 prosent av dette ble påkjørt 10 år tidligere i 2000–2001. De aller fleste elgene ble påkjørt i vinterhalvåret (fig. 6.1), noe som synes å være felles for banene som krysser de indre og nordlige delene av landet (Solberg mfl. 2009). Dette understøttes av at snødybden ofte er assosiert med antallet påkjørsler av elg på veg og bane (Gundersen & Andreassen 1998, Gundersen mfl. 1997, Rolandsen mfl. 2010, Rolandsen mfl. 2011, Solberg mfl. 2012, Solberg mfl. 2009). Vinteren 1999–2000 og 2009–2010 var for eksempel særmerket av svært mye snø i Nordland og Nord-Trøndelag, mens det motsatte var tilfelle i 2000–2001 og 2004–2005 (Solberg mfl. 2012).



Figur 6.1. Antallet registrerte elgpåkjørsler på Nordlandsbanen i perioden 1991–2013 vist som samlet antall for hele året (grå linje) og kun i sommerhalvåret (april–oktober, grønn linje). Rapporteringsåret går fra 1. april det oppgitte året til 31. mars påfølgende år. Kilde: Jernbaneverkets database (Banedata).

Mens snødybden kan forklare mye av år til år variasjonen, har det ikke vært noen generell økning i snødybden i perioden som kan forklare trenden i antall påkjørsler. I 5-årsperioden 2009–2014 ble det for eksempel påkjørt i gjennomsnitt 300 elg pr. år, mens kun det halve ble påkjørt i de

fem første årene av perioden. For hele perioden var det imidlertid en vesentlig økning i antallet elg i både Nordland og Nord-Trøndelag (fig. 6.2). Faktisk økte avskytingen av elg samlet for de to fylkene med omtrent den samme takten (63 %) som antallet elgpåkjørsler (74 %) mellom den første og siste femårsperioden, noe som er forenelig med at bestandstetthetene av elg er en av de viktigste forklaringene på den store veksten vi har sett i antallet trafikkulykker med elg de siste 40 årene (se kap. 1). Dette støttes også av det jevnt stigende antall ulykker i sommerhalvåret (grønn linje, fig. 6.1) i perioden 1991–2013 ($r = 0,68$, $p < 0,001$), selv om disse utgjør en liten andel av totalt antall påkjørsler.



Figur 6.2. Antallet elg skutt (svarte sirkler) og sett elg pr. jegerdag (indeks på elgtetthet, blå trekanter) i Nord-Trøndelag og Nordland i perioden 1990–2014. Data fra SSB (www.ssb.no) og Hjorteviltregisteret (www.hjorteviltregisteret.no). Trendkurven for sett elg pr. jegerdag er beregnet fra en generalisert additiv modell (GAM).

I tillegg til variasjon over tid, er det vesentlig variasjon med hensyn til hvor på Nordlandsbanen elgen påkjøres. Størst er påkjørselsfrekvensen på de indre og høyereliggende strekningene som passerer gjennom skogkledt landskap, mens strekningene langs fjorden i sør og i nord er mindre belastet. Det samme gjelder for strekningene over tregrensen. Den romlige variasjonen er imidlertid ikke stabil over år (fig. 6.3 og 6.5), selv om hovedmønsteret opprettholdes. Dette vitner om at tidsmessige forklaringsvariabler har variert forskjellig langs de ulike delene av Nordlandsbanen i perioden (eks. bestandstetthet).

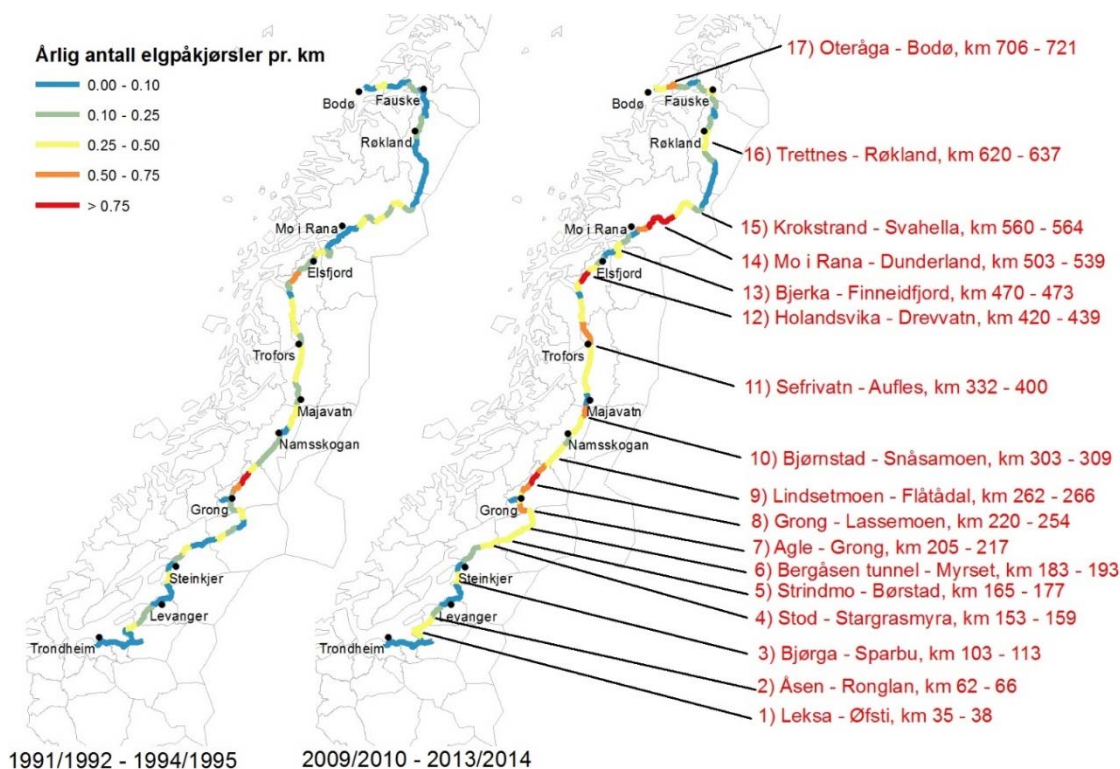
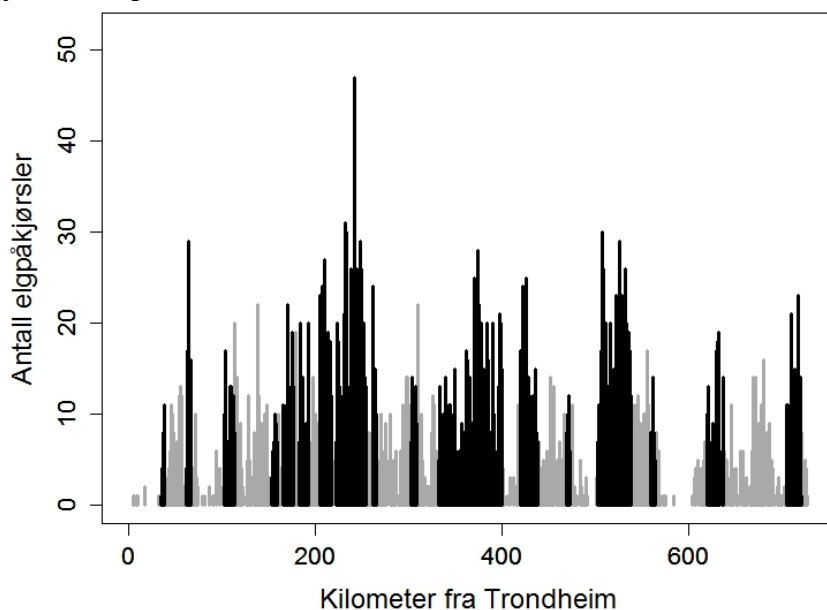


Fig 6.3. Gjenomsnittlig antall elgpåkjørsler pr. km og år i periodene 1991–1994 og 2009–2014 på Nordlandsbanen. Rapporteringsåret går fra 1. april i det oppgitte året til 31. mars påfølgende år. Strekninger prioritert av Jernbaneverket er nummerert.

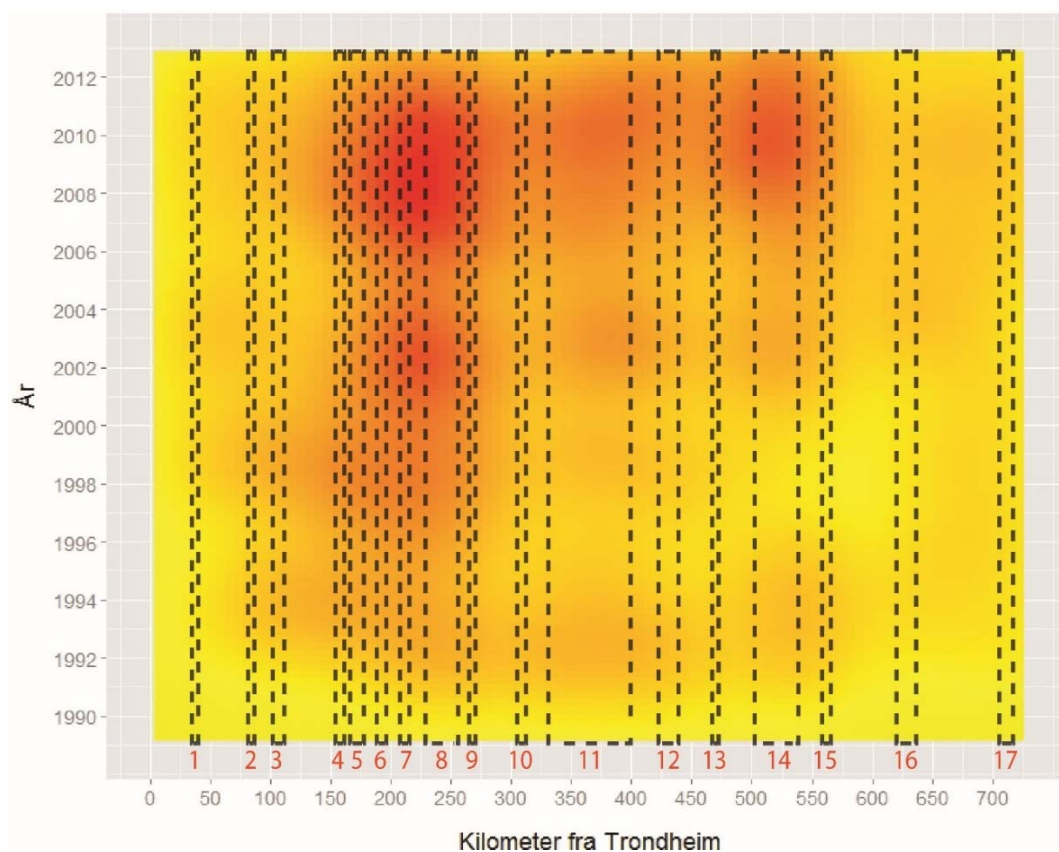
Elgpåkjørslene skjer langs en stor andel av Nordlandsbanen, og på bakgrunn av påkjørsler i perioden 2008–2012 prioriterte Jernbaneverket 17 delstrekninger hvor tiltak skulle prioriteres (fig. 6.3 og 6.4). På disse strekningene inntraff 67 prosent av ulykkene i perioden 1991–2013, mens de utgjør 39 prosent (280 av 726 kilometer) av lengden på Nordlandsbanen. Sammenlignet med hele tidsperioden, er det i den siste femårsperioden flere delstrekninger som har mer enn 0,5 elg påkjørt pr. km pr. år (oransje og røde delstrekninger). At andelen av Nordlandsbanen som kan sies å være ulykkesbelastet har økt bekreftes ved å se på utviklingen i antall påkjørsler over tid på alle kilometerstrekningene (fig. 6.3 og 6.5). Her fremgår det at frekvensen av påkjørsler har økt i mange delområder, og at den største relative økningen har skjedd på den nordlige delen av banen. Det siste samsvarer godt med at den prosentvise økningen i elgbestanden i perioden 1991–2013 synes å ha vært større i Nordland enn i Nord-Trøndelag (fig. 6.2).

Den grafiske framstillingen i fig. 6.5 antyder også at det nå er tre områder på til sammen ca. 340 kilometer (47 % av Nordlandsbanen) som peker seg ut med å ha relativt høy frekvens av påkjørsler over lengre delstrekninger. Ut i fra figuren kan vi grovt sett definere disse strekningene som 1) Kilometer 150–275 (lengde 125 km), 2) Kilometer 325–440 (lengde 115 km) og 3) Kilometer 470–570 (lengde 100 km). Det første området inkluderer seks prioriterte delstrekninger på til sammen 84 kilometer. Område to inkluderer to prioriterte delstrekninger på til sammen 89 kilometer, mens det tredje området inkluderer tre prioriterte delstrekninger på til sammen 46 kilometer. At de ulykkesbelastede strekningene er relativt lange samsvarer godt med den vedvarende romlige korrelasjonen i påkjørselsfrekvens over lengre strekninger som vi påviste i kap. 4. Denne romlige korrelasjonen indikerer at det er bakenforliggende årsaker på relativt stor skala som påvirker den høye sannsynligheten for elgpåkjørsler. Kanskje bør Jernbaneverket på bakgrunn av dette definere ulykkesbelastede områder på en noe større skala enn hva som gjort fram til nå (fig. 6.4). Ett eksempel kan være at strekningen mellom km 150–275 blir en prioritert delstrekning i stedet for seks delstrekninger med kort avstand mellom hver av dem. Dette også fordi ulykkesfrekvensen over tid kan være like stor på de korte delstrekningene imellom som i

dag ikke er prioritert (fig. 6.5). Den praktiske gjennomføringen av tiltak i hele området kan likevel planlegges for ulike delstrekninger alt etter tilgjengelige økonomiske budsjetter og tilgang til utstyr for gjennomføring. I påfølgende delkapitler (kap. 6.2–6.5) gjennomfører vi en mer detaljert analyse av hvilke romlige (geografiske) og tidsrelaterte faktorer som påvirker frekvensen av påkjørsler langs Nordlandsbanen.



Figur 6.4. Antall elgpåkjørsler på hver kilometerstrekning på Nordlandsbanen i perioden 1991 – 2013. Strekninger i jernbaneverkets handlingsplan er markert med svart. Jernbaneverkets prioritering er gjort på bakgrunn av påkjørsler i perioden 2008 – 2012.



Figur 6.5. Variasjon i antall elgpåkjørsler på Nordlandsbanen siden 1991. Fargekoden viser antallet påkjørsler pr. km og år der lys gul er ingen påkjørsler og intens rød er mange påkjørsler. Jernbaneverkets prioriterte strekninger for tiltak er markert med rektangler (stiplede linjer) og er nummerert fra 1–17. Navn og nærmere angivelse av fra-til-kilometer for hver prioritert delstrekning er oppgitt i fig. 6.3.

6.2 Mulige årsaker

Årsaken til den store variasjonen i antall elgpåkjørsler er sammensatt av en rekke faktorer som påvirker fordelingen av elg og tog på linja. Med mange tog og høy frekvens av elgkryssinger eller at elgen følger linja, øker sannsynligheten for en ulykke. Med kunnskap om når og hvor elgen krysser eller følger linja, og med hvilken frekvens, kan vi forutsi hvor og når det er mest sannsynlig å kjøre på en elg – gitt at det kommer et tog.

Dessverre har vi ingen slik nøyaktig kunnskap om elgens atferd, men vi har relativt god kunnskap om elgens aktivitet og områdebruk i ulike deler av året og gjennom døgnet. Basert på denne kunnskapen kan vi lage ulike forklaringsvariabler som vi vet eller forventer er relatert til sannsynligheten for elgpåkjørsler. I våre analyser har vi benyttet 14 ulike forklaringsvariabler (tabell 3.1) som grovt kan deles inn i to typer: 1) de som er relatert til tettheten av elg rundt jernbanen og 2) de som er relatert til sannsynligheten for at elgen krysser eller oppholder seg på linja. I tillegg forsøkte vi å inkludere interaksjoner mellom flere av variablene, altså tilfeller der effekten av en variabel er avhengig av størrelsen/mengden av en annen variabel.

Antall elg i nærheten av jernbanen kan påvirkes av menneskelige forstyrrelser. Tidligere studier av elg, blant annet fra Nord-Trøndelag, har vist at avstanden til nærmeste bygning kan benyttes som indeks på elgens tendens til å unngå områder med mye menneskelig aktivitet (Lykkja mfl. 2009, Rolandsen mfl. 2010). Vi inkluderte derfor denne informasjonen i våre analyser.

Antall tog som kjører på ulike deler av jernbanen kan påvirke sannsynligheten for en elgpåkjørsel. For et gitt tog, kan det faktum at mange andre tog har kjørt på samme strekning i perioden rett før, medføre en redusert sjanse for elgpåkjørsler for dette toget. Dette kan ha to ulike forklaringer. Enten kan elgen være skremt bort av forstyrrelsene som tog utgjør, eller den kan allerede være påkjørt av et annet tog. I analysene har vi derfor inkludert antall tog i de 24 foregående timene som potensiell forklaringsfaktor.

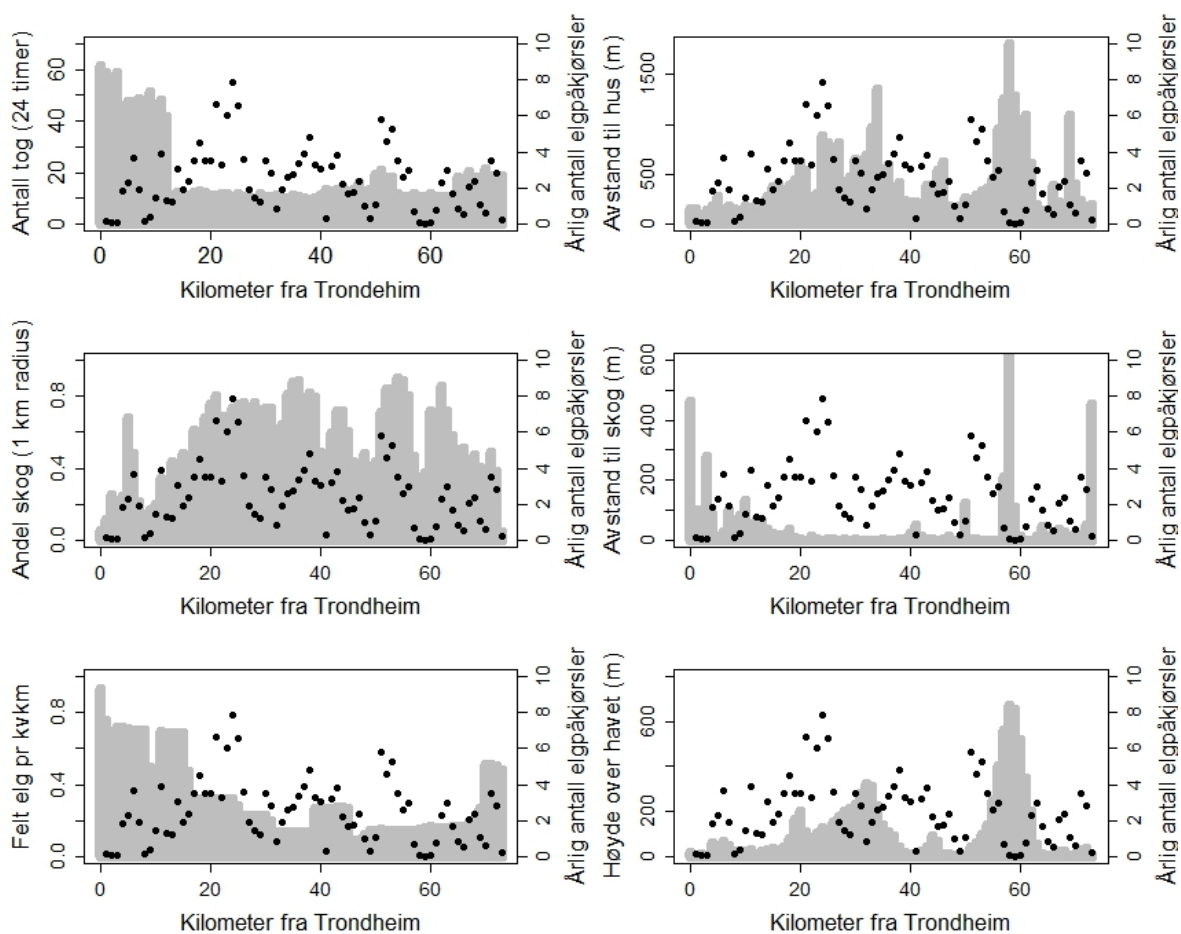
I analysene benyttet vi antall elg skutt pr. km² skog og myrareal i kommunen som mål på tettheten av elg i området. Fordi jaktuttaket stort sett tilsvarer den årlige tilveksten i norske elgbestander, er det et nært forhold mellom antallet elg skutt pr. km² og tettheten av elg mellom kommuner (Ueno mfl. 2014). I kommuner med høy avskyting pr. km² forventer vi at flere elg kjøres på, mens færre elg forventes påkjørt i kommuner med lav avskyting. Dette trenger imidlertid ikke alltid være tilfelle fordi en varierende andel av jernbanelinjen passerer gjennom skogkledt landskap i ulike kommuner. I tillegg til gjennomsnittlig elgtetthet har vi inkludert relativ utvikling av elgtettheten innen hver kommune som mulig forklaringsvariabel (tabell 3.1). Denne vil avdekke om endring i bestanden innen kommunen medfører endring i antall påkjørsler mellom år langs den delen av Nordlandsbanen som passerer gjennom kommunen.

I tillegg til den generelle tettheten i kommunen vil den lokale tettheten av elg langs linja variere med ulike forhold. Studier av GPS-merkede elger i Nord-Trøndelag viser at elgen oppholder seg 80–90 prosent av tiden i skog (Bjørneraas mfl. 2011, Bjørneraas mfl. 2011, Rolandsen mfl. 2010), og sannsynligheten for at elg oppholder seg nær jernbanelinja vil derfor være nært knyttet til forekomsten av skog nær jernbanen. I analysene benyttet vi tre ulike faktorer som på ulik romlig skala kan påvirke antall elg på jernbanen. Det var 1) andelen skog i en radius på 1 km rundt utvalgte punkt på jernbanelinja, 2) avstanden i meter fra punktet til nærmeste skog, og 3) om selve punktet var i skog.

Et annet element som påvirker den lokale tettheten er snødybden regionalt og lokalt. Denne er igjen påvirket av høyde over havet. Flere studier viser at elgen gjerne trekker fra snørike til mer snøfattige områder vinterstid, forutsatt at det finnes valgmuligheter innenfor rimelig avstand (Bunnefeldt mfl. 2011, van Moorter mfl. 2013). Høyereliggende områder, der snøen gjerne kommer tidligere og blir dypere, blir derfor ofte fraflyttet vinterstid, mens lavereliggende områder gjerne får en netto tilflytting av elg. På grunn av kortere vekstsesong vil høyereliggende områder også tilby mindre mat vinterstid enn lavereliggende områder. En rekke studier antyder at dyp snø i nærheten av banen kan få elgen til bruke linja som transportkorridor (Gundersen mfl. 1997,

Rea mfl. 2010). Derfor forventer vi størst påkjørselsfrekvens der jernbanen går gjennom snørike områder, gitt at det er elg der. I analysene har vi flere variabler som på ulike måter kan forventes å reflektere potensielle effekter relatert til snømengde. Dette er 1) gjennomsnittlig daglig snødybde langs Nordlandsbanen, 2) relativ snømengde som tilsvarer forskjellen mellom snødybden i et gitt punkt og gjennomsnittlig snødybde samme dag langs Nordlandsbanen, og 3) høyde over havet.

Temperatur har tidligere vist seg å påvirke påkjørselsfrekvensen på veg og jernbane, muligens fordi elgen er mer aktiv i kaldere vær (Andersen mfl. 1991, Gundersen & Andreassen 1998, Solberg mfl. 2009). Høyere aktivitet kan i sin tur medføre at elgen oftere krysser jernbanen og utsetter seg for større risiko. På samme måte som for snø, inkluderte vi både gjennomsnittlig daglig temperatur langs Nordlandsbanen og relativ temperatur i analysene.



Figur 6.6. Variasjonen i gjennomsnittlig antall påkjørsler (påkørselsfrekvensen, svarte prikker) og verdier for et utvalg forklaringsvariabler (stolper) pr. år fordelt på 10-km-segment fra Trondheim (0 km) til Bodø (726 km).

Når vi ser på variasjonen i et utvalg av de overnevnte variablene, er det flere som delvis samvarierer med påkjørselsfrekvensen langs Nordlandsbanen (fig. 6.6). For eksempel ser vi at ikke alle områder med høy gjennomsnittlig elgtetthet har mange påkjørsler, men endringer i tetthet innen et område (f.eks. kommune) over tid (relativ elgtetthet) kan likevel forventes å påvirke påkjørselsfrekvensen. Vi ser også at lavereliggende, mer snøfattige deler av jernbanen ikke alltid har høy frekvens av påkjørsler. Tilsvarende ser vi at alle delstrekninger med høy påkjørselsfrekvens går gjennom områder med skog, men det er ikke alltid at områder med skog har høy påkjørselsfrekvens. Dette betyr at flere forklaringsmekanismer kan være viktige, mest sannsynlig er det en kombinasjon av flere årsaker som ligger til grunn for den varierende påkjørselsfrekvensen.

Vi inkluderte også informasjon om avstand til nærmeste jernbanetunnel og jernbanebro i analysene. Dersom våre tilfeldige punkter havnet i en tunnel ble de utelatt fra analysene da det antas at elg ikke beveger seg inn og blir påkjørt i tunneler. Imidlertid kan det tenkes at områder nær tunnelåpninger kan kanalisere dyrs bevegelser og dermed påvirke sannsynligheten for påkjørsler. Siden vi ikke kan se bort fra en slik effekt inkluderte vi avstanden til nærmeste tunnel i analysene. Tilsvarende så inkluderte vi avstand til nærmeste jernbanebro siden en tidligere studie har funnet at risikoen for elgpåkjørsler økte nær jernbanebroer (Seiler 2011). Imidlertid påpekes det at motsatt effekt er funnet på veg, og det synes derfor uklart om funnene kan være forårsaket av samvariasjon med andre faktorer som ikke er inkludert. Det kan imidlertid tenkes at dyrs bevegelser kanaliseres av blant annet elver og at dette kan medføre økt kryssingsfrekvens ved jernbanebroer over elver.

6.3 Hva er årsaken til variasjonen i påkjørselsfrekvens?

I de statistiske modellene undersøkte vi den relative betydningen av de ulike forklaringsvariablene på sannsynligheten for at et tog skulle kjøre på en elg. Dette gjorde vi ved å sammenligne verdiene til de ulike forklaringsvariablene på alle påkjørselspunktene for elg ($n = 1754$) med verdiene fra et stort utvalg tilfeldige punkter ($n = 49\,601$) langs banen i perioden 1. april 2004–31. mars 2014. I en slik analyse vil det at vi for eksempel finner at påkjørselspunkt i gjennomsnitt er omgitt av dypere snø enn tilfeldige punkt på en gitt dag antyde at snødybden er viktig for sannsynligheten for å påkjøre en elg. Merk for øvrig at det er sannsynligheten for at et tog kjører på en elg som er responsvariabelen. Denne sannsynligheten vil variere litt forskjellig fra frekvensen av elgpåkjørsler ettersom antallet tog pr. døgn ikke er den samme på hele banen.

Den beste statistiske modellen viste at sannsynligheten for å kjøre på en elg er relatert til antallet tog foregående 24 timer, avstand til bebyggelse, andelen skog i nærområdet (1 km radius), distanse til nærmeste skog, høyde over havet, snødybden, temperatur og endring i elgtetthet innen kommune mellom år (relativ elgtetthet) (Tabell 6.1). Denne modellen var langt bedre enn en modell uten forklaringsvariabler (dvs. at påkjørselssannsynligheten fordeler seg helt tilfeldig i tid og rom), og modeller med kun en eller et fåtall forklaringsvariabler. Det var likevel to alternative modeller som hadde tilnærmet lik forklaringsgrad. Forskjellen var at den nest beste inkluderte avstand til jernbanebro, mens den andre inkluderte både avstand til jernbanebro og avstand til jernbanetunnel. Hverken avstanden til jernbanebro eller jernbanetunnel var imidlertid statistisk signifikant. Retningen på parameterestimaten antydet en eventuell økt påkjørselsfare med økende distanse til jernbanebroer og avtagende distanse til tunnel. På grunn av liten effektstørrelse og manglende signifikansnivå anser vi disse faktorene til å være av liten betydning på Nordlandsbanen.

Effekten av de ulike forklaringsvariablene som inngikk i den beste modellen var alle i forventet retning (tabell 6.2), men styrken av enkeltfaktorer i forhold til hverandre var ikke så høy at en enkelt faktor utpekte seg som den ene som kunne forklare en stor andel av den totale variasjonen i påkjørselsfrekvens. Sannsynligheten for å kjøre på en elg økte med økende avstand til bebyggelse og ble redusert dersom mange andre tog passerte samme sted i de foregående 24 timene. Sannsynligheten for elgpåkjørsler økte også med økende andel skog i 1 kilometers radius til jernbanen og dersom skogen var nær jernbanelinjen. Økende snømengde medførte også økende fare for elgpåkjørsler. I tillegg var det en negativ effekt av temperatur som antyder økt fare for elgpåkjørsler ved lavere temperaturer. Effekten av bestandstetthet var kun tydelig for endring i elgtetthet innen kommune mellom år (relativ elgtetthet), mens forskjellen i gjennomsnittlig elgtetthet mellom kommuner ikke ble med i modellen.

Tabell 6.1. Endring i AICc (Δ AICc) benyttes til å sammenligne alternative forklaringsmodeller, Δ AICc-verdier mindre enn 2 antyder at modellene har rimelig lik forklaringsevne. Modell 1 var den beste modellen. Nullmodellen er at elgpåkjørsler skjer tilfeldig på Nordlandsbanen.

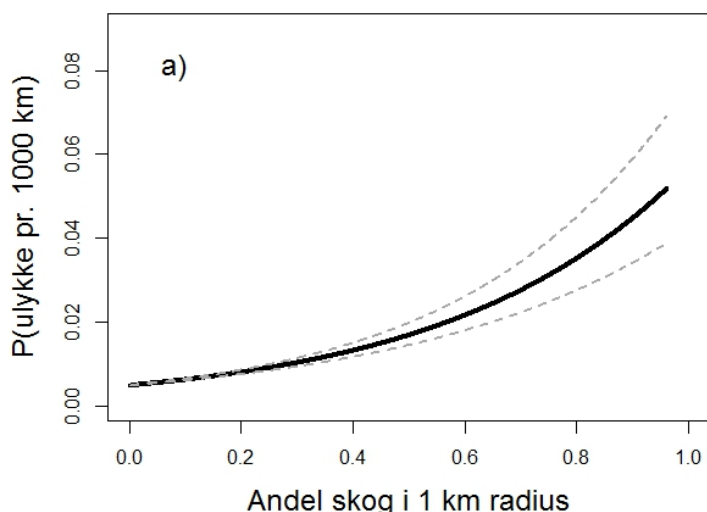
Bane	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Nullmodell
<i>Faktorer i modellene</i>				
Intercept	X	X	X	X
<i>Romlige faktorer</i>				
Avstand til bygning	X	X	X	
Antall tog siste 24 timer	X	X	X	
Andel skog i 1 km radius	X	X	X	
Distanse til skog	X	X	X	
Høyde over havet	X	X	X	
Avstand til jernbanebro		X	X	
Avstand til jernbanetunnel			X	
<i>Tidsrelaterte faktorer</i>				
Relativ elgtetthet	X	X	X	
Daglig snødybde	X	X	X	
Relativ snødybde	X	X	X	
Daglig temperatur	X	X	X	
<i>Interaksjoner</i>				
Daglig snødybde * Relativ snødybde	X	X	X	
<i>Modellsammenligning</i>				
AICc	11932,38	11932,40	11933,90	15080,20
Δ AICc	0,00	0,02	1,52	3147,20

Faktor	Effekt	p-verdi
Avstand til bygning (m)	+	p = 0,0135
Antall tog siste 24 timer	-	p < 0,0001
Andel skog i 1 km radius	+	p < 0,0001
Avstand til skog (m)	-	p = 0,0360
Høyde over havet (m)	-	p < 0,0001
Relativ elgtetthet	+	p = 0,0036
Daglig snødybde (cm)	+	p < 0,0001
Relativ snødybde (cm)	+	p < 0,0001
Daglig temperatur	-	p < 0,0001
Interaksjonen daglig snødybde * relativ snødybde	-	p < 0,0001

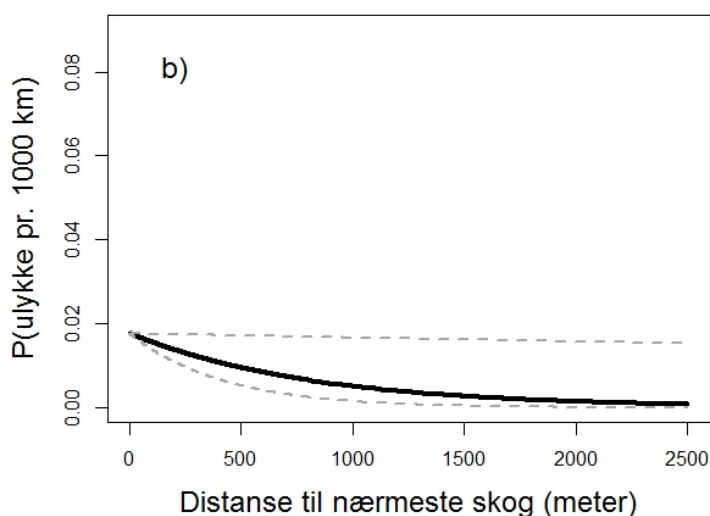
Tabell 6.2. Resultat fra den beste modellen (modell 1 i tabell 6.1). Vi benyttet en generalisert lineær blanda modell (GLMM). Effekt angir om sannsynligheten for en elgpåkjørsel økte (pluss) eller avtok (minus) med større verdier av faktoren. P-verdi angir signifikansnivået.

Den relativt store effekten av faktorer knyttet til forekomsten av skog (andelen skog i nærområdet og at avstanden til nærmeste skog) vitner om at elg fortrinnsvis oppholder seg nær jernbanen og krysser linja der det er skog. Andelen skog i 1 kilometer radius rundt påkjørselspunkter og tilfeldige punkter langs banen varierte fra 0 til 96 prosent. Elgpåkjørsler inntraff innenfor hele dette intervallet, men sannsynligheten økte vesentlig med økende andel skog (fig. 6.7a). Avstanden til nærmeste skog i påkjørselspunkter og tilfeldige punkter varierte fra 0 til 2500 meter eller mere. Elgpåkjørsler skjedde med ett unntak innenfor en avstand til skog lik 590 meter eller

nærmere. Det ene unntaket var en påkjørsel i Saltdal kommune hvor avstanden til nærmeste skog var 2268 meter og andel skog i 1 kilometer radius var null. Det er interessant å merke seg at 84 % (1475 av 1754) av påkjørslene er i skog (avstand = 0) og at 94 % (1699 av 1754) er innenfor en avstand på 100 meter fra skog. Dette stemmer godt med undersøkelser av elgens arealbruk fra Nord-Trøndelag som viste at elgen oppholder seg i skog mellom 80 og 90 % av tiden (Bjørneraas mfl. 2011, Rolandsen mfl. 2010). Andel skog innenfor 1 km radius og avstanden til skog var korrelert, men ikke på et nivå som tilsier at de ikke kan inngå som to ulike forklaringsfaktor i samme modell ($r = -0,39$, $p < 0,001$). Innledningsvis forsøkte vi også å benytte en variabel som kun ga informasjon om punktet var i skog eller ikke som et alternativ til avstand til skog. Denne bidro ikke like mye som avstand til skog som forklaringsvariabel.

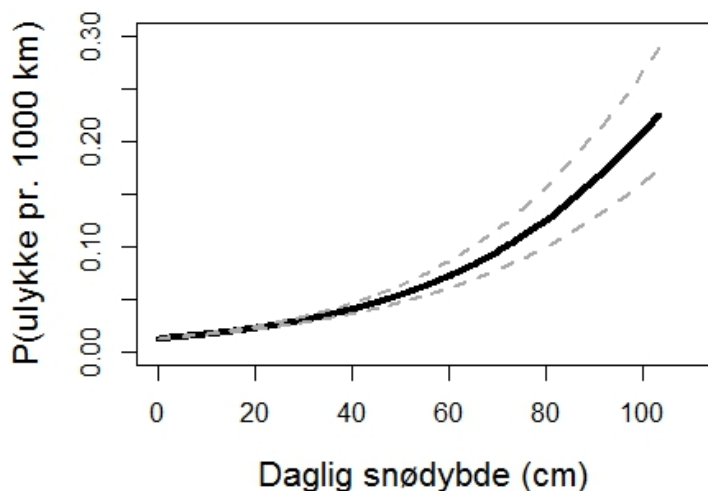


Figur 6.7. Sannsynligheten for en elgpåkjørsel i forhold til andelen skog innenfor 1 km radius (a) og distansen til nærmeste skog (b). Data fra Nordlandsbanen i perioden 2004/2005 – 2012/2013. Andre faktorer i modellen (tabell 6.2) er holdt på gjennomsnittlig nivå. Grå stiplete linjer angir ± 2 standardfeil.



I tillegg til skog var variasjonen i snøforholdene viktige for antallet påkjørsler. I modellen skilte vi mellom daglig snødybde og relativ snødybde. Førstnevnte angir den gjennomsnittlige snødybden på Nordlandsbanen på ulike dager i året, mens relativ snødybde er differansen mellom daglig snødybde og snødybden i de ulike målepunktene (ulykkespunkt og tilfeldig punkt langs linja). Begge variablene hadde en positiv effekt på påkjørselssannsynligheten, men størst var effekten av daglig snødybde.

Daglig snødybde varierte fra 0 til 103 cm der den dypeste snøen typisk ble registrert i månedene januar, februar og mars. På dette tidspunktet har de fleste elgene forflyttet seg fra høyereliggende sommerområder til lavereliggende vinterområder, med den følge at mye elg befinner seg rundt jernbanen i dalgangene. I tillegg er det sannsynlig at elgen i større grad oppholder seg på linja, og benytter denne som transportkorridor på dager med mye snø.



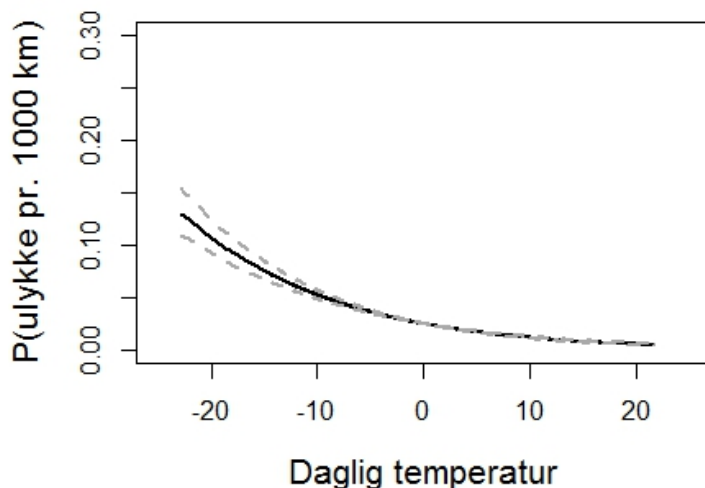
Figur 6.8. Sannsynligheten for en elgpåkjørsel i forhold til gjennomsnittlig daglig snødybde. Basert på alle elgpåkjørsler på Nordlandsbanen i perioden 2004/2005 – 2012/2013. Andre faktorer i modellen (tabell 6.2) er holdt på gjennomsnittlig nivå. Grå stiplete linjene angir ± 2 standardfeil.

At elgen benytter linja som transportkorridor kan muligens også forklare hvorfor vi finner et positivt forhold mellom påkjørselssannsynligheten og snødybden på ulike deler av banen. I utgangspunktet forventet vi at elgen vil forlate de mest snørike områdene vinterstid, med den følge at påkjørselssannsynligheten ville synke med økende relativ snødybde. Her er det imidlertid viktig å merke seg at modellen inneholder flere variabler som delvis avspeiler de samme forholdene. For eksempel hadde høyden over havet en forventet negativ effekt på påkjørselssannsynligheten, og det meste av snødybdens konsentrerende effekt på elgbestanden er sannsynligvis fanget opp av denne variabelen.

I praksis betyr dette at varierende snødybde kan ha både en negativ og positiv effekt på påkjørselssannsynligheten. Den negative effekten virker via elgens storskala områdebruk der dyp snø får elgen til å forlate området. Av den grunn finner vi lavere påkjørselssannsynlighet i mer høyereliggende enn lavereliggende områder (negativ effekt av høyde over havet, tabell 6.2). Innenfor vinterområdene vil imidlertid snødybden medføre flere elgpåkjørsler (positiv effekt, fig. 6.8) ettersom dypere snø sannsynligvis fører til at elgen oftere tyr til jernbanelinja som transportkorridor. Hvorvidt snødybden slår ut med positivt eller negativt fortegn vil derfor avhenge av gjennomsnittlig snødybde i området, og til en viss grad hvilke andre variabler som befinner seg i modellen. Det var derfor ikke overraskende at vi fant en signifikant negativ interaksjon mellom daglig og relativ snødybde. Denne antyder at effekten av variasjon i daglig snødybde er større der den gjennomsnittlige snødybden er mindre.

Daglig gjennomsnittstemperatur i området rundt banen hadde en negativ effekt på påkjørselssannsynligheten (fig. 6.9), og dette var forventet basert på erfaringer fra andre studier som antyder at flere elg blir påkjørt i kalde perioder vinterstid (Andersen mfl. 1991, Gundersen & Andreassen 1998, Rolandsen mfl. 2011, Solberg mfl. 2009). Muligens er forklaringen at elgen er mer aktiv i kaldere perioder og dermed krysser jernbanen (og veg) oftere. I vår modell, hvor vi også inkluderte sommertemperaturer, kan det imidlertid være at temperatureffekten også til dels skyldes de store endringene i elgens områdebruk fra sommer til vinter som følge av økende snødybde i høyden og konsentrasjon av elg rundt jernbanen. Følgelig var det en nær negativ sammenheng mellom daglig snødybde og daglig temperatur ($r = -0,64$, $p < 0,001$). Relativ høy korrelasjon mellom forklaringsfaktorer kan gjøre det utfordrende å skille den unike effekten av hver enkelt faktor. Effekten vedvarte imidlertid dersom vi kun benyttet data fra vinterperioden

(oktober–mars). For snømengde har vi kunnskap om mekanismene som knytter denne til økt sannsynlighet for påkjørsler (Olson mfl. 2015, Rolandsen mfl. 2010), mens for temperatur er mekanismene fremdeles lite studert og dermed mer uklar. At økt påkjørselsfare skyldes økt aktivitet i kalde perioder vinterstid må derfor anses som en høyst foreløpig forklaring som bør undersøkes nærmere.



Figur 6.9. Sannsynligheten for en elgpåkjørsel i forhold til gjennomsnittlig daglig temperatur. Basert på alle elgpåkjørsler på Nordlandsbanen i perioden 2004/2005 – 2012/2013. Andre faktorer i modellen (tabell 6.2) er holdt på gjennomsnittlig nivå. Grå stiplede linjene angir ± 2 standardfeil.

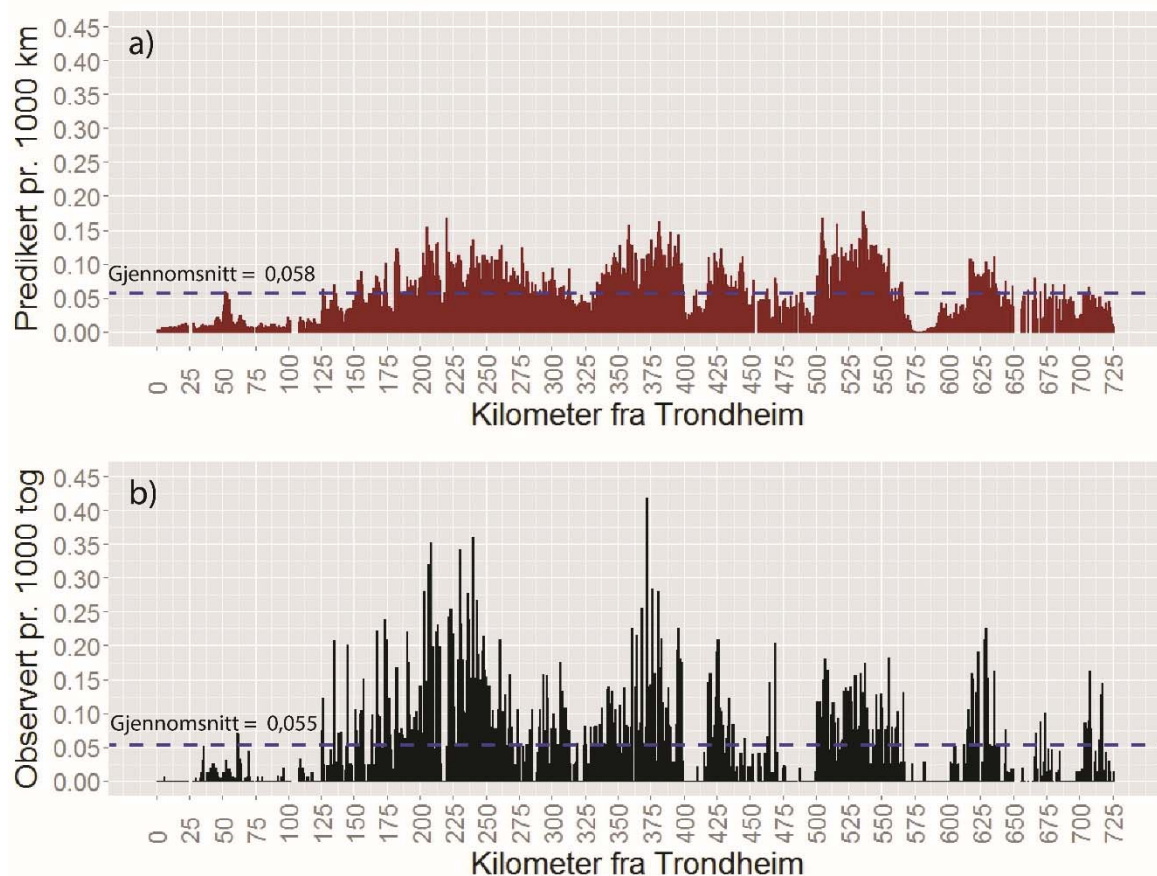
Sannsynligheten for å påkjøre en elg avtok dersom mange andre tog hadde passert de foregående 24 timene (Tabell 6.2). Dette var i samsvar med forventningene og kan skyldes at et tidligere tog allerede hadde kjørt på eller skremt bort elgen som oppholdt seg i nærheten av jernbanen. En annen forklaring kan være at elgen oppfatter jernbanen mer som en barriere dersom det er mange tog pr. tidsenhet. Fordi antallet tog er svært klumpvis fordelt kan vi heller ikke utelukke at det er andre forhold enn antallet tog som ligger til grunn for dette resultatet. På Nordlandsbanen kjører det flest tog på strekningen Trondheim–Steinkjer. Dette er et område hvor det bor mange mennesker og det kan derfor være at den observerte sammenhengen også skjuler effekter av annen menneskelig aktivitet som vi ikke har målt. Vi fant at avstanden til nærmeste bygning hadde en svak positiv effekt på sannsynligheten for påkjøre en elg. Med andre ord er det lavere sannsynlighet for å påkjøre en elg i områder som ligger nærme menneskelige aktivitetsområder. Det er imidlertid ikke sikkert at denne variabelen i tilstrekkelig grad fanger opp alle effekter av menneskelig forstyrrelser på elgens områdebruk. Rundt linja fra Trondheim til Steinkjer er det generelt kort avstand fra linja til nærmeste bygning, men i tillegg er det mye menneskelig aktivitet innenfor en større radius fra linja. Den samlede aktiviteten i dette området, kombinert med det faktum at jernbanen mange steder grenser mot fjorden i vest, har sannsynligvis en større effekt enn hva avstanden til nærmeste bygning i seg selv er i stand til å avspeile.

6.3.1 Hvor godt kan vi forutsi påkjørselssannsynligheten langs Nordlandsbanen?

Basert på den beste modellen viser vi i figur 6.10 de predikerte verdier for de ulike delstrekningene langs Nordlandsbanen. Disse verdiene viser med hvilken sannsynlighet vi kan forvente at et tog skal påkjøre en elg på de ulike kilometersegmentene på jernbanen basert på de ulike egenskapene i nærområdet til linja og på de ulike tidspunktene i året.

Sannsynligheten for påkjørsler varierer fra 0 der banen går i tunell, til 0,18 pr. 1000 km på en kilometerstrekning nord for Mo i Rana (fig. 6.10). På sistnevnte strekning forventer vi at én elg vil bli påkjørt omtrent for hver 5500 togpassering. Ettersom det her passerer ca. 10 tog i døgnet, betyr det at det går halvannet år mellom hver gang det påkjøres én elg på denne kilometerstrekningen ($((10 \cdot 365)/5500) = 1,5$). På samme strekning ble det observert 0,13 påkjørsler pr. 1000 tog. Dette illustrerer den mest slående forskjellen mellom predikerte og observerte verdier, nemlig at modellen underestimerer de høyest observerte påkjørselsfrekvensene. Tilsvarende synes modellen og overestimerer de laveste observerte påkjørselsfrekvensene (fig. 6.10).

Modeller fra observasjonsstudier som vi har gjennomført her gjenspeiler aldri et perfekt bilde av den observerte virkeligheten, men alt i alt ser vi at hovedmønsteret forklares av vår modell når vi sammenligner predikerte verdier med antallet elg påkjørt pr. 1000 togpasseringer (fig. 6.10). For eksempel forventer modellen lav påkjørselssannsynlighet på strekningen fra Trondheim til Steinkjer og høy sannsynlighet fra Grong til Namsskogan, noe som sammenfaller godt med observasjonene. Årsaken til de store forskjellene i påkjørselssannsynlighet her er sannsynligvis de kombinerte forskjellene i skogdekning, snødybde og avstand til folk. Tilsvarende finner vi et godt samsvar mellom predikerte og observerte verdier i området nord for Mo i Rana. Her er det hovedsakelig andelen skog og høyden over havet som gjør seg gjeldene. Særlig på Saltfjellet er det få påkjørsler, både fordi skogdekningen er lav og fordi høyden over havet og snødybden gjør det lite sannsynlig at elgen oppholder seg her vinterstid.



Figur 6.10. (a) Predikert sannsynlighet (P) for at et tog skal påkjøre en elg på Nordlandsbanen (a, røde stolper) basert på den beste modellen (tabell 6.2) og (b) observert antall elg påkjørt pr. 1000 tog (svarte stolper) på Nordlandsbanen i perioden 2004–2013. Predikerte og observerte verdier er gjennomsnitt pr. km-segment. Manglende predikerte verdier er tunneller langs banen. Banen strekker seg fra Trondheim (km 0) til Bodø (km 728,8) via følgende stasjoner: Stjørdal (km 34,7), Levanger (km 83,9), Steinkjer (125,5 km), Grong (km 219,5), Lassemoen (km 254,6), Namsskogan (km 290,3), Majavatn (km 321,7), Trofors (367,2), Mosjøen (406,0), Bjerka (468,7), Mo i Rana (498,0), Dunderland (543,1), Lønsdal (602,2), Røklund (634,4), Fauske (674,2).

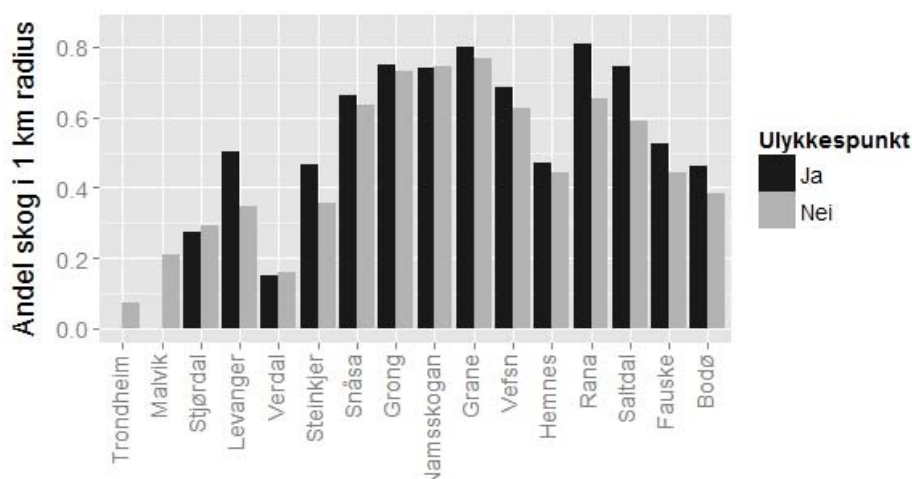
Ved å studere i detalj hvor ulykkene inntreffer (f.eks. tabell 6.3), finner vi at de ulike variablene også kan påvirke sannsynligheten for elgpåkjørsler med ulik styrke i forskjellige områder. For eksempel ser vi i områder hvor det i utgangspunktet er en lavere andel skog langs banen, slik som i Levanger og Steinkjer, at det er svært markant forskjell i andel skog mellom ulykkespunkter og tilfeldig punkter uten ulykker (Fig. 6.11). Dette antyder at ulykkene er enda nærmere knyttet til steder med stor andel skog nær jernbanelinja i kommuner med mindre andel skog. Dette stiller

seg annerledes i kommuner med høy andel skog (f.eks. Grong) ettersom det her er skog langs stort sett hele banen. Det er følgelig viktig med variasjon i en faktor for å kunne avdekke hvordan faktoren påvirker påkjørselssannsynligheten. For eksempel ville andelen skog ikke nødvendigvis framkommet som en viktig faktor dersom vi kun gjorde en analyse i Grong, mens den ville framstått som svært viktig i Levanger. Dette til tross for at den større andelen skog i Grong er en av hovedårsakene til at påkjørselssannsynligheten her er større enn i Levanger. Dette henger sammen med hvordan ulike landskap i ulik grad kanaliserer dyrs bevegelser (se Diskusjonen og fig. 8.1).

Tabell 6.3. Eksempler på hvordan sannsynligheten for elgpåkjørsler er et produkt av variasjon i romlige faktorer på utvalgte strekninger på Nordlandsbanen.

Faktor	Nordlandsbanen	Km 22 - Malvik	Km 52 - Levanger	Km 206 - Grong	Km 505 - Rana
P (ulykke pr. 1000 km)	0,058	0,013	0,062	0,192	0,168
Avstand til bygning (m)	453	136	433	425	288
Antall tog siste 24 timer	19	60	43	10	17
Andel skog i 1 km radius	0,56	0,36	0,91	0,90	0,85
Snødybde i cm (okt.–april)	17	3,8	6,9	35,4	52
Temperatur (okt.–april)	4	5,6	4,4	1,0	0,1
Høyde over havet (m)	120	7	22	141	12
Distanse til skog	63	33	0	0	0

I modellanalysene over testet vi også betydningen av en rekke andre interaksjoner mellom forklaringsvariabler, hvorav flere antydte en viss betydning (eks. interaksjonen kommune*skog). På grunn av det høye antallet forklaringsvariabler og kompliserte interaksjonsstruktur, fikk vi imidlertid problemer med å få de aktuelle modellene til å konvergere. Vi valgte derfor å utelate mange interaksjonsledd fra modellene, men ser ikke bort fra at en mer komplisert modell kunne ha bidratt til en enda bedre forklaringsgrad mellom predikerte og observerte verdier.



Figur 6.11. Gjennomsnittlig andel skog i 1 km radius fra ulykkespunkter og punkter uten ulykker. Verdiene er gjennomsnittsverdier innenfor hver kommune Nordlandsbanen passerer på tur fra Trondheim til Bodø.

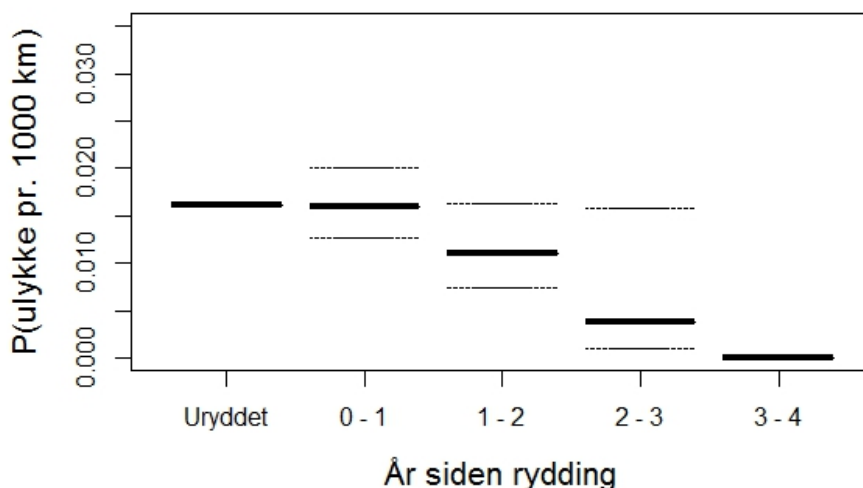
6.4 Effekten av vegetasjonsrydding på antall elgpåkjørsler

For å undersøke effekten av vegetasjonsrydding på sannsynligheten for at en elgpåkjørsel skjer kontrollerte vi først for andre faktorer som påvirker antall elgpåkjørsler (kapittel 6.2 og 6.3).

Først sammenlignet vi strekninger som var ryddet med strekninger som ikke var ryddet, uten å kontrollere for antall år siden vegetasjonsrydding. I denne analysen fant vi ingen sikker effekt av vegetasjonsrydding på sannsynligheten for at elgpåkjørsler skjer ($p > 0.10$).

Vi gjentok deretter analysen med informasjon om antall år siden det var ryddet på ulike strekninger. Denne modellen medførte en betydelig bedre forklaring på variasjon i antall elgpåkjørsler (AICc ble redusert med 3,81 i forhold til modell 1, tabell 6.1). Dette antyder at vegetasjonsryddingen har hatt en viss betydning for sannsynligheten for elgpåkjørsler. Det første året etter at det ble ryddet fant vi ingen klar effekt av rydding ($p = 0,901$), mens vi finner en nedadgående sannsynlighet for antall ulykker i år 1-2 ($p = 0,048$). Denne tendensen ble forsterket når det var 2-3 år siden vegetasjonsrydding ($p = 0,042$). Generelt var det stor usikkerhet på parameterestimatene, og særlig i år 3-4 etter rydding (fig. 6.12). Årsaken til det usikre estimatet for 3-4 år etter rydding skyldes sannsynligvis at analysen inneholdt svært få strekninger hvor det var så lenge siden det hadde blitt vegetasjonsryddet.

Variasjon i resultatene mellom år og den statistiske usikkerheten gjør det vanskelig å konkludere med hensyn på hvor stor nedgang i antall elgpåkjørsler som kan forventes etter vegetasjonsrydding. Sammen med den klare effekten av avstand til skog (se over) er det all grunn til å tro at vegetasjonsrydding i en viss bredde rundt jernbanen vil redusere sannsynligheten for elgpåkjørsler. Imidlertid er det på bakgrunn av de tilgjengelige data vanskelig å evaluere hvor langt ut fra jernbanelinja det må ryddes for å oppnå en vesentlig effekt. Blant annet fant vi at effekten av rydding syntes å være avhengig av om temperatur var med i modellene. Siden vi mangler temperaturdata på den nødvendige romlige oppløsningen for de to siste årene gjentok vi analysene av effekten av skogrydding med disse to årene, men da uten temperatur i modellen. Effekten av ryddetiltakene syntes da og avta. Årsaken til de «ustabile» resultatene tror vi kan skyldes at effekten av vegetasjonsrydding kan avhenge av faktorer som snø og temperatur, eller andre faktorer som er korrelert med disse. For eksempel kan det tenkes at vegetasjonsryddede strekninger har mer tilgjengelig beite i år med lite snø, og at dette medfører flere påkjørsler fordi antall elg ved jernbanelinja øker. Framtidige analyser bør derfor inneholde informasjon om gjenvekst av beitetrær og håndtering av hogstavfall fordi dette kan påvirke beiteforholdene langs jernbanen. Før vi kan konkludere med effekten av vegetasjonsrydding må det derfor gjøres oppfølgende undersøkelser der dette blir nærmere undersøkt.



Figur 6.12. Sannsynligheten for en elgpåkjørsel i forhold til antall år etter vegetasjonsrydding sammenlignet med strekninger hvor det ikke er ryddet. Basert på elgpåkjørsler langs Nordlandsbanen i perioden 2004/2005–2012/2013. Alle andre faktorer i modellen (tabell 6.2) er holdt på gjennomsnittlig nivå. De grå stiplede linjene angir ± 2 standardfeil. Estimater for 3-4 år etter rydding var svært usikkert og usikkerhetsintervallet havnet derfor langt utenfor akseintervallene (se tabell 6.4).

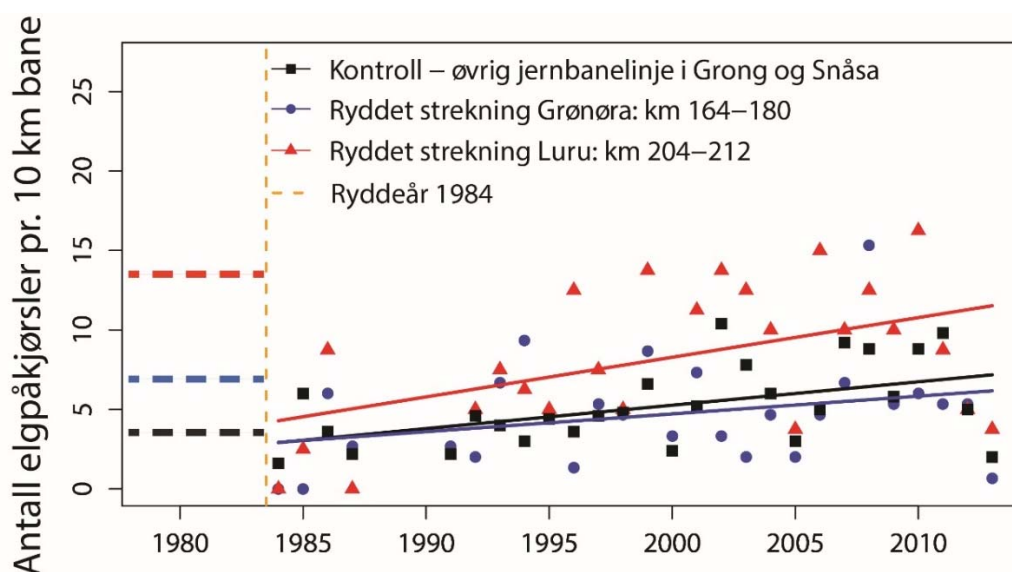
Tabell 6.4. Estimert sannsynligheten for elgpåkjørsler for uryddete strekninger og strekninger med ulik tid siden vegetasjonsrydding. Resultat fra den beste modellen (Modell 1 i tabell 6.1).

Faktor	Sannsynlighet	p-verdi
Uryddete strekninger	0,0162	
0–1 år siden rydding	0,0160	p = 0,901
1–2 år siden rydding	0,0114	p = 0,048
2–3 år siden rydding	0,0038	p = 0,042
3–4 år siden rydding	0,000000011	p = 0,992

6.5 Tretti år etter vegetasjonsrydding

I 1984 ble det gjennomført vegetasjonsrydding på to strekninger i kommunene Snåsa og Grong i Nord-Trøndelag. Gjennomføringen av tiltakene, analysene og resultatene er godt dokumentert (Jaren mfl. 1991, Wiseth & Pedersen 1985, Wiseth & Pedersen 1989), og gir oss dermed en unik mulighet for å lære om langtidseffekten av vegetasjonsrydding.

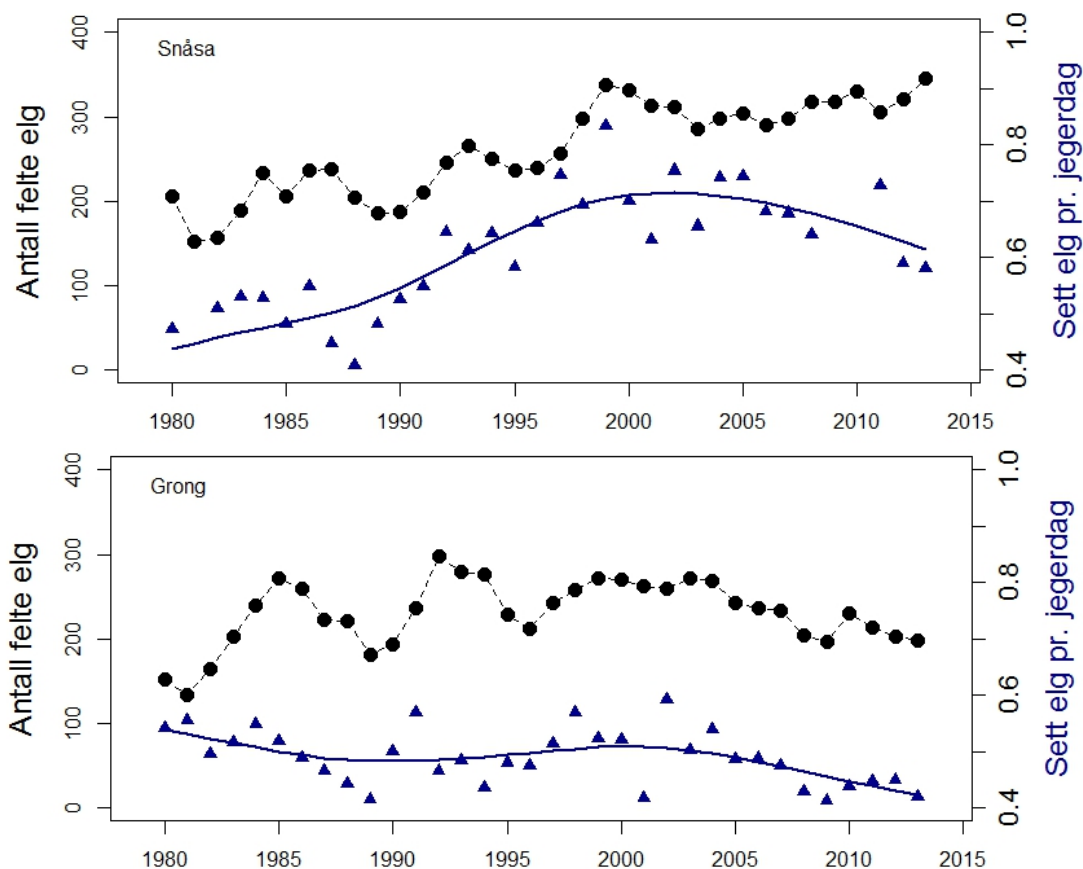
De to strekningene som ble ryddet var Grønøra (lengde 15 km) i Snåsa kommune, og Luru (7,3 km) som ligger i Grong og Snåsa kommuner. Alle store trær ble fjernet i et 20 meter bredt belte på hver side av jernbanelinja. I et 10 meters belte utenfor dette arealet ble all undervegetasjon ryddet, samt at gjenstående trær i dette arealet ble oppkvistet inntil 3–4 meters høyde. Som undervegetasjon regnet man alt einer- og lauvkratt med høyde under 4 meter. To år etter rydding ble området sprøytet med roundup for å holde ettervekst av vegetasjon nede. Behandlingen ga et 60 meters bredt belte som ikke skulle tilby elgen vinterbeite eller skjul. Dette skulle bidra til at elg ikke oppholdt seg der over lengre tid. I tillegg ønsket man å oppnå at togførere fikk bedre sikt, og lettere kunne foreta nedbremsing dersom dyr ble oppdaget på linja.



Figur 6.13. Antall elgpåkjørsler pr. år på to strekninger hvor det ble gjennomført vegetasjonsrydding (rød og blå) og på kontrollstrekningen (svart). For perioden før rydding (1980–1983) er det angitt gjennomsnittlig antall påkjørsler pr. år i fireårsperioden. Kontrollstrekningen utgjorde den øvrige jernbanelinja i Snåsa og Grong unntatt km 243–251 lengst nord i Grong (Folmer). Dette området ble delvis ryddet, og i den opprinnelige studien ble området derfor ikke tatt med i kontrollstrekningen (Wiseth & Pedersen 1989). Det samme er gjort for perioden 1991–2013. Rapporteringsåret tilsvarer jaktåret (1.4.–31.3.) og benevnes med første kalenderåret. Data for perioden 1980–1987 er hentet fra Wiseth and Pedersen (1989), mens data for perioden 1991–2013 er hentet fra Banedata (Jernbaneverket). Data for perioden 1988–1990 var ikke tilgjengelig.

I den opprinnelige analysen ble antall elgpåkjørsler i en 4-årsperiode før sammenlignet med en 4-årsperiode etter tiltakene ble gjennomført. Samlet for de to områdene fant man en reduksjon fra ca. 21 påkjørsler pr. år før rydding, til ca. 5 påkjørsler pr. år etter rydding var gjennomført. Dette ble sammenlignet med utviklingen i påkjørsler i et kontrollområde. Det ble færre påkjørsler både i områdene som ble ryddet og i kontrollområdet, men nedgangen var størst i områdene som ble ryddet. Konklusjonen var at antall påkjørsler var redusert med ca. 56 prosent. Usikkerheten i estimatet var 16 prosent. Med andre ord antok man at tiltakene hadde medført mellom 40 og 72 prosent nedgang i antall påkjørsler (Jaren mfl. 1991, Wiseth & Pedersen 1989).

Vår mål var å undersøke den langsiktige utviklingen i antall elgpåkjørsler på de samme strekningene etter at tiltakene ble gjennomført i 1984. Vi ser en klar tendens til at antall elgpåkjørsler har vist en økende trend fram til begynnelsen av 2000-tallet (fig. 6.13), noe som samsvarer med økende elgbestand i Snåsa ($r = 0,40$, $p = 0,02$, fig. 6.14) og i Nord-Trøndelag for øvrig (fig. 6.2). Det var ikke en tilsvarende korrelasjon mellom antall påkjørsler og bestandsstørrelsen i Grong. Vi tror dette har sammenheng med at vinterbestanden av elg i Grong i mindre grad reflekteres av høstbestanden (antall felte elg og sett elg pr. jegerdag). For eksempel har studier av GPS-merka elg i Nord-Trøndelag vist at en stor andel av elgene som ble merket på vinteren i Grong kommune, når de fleste påkjørsler skjer, vandret til andre områder om sommeren og i jakta. De vandret til områder i seks andre norske kommuner (Overhalla, Namsskogan, Høylandet, Lierne, Røyrvik og Grane) og i ett tilfelle over til Sverige (Rolandsen mfl. 2010).



Figur 6.14. Antallet elg skutt (svarte sirkler) og sett elg pr. jegerdag (indeks på elgtetthet, blå trekanten) i kommunene Snåsa og Grong i perioden 1980–2013. Data fra SSB (www.ssb.no), Hjorteviltregisteret (www.hjorteviltregisteret.no) og Miljøvernabdelingen hos Fylkesmannen i Nord-Trøndelag. Trendkurven for sett elg pr. jegerdag er beregnet fra en generalisert additiv modell (GAM). Rapporteringsåret tilsvarer jaktåret (1.4.–31.3) og benevnes med første kalenderåret.

Det var ingen signifikant forskjell på stigningstallet mellom kontrollområdet og de to strekningene som ble ryddet (interaksjon mellom år og område, $p > 0,2$). Dersom vi undersøkte hver strekning for seg var det en signifikant økning i kontrollområde ($p = 0,008$) og i Luru ($p = 0,015$), men ikke i Grønøra ($p = 0,13$). Men til tross for dette var det ikke mulig å påvise en statistisk sikker forskjell mellom områdene.

I perioden før rydding (1980–1983) var det 400 prosent og 144 prosent flere påkjørsler pr. 10 km i henholdsvis Luru og Grønøra sett i forhold til kontrollområdet. I siste femårsperiode (2009–2013) var dette endret til 37 prosent flere ulykker i kontrollen enn på Grønøra. I Luru var det 39 prosent flere ulykker enn i kontrollområdet.

Dette er antagelig en bekreftelse på at vedlikeholdet av de ryddede strekningen ikke har vært tilstrekkelig for å unngå økning i antall påkjørsler. Alternativt er vesentlige deler av kontrollstrekningen blitt ryddet, og dette kan medføre at vi underestimerer effekten av vegetasjonsrydding.

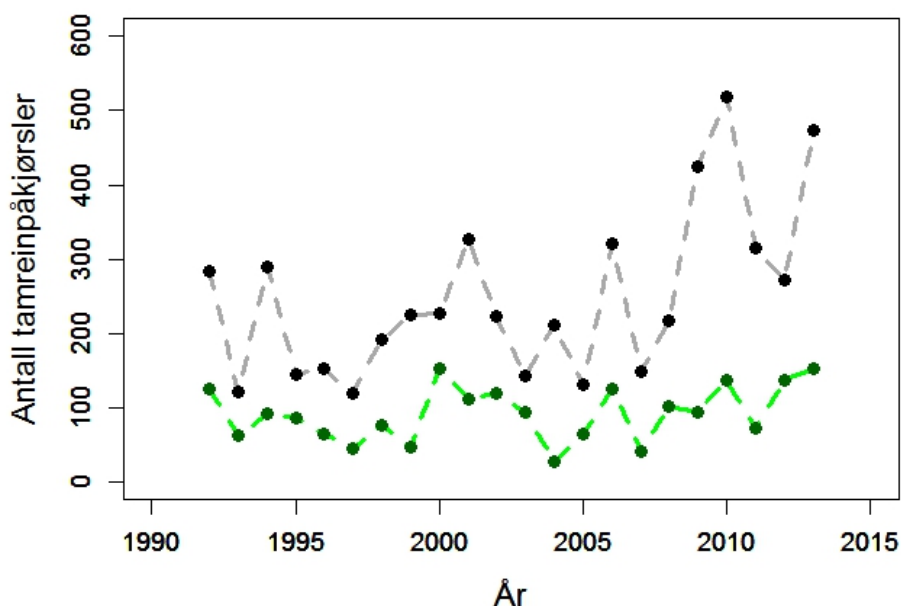
Hva som er foretatt av vegetasjonsrydding eller andre tiltak etter 1987 på strekningene som ble ryddet og i kontrollområdet, har vi ikke hatt tidsmessige ressurser til å innhente informasjon om. Dette kan ha betydning for hvordan resultatene bør tolkes, og i en eventuell senere analyse bør det undersøkes om slik informasjon finnes. Likevel gir dette en viss grunn til optimisme siden det antyder at antall elgpåkjørsler kan bli redusert i lang tid etter at vegetasjonsrydding er gjennomført.

7 Tamreinpåkjørsler på Nordlandsbanen

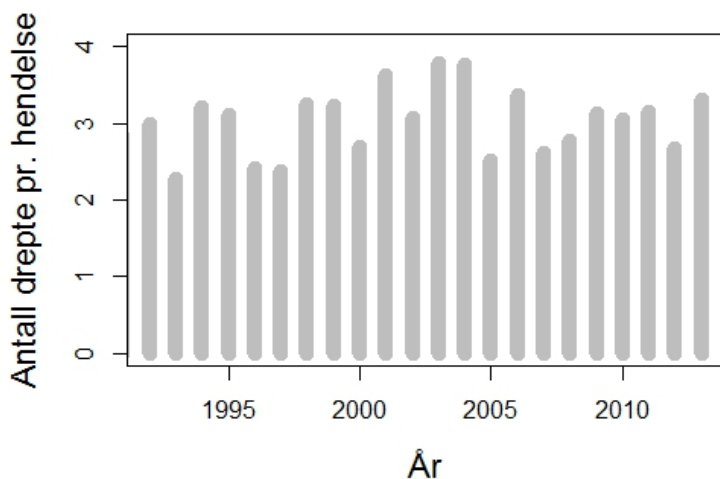
I den andre case-studien analyserer vi hvordan antallet tamrein påkjørt av tog har variert over tid og mellom delstrekninger på Nordlandsbanen, og i hvilken grad varierende bestandsstørrelse og snødybde har påvirket frekvensen. Vi har også vurdert effekten av ulike tiltak iverksatt for å redusere påkjørselsfrekvensen på prioriterte delstrekninger.

7.1 Antallet tamreinpåkjørsler i tid og rom

Antallet tamreinpåkjørsler på Nordlandsbanen økte i perioden 1992–2014 (korrelasjon, $r = 0,55$, $p = 0,008$), og spesielt stor var veksten i påkjørselsfrekvens fra 2008 til 2010 (fig. 7.1). I siste femårsperioden ble det i gjennomsnitt påkjørt 401 tamrein årlig, mot 198 tamrein pr. år i perioden 1992–1996. I gjennomsnitt ble det drept i underkant av 3 rein pr. kollisjon (hendelse), og uten noen klar trend i løpet av studieperioden (fig. 7.2). Økningen i antallet rein drept på jernbanen skyldes derfor hovedsakelig en økning i antallet kollisjoner med rein og ikke en økning i antallet rein drept pr. hendelse.



Figur 7.1. Antall tamrein registrert påkjørt på Nordlandsbanen i perioden 1992–2013 vist som samlet antall for hele året (grå/svart) og kun i sommerhalvåret (grønt, april-oktober). Rapporteringsåret går fra 1. april det oppgitte året til 31. mars påfølgende år. Kilde: Jernbaneverkets database (Banedata).



Figur 7.2. Gjennomsnittlig antall drepte tamrein pr. tamreinpåkjørsler i perioden 1992 – 2013. Kilde: Jernbaneverkets database (Banedata).

Tamreinpåkjørslene skjer i all hovedsak innenfor 8 ulike delstrekninger på Nordlandsbanen (fig. 7.3), og på nesten alle disse har det vært en økning i påkjørselsfrekvens (fig. 7.3). Dette gjelder ikke minst på de strekningene Jernbaneverket har definert som prioriterte strekninger for tiltak mot tamreinpåkjørslar (strekning 1–5 i fig. 7.3). På deler av tre strekninger (1, 3 og 5) ble det påkjørt > 0,75 tamrein pr. km pr. år i den siste femårsperioden, mens det på strekning 2 og 4 ble påkjørt færre (Fig 7.3 og 7.4).

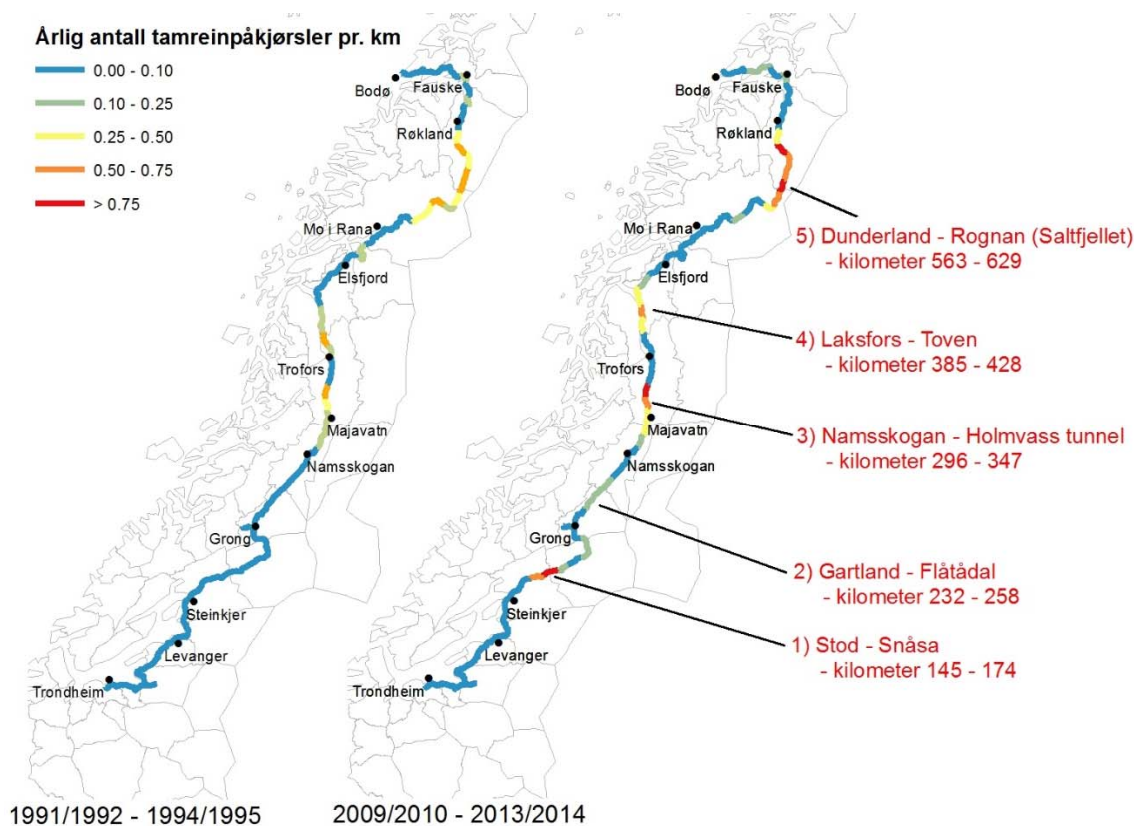
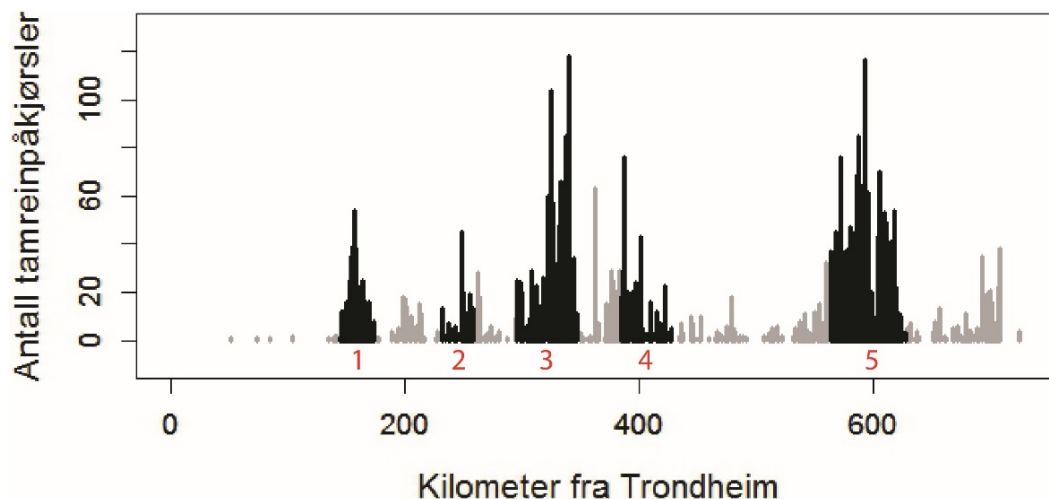


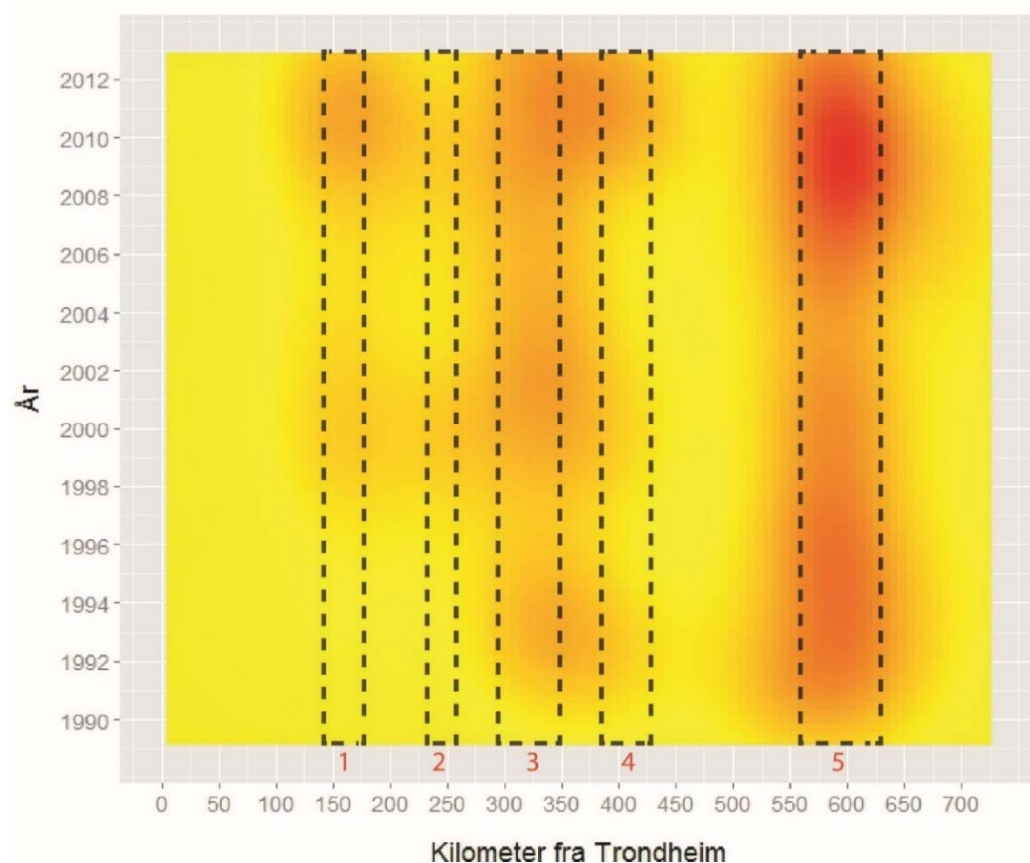
Fig 7.3. Gjennomsnittlig antall tamreinpåkjørslar (hendelser) pr. km pr. år i perioden 1991–1994 (venstre) og perioden 2009–2013 (høyre) på Nordlandsbanen. Rapporteringsåret går fra 1. april det oppgitte året til 31. mars påfølgende år. Jernbaneverkets prioriterte strekninger for tiltak mot tamreinpåkjørslar er nummerert (1–5) (se også fig. 7.4).

På de prioriterte strekningene var det mer enn gjennomsnittlig antall tamreinpåkjørslar pr. km (fig. 7.3 og 7.4), men ikke alle har vært utpregede ulykkesområder i hele studieperioden (fig. 7.5). Særlig gjelder dette for strekningene 1 og 4, som først de senere årene har fremstått som ulykkesbelastet (hotspots). Motsatt ser vi at Saltfjellet (strekning 5) har hatt vedvarende mange påkjørsler gjennom hele perioden, og det samme gjelder delvis for strekningen Namsskogan–Holmvassdalen (strekning 3). Det er også verdt å merke seg at deler av strekningen mellom 3 og 4 utmerker seg med mange påkjørsler, særlig km 362 og km 377–384 (fig. 7.4 og 7.5).

Sammenlignet med de øvrige delstrekningene er det grunn til å stille spørsmål om strekning 2 er spesielt ulykkesbelastet (hotspot) ut i fra kriteriet om antall hendelser hvor tamrein blir påkjørt. Årsaken til at strekningen ble prioritert er riktignok fordi det i perioden 2008–2012 var mer enn 0,5 påkjørsler pr. km og år. Imidlertid skyldes 87 prosent av alle påkjørslene på denne strekningen påkjørsler i ett år (69 påkjørte tamrein i 2009). Ser vi bort fra dette året er det i gjennomsnitt påkjørt 0,08 tamrein pr. kilometer og år. Vi setter spørsmål ved om slike sjeldne tilfeller med mange dyr som påkjøres i enkelte år (fig. 7.4), bør tillegges så stor vekt uten at man vet mer om den bakenforliggende årsaken til slike sjeldne hendelser. Særlig på strekninger hvor det ellers er relativt få ulykker.



Figur 7.4. Antall tamreinpåkjørslar på hver kilometerstrekning på Nordlandsbanen i perioden 1992–2013. Jernbaneverkets prioriterte strekninger for tiltak mot tamreinpåkjørslar er markert med svarte stolper og røde tall (1: Stod–Snåsa, 2: Gartland–Flåtådal, 3: Namsskogan–Holmvasselv tunnel, 4: Laksfors–Toven, 5: Dunderland–Rognan (Saltfjellet)).



Figur 7.5. Variasjon i antall tamreinpåkjørslar på Nordlandsbanen siden 1992. Fargekoden viser antallet påkjørslar pr. km og år der lys gul er ingen påkjørslar og intens rød er mange påkjørslar. Jernbaneverkets prioriterte strekninger for tiltak er markert med rektangler (stiplede linjer). Strekningene er 1: Stod–Snåsa, 2: Gartland–Flåtådal, 3: Namsskogan–Holmvasselv tunnel, 4: Laksfors–Toven, og 5: Dunderland–Rognan (Saltfjellet).

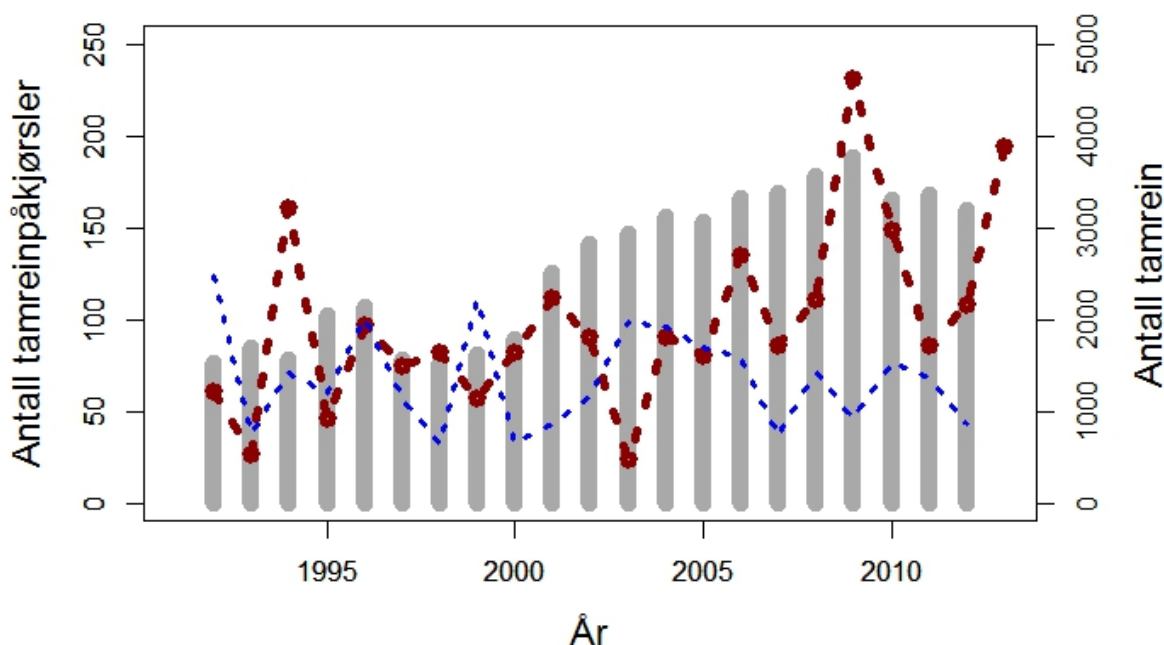
I det følgende analyserer vi nærmere variasjonen i påkjørselsfrekvensen på tre av de mest belastede strekningene.

7.1.1 Strekingen Dunderland–Rognan (Saltfjellet)

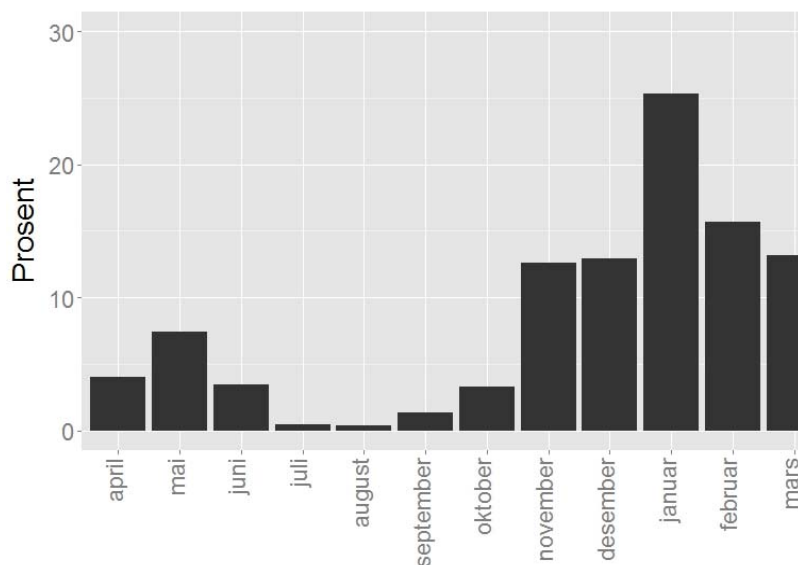
I Jernbaneverkets handlingsplan er prioritert strekning nr. 5 avgrenset til kilometer 563–629 på Saltfjellet. Selv om majoriteten av tamreinpåkjørsler skjer på denne strekningen, har vi utvidet våre analyser til å omfatte strekningen mellom kilometer 532–640 for å få med alle tamreinpåkjørsler i området. I Banedata er 2017 (92 %) av påkjørslene registrert mellom km 563 og 629 mens ytterligere 167 (8 %) er registrert på den utvidete strekningen.

I gjennomsnitt ble 95 tamrein påkjørt pr. år på Saltfjellet i perioden 1992/1993–2012/2013, variierende fra 24 til 231 påkjørsler (fig. 7.6). Ca. 80 prosent av påkjørslene skjedde i perioden november–mars (fig. 7.7), sannsynligvis fordi jernbanen går tvers gjennom viktige vinterbeiteområder i Saltfjellet reinbeitedistrikt.

For Saltfjellet reinbeitedistrikt økte antall tamreinpåkjørsler med økende reintall (fig. 7.6, $p = 0,04$). Vi fant imidlertid ingen effekt av gjennomsnittlig snødybde (fra Lønsdal målestasjon) når vi samtidig kontrollerte for antall rein i bestanden ($p = 0,46$). De store årlige utslagene antyder likevel at spesifikke forhold vinterstid ligger til grunn for mye av variasjonen i påkjørselsfrekvens. Snøforholdene i andre deler av reinbeitedistriktet kan være av betydning og likeledes andre forhold som påvirker reinens mulighet til å finne mat. Det var antatt at det høye antallet påkjørsler i 2009–10 skyldtes nedising av beiteområder (Busengdal mfl. 2014).



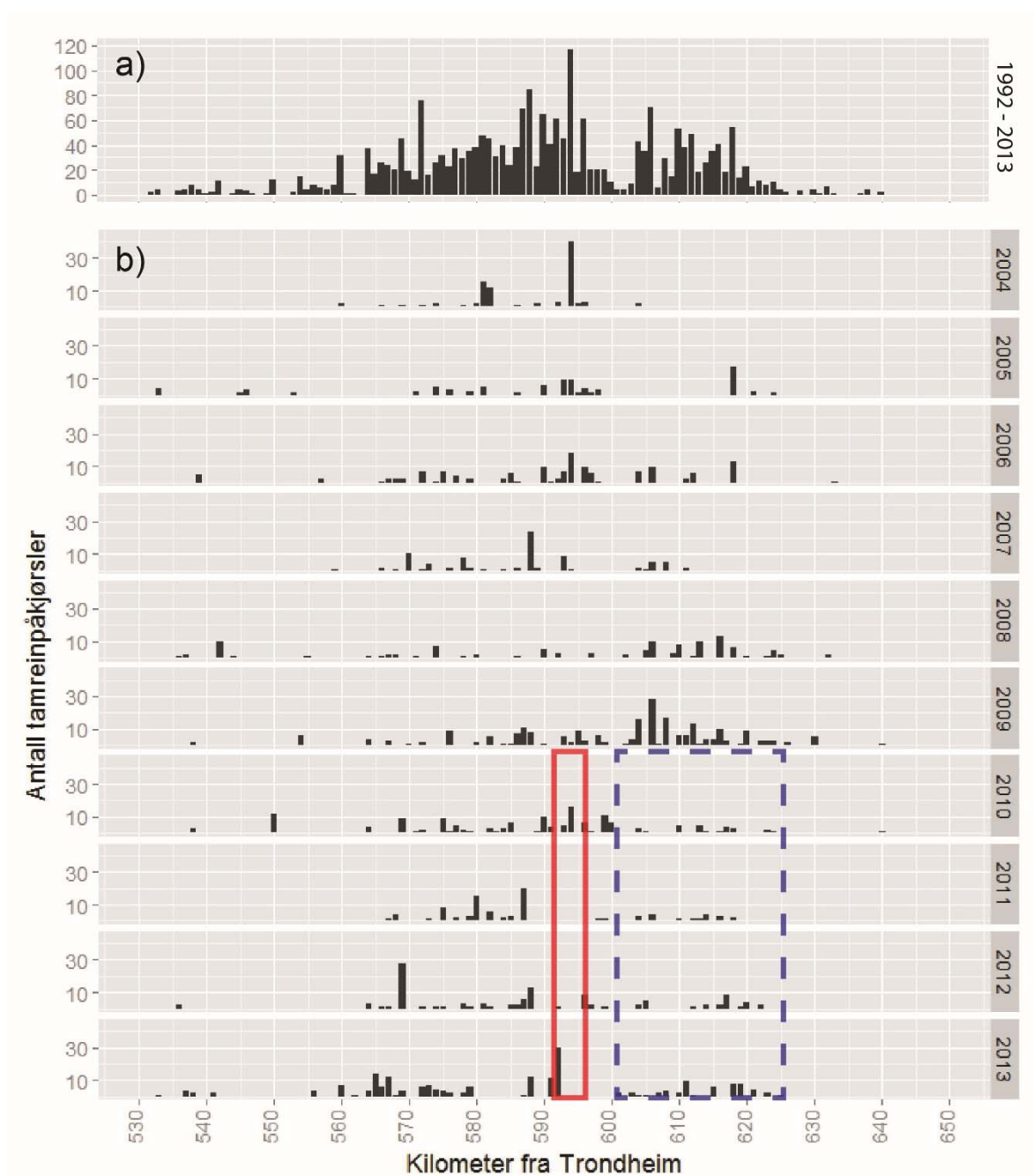
Figur 7.6. Antallet rein i Saltfjellet reinbeitedistrikt (grå stolper, høyre y-akse) og antallet tamreinpåkjørsler (rød linje, venstre y-akse) på Saltfjellet (km 532–640) i perioden 1994–2013. Blå linje angir gjennomsnittlig snødybde i cm (venstre y-akse) i perioden januar–mars for Lønsdal målestasjon (nr. 81770, 511 meter over havet, kilde: www.eklima.no). Rapporteringsåret går fra 1. april det oppgitte året til 31. mars påfølgende år. Kilden til antall tamrein er ressursregnskap for reindriftsnæringen, www.reindrift.no i perioden 1994/1995–2012/2013. Tall for årene før er hentet fra Fauchald mfl. 2004.



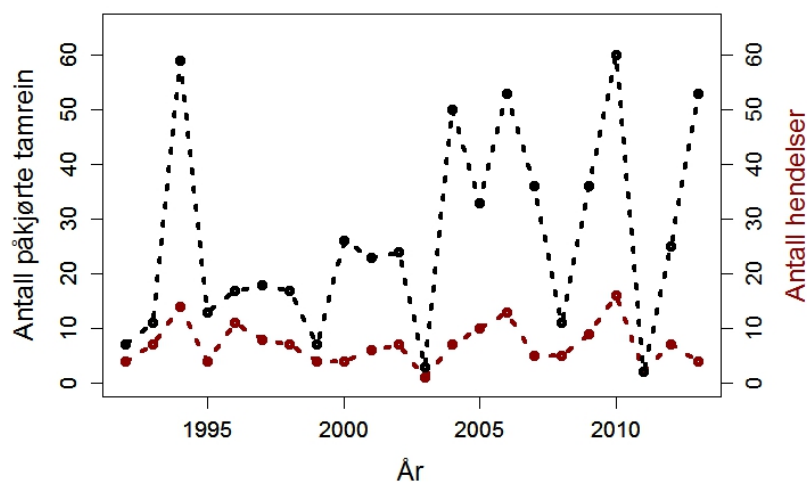
Figur 7.7. Registrerte tamreinpåkjørslar for strekning 5 på Saltfjellet (km 532–640) fordelt på måned i året.

I 2010 etablerte Jernbaneverket et fire kilometer langt gjerde på strekningen Semska–Sørelva (km 592–596) for å redusere antallet tamreinpåkjørslar (rød firkant, fig. 7.8). Før gjerdet ble bygd, skjedde ca. 14 prosent av tamreinpåkjørslene på Saltfjellet i dette området. Etter 2010 har det ikke vært påkjørslar på innsiden av gjerde, men fremdeles er 10 prosent av påkjørslene registrert på kilometer 592 og 596 i hver ende av gjerdet. Påkjørslar som ville funnet sted på strekningen med gjerdet kan derfor ha blitt forflyttet til endene av gjerdet eller til nærliggende områder. Når vi undersøkte antall ulykker på en strekning som omfatter gjerde pluss fire kilometer i hver retning, fant vi heller ingen klar nedgang i antall tamreinpåkjørslar etter at gjerdet ble satt opp i 2010 (fig. 7.9). Vi kan derfor ikke uten videre konkludere med at gjerdet har medført en reduksjon i antallet tamreinpåkjørslar. Dette er ikke helt uventet tatt i betraktning det relativt korte gjerdet og den store variasjonen i hvor på Saltfjellet ulykker skjer i ulike år (fig. 7.8). Resultatet kan dermed være et eksempel på det vi vi omtalte som ulykkesforflytning (accident migration) i kapittel 4, og som til en viss grad er forventet å kunne inntreffe ved oppsetting av for korte viltgjerder i landskap som ikke i tilstrekkelig grad kanalisere dyras kryssningspunkter på jernbanen. I et mer kanaliserende landskap, ville vi forvente en større effekt (fig. 8.1).

I tillegg til gjerdet på strekningen Semska–Sørelva, ble det i 2010 foreslått et tilsvarende gjerde på strekningen Lønsdal stasjon (km 602) til Russånes tunnel (km 626) (Arbeidsutvalg ledet av Fylkesmannen i Nordland 2010). Strekningen er inntegnet som blå stiplet firkant i fig. 7.8. I 2009–10 ble hele 58 prosent av ulykkene på Saltfjellet registrert på denne strekningen, noe som antagelig var utløsende for forslaget. I de påfølgende fire årene utgjorde imidlertid ulykkene på denne strekningen i gjennomsnitt 23 prosent pr. år. Tyngdepunktet av ulykkene var i disse årene i stedet forskjøvet til delstrekningen mellom kilometer 560 og 590, sør for det foreslåtte gjerde og det oppsatte gjerdet mellom Semska og Sørelva (fig. 7.8). Resultatet viser at tamreinen kan være uforutsigbar i bruken av områdene rundt jernbanen på Saltfjellet, eller at endringene mellom år i en viss grad er et resultat av valg gjort av reindriftsnæringen. Uansett kan dette medføre at kortere strekninger med gjerder ikke nødvendigvis medfører en proporsjonal reduksjon i antallet påkjørslar.



Figur 7.8. (a) Samlet antall tamreinpåkørsler pr. km på Saltfjellet (km 530–650) i perioden 1992–2013. (b) Antall tamreinpåkørsler pr. km og år i perioden 2004–2013. Rapporteringsåret går fra 1. april det oppgitte året til 31. mars påfølgende år. Rød firkant angir plasseringen av gjerde mellom Semska og Sørrelva (km 592–596), inntegnet fra og med byggeår (2010). Blå stiplet firkant angir plasseringen av et foreslått gjerde mellom km 602 og km 626. Det planlagte gjerdet er inntegnet fra og med år 2010 da byggingen av gjerdet ble foreslått (Arbeidsutvalg ledet av Fylkesmannen i Nordland 2010).



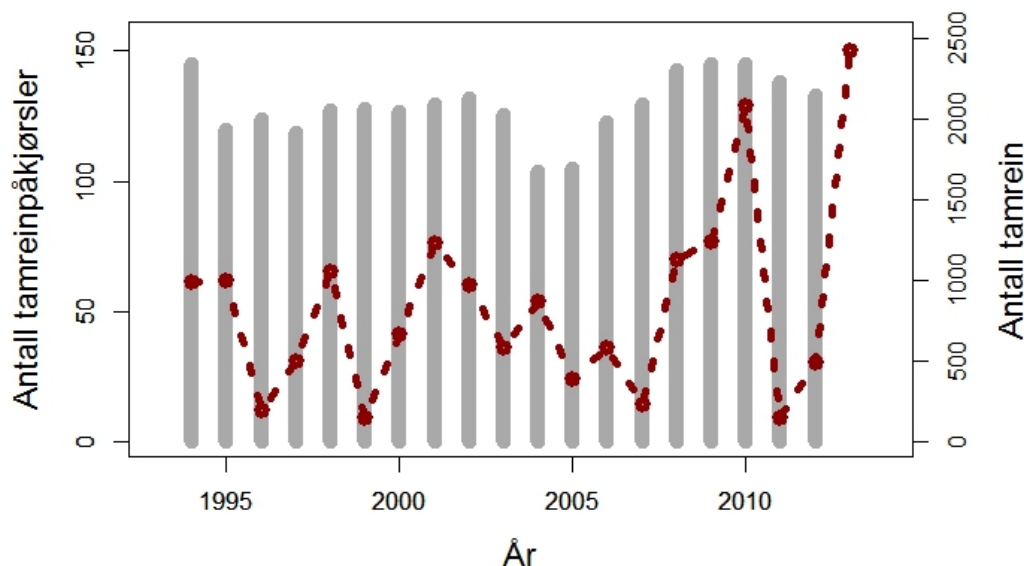
Figur. 7.9. Antall tamrein-påkjørsler (svart, venstre akse) og antall hendelser med påkjørsler (rød, høyre akse) pr. år på kilometer 588 – 600 i perioden 1992 – 2013. Dette er strekningen med gjerde (km 592 – 596) og i tillegg 4 km i hver retning.



Reingjerde langs Nordlandsbanen på Saltfjellet, foto: Øystein Grue, Jernbaneverket

7.1.2 Strekingen Namsskogan–Holmvasselv tunnel

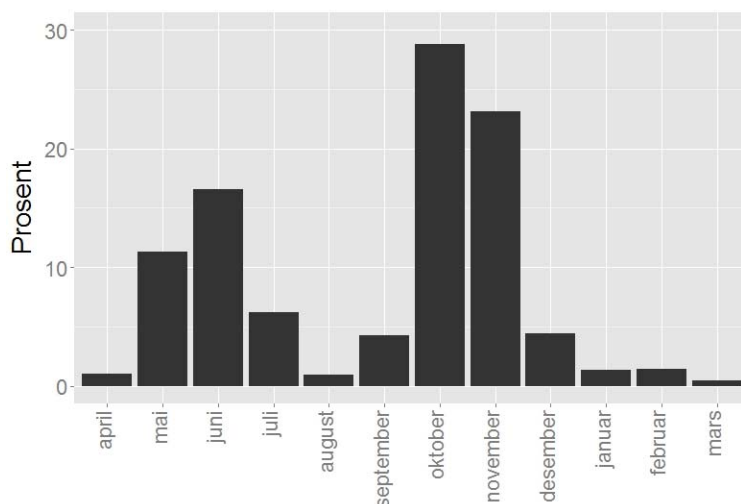
På strekingen mellom Namsskogan og Holmvasselv tunnel (km 296–347) går jernbanen gjennom sentrale høst- og vårbeiteområder for Voengelh-Njaarke og delvis Jillen-Njaarke reinbeitedistrikt (Jernbaneverkets handlingsplan 2014–2017). I gjennomsnitt ble det påkjørt 47 tamrein pr. år i perioden 1994/1995–2012/2013, men antallet varierte fra 9 til 129 påkjørsler (fig. 7.10).



Figur 7.10. Antall rein i reinbeitedistriktet Voengelh-Njaarke (grå stolper, høyre y-akse) og antall registrerte tamreinpåkjørsler (rød linje, venstre y-akse) på strekingen Namsskogan–Holmvasselv tunnel (km 296–347) i perioden 1994–2013. Rapporteringsåret går fra 1. april det oppgitte året til 31. mars påfølgende år. Kilden til antall tamrein er ressursregnskap for reindriftsnæringen, www.reindrift.no i perioden 1994/1995–2012/2013.

I dette område fant vi ingen klar sammenheng mellom antall tamrein i reinbeitedistriktene og antall tamreinpåkjørsler. Det var en tendens til positiv korrelasjon mellom antall tamreinpåkjørsler og antall tamrein i Voengelh-Njaarke reinbeitedistrikt, men sammenhengen var ikke signifikant (fig. 7.10, $r = 0,41$, $p = 0,08$). Det var ingen sammenheng mellom antall tamreinpåkjørsler og antall tamrein i Jillen-Njaarke reinbeitedistrikt ($p = 0,51$), og det samme gjaldt dersom vi kombinerte antall tamrein fra begge reinbeitedistriktene og sammenholdt dette med antall tamreinpåkjørsler i området ($p = 0,12$). En viktig årsak til den manglende tetthetseffekten er sannsynligvis den relativt lave variasjonen i tetthet. Det meste som potensielt kan skape variasjon i påkjørselsfrekvens er da faktorer som påvirker hvor stor andel av bestanden som krysser eller befinner seg på linja i de ulike årene.

En faktor som potensielt kan skape variasjon i andelen av bestanden som benytter området nærme linja er snøforholdene vinterstid. På den aktuelle strekingen skjer imidlertid de aller fleste påkjørslerne (80 %) i mai–juni (28 %) og oktober–november (52 %), noe som ikke er i samsvar med at snøforholdene er en viktig faktor (fig. 7.11). Det er derfor mer sannsynlig at det er faktorer relatert til reinens eller reindriftsnæringens valg av beiteområdet vår og høst som ligger til grunn for de store årlige utslagene.

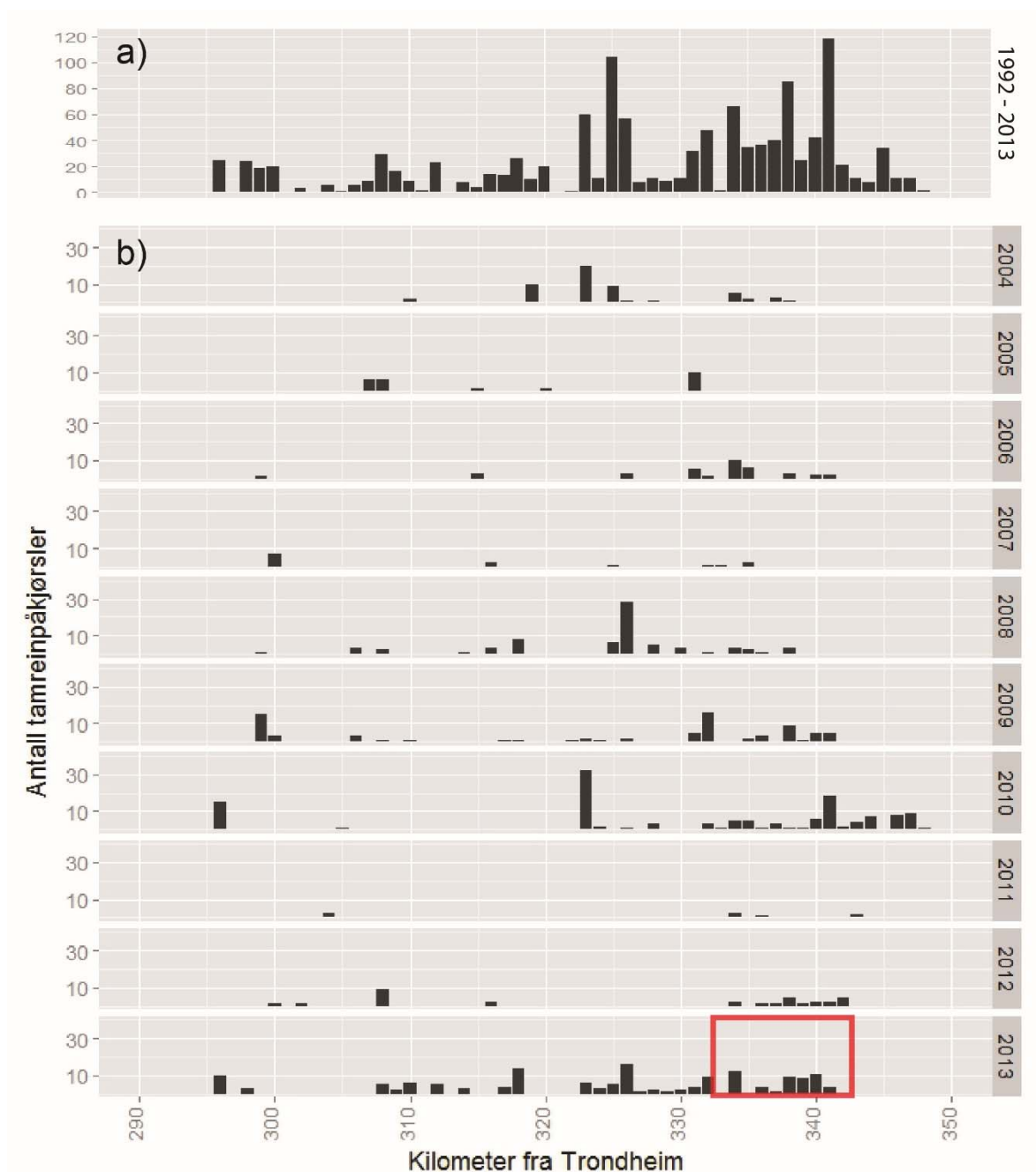


Figur. 7.11. Registrerte tamreinpåkjørsler på strekning 3 mellom Namskogan og Holmvasselv tunnel (km 296–347) fordelt på måned i året.

I 2013 ble det bygd et gjerde på 9 kilometer i Holmvassdalen, mellom kilometer 333 og 342 (fig. 7.12). På denne strekningen har det de siste ti årene vært 9–150 tamreinpåkjørsler årlig (gjennomsnitt 56 pr. år), eller omkring 35 prosent av alle påkjørslene på strekningen Namsskogan–Holmvasselv tunnel (km 296–347). I hvilken grad gjerde vil medføre en tilsvarende stor nedgang i antallet påkjørsler på hele strekningen over tid bør undersøkes når de nødvendige data foreligger.



Gjerde for å hindre påkjørsler av elg og rein i Holmvassdalen inspiseres av Jan Birger Almåsbro, Jernbaneverket. Foto: Astrid Busengdal, Jernbaneverket.

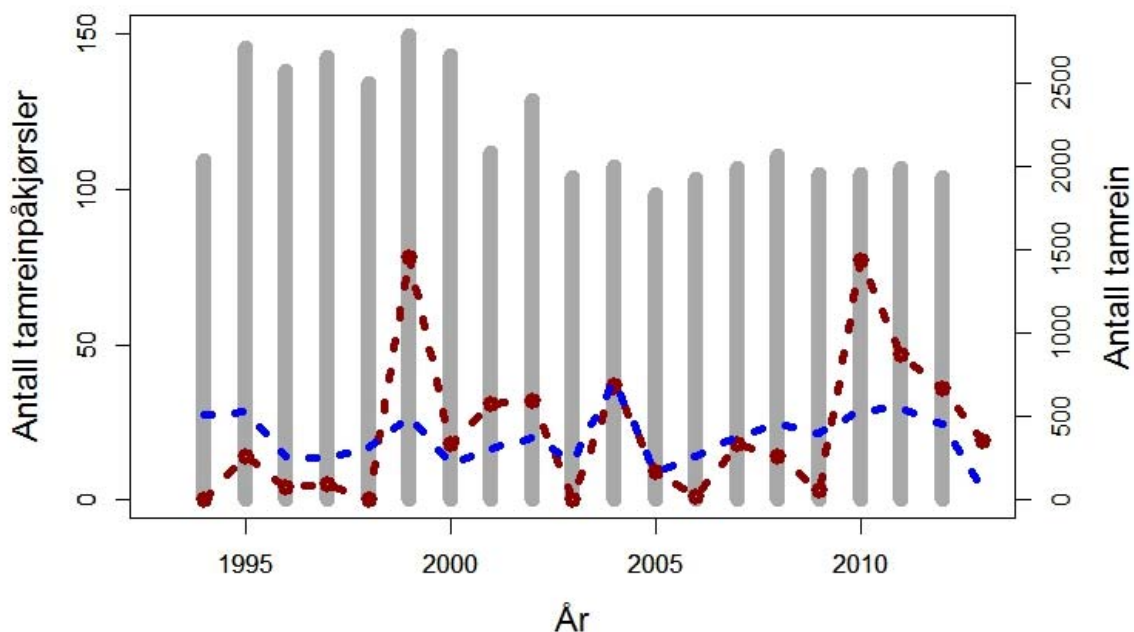


Figur 7.12. (a) Samlet antall tamreinpåkørsler pr. km på strekningen Namsskogan–Holmvasselv tunnel (km 296–347) i perioden 1992–2013, (b) Antall tamreinpåkørsler pr. km og år i perioden 2004–2013. Rapporteringsåret går fra 1. april det oppgitte året til 31. mars påfølgende år. Rød firkant angir plasseringen av gjerdet i Holmvassdalen mellom kilometer 333–342, inntegnet fra og med byggeår (2013). Vi antar at påkørslene registrert på strekningen i 2013 inntraff før gjerdet ble bygd.

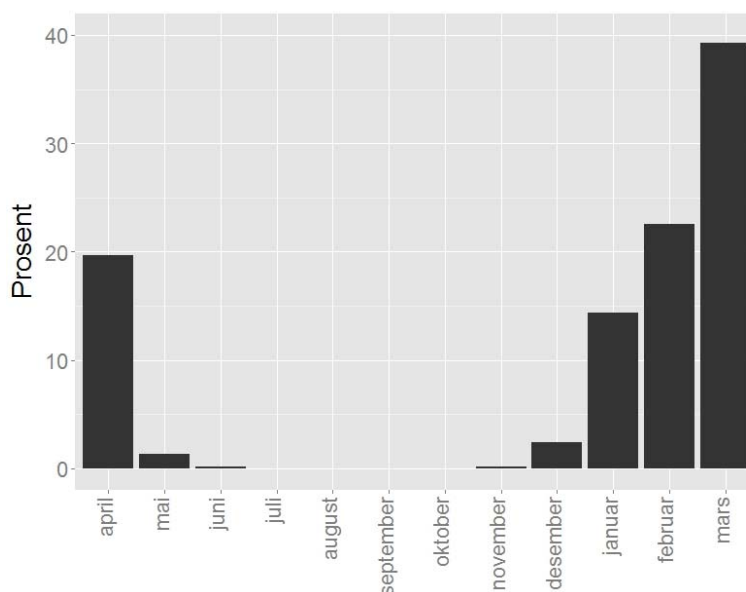
7.1.3 Strekningen Stod–Snåsa

På strekningen Stod–Snåsa (km 145–174) går jernbanen gjennom vinter- og vårbeiteområdene til Skjækerfjell reinbeitedistrikt (Jernbaneverkets handlingsplan 2014–2017). I gjennomsnitt ble det i perioden 1994–2012 påkjørt 22 tamrein pr. år på strekningen, varierende fra 0–78 pr. år med en svak økning i løpet av perioden (fig. 7.13). Motsatt var det en nedgang i antallet rein i

Skjækerfjell reinbeitedistrikt i perioden. Det var ingen sammenheng mellom antall tamrein i reinbeitedistriktet og antall tamreinpåkjørsler på den prioriterte strekningen (fig. 7.13, $p = 0,82$).



Figur 7.13. Antall tamrein i Skjækerfjell reinbeitedistrikt (grå stolper, høyre y-akse) og antall registrerte tamreinpåkjørsler (rød linje, venstre y-akse) på strekningen Stod–Snåsa (km 145–174) i perioden 1994–2013. Blåstiplet linje angir gjennomsnittlig snødybde i cm (venstre y-akse) i perioden januar–mars for Snåsa–Nagelhus målestasjon (nr. 70930, 107 meter over havet, kilde: www.eklima.no). Rapporteringsåret går fra 1. april det oppgitte året til 31. mars påfølgende år. Kilden til antall tamrein er ressursregnskap for reindriftsnæringen. www.reindrift.no i perioden 1994/1995–2012/2013.



Figur. 7.14. Antall registrerte tamrein-påkjørsler på strekningen Stod – Snåsa (km 145 – 174) fordelt på måned i året.

En svært høy andel (96 %) av tamreinpåkjørslene i området skjer i perioden januar–april (fig. 7.14), noe som samsvarer med at tamreinen bruker området nær jernbanen som vinterbeite og tidlig vårbeite. Det var en positiv korrelasjon mellom snødybde og antall påkjørsler ($p = 0,02$).

Dette antyder at snøforholdene er en mulig årsak til de store forskjellene i påkjørselsfrekvens mellom år, og stemmer med den lokale oppfatningen om at beiteområdene langs jernbanen primært benyttes når det er dårlige beiteforhold (mye snø) i de nærliggende fjellområdene. Det kan dermed være forhold relativt langt fra jernbanen som er utslagsgivende for antallet påkjørsler. Slike forhold, som foruten mye snø kan være lokal ising og nedbeiting. Nedisete beiter eller lokal nedbeiting blir imidlertid sjeldent registrert systematisk og følgelig er det vanskelig å teste for slike mekanismer i statistiske modeller.



Dyrepåkjørsler på jernbanen, Foto: Jernbaneverket.

8 Oppsummering og anbefalinger

En del av diskusjonen rundt funn i tidligere studier og resultatene i denne rapporten er gjort under hvert delkapittel. I dette kapitlet sammenfatter vi de viktigste resultatene og gir noen anbefalinger med hensyn til videre arbeid med å overvåke og redusere antall dyrepåkjørslar på jernbanen.

8.1 Omfang og fordeling av dyrepåkjørslar

I rapporten har vi undersøkt variasjonen i antall dyrepåkjørslar i perioden 1991–2014. Omtrent 90 prosent av registrerte dyrepåkjørslar involverer elg, tamrein, sau og rådyr. I tillegg er det jevnlig påkjørslar av hund og storfe samt et mindre antall fra andre arter. De siste fem årene har det blitt registrert rundt 2000 dyrepåkjørslar pr. år. Dette antallet er omtrent det dobbelte av hva som ble påkjørt for vel 20 år siden. Økningen i antallet påkjørslar av ville hjortedyr (elg, hjort og rådyr) samsvarer godt med bestandsutviklingen til disse artene i samme periode (se også Solberg mfl. 2012, Solberg mfl. 2009), mens det er mer uklart hvordan antallet påkjørslar forholder seg til bestandsstørrelsen av husdyr og tamrein. For tamrein antyder resultatene en sammenheng mellom bestandstetthet og antall påkjørslar i områder hvor jernbanen passerer gjennom vinterbeiteområder, men ikke nødvendigvis der jernbanen passerer andre sesongbeiteområder. Også i en studie fra Sverige ble det rapportert flere påkjørslar med økende bestandstetthet av tamrein (Åhrén & Larsson 1999).

På relativ stor geografisk skala finner vi at dyrepåkjørslar inntreffer på de samme strekningene nå som tidligere, men med varierende intensitet. Den mest påfallende endringen har vært økningen i antallet hjort som påkjøres på Raumabanen, selv om dette foreløpig ikke utgjør et stort antall dyr (fig. 5.9). Dette sammenfaller med en vesentlig bestandsøkning av hjort de siste 25 årene (Solberg mfl. 2012), og har medført at deler av Raumabanen nå er blant de mest ulykkesbelastede strekningene i landet (tabell 5.3, fig. 5.9). Tilsvarende har antallet rådyrpåkjørslar økt, særlig på Østlandet og Sørlandet, mens antallet tamreinpåkjørslar har økt på Nordlandsbanen.

Artsfordelingen i dyrepakjorslene gjenspeiler i stor grad bestandstettheten av de ulike artene langs jernbanene. Andelen av dyrepakjorslar som involverer elg er dermed høy på de fleste banene som går gjennom skogkledte områder. Et unntak er Raumabanen på Vestlandet, hvor tettheten av elg er lav og tettheten av hjort er høy. Tamrein er hovedsakelig et problem på Nordlandsbanen og Ofotbanen, og i mindre omfang på Meråkerbanen og Rørosbanen. Rådyrpåkjørslar skjer oftest på Østlandet og Sørlandet og i Trøndelag. Særlig høyt er antallet påkjørslar av rådyr på banene som skjærer gjennom kulturlandskapet rundt Oslofjorden og på Sørlandsbanen. Flest sau påkjøres på Dovrebanen, men også på Meråkerbanen og Raumabanen. Sannsynligvis som følge av den varierende bestandstettheten finner vi også at lengden på de ulykkesbelastede strekningene varierer mellom arter. Elg påkjøres med høy intensitet over relativt lange strekninger, særlig på Nordlandsbanen og Rørosbanen, mens hjort, tamrein og sau påkjøres på relativt sett kortere strekninger.

At de ulike artene er ulikt fordelt i landskapet kompliserer beslutninger om hvor og på hvilken måte antallet påkjørslar skal reduseres. Jernbaneverket har valgt å prioritere strekninger for hver art, uavhengig av om det kjøres på andre arter på de samme strekningene. Dette kan være fornuftig dersom kun en av artene utgjør problemet, og at denne arten krever relativt små ressurser (økonomisk og materielt). Eksempelvis vil gjerder som skal forhindre påkjørslar av sau ha lavere krav til høyde etc. enn der gjerdene også skal benyttes til å forhindre påkjørslar av elg, hjort og rådyr. For sau kan gjerdene også settes opp midlertidig, for å tas ned i perioden utenfor beitesesongen.

Våre analyser viser at det er kombinasjonen av påkjørslar av flere arter som skaper de aller mest ulykkesbelastede strekningene på det norske jernbanenettet. Dette gjelder særlig kombinasjonen av elg- og tamreinpåkjørslar på Nordlandsbanen (Tabell 5.3). I beslutningsprosessen for å velge ut strekninger hvor tiltak skal gjennomføres bør det derfor inngå analyser som ser på det

samlede antallet påkjørsler, og ikke bare isolert for hver art. Jernbanelinjen har til nå valgt å definere ulykkesbelastede strekninger isolert for hver art fordi man mener de ulike artene krever ulike tiltak. Dette stemmer til en viss grad. Når det gjelder tiltak vi har evaluert i denne rapporten vil for eksempel gjerder mot sau og tamrein typisk være lavere og kreve mindre materialer enn gjerder som også skal hindre elg i å oppsøke jernbanelinjen. Beslutninger om hvor og hvilke typer gjerder som eventuelt skal bygges bør derfor gjøres på grunnlag av undersøkelser på hver art, men også for alle arter samlet. For eksempel kan man da unngå at det kun bygges gjerde mot tamrein i et område hvor gjerde også burde hindre elgpåkjørsler.

Også når det gjelder å velge ut strekninger som skal vegetasjonsryddes bør dette gjøres etter en vurdering av det samlede antall påkjørsler av skoglevende hjortevilt (elg, hjort, rådyr) i tillegg til påkjørsler av hver enkelt art. Det samlede antallet påkjørsler av alle arter kan også påvirke om andre tiltak enn gjerder og vegetasjonsrydding kan være aktuelt.

8.2 Hva forårsaker variasjonen i påkjørselsfrekvens

Kunnskap om faktorer som påvirker påkjørselsfrekvensen er avgjørende for hvilke tiltak som kan iverksettes, og over hvor lange strekninger tiltakene bør gjennomføres. Erfaringene fra ulike studier av hjortevilt og trafikk viser at hjortedyr påkjøres som en følge av mange sammenfallene årsaker på veg og jernbane (se kap. 2).

I vår case-studie av elgpåkjørsler på Nordlandsbanen fant vi at risikoen for å kjøre på en elg var forbundet med en kombinasjon av ulike forklaringsvariabler, noe som var forventet. I løpet av studieperioden på vel 20 år samsvarte den prosentvise økningen i antall elgpåkjørsler (74 %) med en nesten tilsvarende prosentvis økning i bestandstettheten av elg på fylkesnivå (63 %). Effekten av bestandstetthet ble bekreftet når vi gjorde mer detaljerte analyser for perioden 2004–2014. Sammenhengen mellom bestandstetthet og påkjørsler var imidlertid kun tydelig for endring i elgtetthet innen kommune mellom år (relativ elgtetthet). Dette betyr at antall elgpåkjørsler på jernbanen i hver kommune er positivt korrelert med endring i elgtettheten i kommunen mellom år. Forskjell i gjennomsnittlig elgtetthet mellom kommuner fremsto derimot ikke som viktig. Dette kan synes som et paradoks, men skyldes sannsynligvis fordelingen av elg innen kommunen. Et godt eksempel er Trondheim kommune der jernbanen går gjennom områder uten mye elg (f.eks. gjennom bebyggelse og langs fjorden), mens den i andre kommuner hovedsakelig går gjennom skog. Dermed skjer det svært få ulykker, til tross for at Trondheim har en høy tetthet av elg pr. km skog- og myrareal (fig. 6.6). Dette er i stor kontrast til mange andre kommuner hvor en stor del av jernbanelinja passerer gjennom skog.

At faren for elgpåkjørsler øker med forekomsten av skog i området langs jernbanen var forventet, og ble også bekreftet i våre analyser. Det er interessant å merke seg at 84 prosent (1475 av 1754) av påkjørslerne på Nordlandsbanen i perioden 2004–2014 var i områder som gikk gjennom skog, og at 94 prosent var innenfor en avstand på 100 meter fra skogkanten. Dette stemmer godt med undersøkelser av elgens arealbruk fra Nord-Trøndelag, som viste at GPS-merket elg oppholdt seg i skog mellom 80 og 90 prosent av tiden (Bjørneraas mfl. 2011, Rolandsen mfl. 2010).

Økende snømengde og kaldere vintertemperaturer medførte økende fare for elgpåkjørsler, noe som bekrefter funn i tidligere undersøkelser av elgpåkjørsler på Nordlandsbanen (Andersen mfl. 1991) og Rørosbanen (Gundersen & Andreassen 1998, Gundersen mfl. 1997). Dette skyldes blant annet at elgen trekker fra høyereliggende områder til lavereliggende områder, med den følge at elgtettheten i områdene langs jernbanen øker (Olson mfl. 2015, Rolandsen mfl. 2010). I tillegg er det sannsynlig at elgen i større grad oppholder seg på linja, og benytter denne som transportkorridor, på dager med mye snø (Rolandsen mfl. 2010).

Sannsynligheten for elgpåkjørsler avtok dersom mange andre tog hadde passert de foregående 24 timene. Dette var i samsvar med forventningene og kan skyldes at et tidligere tog allerede har kjørt på eller skremt bort elgen som oppholdt seg i nærheten av jernbanen. En annen forklaring kan være at elgen i større grad oppfatter jernbanen som en barriere dersom det er mange

tog pr. tidsenhet. På Nordlandsbanen kjøres det flest tog på strekningen Trondheim–Steinkjer. Dette er et område hvor det bor mange mennesker og det kan derfor være at den observerte sammenhengen også skjuler effekter av annen menneskelig aktivitet som vi ikke har målt. At elgen er skeptisk til områder med mye menneskelig aktivitet støttes av at færre elgpåkjørsler skjer når avstanden til nærmeste hus avtar.

Alt i alt viser våre analyser at vi kan forutsi med rimelig god sikkerhet hvor vi får flest elgpåkjørsler, og at de viktigste årsakene er knyttet til kombinasjonen av skogdekning, snødybde, avstand til folk og antall tog (se kap. 6.3.1). Fordi jernbanene i Norge i stor grad går gjennom skog i god avstand til folk, betyr dette at det er få elementer i landskapet som kanalisere elgen i forhold til jernbanen. Det samme synes i stor grad å gjelde for viltulykker på veg i Norge. Den romlige korrelasjonen i ulykkesfrekvens varierte fra 63–203 kilometer på de fem lengste banene i Norge, hvilket betyr at ulykkene i liten grad er knyttet til spesifikke forhold med lav romlig utstrekning. Sannsynligvis skyldes det at store deler av jernbanen i Norge går gjennom et landskap som i liten grad kanaliserer dyras kryssinger til bestemte punkter eller kortere strekninger langs jernbanen. Vi tror derfor at det på store deler av jernbanenettet må gjennomføres tiltak over lange strekninger før vi kan forvente å se store endringer i antall påkjørsler (se under).

I arbeidet med rapporten hadde vi ikke ressurser til å gjennomføre omfattende analyser av variasjonen i antall tamreinpåkjørsler. For å kunne gjøre dette tror vi det trengs mer kunnskap om tamreinens arealbruk gjennom året. For eksempel fra studier av dyr utstyrt med GPS-halsbånd, kombinert med lokal kunnskap fra reindriftsutøverne i området. I et sett med enklere analyser fant vi imidlertid støtte for at antall påkjørsler økte med økende bestandstetthet og snødybde i enkelte av områdene. Tilsvarende resultater er rapportert fra Finland og Sverige (Nieminen & Leppäluoto 1985, Åhrén & Larsson 1999). I andre områder langs Nordlandsbanen var det ingen effekt av disse faktorene, noe vi tror har sammenheng med i hvilken del av året reinen benytter områdene rundt jernbanen.

8.3 Bruk av påkjørselsdata for vurdering av ulykkesbelastede strekninger

I faglitteraturen benyttes begrepet blackspots eller hotspots om det vi på norsk omtaler som ulykkesbelastede strekninger (av en gitt lengde) eller ulykkesbelastede punkt (for eksempel en rundkjøring på veg eller planovergang på jernbanen). Selv om det årlige antallet dyrepåkjørsler totalt sett er høyt, er det få ulykker pr. kilometer jernbane i året. Samlet for elg, hjort, rådyr, tamrein og sau ble det i 23-årsperioden fra 1991 og fram til 2014 påkjørt 0,38 dyr pr. kilometer pr. år, men med stor variasjon mellom baner (fig. 5.7).

Informasjon om antall og lokalisering av tidligere dyrepåkjørsler er et viktig grunnlag for å vurdere i hvor stor grad ulike strekninger kan forventes å være ulykkesbelastet også i fremtiden, og av den grunn kan være gjenstand for avbøtende tiltak. Det er imidlertid viktig å kjenne til hvilke begrensninger som ligger i bruken av historisk informasjon til å forutsi framtiden.

Flere analyser i rapporten viser at en strekning som har relativt få dyrepåkjørsler i en periode, kan fremstå svært ulykkesbelastet i en annen periode (se fig. 5.8, 5.9, 6.5 og 7.5). I vårt eksempel fra Nordlandsbanen (kap. 4), fant vi at antallet dyrepåkjørsler pr. kilometer og år på én kilometer lange strekninger varierte mellom 0 og 64. Variasjonen var imidlertid stor mellom år og strekninger. Selv på kilometerstrekningene med flest dyrepåkjørsler, skjer ulykker omtrent annethvert år eller sjeldnere i gjennomsnitt. Det er derfor viktig å huske at påkjørselsfrekvensen er et øyeblikksbilde, og et produkt av faktorer som varierer. Det kan derfor være vanskelig å bedømme hvor mange år med data som er nødvendig for å avklare om en strekning også vil være ulykkesbelastet i framtiden.

Å benytte data om påkjørsler fra de siste fem år slik som Jernbaneverket har gjort (Busengdal mfl. 2014), må ut fra dette sees på som et minimum. Estimerer på det gjennomsnittlige ulykkes-tallet blir mer presise desto flere år som inngår i beregningen. Faren med å benytte for mange

foregående år med data for å vurdere nåværende og framtidig nivå på ulykkesfrekvensen er imidlertid at de bakenforliggende faktorene som nå er årsaken til høyt antall ulykker ikke nødvendigvis var tilstede for mange år siden. Som et tilleggskriterium kan også variasjonen i påkjørselsfrekvens mellom år inngå som en del av beslutningsgrunnlaget. Dersom gjennomsnittlig påkjørselsfrekvens er høy som følge av en eller et fåtall ekstreme hendelser er det ikke sikkert at strekninger bør defineres som ulykkesbelastet.

Som et supplement til data på dyrepåkjørslene bør også informasjon om kjente påvirkningsfaktorer vurderes når ulykkesbelastede strekninger defineres. Noen av påvirkningsfaktorene kan variere mye fra år til år, slik som mengden snø og vintertemperatur, og kan potensielt skape ekstreme utslag i påkjørselsfrekvensen i enkeltår. Ulykkesbelastede strekninger bør således ikke defineres utelukkende basert på ekstremhendelser. Også bestandstettheten varierer mellom år, men vanligvis skjer endringer over lengre tidsperioder (Solberg mfl. 2009) (se også fig. 6.2 og 7.6). Tilsvarende vil mengden skog og alder på skogen langs jernbanen kunne endres. Dette kan skje raskt ved hogst eller over relativt lang tid ved skogsuksesjon.

8.4 Kan vi redusere antallet dyrepåkjørsler?

Antall dyrepåkjørsler kan reduseres ved å iverksette tiltak som 1) stenger dyr ute fra jernbanetraseen, 2) reduserer kryssingsfrekvensen eller oppholdstiden av dyr på eller nær banen, 3) øker muligheten for å stoppe toget i tide, eller 4) som reduserer togfrekvens og fart i periodene på døgnet og året når de aktuelle artene er mest aktive. I denne rapporten har vi undersøkt effekten av vegetasjonsrydding på antall elgpåkjørsler, og gjerding for å redusere antall tamreinpåkjørsler. I tillegg dokumenterer vi en sannsynlig effekt av bestandstetthet på variasjonen i påkjørselsfrekvens. Her fokuserer vi hovedsakelig på slike tiltak og henviser til litteraturgjennomgangen for informasjon om andre tiltak (kap. 2).

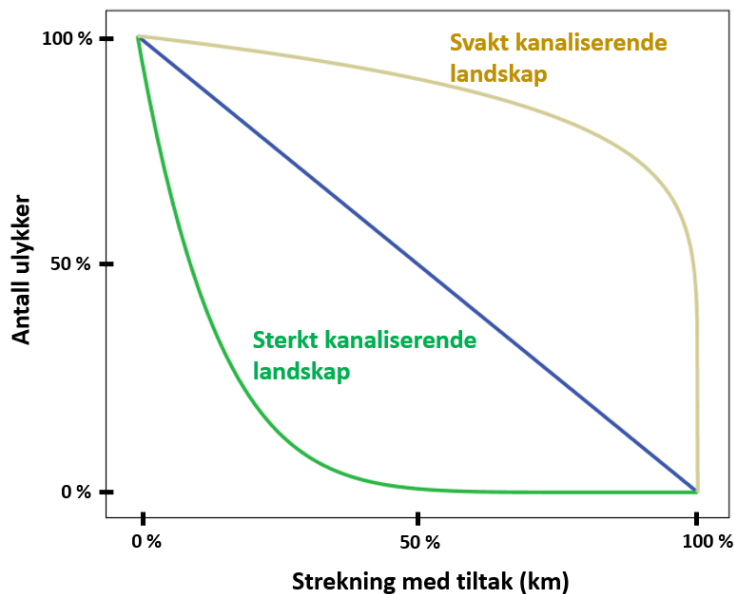
8.4.1 Viltgjerder

Oppsetting av viltgjerder langs veg og bane er et effektivt, men kostbart tiltak for å redusere antall dyrepåkjørsler (Clevenger mfl. 2001, Hedlund mfl. 2004). Fordi gjerder har til hensikt å hindre all kryssing kombineres de ofte med viltoverganger (Huijser mfl. 2009), noe som gjør dem ekstra kostnadskrevenende.

I denne rapporten undersøkte vi tamreinpåkjørsler før og etter oppsetting av et fire kilometer langt gjerde på strekningen Semska–Sørelva (km 592–596) på Saltfjellet (fig. 7.8). Før gjerdet ble bygd, skjedde ca. 14 prosent av tamreinpåkjørslene på Saltfjellet i dette området. Etter 2010 har det ikke vært påkjørsler på innsiden av gjerde, men fremdeles er 10 prosent av påkjørslene registrert på kilometerstrekningen i hver ende av gjerdet. Når vi undersøkte antall ulykker på en strekning som omfatter gjerde pluss fire kilometer i hver retning, fant vi ingen klar nedgang i antall tamreinpåkjørsler etter at gjerdet ble satt opp i 2010 (fig. 7.9). Vi kan derfor ikke uten videre konkludere med at gjerdet har medført en reduksjon i antallet tamreinpåkjørsler. Selv om gjerdet kan ha medført at enkelte påkjørsler har blitt avverget, er det sannsynlig at vi her ser et eksempel på ulykkesforflytning. Dette var ikke helt uventet tatt i betraktning det relativt korte gjerdet og den store variasjonen i hvor på Saltfjellet ulykker skjer i ulike år (fig. 7.8).

Ulykkesforflytning (se også kap. 4) er noe vi kan forvente i lite kanaliserende landskap, og dersom dyrene er tilstrekkelig motivert til å krysse. Med lite kanaliserende landskap mener vi et område der dyrene i praksis kan krysse jernbanen over lange strekninger, mens dyrene i et sterkt kanaliserende landskap er henvist til å krysse på et mindre utvalg kortere strekninger. Det siste er for eksempel tilfelle i urbane landskap der jernbanen i stor grad krysser tettbefolkede områder og kun unntaksvis går gjennom naturområder (skog) som tilbyr kryssingsmuligheter for viltet. I sterkt kanaliserende landskap kan det være tilstrekkelig å etablere gjerder (eller andre tiltak) over korte strekninger for å oppnå en sterk reduksjon i antall påkjørsler (nedre graf i fig. 8.1). Motsatt kan vi i svakt kanaliserende landskap oppleve at gjerder har liten effekt før tiltaket er etablert langs en stor del av strekningen (øvre graf i fig. 8.1).

Samlet sett fremstår Saltfjellet som et område som i liten grad kanaliserer tamrein til å krysse på spesifikke delstrekninger (fig. 7.8), og i tillegg er sannsynligvis reinen svært motivert til å benytte beiteressursene på begge sider av banen. Det kan derfor være nødvendig å etablere relativt lange gjerder for å oppnå en vesentlig reduksjon i antall påkjørsler. Gjerdene bør da kombineres med et utvalg velfungerende viltoverganger for å unngå at reinen går rundt (Hedlund mfl. 2004). I svakt kanaliserende landskap er det heller ikke lett å besvare hvor gjerdene helst bør bygges. For eksempel ble det i 2010 foreslått å oppføre et gjerde på strekningen Lønsdal stasjon (km 602) til Russånes tunnel (km 626) (Arbeidsutvalg ledet av Fylkesmannen i Nordland 2010), sannsynligvis basert på de mange ulykkene i dette området de to foregående årene. I de påfølgende fire årene var imidlertid brorparten av ulykker forskjøvet til delstrekningen sør for det foreslåtte gjerde (fig. 7.8).



Figur 8.1. Konseptuell modell som viser effekten av avbøtende tiltak (eks. viltgjerder) i forhold til landskapets utforming. Den nedre kurven (grønn) antyder et forløp der antallet ulykker synker raskt når tiltak etableres langs en økende andel av en belastet strekning. Den øvre kurven (lys brun) viser at antallet ulykker først reduseres vesentlig etter at tiltaket er etablert langs en stor andel av strekningen. Ved bruk av mindre effektive tiltak vil ulykkesfrekvensen aldri reduseres til null. Den blå kurven viser proporsjonal endring.

Dette antyder at tamrein i likhet med andre dyr kan være uforutsigbare i bruken av områdene rundt jernbanen, og at kortere strekninger med gjerder ikke nødvendigvis har den ønskede effekten når landskapet er lite kanaliserende. Når tiltak etableres langs de mest ulykkesutsatte strekningene er det ofte basert på et ønske om at ulykkesfrekvensen skal synke med en andel (prosent) høyere enn andelen tiltaksstrekningen utgjør av den belastede strekningen (nedre graf i fig. 8.1). Det motsatte forløpet er imidlertid mer realistisk i svakt kanaliserende landskap (øvre graf i fig. 8.1). Før gjerder etableres bør derfor det omkringliggende landskapets kanaliserende egenskaper vurderes, og konsekvensene av en eventuell økt kryssingsfrekvens ved gjerdeendene avklares. I verste fall kan et gjerde øke problemet dersom det kanaliserer dyr til kryssingsområder der de er ekstra utsatt for å bli påkjørt.

8.4.2 Vegetasjonsrydding

Vegetasjonsrydding som avbøtende tiltak mot vilt påkjørsler har til hensikt å fjerne føde og skjul for dyrene, og gjennom dette å redusere oppholdstiden på eller nær banen. Fjerning av større trær og annen vegetasjon gir dessuten bedre siktforhold, noe som kan gjøre det lettere for lokfører å registrere og respondere på kryssende dyr. Tiltaket er mindre kostnadskrevenne enn gjerder og har den fordelen at det tillater dyr å krysse og slik sett ikke bidrar til å fragmentere landskapet. Vegetasjonsrydding gjennomføres også for å ivareta togframføring og sikkerhet langs banen (Jernbaneverket 2015). Omfattende vegetasjonsrydding i utvalgte områder kan derfor bidra til redusert antall dyrepåkjørsler uten at det vil kreve mye ekstra ressurser.

Vegetasjonsrydding er i tidligere studier vist å kunne redusere antall ulykker på veg og jernbane, men ikke alltid (Andreassen mfl. 2005, Jaren mfl. 1991, Sivertsen mfl. 2010, Waring mfl. 1991, Wiseth & Pedersen 1985, Wiseth & Pedersen 1989). Også i våre analyser for perioden 2004–

2013 fant vi redusert sannsynlighet for elgpåkjørsler på Nordlandsbanen etter rydding, men resultatet var forbundet med stor usikkerhet. Vi fant ingen effekt av vegetasjonsrydding på antall elgpåkjørsler i løpet av det første året etter rydding, mens det var en effekt i de to påfølgende årene (kap. 6.4). Dette er en motsatt trend enn forventet ettersom mattilbudet var antatt å være lavest rett etter tiltak, før ny vegetasjon begynte å vokse opp. Kanskje skyldes vårt resultat at hogstavfall har virket tiltrekkende på elgen i en overgangsperiode eller utfallet påvirkes av samvariasjon med andre forklaringsvariabler. For eksempel har det vært flere snøfattige vintre de siste årene, noe som kan ha medført at hogstavfallet er blitt lettere tilgjengelig for elgen.

I analysene forsøkte vi også å inkludere informasjon om bredden og lengden på strekningen som ble ryddet. Bredden som ble ryddet varierte fra 10 til 30 meter, mens lengden på strekningene varierte fra 0,1 til 38,8 kilometer (gj.snitt 6,5 km). Vi fant ingen effekt av disse faktorene. Analysene viste imidlertid at sannsynligheten for elgpåkjørsler avtok med økende avstand til skog, og at 94 prosent av alle ulykker skjedde nærmere enn 100 meter fra skogkanten (kap. 6.3). Dette støtter antagelsen om at vegetasjonsrydding i et bredt nok belte rundt jernbanen vil redusere antall elgpåkjørsler. Imidlertid er det neppe realistisk å gjennomføre vegetasjonsrydding i et 100 meter bredt belte med unntak for helt spesielle tilfeller. Resultatet illustrerer likevel at vegetasjonsrydding kan ha svært ulik effekt avhengig av bredden som ryddes. Framtidige undersøkelser bør utformes slik at betydningen av vegetasjonsrydding i ulike bredde kan avklares bedre.

En svakhet med analysene i kapittel 6.4 er at vi ikke har full informasjon om de tilfeldige valgte punktene som er benyttet som sammenligningsgrunnlag til punkter som er ryddet. Vi vet for eksempel at det også ble ryddet vegetasjon før 2009, men vi har ingen data som forteller hvor og når. Dette medfører at en ukjent andel av våre tilfeldige punkter også kan ha vært vegetasjonsryddet tidligere. Dette vil redusere en eventuell forskjell i ulykkesrisiko mellom rydda og urydda strekninger, som igjen gjør det vanskeligere å påvise en statistisk effekt.

Selv om antallet ulykker kan gå ned i perioden etter at en strekning er ryddet for vegetasjon, kan det på noe lengre sikt vokse opp ny vegetasjon med stor næringsverdi for elg, hjort og rådyr. Dette kan i verste fall føre til at påkjørselsrisikoen blir større enn noen gang tidligere. I vår undersøkelse hadde vi kun mulighet for å undersøke sannsynligheten for elgpåkjørsler i 3-4 år etter rydding. Ingenting tydet på at påkjørselsrisikoen økte med antall år etter tiltak, men dette kan endre seg dersom vegetasjonen blir gitt anledning til å vokse seg høyere.

For å lære mer om langtidseffekten av vegetasjonsrydding analyserte vi også påkjørselsfrekvensen på to delstrekninger av Nordlandsbanen som ble vegetasjonsryddet i 1984 (Jaren mfl. 1991, Wiseth & Pedersen 1985, Wiseth & Pedersen 1989). I de første fire årene etter denne ryddingen ble det her observert en vesentlig nedgang i påkjørselsfrekvens sammenlignet med kontrollområder (Jaren mfl. 1991, Wiseth & Pedersen 1989). Siden har det vært en vesentlig økning i antall elgpåkjørsler i både tiltaks- og kontrollområdet, i samsvar med en generell bestandsøkning i området (kap. 6.5). Forskjellen mellom antall påkjørsler pr. 10 km i kontrollområdet og tiltaksområdene i siste del av perioden (2009–2013) var derimot mye større enn før tiltakene ble gjennomført (1980–1983). Dette kan være et uttrykk for at antall elgpåkjørsler har holdt seg lavere enn hva de ville gjort dersom ryddingen ikke ble gjennomført. Vi kjenner imidlertid ikke til hvor ofte det har vært vedlikeholdsryddet, og heller ikke om deler av kontrollområdet senere har blitt ryddet. Studier fra Canada antyder at et vedlikeholdsintervall på 3–4 år er nødvendig for å holde elgen borte, men behovet vil helt opplagt variere med skogens produktivitet. De samme studiene antyder også at næringsverdien i beiteplantene som vokser opp kan avhenge av tidspunktet på året vegetasjonen blir fjernet (Rea mfl. 2007, Rea mfl. 2010).

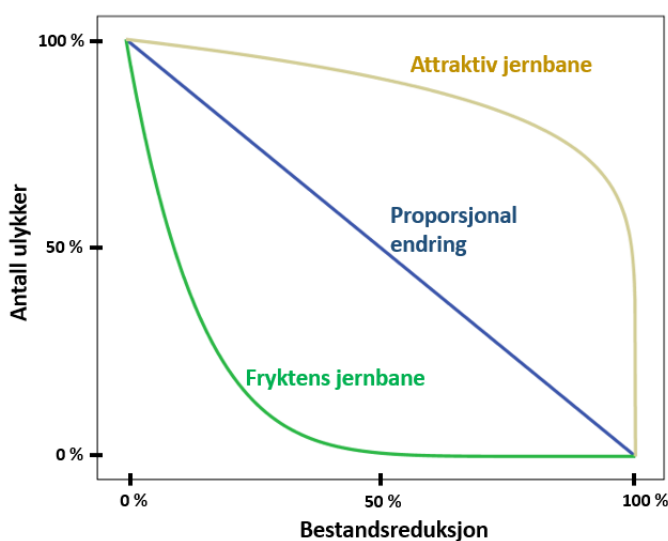
Vi kan heller ikke helt se bort ifra at den store forskjellen i antall påkjørsler pr. 10 km mellom kontrollstrekningen og tiltaksstrekningene i Snåsa og Grong før tiltaket var forårsaket av enkelte ekstreme år. Dette er en kjent utfordring i studier av trafikkulykker, og omtales ofte som «regression to mean» (se kap. 4). Med dette menes at tiltak iverksettes på steder med unormalt høy påkjørselsfrekvens. I vårt tilfelle kan for eksempel et stort antall elgpåkjørsler forårsakes av

vintre med unormalt mye snø. Vi vil derfor forvente en nedgang i påkjørselsfrekvens i årene som kommer uavhengig om tiltak iverksettes eller ikke. For å unngå at man overestimerer effekten av tiltaket, bør man derfor benytte et større antall år før tiltak som sammenligningsgrunnlag og/eller kjente påvirkningsfaktorer, som bestandstetthet, snø og temperatur, bør inngå i analysene.

Mange tidligere studier av vegetasjonsrydding som tiltak mot dyrepåkjørsler på veg og bane har vist betydelig effekt (Andreassen mfl. 2005, Jaren mfl. 1991, Meisingset mfl. 2014, Sivertsen mfl. 2010), men ikke i alle (Eriksson 2014, Sivertsen mfl. 2010). I våre analyser finner vi en effekt av tiltaket, men resultatet er forbundet med stor usikkerhet. Vi anbefaler derfor at analysene gjentas når det foreligger flere år med data i etter-perioden på Nordlandsbanen. Også analysene av langtidseffektene (kap. 6.5) kan potensielt gi oss bedre kunnskap dersom det er mulig å innhente data på tiltak som er gjennomført i etterkant av vegetasjonsryddingen i 1984.

8.4.3 Bestandskontroll

Å redusere tettheten av hjortedyr og husdyr i områder med høy tetthet av veg og jernbane er sannsynligvis et effektivt tiltak i mange områder. Studier på fylkesnivå antyder at det er et tilnærmet proporsjonalt forhold mellom antall elg drept på veg og bestandsstørrelsen (Rolandsen mfl. 2011). Bestandsreduksjon kan derfor føre til ganske omfattende reduksjoner i antall påkjørsler. Dette er blant annet dokumentert i deler av Sør-Norge der elgbestanden er redusert mye de siste 20 årene (Solberg mfl. 2009). Fordi elgen kan bevege seg over store avstander, er det imidlertid grunn til å tro at effekten er størst dersom reduksjonen gjennomføres over store områder (Solberg mfl. 2009).



Figur 8.2. Konseptuell modell som viser hvordan effekten av bestandsreduksjon kan påvirke påkjørselssannsynligheten. Nedre konkave kurven (grønn, fryktens jernbane) antyder et forløp der antallet ulykker synker raskt når bestanden reduseres fordi dyrene føler frykt/ubehag ved å oppholde seg nærme jernbanen. Den øvre konvekse kurven (gul) viser hvordan antallet ulykker innledningsvis synker med en rate lavere enn bestanden fordi ressursene rundt jernbanen er spesielt attraktive og en større andel av dyrene derfor ønsker å oppholde seg nærme jernbanen når konkurransen om maten synker.

Et annet viktig element for effekten av bestandsreduksjon er habitatkvalitetene rundt veg og jernbane, og i hvilken grad veger og jernbaner oppfattes som forstyrrende eller skremmende av dyr. Mye tyder på at veger oppfattes som skremmende av hjortedyr, men behovet for å komme seg til viktige beiteområder gjør det nødvendig å krysse dem. Mindre er kjent om forstyrrelses-effekten fra jernbanen, men mye tyder på at den er lavere (Rolandsen mfl. 2010).

Dersom det siste er tilfelle kan det være at effekten av bestandsreduksjon er lavere med hensyn til påkjørsler på jernbanen enn på veg, og særlig vil det være tilfelle dersom jernbanen også går gjennom attraktive beiteområder. Et eksempel på dette er vist i Fig. 8.2. Den øvre konvekse kurven (gul) viser hvordan antallet ulykker innledningsvis synker med en rate lavere enn bestanden fordi ressursene rundt jernbanen er spesielt attraktive og en større andel av dyrene derfor

ønsker å oppholde seg nærme jernbanen selv når bestanden og konkurransen om maten synker. Bestanden må i slike tilfeller reduseres mye før en ser noen vesentlig nedgang i antallet påkjørsler.

Den andre ytterligheten ser vi i den konkave kurven. Her synker antallet påkjørsler raskt når bestanden reduseres som følge av at jernbanen oppfattes som et fryktelement og dyrene derfor foretrekker å beite i god avstand fra jernbanen. Først når bestanden er svært stor og konkurransen om maten er høy vil dyrene derfor benytte området nærme jernbanen og utsette seg for risiko.

Erfaringene fra ulike fylker er at antallet elgpåkjørsler på veg stort sett er proporsjonalt relatert til bestandsstørrelsen (blå linje, fig. 8.2) (Rolandsen mfl. 2012), mens antallet elgpåkjørsler på jernbanen er noe mindre enn proporsjonalt relatert til bestandsstørrelsen (Solberg mfl. 2009). Det siste antyder en trendlinje med form som den gule (attraktiv jernbane, fig. 8.2), men ikke så ekstrem. I praksis betyr det at elgbestandene vil måtte reduseres med en større andel enn hva en kan forvente av en reduksjon i påkjørselsfrekvens, men dette vil sannsynligvis variere mye mellom områder, avhengig av hvor attraktive områdene er rundt jernbanen.

Når antallet dyrepåkjørsler øker som følge av økte bestander av villlevende hjortedyr og husdyr i et område, melder spørsmålet seg om dette automatisk bør generere økte økonomiske midler til å iverksette tiltak mot dyrepåkjørsler i dette område fremfor i andre områder. Eller om det først bør gjennomføres diskusjoner omkring nivået på størrelsene av bestandene. Det finnes neppe ett enkelt svar på dette spørsmålet. Jernbaneverket er uansett avhengig av et samarbeid med lokale og regionale viltmyndigheter, jaktrettshavere og husdyrnæringen når det kommer til diskusjoner om bestandsstørrelser og effekten dette har på antall påkjørsler i et område.

I gjeldende forskrift fra 2012 om forvaltning av hjortevilt skal kommunene vedta mål for utviklingen av bestandene av elg, hjort, og rådyr (<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-02-10-134>). Det står videre at målene skal ta hensyn til opplysninger om beitegrunnlag, bestandsutvikling, skader på jord- og skogbruk og omfanget av viltulykker på veg og bane. Det mest nærliggende er derfor at veg- og jernbanemyndigheter er bedre informert om de kommunale målene for ønsket utvikling i bestandsstørrelsen av ville hjortedyr. I prosessen med å vedta kommunale mål om utviklingen av bestandene av elg, hjort og rådyr har Jernbaneverket på lik linje med andre mulighet til å gi innspill. Tilsvarende kan det være relevant med informasjon om rein-driftsnæringens mål når det gjelder ønsket antall tamrein i ulike distrikter

8.5 Anbefalinger for videre arbeid med å redusere antall dyrepåkjørsler

Herværende og tidligere studier viser at det neppe eksisterer enkle og billige løsninger på problemet med dyrepåkjørsler. Selv om både vilt- og trafikkmmyndigheter helst hadde sett at dyrepåkjørsler kunne reduseres til et minimum, så er det en kjensgjerning at tiltakene som skal til for å fjerne eller redusere dyrepåkjørslene har en økonomisk kostnad som langt overstiger dagens budsjetter. Som eksempel opplyser Jernbaneverket en kostnad på ca. 900 kr pr. spormeter for oppsetting av rein- og elggjerdet som ble ferdigstilt i Holmvassdalen i 2014. Dette tilsvarer en kostnad på 900 000 kr pr. kilometer jernbane, og da er ikke vedlikehold av gjerder inkludert i kostnaden. I tillegg bør gjerder kombineres med viltoverganger. Disse har en varierende kostnad, men ikke sjelden beløper de seg til flere titalls millioner kroner. Vegetasjonsrydding har en betydelig lavere kostnad pr. km, avhengig av type og ryddebredde. Det gjennomføres to former for vegetasjonsrydding (kilde: Jernbaneverket). Ved første gangs hogst/rydding er kostnaden som regel mellom kr 160 000 og kr 220 000 pr. kilometer avhengig av bredden det blir ryddet. For eksempel er kostanden estimert til ca. 176 000 kroner ved hogst 15 meter fra spormid (Tilsvaret 22 dekar med kostnad på ca. 8000 kr pr dekar). For vedlikeholdsrydding av et tilsvarende areal (22 dekar) oppgir jernbaneverket en kostand på ca. 44 000 pr kilometer (2000 kr pr. dekar). Vedlikeholdsrydding gjentas med 3–5 års mellomrom.

På grunn av de store kostnadene, er det viktig å benytte ressursene optimalt. Dette tror vi at best kan oppnås ved å samordne ressursene mellom myndighetsinstitusjoner. For eksempel deler Jernbaneverket behovet for å øke kunnskapen om dyrepåkjørsler og effekter av avbøtende tiltak med viltmyndigheter (kommuner, fylkeskommuner, Fylkesmenn og Miljødirektoratet), landbruksmyndigheter (Fylkesmenn, Reindriftsforvaltningen og Landbruks- og matdepartementet) og Statens vegvesen. Å etablere en felles arena med disse, der ressursene kan samordnes, tror vi kan øke sjansen for å lykkes med å redusere omfanget av dyrepåkjørsler. Viltmyndigheter og landbruksmyndigheter kontrollerer bestandsstørrelsen til de mest utsatte artene, og har således stor innvirkning på antallet dyr som potensielt kan påkjøres. Tilsvarende kan det ligge store besparelser i et nærmere samarbeid mellom Jernbaneverket og vegvesenet. I store deler av landet går Jernbanen parallelt med større veger som europaveger og riksveger, noe som tilsier at kunnskapsoppbygging og tiltaksetablering med fordel bør samordnes.

Vi tror også at Jernbaneverket vil være tjent med en mer systematisk og eksperimentell tilnærming til studiene vedrørende avbøtende tiltak. Dette innbefatter en større bruk av såkalte før-, under- og etterundersøkelser av tiltak, der undersøkelsene også må inkludere en sammenligning med representative kontrollstrekninger hvor tiltak ikke gjennomføres. Alt for ofte blir effektstudier igangsatt lenge etter at tiltaket er etablert, noe som reduserer muligheten til å konkludere med særlig sikkerhet. En mer eksperimentell framgangsmåte vil gi oss et bedre grunnlag for å avklare hva som faktisk virker og ikke virker, og vil på sikt redusere mengden ressurser som kanaliseres til tiltak uten eller med liten effekt.

I tillegg til kunnskap om effekten av avbøtende tiltak er det behov for studier som besvarer hvordan tiltak kan gjennomføres med minst mulig negative effekter på dyrs og menneskers bruk av landskapet. For eksempel har ingen undersøkt langtidskonsekvensene av viltgjerder med få kryssingsmuligheter (f.eks. over- eller underganger) og lite er gjort for å avklare når andre alternativer bør vurderes framfor bruk av gjerder. Bygging av viltgjerder har store konsekvenser for dyras mulighet for å utnytte landskapet de lever i og i tillegg vil viltgjerder ofte blokkere for menneskers bruk av områder. I denne sammenheng har vi for lite kunnskap om hvordan vi best mulig designer «flerbruks-overganger».

Vekst i trafikk og utbygging av ny infrastruktur (veg, bane og kraftlinjer) kan føre til fragmentering og forringelse av naturområder, med potensielle negative følger for naturmangfold. Både i Norge og internasjonalt ønsker man å gjennomføre utbyggingsprosjekter med minst mulig negativ effekt på naturverdier. Mennesker har ofte ulike målsetninger med bruken av landskapet, og planlegging handler derfor i stor grad om å oppnå flest mulig mål med minst mulig konflikt. En styrke for framtidige prosjekt vil være at de organiseres slik at man oppnår stor grad av samarbeid mellom forskere, forvaltning og næringsutøvere om å finne fram til de riktige spørsmålene forskningsprosjekter skal besvare, slik at man finner de best mulig løsningene.

9 Referanser

- Andersen, R., Wiseth, B., Pedersen, P. H. & Jaren, V. 1991. Moose-train collisions: effects of environmental conditions. - *Alces* 27: 79-84.
- Andreassen, H. P., Gundersen, H. & Storaas, T. 2005. The effect of scent-marking, forest clearing, and supplemental feeding on moose-train collisions. - *Journal of Wildlife Management* 69: 1125-1132.
- Austrheim, G., Solberg, E. J., Myrsetrud, A., Daverdin, M. & Andersen, R. 2008. Hjortedyr og husdyr på beite i norsk utmark i perioden 1949-1999. (Cervid and livestock herbivory in Norwegian outlying land from 1949 to 1999). *Rapp. Zool. Ser.* 2008. *Rapp. Zool. Ser.* 2008. 2 (In Norwegian with English summary). 123. (In Norwegian with English summary). s.
- Bil, M., Andrasik, R. & Janoska, Z. 2013. Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. - *Accident Analysis and Prevention* 55: 265-273.
- Bjørneraas, K., red. 2012. Klauvvilt i norsk natur - historie, biologi og forvaltning: 218. - Akademika Forlag.
- Bjørneraas, K., Herfindal, I., Solberg, E. J., Sæther, B.-E., van Moorter, B. & Rolandsen, C. M. 2011. Habitat quality influences population distribution, individual space use and functional responses in habitat selection by a large herbivore. - *Oecologia Online first* (DOI 10.1007/s00442-011-2072-3).
- Bjørneraas, K., Solberg, E. J., Herfindal, I., Van Moorter, B., Rolandsen, C. M., Tremblay, J.-P., Skarpe, C., Sæther, B.-E., Eriksen, R. & Astrup, R. 2011. Moose *Alces alces* habitat use at multiple temporal scales in a human-altered landscape. - *Wildlife Biology* 17: 44-54.
- BTE. 1995. Evaluation of the Black Spot Program. - I *Economics, B. o. T.*, red. Australian Government Publishing Service, Australia.
- Bunnefeld, N., Borger, L., van Moorter, B., Rolandsen, C. M., Dettki, H., Solberg, E. J. & Ericsson, G. 2011. A model-driven approach to quantify migration patterns: individual, regional and yearly differences. - *Journal of Animal Ecology* 80: 466-476.
- Busengdal, A. L., Stanimirov, M. & Brynslund, T. 2014. Handlingsplan for å redusere antall dyr påkjørt med tog 2014 - 2017. Utgave nr. 1. Bane Teknisk miljø og vegetasjonskontroll. 26 s.
- Clevenger, A. P., Chruszcz, B. & Gunson, K. 2001. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. - *Wildlife Society Bulletin* 29: 646-653.
- Danks, Z. D. & Porter, W. F. 2010. Temporal, Spatial, and Landscape Habitat Characteristics of Moose-Vehicle Collisions in Western Maine. - *Journal of Wildlife Management* 74: 1229-1241.
- Dussault, C., Ouellet, J. P., Laurian, C., Courtois, R., Poulin, M. & Breton, L. 2007. Moose movement rates along highways and crossing probability models. *Journal of Wildlife Management*. Article. - S 2338-2345.
- Elvik, R. 2008. Comparative Analysis of Techniques for Identifying Locations of Hazardous Roads. - *Transportation Research Record*: 72-75.
- Elvik, R. 2008. The predictive validity of empirical Bayes estimates of road safety. - *Accident Analysis and Prevention* 40: 1964-1969.
- Elvik, R. 2012. Analytic choices in road safety evaluation: Exploring second-best approaches. - *Accident Analysis and Prevention* 45: 173-179.
- Eriksson, C. 2014. Does tree removal along railroads in Sweden influence the risk of train accidents with moose and roe deer? - Department of Ecology, Grimsö Wildlife Research Station, Swedish University of Agricultural Sciences. 20.
- Forman, R. T., Sperling, D., Bissonette, J. A., Clevenger, A. P., Cutshall, C. D. & Dale, V. H. 2002. *Road Ecology: Science and Solutions*. - Island Press.
- Fryxell, J. M., Packer, C., McCann, K., Solberg, E. J. & Saether, B. E. 2010. Resource Management Cycles and the Sustainability of Harvested Wildlife Populations. - *Science* 328: 903-906.
- Gagnon, J. W., Theimer, T. C., Dodd, N. L., Boe, S. & Schweinsburg, R. E. 2007. Traffic volume alters elk distribution and highway crossings in Arizona. - *Journal of Wildlife Management* 71: 2318-2323.
- Groot Bruinderink, G. & Hazebroek, E. 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. - *Conservation Biology* 10: 1059-1067.
- Gundersen, H. & Andreassen, H. P. 1998. The risk of moose *Alces alces* collision: A predictive logistic model for moose-train accidents. - *Wildlife Biology* 4: 103-110.

- Gundersen, H., Storaas, T., Haave, H. M. & Andreassen, H. P. 1997. Vilt-trafikk i Østerdalen. - Høgskolen i Hedmark, Elverum.
- Haikonen, H. & Summala, H. 2001. Deer-vehicle crashes - Extensive peak at 1 hour after sunset. - *American Journal of Preventive Medicine* 21: 209-213.
- Hauer, E. 1997. Observational before-after studies in road safety : estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety. 1st. utg. - Pergamon, Oxford, OX, U.K. Tarrytown, N.Y., U.S.A.
- Hedlund, J. H., Curtis, P. D., Curtis, G. & Williams, A. F. 2004. Methods to reduce traffic crashes involving deer: what works and what does not. - *Traffic Injury Prevention* 5: 122-131.
- Huijser, M. P., Duffield, J. W., Clevenger, A. P., Ament, R. J. & McGowen, P. T. 2009. Cost-Benefit Analyses of Mitigation Measures Aimed at Reducing Collisions with Large Ungulates in the United States and Canada: a Decision Support Tool. - *Ecology and Society* 14.
- Huseby, O. 2013. Spatio-temporal variation in moose-vehicle collisions: the effect of varying traffic intensity and light conditions. - Department of Biology, Norwegian University of Science and Technology.
- Jaren, V., Andersen, R., Ulleberg, M., Pedersen, P. H. & Wiseth, B. 1991. Moose-train collisions: the effects of vegetation removal with a cost-benefit analysis. - *Alces* 27: 93-99.
- Jernbaneverket. 2015. Underbygning/Vedlikehold/Vegetasjonskontroll i sideterreng. Fra Teknisk regelverk utgitt 26. januar 2015.
- Jernbaneverket. 2015. Underbygning/Vedlikehold/Vegetasjonskontroll i sideterreng/Retningslinjer for avtale vedr. hogst langs jernbanen. Fra Teknisk regelverk utgitt 26. januar 2015.
- Joyce, T. L. & Mahoney, S. P. 2001. Spatial and temporal distributions of moose-vehicle collisions in Newfoundland. - *Wildlife Society Bulletin* 29: 281-291.
- Kastdalen, L. 1996. Romerikselgen og Gardermoutbyggingen: en undersøkelse av situasjonen før utbyggingene av Gardermoen til ny hovedflyplass, og forslag til avbøtende tiltak for elg. @<5/96@>. - Miljøvern avdelingen, Oslo.
- Kastdalen, L. & Gundersen, H. 2004. Romerikselgen - arealbruk etter Gardermoutbyggingen: konsekvenser av Forvarets etablering av nye øvings- og undervisningsområder på Øvre Romerike. nr 7-2004. - Høgskolen i Hedmark, Elverum.
- Kristiansen, V. M. 2010. Rådyr (*Capreolus capreolus*) og mindre viltarters bruk av ulike over- og underganger langs fire hovedveger på Østlandet. - Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap. 30.
- Krop-Benesch, A., Berger, A., Hofer, H. & Heurich, M. 2013. Long-term measurement of roe deer (*Capreolus capreolus*) (Mammalia: Cervidae) activity using two-axis accelerometers in GPS-collars. - *Italian Journal of Zoology* 80: 69-81.
- Kusta, T., Hola, M., Keken, Z., Jezek, M., Zika, T. & Hart, V. 2014. Deer on the railway line: spatiotemporal trends in mortality patterns of roe deer. - *Turkish Journal of Zoology* 38: 479-485.
- Laurian, C., Dussault, C., Ouellet, J. P., Courtois, R., Poulin, M. & Breton, L. 2008. Behavior of moose relative to a road network. - *Journal of Wildlife Management* 72: 1550-1557.
- Leblond, M., Dussault, C., Ouellet, J. P., Poulin, M., Courtois, R. & Fortin, J. 2007. Electric fencing as a measure to reduce moose-vehicle collisions. - *Journal of Wildlife Management* 71: 1695-1703.
- Lorentsen, Ø., Wiseth, B., Einvik, K. & Pedersen, P. H. 1991. Elg i Nord-Trøndelag - Resultater fra elgundersøkelsene 1987 - 1990 om vandringsmønster, brunst, kalvinger og dødelighet. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag - Rapport 1. 208 s.
- Lykkja, O. N., Solberg, E. J., Herfindal, I., Wright, J., Rolandsen, C. M. & Hanssen, M. G. 2009. The Effects of Human Activity on Summer Habitat Use by Moose. - *Alces* 45: 109-124.
- Meisingset, E. L., Loe, L. E., Brekkum, O. & Mysterud, A. 2014. Targeting Mitigation Efforts: The Role of Speed Limit and Road Edge Clearance for Deer-Vehicle Collisions. - *Journal of Wildlife Management* 78: 679-688.
- Meisingset, E. L., Loe, L. E., Brekkum, O., Van Moorter, B. & Mysterud, A. 2013. Red deer habitat selection and movements in relation to roads. - *Journal of Wildlife Management* 77: 181-191.
- Modafferi, R. D. 1991. Train moose-kill in Alaska: Characteristics and relationship with snowpack depth and moose distribution in lower Susitna valley. - *Alces* 27: 193-207.
- Mysterud, A. 2004. Temporal variation in the number of car-killed red deer *Cervus elaphus* in Norway. - *Wildlife Biology* 10: 203-211.

- Mysterud, A., Loe, L. E., Meisingset, E., Zimmermann, B., Hjeltne, A. W., Veiberg, V., Rivrud, I. M., Skonhoft, A., Olaussen, J. O., Andersen, O., Bischof, R., Bonenfant, C., Brekkum, Ø., Langvatn, R., Flatjord, H., Syrstad, I., Aarhus, A. & Holthe, V. 2011. Hjorten i det norske kulturlandskapet: arealbruk, bærekraft og næring. Utmarksnæring i Norge 1-11. Biologisk institutt, Universitetet i Oslo.
- Nellemann, C., Vistnes, I., Jordhoy, P. & Strand, O. 2001. Winter distribution of wild reindeer in relation to power lines, roads and resorts. - *Biological Conservation* 101: 351-360.
- Nieminen, M. & Leppäluoto, J. 1985. Renarnas trafikdödelighet i Finland under åren 1974 - 1983. - *Rangifer* 5: 53-58.
- Olsen, P. K. & Vibe, D. J. 1981. Beiting og bestandsutvikling hos elg (*Alces alces*) i 13 fylker i Norge. - Universitetet i Oslo.
- Olson, D. D., Bissonette, J. A., Cramer, P. C., Bunnell, K. D., Coster, D. C. & Jackson, P. J. 2015. How does variation in winter weather affect deer—vehicle collision rates? - *Wildlife Biology* 21: 80-87.
- Olsson, M. P. O., Widen, P. & Larkin, J. L. 2008. Effectiveness of a highway overpass to promote landscape connectivity and movement of moose and roe deer in Sweden. - *Landscape and Urban Planning* 85: 133-139.
- Putman, R., Appolonio, M. & Andersen, R., red. 2011. Ungulate Management in Europe: Problems and Practices: 398. - Cambridge University Press.
- Rea, R. V., Child, K. N. & Aitken, D. A. 2010. Youtube (TM) insights into moose-train interactions. - *Alces* 46: 183-187.
- Rea, R. V., Child, K. N., Spata, D. P. & MacDonald, D. 2007. Influence of cutting time on brush response: Implications for herbivory in linear (Transportation) corridors. - *Environmental Management* 40: 219-230.
- Rea, R. V., Child, K. N., Spata, D. P. & MacDonald, D. 2010. Road and Rail Side Vegetation Management Implications of Habitat Use by Moose Relative to Brush Cutting Season. - *Environmental Management* 46: 101-109.
- Renecker, L. A. & Hudson, R. J. 1986. Seasonal energy expenditure and thermoregulatory response of moose. - *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 64: 322-327.
- Rolandsen, C. M., Solberg, E. J., Bjørneraas, K., Heim, M., Van Moorter, B., Herfindal, I., Garel, M., Pedersen, P. H., Sæther, B. E., Lykkja, O. & Os, Ø. 2010. Elgundersøkelsene i Nord-Trøndelag, Bindal og Rissa 2005 - 2010 - Sluttrapport. NINA Rapport 588. 142 s.
- Rolandsen, C. M., Solberg, E. J., Bjørneraas, K., Heim, M., Van Moorter, B., Herfindal, I., Garel, M., Pedersen, P. H., Sæther, B. E., Lykkja, O. & Os, Ø. 2010. Moose in Nord-Trøndelag, Bindal and Rissa 2005 - 2010. Final report. . NINA Report 588. NINA Report 588 (In Norwegian with English summary). 142 (In Norwegian with English summary). s.
- Rolandsen, C. M., Solberg, E. J., Herfindal, I., Van Moorter, B. & Sæther, B.-E. 2011. Large-scale spatiotemporal variation in road mortality of moose: Is it all about population density? - *Ecosphere* 2: art113.
- Rolandsen, C. M., Solberg, E. J., Herfindal, I., Van Moorter, B. F. A. & Sæther, B.-E. 2011. Large-scale spatiotemporal variation in road mortality of moose: Is it all about population density? - *Ecosphere* 2.
- Seiler, A. 2005. Predicting locations of moose-vehicle collisions in Sweden. - *Journal of Applied Ecology* 42: 371-382.
- Seiler, A., red. 2011. Klövviltolyckor på järnväg: kunskapsläge, problemanalys och åtgärdsförslag - Ett projekt utfört på uppdrag av Trafikverket. - Trafikverket.
- Sivertsen, T. R., Gundersen, H., Rolandsen, C. M., Andreassen, H. P., Hanssen, F., Hanssen, M. G. & Lykkja, O. 2010. Evaluering av tiltak for å redusere elgpåkjørslar på veg. Høgskolen i Hedmark - Oppdragsrapport nr. 1. 64 s.
- Solberg, E. J., Rolandsen, C. M. & Gundersen, H. 2012. Hjortevilt og trafikk. Klauvvilt i norsk natur - historie, biologi og forvaltning. - I Bjørneraas, K., red. Akademika forlag. S. 192-203.
- Solberg, E. J., Rolandsen, C. M., Heim, M., Grøtan, V., Garel, M., Sæther, B.-E., Nilsen, E. B., Austrheim, G. & Herfindal, I. 2006. Elgen i Norge sett med jegerøyne - En analyse av jaktmaterialet for elg og det samlede sett elg-materialet i perioden 1966-2004. 82-426-1674-4. Norsk institutt for naturforskning.
- Solberg, E. J., Rolandsen, C. M., Herfindal, I. & Heim, M. 2009. Hjortevilt og trafikk i Norge: En analyse av hjorteviltrelaterte trafikkulykker i perioden 1970-2007. NINA Rapport. 84 s.

- Solberg, E. J., Strand, O., Veiberg, V., Andersen, R., Heim, M., Rolandsen, C. M., Langvatn, R., Holmstrøm, F., Solem, M. I., Eriksen, R., Astrup, R. & Ueno, M. 2012. Hjortevilt 1991-2011 - Oppsummeringsrapport fra Overvåkingsprogrammet for hjortevilt. NINA Rapport 885. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim. 156 s.
- Solberg, E. J., Veiberg, V., Rolandsen, C. M., Ueno, M., Nilsen, E. B., Gangsei, L. E., Stenbrenden, M. & Libjå, L. E. 2014. Sett elg- og sett hjort-overvåkingen: Styrker og forbedringspotensial. NINA Rapport. 103 s.
- Solberg, E. J., Veiberg, V., Strand, O., Andersen, R., Langvatn, R., Heim, M., Rolandsen, C. M., Holmstrøm, F. & Solem, M. I. 2008. Hjortevilt 2007 - Årsrapport fra Overvåkingsprogrammet for hjortevilt. NINA Rapport 380. Norsk institutt for naturforskning. 66 s.
- Statens vegvesen. 2014. Håndbok V723 - Analyse av ulykkessteder.
- Storaas, T., Nicolaisen, K. B., Gundersen, H. & Zimmermann, B. 2005. Prosjekt Elg - trafikk i Stor-Elvdal 2000-2004: hvordan unngå elgpåkjørslar på vei og jernbane. nr 1-2005. - Høgskolen, Elverum.
- Strand, O., Bevanger, K. & Falldorf, T. 2006. Villreinens bruk av Hardangervidda – sluttrapport fra Rv7 prosjektet. NINA Rapport 1- 67 s.
- Strand, O., Jordhøy, P., Panzacchi, M. & Van Moorter, B. 2015. Veger og villrein. Oppsummering – overvåking av Rv7 over Hardangervidda. . NINA Rapport 47 s.
- Strætkevren, G. O. 2010. Elgens (*Alces alces*) bruk av ulike over- og underganger langs fire hovedveier på Østlandet. - [G.O. Strætkevren], Ås.
- Sudharsan, K., Riley, S. J. & Winterstein, S. R. 2006. Relationship of autumn hunting season to the frequency of deer-vehicle collisions in Michigan. - *Journal of Wildlife Management* 70: 1161-1164.
- Sullivan, T. L., Williams, A. E., Messmer, T. A., Hellinga, L. A. & Kyrychenko, S. Y. 2004. Effectiveness of temporary warning signs in reducing deer-vehicle collisions during mule deer migrations. - *Wildlife Society Bulletin* 32: 907-915.
- Sæther, B. E., Solbraa, K., Sodal, D. P. & Hjeljord, O. 1992. Sluttrapport Elg-Skog-Samfunn. NINA forskningsrapport. 28. 1-153 s.
- Ueno, M., Solberg, E. J., Iijima, H., Rolandsen, C. M. & Gangsei, L. E. 2014. Performance of hunting statistics as spatiotemporal density indices of moose (*Alces alces*) in Norway. - *Ecosphere* 5.
- van Moorter, B., Bunnefeld, N., Panzacchi, M., Rolandsen, C. M., Solberg, E. J. & Sæther, B.-E. 2013. Understanding scales of movement: animals ride waves and ripples of environmental change. - *Journal of Animal Ecology* 82: 770-780.
- Vistnes, I., Nellemann, C., Jordhoy, P. & Strand, O. 2001. Wild reindeer: impacts of progressive infrastructure development on distribution and range use. - *Polar Biology* 24: 531-537.
- Waring, G. H., Griffis, J. L. & Vaughn, M. E. 1991. White-Tailed Deer Roadside Behavior, Wildlife Warning Reflectors, and Highway Mortality. - *Applied Animal Behaviour Science* 29: 215-223.
- Wiseth, B. & Pedersen, P. H. 1985. Skogrydding som tiltak for å redusere antall kollisjoner mellom elg og tog. En beskrivelse av iverksettelsen av tiltaket i Grong og Snåsa i 1984. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Rapport nr. 3. s.
- Wiseth, B. & Pedersen, P. H. 1989. Skogrydding reduserer elgpåkjørslene. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag - Rapport nr. 4 - 1989. s.
- Åhrén, T. & Larsson, P.-O. 1999. Renpåkörningar - En pilotstudie för att hitta förslag till effektiva åtgärder för att minska antalet djurpåkörningar utmed Malmabanen. s.

10 Vedlegg

Database for railway collisions

Bram Van Moorter & Christer Rolandsen

Note: scripts will be displayed in this sans-serif arial font

Create a new table with the railway stretches

First, we created a new database: "railway_collisions". This is easy by just using pgAdmin. We right-click on "databases" and select "new database".

Second, we used QGIS to upload the shapefiles with the railways and train stations.

Third, with pgAdmin we uploaded the table with the collisions. Note that we received the collision data as both an xls-file and a shape-file. It is the xls-file that contains the original data, the shape-file merely adds the geographic information to it. So, we will first upload the data from the xls-file and then add the geometry information from the shape-file to it. For this we first make a new table: "collisions" within the "main" schema (this table contains all the columns from the original file, which I have converted to a csv-file):

```
DROP TABLE main.collisions;
CREATE TABLE main.collisions(
collisions_id integer,
road_stretch integer,
location character varying,
location_description character varying,
km double precision,
collision_time timestamp without time zone,
rapportert_av character varying,
rapportert_dato timestamp without time zone,
driftsforstyrrelse character(1),
driftsstans_fra timestamp without time zone,
driftsstans_til timestamp without time zone,
tognummer character varying,
viltneid_varslet character varying,
dyrepaakjorsel_beskrivelse character varying,
merknad character varying,
vaerforhold character varying,
snoforhold character varying,
vegetasjon character varying,
avstand_til_skog character varying,
gjerde character varying,
gjerdeeier character varying,
gjerdetype character varying,
species character varying,
n_adult_male integer,
n_adult_female integer,
n_young integer,
n_unkown integer,
```

```
orene_sendt_til_rdag character varying,  
orene_sendt_av character varying,  
klypenummer character varying,  
politi_varslet character varying,  
eier character varying,  
endret_av character varying,  
endret_dato timestamp without time zone,  
kommune character varying,  
hl_id character varying,  
bane character varying,  
banesjef character varying,  
omraade character varying,  
kommentar character varying);
```

We now need to copy the data into this database. It is a good idea to verify the "date style" of the session. We had a datestyle that placed the months first, this is in conflict with the data file, which had the day first. Therefore, we set the style to have first day, then month, and finally the year:

```
SHOW datestyle;
```

```
SET SESSION datestyle = "ISO, DMY";
```

There are a few things to pay attention to:

- 1) Avoid the use of capitals in the column names (so, no CamelFont)
- 2) Avoid symbols unknown to standard english (such as: ø,å,æ). Use another program (e.g. notepad) to do a "find and replace". One solution to keep these characters is to use "latin1" for the encoding (not UTF-8).
- 3) Excel cannot be trusted to export Norwegian characters to csv. Check it, and if needed use openoffice or the like.
- 4) Make sure that your postgres session has read access to the file. Notably, when you work on a server this may not be the case. It may be helpful to place the data (at least temporary) in a postgres folder, so that you know for sure that it can access it.

Indeed, we have run into all these issues!

We run the following query to read the data into our postgresql database:

```
COPY main.collisions(collisions_id, road_stretch,  
location, location_description, km, collision_time, rapportert_av, rapportert_dato,  
driftsforstyrrelse, driftsstans_fra, driftsstans_til, tognummer, viltneid_varslet,  
dyrepaakjorsel_beskrivelse, merknad, vaerforhold, snoforhold, vegetasjon,  
avstand_til_skog, gjerde, gjerdeeier, gjerdetype, species, n_adult_male, n_adult_female,  
n_young, n_unkown, orene_sendt_til_rdag, orene_sendt_av, klypenummer, politi_varslet,  
eier, endret_av, endret_dato, kommune, hl_id, bane, banesjef, omraade, kommentar)  
FROM  
'D:\PostgreSQL\Data\data_christer\collisions_19112014.csv'  
WITH (FORMAT CSV, HEADER, DELIMITER ';', ENCODING 'latin1');  
  
ALTER TABLE main.collisions ADD PRIMARY KEY (collisions_id);
```

Fantastic! We got it

Create a spatial feature for the collisions

As mentioned above, the spatial location of the collisions is stored in a separate shape-file. Thus, we will upload that shape-file and add the geometry column into our "main.collisions" table

```
CREATE EXTENSION postgis;
```

```
ALTER TABLE main.collisions ADD COLUMN the_geom geometry(Point, 32633);
```

We used QGIS to import the "main.temp_collisions" table into the database.

Add the geometry column from the shape-file to our initial collision table:

```
UPDATE main.collisions a SET
the_geom = ST_Force_2D(the_geom) FROM main.temp_collisions b WHERE a.collisions_id=b.objectid;
```

One particular issue is that both tables have not exactly the same records, the following queries show (1) the locations that are in the xls-file but not in the shape-file and (2) vice versa (in the shape-file but not in the xls-file):

```
SELECT * FROM main.collisions a WHERE NOT EXISTS (SELECT b.dyrnum::integer
FROM main.temp_collisions b WHERE a.collisions_id=b.dyrnum::integer);
```

```
SELECT * FROM main.temp_collisions a WHERE NOT EXISTS (SELECT b.collisions_id
FROM main.collisions b WHERE b.collisions_id=a.dyrnum::integer);
```

We did not have a final solution for this, fortunately the mismatch is relatively small.

Delete the shape-file:

```
DROP TABLE main.temp_collisions;
```

Upload table with train departures/arrivals

To understand where collisions take place, we need to know where they could have taken place. Therefore, we need to know when and where trains were going. For this we used the train tables. To facilitate handling of the data in the database we modified the data we received, where each row was a train and the different train stations where it stopped were provided as columns.

We first used R to reformat the data, the main goal was to "transpose" the data set. Specifically, instead of having stations as columns, we have now a departure and arrival column one with the station and the other one with the date.

The R-script:

```
#import packages
install.packages("foreach")
install.packages("doParallel")
install.packages("lubridate")
library(foreach)
library(doParallel)
library(lubridate)

#load data
setwd("D:/Data/data_christer")
dat <- read.csv("Nordlandsbanen-Utdrag-Til-Jbv.csv")
head(dat)

x=1
train <- dat[x,]

train2df <- function(x, train){
  library(lubridate)
  stops <- data.frame(station=names(train)[-c(1:6)], time= as.POSIXct(as.character(un-
list(train[-c(1:6)])), format="%d.%m.%Y %H:%M"))
  stops <- na.omit(stops)
  stops <- stops[order(stops$time),]
  fromto <- cbind(stops[-nrow(stops),], stops[-1,])
  dframe <- data.frame(train_id=x, period=train[[1]], dep_date=as.Date(as.character(un-
list(train[3])), format="%d-%m-%y"),
  train_nr=train[[4]], category=train[[5]], direction=train[[6]],
  dep_station=fromto[,1], dep_time=fromto[,2], arr_station=fromto[,3], arr_time=fromto[,4])
  return(dframe)
}

#setup parallel backend to use 8 processors
cl<-makeCluster(6)

registerDoParallel(cl)

tab <- foreach(x=c(1:nrow(dat)), .combine=rbind) %dopar% train2df(x, train=dat[x,])
stopCluster(cl)

head(tab)

write.table(tab, "nordlandsbanen.csv", quote = F, sep = ";", row.names = F)
```

Prepare the data table in the database:

```
DROP TABLE main.trains_times;

CREATE TABLE main.train_times(
  train_times_id serial NOT NULL,
  train_id integer NOT NULL,
  period integer,
  dep_date character varying,
  train_nr integer,
  category character varying,
  direction character(1),
```

```

dep_station character varying,
dep_time character varying,
arr_station character varying,
arr_time character varying,
insert_timestamp timestamp with time zone DEFAULT now(),
CONSTRAINT train_times_pkey
PRIMARY KEY (train_times_id))

```

Upload the csv file into the table:

```

COPY main.train_times(train_id, period, dep_date, train_nr, category, direction,
dep_station, dep_time, arr_station, arr_time) FROM
'D:\PostgreSQL\data_christer\nordlandsbanen.csv'
WITH (FORMAT CSV, HEADER, DELIMITER ';', ENCODING 'latin1');

```

Convert the "time" columns to timestamps:

```

ALTER TABLE main.train_times ADD COLUMN dep_timestamp timestamp with time
zone;

```

```

UPDATE main.train_times SET dep_timestamp = dep_time::timestamp with time zone;

```

```

ALTER TABLE main.train_times ADD COLUMN arr_timestamp timestamp with time zone;

```

```

UPDATE main.train_times SET arr_timestamp = arr_time::timestamp with time zone;

```

```

ALTER TABLE main.train_times DROP COLUMN dep_time;

```

```

ALTER TABLE main.train_times DROP COLUMN arr_time;

```

For ease of use it would help to have the stretch as a geometry in the table. This will require three steps:

- 1) get the geometries of the arrival and departure station
- 2) use ST_Line_Locate_Point to know the location on the line string
- 3) use ST_Line_Substring to cut the desired piece of the line string

First, Associate the station geometries:

```

ALTER TABLE main.train_times ADD COLUMN dep_geom geometry(Point, 32633);

```

```

ALTER TABLE main.train_times ADD COLUMN arr_geom geometry(Point, 32633);

```

```

UPDATE main.train_times SET dep_geom = (select ST_Force_2D(the_geom) from
main.stations where train_times.dep_station = stations.navn);

```

```

UPDATE main.train_times SET arr_geom = (select ST_Force_2D(the_geom) from
main.stations where train_times.arr_station = stations.navn);

```

In QGIS a line for Nordlandbanen was made into a separate table, and the following code was used to convert the multiline into a simple linestring:


```
ALTER TABLE main.nordlandbanen_line ADD COLUMN geom geometry(LineString, 32633);
```

```
UPDATE main.nordlandbanen_line SET geom = (ST_MakeLine(ARRAY(SELECT (ST_DumpPoints(the_geom)).geom from main.nordlandbanen_line)));
```

Second, get the location on the rail way line string (note: the line string goes direction North: Trondheim to Bodo). St_Reverse can be used to invert the order of the vertices:

```
CREATE TABLE main.railway_stretches
AS (SELECT DISTINCT ON (train_times.dep_station, train_times.arr_station)
train_times.dep_station, train_times.arr_station, train_times.dep_geom,
train_times.arr_geom
FROM main.train_times);
```

--a few errors occurred in the data import, which we correct manually:

--fix Kvalfors

```
UPDATE main.railway_stretches SET dep_geom = ST_SetSRID(ST_MakePoint(418574, 7292293), 32633) WHERE dep_station='Kvalfors';
```

```
UPDATE main.railway_stretches SET arr_geom = ST_SetSRID(ST_MakePoint(418574, 7292293), 32633) WHERE arr_station='Kvalfors';
```

--fix Mo i Rana

```
UPDATE main.railway_stretches SET arr_station = 'Mo i Rana' WHERE arr_station='Mo.i.Rana';
```

```
UPDATE main.railway_stretches SET dep_station = 'Mo i Rana' WHERE dep_station='Mo.i.Rana';
```

```
UPDATE main.railway_stretches SET arr_geom = (SELECT ST_Force_2D(the_geom)
from main.stations where navn = 'Mo i Rana') WHERE arr_station='Mo i Rana';
```

```
UPDATE main.railway_stretches SET dep_geom = (SELECT ST_Force_2D(the_geom)
from main.stations where navn = 'Mo i Rana') WHERE dep_station='Mo i Rana';
```

--fix Vikhamar

```
UPDATE main.railway_stretches SET arr_geom = (SELECT ST_Force_2D(the_geom)
from main.stations where navn = 'Vikhammer') WHERE arr_station='Vikhamar';
```

```
UPDATE main.railway_stretches SET dep_geom = (SELECT ST_Force_2D(the_geom)
from main.stations where navn = 'Vikhammer') WHERE dep_station='Vikhamar';
```

--add the proportions on the railway

```
ALTER TABLE main.railway_stretches ADD COLUMN dep_prop double precision;
```

```
ALTER TABLE main.railway_stretches ADD COLUMN arr_prop double precision;
```

```
UPDATE main.railway_stretches SET dep_prop = prop FROM
(SELECT ST_Line_Locate_Point(nordlandbanen_line.geom, railway_stretches.dep_geom)
as prop, railway_stretches.dep_station as dep_stat
FROM main.nordlandbanen_line, main.railway_stretches) a WHERE a.dep_stat=railway_stretches.dep_station;
```

```
UPDATE main.railway_stretches SET arr_prop = prop FROM
(SELECT ST_Line_Locate_Point(nordlandbanen_line.geom, railway_stretches.arr_geom)
as prop, railway_stretches.arr_station as arr_stat
FROM main.nordlandbanen_line, main.railway_stretches) a WHERE a.arr_stat=railway_stretches.arr_station;
```

```

--add direction
ALTER TABLE main.railway_stretches ADD COLUMN direction character(1);
UPDATE main.railway_stretches SET direction = 'N' WHERE railway_stretches.dep_prop
< railway_stretches.arr_prop;
UPDATE main.railway_stretches SET direction = 'S' WHERE railway_stretches.dep_prop
> railway_stretches.arr_prop;

--add geometry
ALTER TABLE main.railway_stretches ADD COLUMN stretch_geom geometry(LineString,
32633);

UPDATE main.railway_stretches SET stretch_geom = geom FROM
(SELECT ST_Line_Substring(nordlandbanen_line.geom, railway_stretches.dep_prop, rail-
way_stretches.arr_prop) as geom, railway_stretches.dep_station as dep_stat, rail-
way_stretches.arr_station as arr_stat
FROM main.nordlandbanen_line, main.railway_stretches) a WHERE a.dep_stat=rail-
way_stretches.dep_station AND a.arr_stat=railway_stretches.arr_station AND rail-
way_stretches.dep_prop < railway_stretches.arr_prop;

UPDATE main.railway_stretches SET stretch_geom = geom FROM
(SELECT St_Reverse(ST_Line_Substring(nordlandbanen_line.geom, rail-
way_stretches.arr_prop, railway_stretches.dep_prop)) as geom, rail-
way_stretches.dep_station as dep_stat, railway_stretches.arr_station as arr_stat
FROM main.nordlandbanen_line, main.railway_stretches) a WHERE a.dep_stat=rail-
way_stretches.dep_station AND a.arr_stat=railway_stretches.arr_station AND rail-
way_stretches.dep_prop > railway_stretches.arr_prop;

--add length of stretch
ALTER TABLE main.railway_stretches ADD COLUMN length double precision;
UPDATE main.railway_stretches SET length = ST_Length(stretch_geom);

--add a primary key
ALTER TABLE main.railway_stretches ADD COLUMN railway_stretches_id SERIAL;
ALTER TABLE main.railway_stretches ADD PRIMARY KEY (railway_stretches_id);

```

Sample random points on trains

We first add a length column to the train_times table, which will provide the weight for the random sampling (we want more points from longer stretches):

```

ALTER TABLE main.train_times ADD COLUMN length double precision;

UPDATE main.train_times SET length = leng from (SELECT length as leng, dep_station
as dep_stat, arr_station as arr_stat, direction as dir
FROM main.railway_stretches) a WHERE a.dep_stat=train_times.dep_station AND
a.arr_stat=train_times.arr_station AND a.dir = train_times.direction;

```

We have the time table, we have the stretches. Random points table should contain at least the following columns to identify each random point and where it came from: rnd_point_id, train_times_id, and railway_stretches_id:

```
--determine the number of random points to be drawn from a given segment
ALTER TABLE main.train_times ADD COLUMN nb_rnd_pts integer;
UPDATE main.train_times SET nb_rnd_pts = floor(length/5000) + (mod(length::integer,
5000)>(random()*5000))::integer;
```

```
--make the random points table
DROP TABLE main.rnd_pts;
```

```
CREATE TABLE main.rnd_pts (
  rnd_pts_id serial NOT NULL,
  train_times_id integer,
  railway_stretches_id integer,
  CONSTRAINT rnd_pts_pkey PRIMARY KEY (rnd_pts_id));
```

```
--what is the maximum number of random points taken from a stretch
SELECT MAX(nb_rnd_pts) FROM main.train_times;
```

```
--loop through all the nb of random points and add them to the table
DO
$do$
BEGIN
FOR i IN 1..139 LOOP
INSERT INTO main.rnd_pts (train_times_id)
SELECT train_times_id
FROM main.train_times WHERE nb_rnd_pts>=i;
END LOOP;
END
$do$
```

This approach is taking a determined number of random points per segment, which we will in the following randomly allocate within the stretch.

Get the railway_stretches_id:

```
UPDATE main.rnd_pts SET railway_stretches_id = a.id from (SELECT s.rail-
way_stretches_id as id, p.rnd_pts_id as pts_id FROM main.train_times t, main.rail-
way_stretches s, main.rnd_pts p WHERE s.dep_station=t.dep_station AND s.arr_sta-
tion=t.arr_station AND t.train_times_id=p.train_times_id) a WHERE
a.pts_id=rnd_pts.rnd_pts_id;
```

Get the geometry and the time for each random point:

```
--add a random point from each stretch
ALTER TABLE main.rnd_pts ADD COLUMN rnd_prop double precision;
```

```
UPDATE main.rnd_pts SET rnd_prop = random();
```

```
ALTER TABLE main.rnd_pts ADD COLUMN the_geom geometry(Point, 32633);
```

```
UPDATE main.rnd_pts SET the_geom = ST_Line_Interpolate_Point(stretch_geom,
rnd_prop) FROM main.railway_stretches WHERE railway_stretches.rail-
way_stretches_id=rnd_pts.railway_stretches_id;
```

```
--determine the time of the random point
ALTER TABLE main.rnd_pts ADD COLUMN rnd_time timestamp with time zone;

UPDATE main.rnd_pts SET rnd_time = dep_timestamp + (arr_timestamp-
dep_timestamp)*rnd_prop FROM main.train_times WHERE rnd_pts.train_times_id=
train_times.train_times_id;
```

Table for analysis

Before we start adding environmental data to the random locations and the collisions, we combine both data into one single table:

```
DROP TABLE main.logistic_reg;

CREATE TABLE main.logistic_reg(points_id integer, collision integer DEFAULT 0, datetim
timestamp without time zone, the_geom geometry(Point, 32633));

INSERT INTO main.logistic_reg (points_id, datetim, the_geom) SELECT a.collisions_id
points_id, a.collision_time datetim, a.the_geom FROM main.collisions a, main.nordland-
banen_line b WHERE st_distance(a.the_geom, b.geom) < 500;

UPDATE main.logistic_reg SET collision = 1;
```

Determine the number of collisions and select 10 random points for each collision:

```
SELECT COUNT(points_id) FROM main.logistic_reg;

INSERT INTO main.logistic_reg (points_id, datetim, the_geom) SELECT rnd_pts_id
points_id, rnd_time datetim, the_geom FROM main.rnd_pts ORDER BY RANDOM() LIMIT
72290;

SELECT COUNT(points_id) FROM main.logistic_reg;

ALTER TABLE main.logistic_reg ADD PRIMARY KEY (points_id, collision);
```

Now we are ready to add the environmental data.

Add environmental covariates to the analysis table

The environmental data are stored in several databases (we will focus on two). As we discovered how rasters simply don't cannot be transported across databases (through dblink), we go the other way round. From those databases with environmental data we will use dblink to access the points from this railway database, we intersect and we get the data back (again with dblink). This means an enormous reduction in the amount of data we have to transport. As the environmental data are mainly in two databases, we will do the intersection in each of these databases separately.

Intersect points in NINA_SPATIAL

```
DROP TABLE ze_ecogjest.logistic_reg;
```

```
CREATE TABLE ze_ecogjest.logistic_reg AS
SELECT *
FROM dblink('host=ninsrv09.nina.no port=5432 dbname=railway_collisions
user=railway_user password=railway2014':text, 'SELECT points_id, collision, datetim,
the_geom FROM main.logistic_reg':text)
logistic_reg(points_id integer,
collision integer,
datetim timestamp without time zone,
the_geom geometry(Point, 32633)
);
```

```
GRANT SELECT ON TABLE ze_ecogjest.logistic_reg TO ecogjest;
```

Now, just intersect...

Let's start with getting the communes:

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN n50_kommune character(60);
```

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN n50_kommune_nr double preci-
sion;
```

```
UPDATE ze_ecogjest.logistic_reg SET n50_kommune = navn, n50_kommune_nr=komm
FROM "N50_Norge"."N50_adminomrader_f" WHERE
ST_Contains("N50_adminomrader_f".geom, the_geom) AND "N50_adminomrader_f".ob-
jtype='Kommune';
```

Get the distance to the nearest building:

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN dist_building integer;
```

```
UPDATE ze_ecogjest.logistic_reg a SET dist_building = 2500;
```

```
UPDATE ze_ecogjest.logistic_reg a SET dist_building = b.dist FROM
(SELECT DISTINCT ON(loc.points_id, loc.collision) loc.points_id id, loc.collision collis,
ST_Distance(loc.the_geom, building.geom)::integer dist
FROM ze_ecogjest.logistic_reg loc LEFT JOIN "N50_Norge"."N50_byggoganlegg_p"
building
ON ST_DWithin(st_transform(loc.the_geom, 32633), building.geom,2500)
WHERE (byggtyp_nb > 0 AND byggtyp_nb < 161) OR
(bbyggtyp_nb > 163 AND byggtyp_nb < 171) OR
(bbyggtyp_nb > 172 AND byggtyp_nb < 181) OR
(bbyggtyp_nb > 183 AND byggtyp_nb < 214) OR
(bbyggtyp_nb > 214 AND byggtyp_nb < 216) OR
(bbyggtyp_nb > 216 AND byggtyp_nb < 221) OR
(bbyggtyp_nb > 221 AND byggtyp_nb < 223) OR
(bbyggtyp_nb > 223 AND byggtyp_nb < 229) OR
(bbyggtyp_nb > 229 AND byggtyp_nb < 830) OR
(bbyggtyp_nb > 830 AND byggtyp_nb < 840) OR
```

```
(byggtyp_nb > 840 AND byggtyp_nb < 956) OR
byggtyp_nb > 956
ORDER BY loc.points_id, loc.collision, dist) b WHERE a.points_id=b.id AND a.colli-
sion=b.collis;
```

Now, get the distance to the nearest forest

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN dist_forest double precision;
```

```
UPDATE ze_ecogjest.logistic_reg a SET dist_forest = 2500;
```

```
UPDATE ze_ecogjest.logistic_reg a SET dist_forest = c.dist FROM
(SELECT DISTINCT ON(a.points_id, a.collision) a.points_id id, a.collision collis,
ST_Distance(a.the_geom, b.geom) dist
FROM "N50_Norge"."N50_arealdekke_f" b, ze_ecogjest.logistic_reg a
WHERE b.objtype='Skog' AND ST_DWithin(a.the_geom, b.geom, 2500)
ORDER BY a.points_id, a.collision, ST_Distance(a.the_geom, b.geom)) c
WHERE a.points_id=c.id AND a.collision=c.collis;
```

The proportion of forest within a 1km buffer:

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN prop_forest_1km double preci-
sion;
```

```
UPDATE ze_ecogjest.logistic_reg SET prop_forest_1km = 0;
```

```
UPDATE ze_ecogjest.logistic_reg d SET prop_forest_1km = prop FROM
(SELECT a.points_id, a.collision, sum(ST_Area(st_intersection(b.geom,
ST_Buffer(a.the_geom, 1000))))/(1000000*pi()) prop
FROM ze_ecogjest.logistic_reg a, "N50_Norge"."N50_arealdekke_f" b
WHERE b.objtype='Skog' AND ST_DWithin(a.the_geom, b.geom, 2000) GROUP BY
a.points_id, a.collision) c WHERE d.points_id=c.points_id AND d.collision=c.collision;
```

Now, AR5:

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN ar5 double precision;
```

```
UPDATE ze_ecogjest.logistic_reg SET ar5 = st_value(ar5_raster.rast, the_geom) FROM
rasters.ar5_raster WHERE ST_Intersects(ar5_raster.rast, the_geom);
```

```
--decode AR5
```

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN ar5_artype double precision;
```

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN ar5_artreslag double precision;
```

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN ar5_arskogbon double precision;
```

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN ar5_category character vary-
ing(254);
```



```
UPDATE ze_ecogjest.logistic_reg SET ar5_artype = "ARTYPE", ar5_artreslag =  
"ARTRESLAG", ar5_arskogbon = "ARSKOGBON", ar5_category = "KATEGORIER"  
FROM rasters.ar5_koder WHERE logistic_reg.ar5 = ar5_koder."KODE";
```

Now, DEM:

```
ALTER TABLE ze_ecogjest.logistic_reg ADD COLUMN dem double precision;
```

```
UPDATE ze_ecogjest.logistic_reg SET dem = st_value(dem.hoh, the_geom) FROM ras-  
ters."DEM10_RASTER_SK" dem WHERE ST_Intersects(dem.hoh, the_geom);
```

We can now make a view in the railway database with the intersected table (this makes it easier to add more intersections to the table later on):

```
CREATE OR REPLACE VIEW main.logistic_reg_nina_spatial AS  
SELECT *  
FROM dblink('host=ninsrv09.nina.no port=5432 dbname=NINA_SPATIAL  
user=ecogjest password=gjest_nina::text, 'SELECT * FROM ze_ecogjest.lo-  
gistic_reg)::text)  
logistic_reg( points_id integer,  
collision integer,  
datetim timestamp without time zone,  
the_geom geometry(Point,32633),  
n50_kommune character(60),  
n50_kommune_nr double precision,  
ar5 double precision,  
ar5_artype double precision,  
ar5_artreslag double precision,  
ar5_arskogbon double precision,  
ar5_category character varying(254),  
dem double precision,  
dist_forest double precision,  
dist_building integer,  
prop_forest_1km double precision);
```

Intersect points in env_database

Same as above, as we discovered how rasters simply don't work through dblink, we go the other way round. From env_database we will use dblink to access the points from this railway database, we intersect and we get the data back (again with dblink). This means an enormous reduction in the amount of data we have to transport.

```
DROP TABLE ze_gjest.logistic_reg;
```

```
CREATE TABLE ze_gjest.logistic_reg AS  
SELECT *  
FROM dblink('host=ninsrv09.nina.no port=5432 dbname=railway_collisions  
user=railway_user password=railway2014::text, 'SELECT points_id, collision, datetim,  
the_geom FROM main.logistic_reg)::text)  
logistic_reg(points_id integer,  
collision integer,
```

```

datetim timestamp without time zone,
the_geom geometry(Point, 32633)
);

```

Now, just intersect...

Let's start with getting the weather data:

```

ALTER TABLE ze_guest.logistic_reg ADD COLUMN snow_depth double precision;

```

```

ALTER TABLE ze_guest.logistic_reg ADD COLUMN temperature_daily double precision;

```

```

ALTER TABLE ze_guest.logistic_reg ADD COLUMN precipitation_daily double precision;

```

```

UPDATE ze_guest.logistic_reg SET snow_depth = st_value(rast, the_geom) FROM
snow_nve.snow_depth WHERE ST_Intersects(rast, the_geom) AND acquisition_date =
datetim::date;

```

```

UPDATE ze_guest.logistic_reg SET temperature_daily = st_value(rast, the_geom) FROM
temperature_metno.temperature_daily WHERE ST_Intersects(rast, the_geom) AND acqui-
sition_date = datetim::date;

```

```

UPDATE ze_guest.logistic_reg SET precipitation_daily = st_value(rast, the_geom) FROM
precipitation_metno.precipitation_daily WHERE ST_Intersects(rast, the_geom) AND acqui-
sition_date = datetim::date;

```

Note that snow is pretty much uptodate, but that both temperature and precipitation are only going till the end of 2012.

We add the shot moose data:

```

alter table ze_guest.logistic_reg add column hunting_year integer;
alter table ze_guest.logistic_reg add column shot_moose integer;
alter table ze_guest.logistic_reg add column shot_moose_l1 integer;
alter table ze_guest.logistic_reg add column shot_moose_l2 integer;
alter table ze_guest.logistic_reg add column shot_moose_l3 integer;
alter table ze_guest.logistic_reg add column municipality double precision;

```

```

update ze_guest.logistic_reg set hunting_year = extract(year from datetim);

```

```

update ze_guest.logistic_reg set hunting_year = extract(year from datetim) - 1 WHERE ex-
tract(month from datetim)<4;

```

```

update ze_guest.logistic_reg set municipality = komm FROM n50.n50_municipalities
WHERE ST_Contains(n50_municipalities.geom, the_geom);

```

```

update ze_guest.logistic_reg a set shot_moose = total_harvest from har-
vest_ssb.moose_harvest b where a.hunting_year = b.hunting_year and a.municipal-
ity=b.municipality_id;

```

```
update ze_guest.logistic_reg a set shot_moose_l1 = total_harvest from harvest_ssb.moose_harvest b where a.hunting_year = b.hunting_year+1 and a.municipality=b.municipality_id;
```

```
update ze_guest.logistic_reg a set shot_moose_l2 = total_harvest from harvest_ssb.moose_harvest b where a.hunting_year = b.hunting_year+2 and a.municipality=b.municipality_id;
```

```
update ze_guest.logistic_reg a set shot_moose_l3 = total_harvest from harvest_ssb.moose_harvest b where a.hunting_year = b.hunting_year+3 and a.municipality=b.municipality_id;
```

We add the tree line:

```
ALTER TABLE ze_guest.logistic_reg ADD COLUMN tree_line integer;
```

```
update ze_guest.logistic_reg set tree_line = klimskoggr FROM vegetation.tree_line WHERE ST_Contains(tree_line.geom, the_geom);
```

We can now make a view in the railway database with the intersected table, there we can then merge the different intersected datasets into one:

```
CREATE OR REPLACE VIEW main.logistic_reg_env_database AS
SELECT *
FROM dblink('host=ninsrv09.nina.no port=5432 dbname=env_database
user=sam_gjest password=gjest_sam'::text, 'SELECT points_id, collision, datetim,
the_geom, snow_depth, temperature_daily, precipitation_daily, shot_moose,
shot_moose_l1, shot_moose_l2, shot_moose_l3, tree_line FROM ze_guest.logistic_reg'::text)
logistic_reg_env_database(points_id integer,
collision integer,
datetim timestamp without time zone,
the_geom geometry(Point,32633),
snow_depth double precision,
temperature_daily double precision,
precipitation_daily double precision,
shot_moose integer,
shot_moose_l1 integer,
shot_moose_l2 integer,
shot_moose_l3 integer,
tree_line integer);
```

Merge the data from the different environmental databases

We combine the data from both databases into a new table:

```
--DROP TABLE main.logistic_reg_final;
```

```
CREATE TABLE main.logistic_reg_final AS SELECT a.points_id, a.collision, a.datetim,
a.the_geom, n50_kommune, n50_kommune_nr, ar5, ar5_artype, ar5_artreslag, ar5_arskogbon, ar5_category, dem,dist_forest, dist_building, prop_forest_1km, snow_depth,
```

```
temperature_daily, precipitation_daily, shot_moose, shot_moose_I1, shot_moose_I2,
shot_moose_I3 FROM main.logistic_reg_nina_spatial a, main.logistic_reg_env_database
b WHERE a.points_id=b.points_id AND a.collision=b.collision;
```

We add to this table more information specific to the railways, such as the railway kilometer:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN railway_km double precision;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final a SET railway_km = ST_Line_Locate_Point(b.geom,
a.the_geom)*ST_Length(b.geom)/1000 FROM main.nordlandbanen_line b;
```

Add a column with the species of the collision:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN species character varying;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final a SET species = b.species FROM main.collisions b
WHERE a.points_id=b.collisions_id and a.collision=1;
```

Add forest clearing

An important part of our project is the assessment of the effects of forest clearings. We add these data to the database:

```
DROP TABLE env_data.forest_clearing;
```

```
CREATE TABLE env_data.forest_clearing(
forest_clearing_id serial NOT NULL,
banenummer integer,
strekning character varying,
startkm double precision,
endkm double precision,
year integer,
width double precision,
stretchcode integer,
stretchcodetext character varying,
clearingtype integer,
clearingtypetext character varying);
```

```
COPY env_data.forest_clearing(banenummer,strekning,startkm,endkm,year,width,stretch-
code,stretchcodetext,clearingtype,clearingtypetext) FROM
'D:\PostgreSQL\Data\moose\forestclearing.csv'
WITH (FORMAT CSV, HEADER, DELIMITER ',', ENCODING 'latin1');
```

```
ALTER TABLE env_data.forest_clearing ADD PRIMARY KEY (forest_clearing_id);
```

A problem with these data is that they are not spatial, we only know the “rail kilometers”. We use the station's table to translate (approximately) railkm's into proportions of the nordlandbanen:

```
ALTER TABLE main.stations ADD COLUMN nordlandbanen integer default 0;
```

```
UPDATE main.stations a SET nordlandbanen = 1 FROM main.nordlandbanen_line b
WHERE st_distance(a.the_geom, b.geom) < 500;
```

```
ALTER TABLE main.stations ADD COLUMN prop_nordlandbanen double precision;
```

```
UPDATE main.stations a SET prop_nordlandbanen = ST_Line_Locate_Point(b.geom,
a.the_geom) FROM main.nordlandbanen_line b WHERE a.nordlandbanen=1;
```

The following regression works to within a few hundred meter for the stations from Hommelvik, closer to Trondheim there is a larger distortion. But, fortunately our main focus is on the after Trondheim bit. We add the geometry clipped from Nordlandbanen:

```
ALTER TABLE env_data.forest_clearing ADD COLUMN the_geom geometry(Lin-
eString,32633);
```

```
UPDATE env_data.forest_clearing a SET the_geom = ST_Line_Substring(b.geom, (-
0.002624174 + (a.startkm * 0.001375759)), (-0.002624174 + (a.endkm * 0.001375759)))
FROM main.nordlandbanen_line b WHERE a.forest_clearing_id>2;
```

```
UPDATE env_data.forest_clearing a SET the_geom = ST_Line_Substring(b.geom, 0, (-
0.002624174 + (a.endkm * 0.001375759))) FROM main.nordlandbanen_line b WHERE
a.forest_clearing_id<=2;
```

The year of the latest forest clearing:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN clearing_year integer;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final a SET clearing_year = yr FROM (SELECT max(b.year)
yr, a.points_id, a.collision FROM main.logistic_reg_final a , env_data.forest_clearing b
```

```
WHERE ST_Distance(b.the_geom, a.the_geom) < 10 AND (b.year || '-09-01')::date <
a.datetim GROUP BY a.points_id, a.collision) c WHERE a.points_id=c.points_id AND
a.collision=c.collision;
```

Get the clearing_id corresponding to this date of the latest clearing:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN forest_clearing_id integer;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final a SET forest_clearing_id = b.forest_clearing_id FROM
env_data.forest_clearing b WHERE ST_Distance(b.the_geom, a.the_geom) < 10 AND
b.year=a.clearing_year;
```

Associate based on the clearing_id the other clearing characteristics:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN clearing_type integer;
```

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN clearing_length double precision;
```

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN clearing_width double precision;
```

UPDATE main.logistic_reg_final a SET clearing_type = clearingtype from env_data.forest_clearing b where a.forest_clearing_id=b.forest_clearing_id;

UPDATE main.logistic_reg_final a SET clearing_length = st_length(b.the_geom) from env_data.forest_clearing b where a.forest_clearing_id=b.forest_clearing_id;

UPDATE main.logistic_reg_final a SET clearing_width = width from env_data.forest_clearing b where a.forest_clearing_id=b.forest_clearing_id;

We can now derive the number of days since the latest clearing:

ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN latest_forest_clearing_days integer;

UPDATE main.logistic_reg_final SET latest_forest_clearing_days = extract(day from datetim-(clearing_year || '-09-01')::date);

--60 years since last clearing if there is no latest clearing

UPDATE main.logistic_reg_final a SET latest_forest_clearing_days = 60*365 WHERE latest_forest_clearing_days is null;

We are now trying to get the nearest forest clearing to each point. Find the nearest clearing that occurred before the date of the point:

--add distance to the nearest clearing

ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN nearest_clearing_dist integer;

UPDATE main.logistic_reg_final a SET nearest_clearing_year = dist FROM (SELECT min(ST_Distance(b.the_geom, a.the_geom)) dist, a.points_id, a.collison FROM main.logistic_reg_final a , env_data.forest_clearing b

WHERE (b.year || '-09-01')::date < a.datetim GROUP BY a.points_id, a.collison) c WHERE a.points_id=c.points_id AND a.collison=c.collison;

The year of the latest nearest forest clearing:

ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN nearest_clearing_year integer;

UPDATE main.logistic_reg_final a SET nearest_clearing_year = yr FROM (SELECT max(b.year) yr, a.points_id, a.collison FROM main.logistic_reg_final a , env_data.forest_clearing b WHERE ST_Distance(b.the_geom, a.the_geom)::integer = a.nearest_clearing_dist AND (b.year || '-09-01')::date < a.datetim GROUP BY a.points_id, a.collison) c WHERE a.points_id=c.points_id AND a.collison=c.collison;

Get the clearing_id corresponding to this date of the nearest latest clearing:

ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN nearest_forest_clearing_id integer;


```
UPDATE main.logistic_reg_final a SET nearest_forest_clearing_id = b.forest_clearing_id
FROM env_data.forest_clearing b WHERE ST_Distance(b.the_geom, a.the_geom)::integer = a.nearest_clearing_dist AND b.year=a.clearing_year;
```

We can now again derive the number of days since the latest clearing:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN nearest_latest_forest_clearing_days
integer;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final SET nearest_latest_forest_clearing_days = extract(day
from datetim-(nearest_clearing_year || '-09-01')::date);
```

--60 years since last clearing if there is no latest clearing

```
UPDATE main.logistic_reg_final a SET nearest_latest_forest_clearing_days = 60*365
WHERE nearest_latest_forest_clearing_days is null;
```

Same as above, associate based on the id the other clearing characteristics:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN nearest_clearing_type integer;
```

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN nearest_clearing_length double pre-
cision;
```

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN nearest_clearing_width double pre-
cision;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final a SET nearest_clearing_type = clearingtype, near-
est_clearing_length = st_length(b.the_geom), nearest_clearing_width = width from
env_data.forest_clearing b where a.nearest_forest_clearing_id=b.forest_clearing_id;
```

Add distance to tunnels and bridges

We add the distance to the nearest tunnel and the nearest bridge over the railway:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN dist_tunnel double precision;
```

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN tunnel_id integer;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final SET dist_tunnel = 1000;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final d SET dist_tunnel = c.dist, tunnel_id = c.objectid FROM
(SELECT DISTINCT ON(a.points_id, a.collision) a.points_id id, a.collision collis,
ST_Distance(ST_Transform(a.the_geom, 3044), b.the_geom) dist, b.objectid
FROM env_data.tunnels b, main.logistic_reg_final a
WHERE ST_DWithin(ST_Transform(a.the_geom, 3044), b.the_geom, 1000)
ORDER BY a.points_id, a.collision, dist) c
WHERE d.points_id=c.id AND d.collision=c.collis;
```

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN dist_bridge double precision;
```

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN bridge_id integer;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final SET dist_bridge = 1000;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final d SET dist_bridge = c.dist, bridge_id = c.objectid FROM
(SELECT DISTINCT ON(a.points_id, a.collusion) a.points_id id, a.collusion collis,
ST_Distance(ST_Transform(a.the_geom, 3044), b.the_geom) dist, b.objectid
FROM env_data.bridges b, main.logistic_reg_final a
WHERE ST_DWithin(ST_Transform(a.the_geom, 3044), b.the_geom, 1000)
ORDER BY a.points_id, a.collusion, dist) c WHERE d.points_id=c.id AND d.collusion=c.collis;
```

Add mean and median Digital Elevation Model

The DEM above the treeline, its mean and median:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN mean_dem double precision;
```

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN median_dem double precision;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final d SET mean_dem = c.mean, median_dem = c.median
FROM
(SELECT DISTINCT ON(a.points_id, a.collusion) a.points_id id, a.collusion collis,
ST_Distance(a.the_geom, b.geom) dist, b.mean_dem mean, b.median_dem median
FROM env_data.aggregate_dem_kmpts b, main.logistic_reg_final a
WHERE ST_DWithin(a.the_geom, b.geom, 2000)
ORDER BY a.points_id, a.collusion, dist) c
WHERE d.points_id=c.id AND d.collusion=c.collis;
```

And the tree line data:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN tree_line integer;
```

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN below_tree_line boolean;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final a SET tree_line = b.tree_line from main.logistic_reg_env_database b where a.points_id=b.points_id and a.collusion=b.collusion;
```

```
UPDATE main.logistic_reg_final a SET below_tree_line = dem<tree_line;
```

```
...
```

Add previous trains

We add two metrics to know the train traffic at a given point (in space and time): time since the last one and number in previous 24 hours:

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN time_previous_train interval;
```

```
ALTER TABLE main.logistic_reg_final ADD COLUMN nb_trains_24h integer;
```

```

UPDATE main.logistic_reg_final b SET time_previous_train = min_tim, nb_trains_24h =
count_trains FROM(
WITH a AS (SELECT p.points_id, p.collision, p.datetim AT TIME ZONE 'Europe/Paris',
p.the_geom, s.dep_station, s.arr_station, t.dep_timestamp, t.arr_timestamp,
ST_Line_Locate_Point(s.stretch_geom, p.the_geom) prop,
ST_Line_Locate_Point(s.stretch_geom, p.the_geom)*(t.arr_timestamp-t.dep_timestamp) +
t.dep_timestamp at_pt_tim,
p.datetim AT TIME ZONE 'Europe/Paris' - (ST_Line_Locate_Point(s.stretch_geom,
p.the_geom)*(t.arr_timestamp-t.dep_timestamp) + t.dep_timestamp) before_tim
FROM main.logistic_reg_final p, main.railway_stretches s, main.train_times t
WHERE st_distance(p.the_geom, s.stretch_geom) < 500 AND s.dep_station=t.dep_station
AND s.arr_station=t.arr_station AND (p.datetim + interval '1 days') > t.dep_timestamp AND
(p.datetim - interval '2 days') < t.arr_timestamp
ORDER BY points_id, collision, at_pt_tim) SELECT points_id, collision, min(before_tim)
min_tim, count(before_tim)::integer count_trains FROM a WHERE before_tim >= interval
'30 seconds' AND before_tim < interval '1 day' GROUP BY points_id, collision) c
WHERE b.points_id=c.points_id AND b.collision=c.collision;

```

Note: a problem with the time since the last train is that it assumes that the time of the train is “ideal” (i.e. according to the linear interpolation). This works well for the random points, which were generated according to this ideal. Unfortunately, the collision times were not derived from this ideal. It is therefore quite likely that the time since the last train would be the train that collided itself, if the time entered is ahead of the “ideal” schedule. Therefore, it seems safer to use the number of trains in the last 24 hours.

Add collisions to the table with 10km railway stretches

We added to the table with 10km railway stretches the number of collisions to facilitate plotting. The code below is not repeated for all time intervals, you can simply replicate the table by searching and replacing the intervals in the code below. However, pay very close attention to the number you divide with to obtain the mean, this number should match the number of years in your time interval!

```

ALTER TABLE main.railway_10km_lines ADD COLUMN moose_collisions_1991_2014
double precision default 0;

```

```

UPDATE main.railway_10km_lines a SET moose_collisions_1991_2014 = to-
tal/length*1000/23 FROM (SELECT b.id, count(b.dist) total FROM (SELECT line.line_id id,
ST_Distance(line.the_geom, collis.the_geom) dist FROM main.railway_10km_lines line,
main.collisions collis WHERE ST_DWithin(line.the_geom, collis.the_geom, 10) AND col-
lis.species='Elg' AND collis.collision_time >= '1991-04-01 00:00:00'::timestamp without
time zone AND collis.collision_time < '2014-03-31 23:59:59'::timestamp without time zone
ORDER BY line.line_id, dist) b where b.dist < 10 group by b.id) c WHERE a.line_id=c.id;

```

```
--red deer
```

```

ALTER TABLE main.railway_10km_lines ADD COLUMN reddeer_collisions_1991_2014
double precision default 0;

```

```

UPDATE main.railway_10km_lines a SET reddeer_collisions_1991_2014 = to-
tal/length*1000/23 FROM (SELECT b.id, count(b.dist) total FROM (SELECT line.line_id id,

```

```
ST_Distance(line.the_geom, collis.the_geom) dist FROM main.railway_10km_lines line,
main.collisions collis WHERE ST_DWithin(line.the_geom, collis.the_geom, 10) AND col-
lis.species='Hjort' AND collis.collision_time >= '1991-04-01 00:00:00'::timestamp without
time zone AND collis.collision_time < '2014-03-31 23:59:59'::timestamp without time zone
ORDER BY line.line_id, dist) b where b.dist < 10 group by b.id) c WHERE a.line_id=c.id;
```

```
--roedeer
```

```
ALTER TABLE main.railway_10km_lines ADD COLUMN roedeer_collisions_1991_2014
double precision default 0;
```

```
UPDATE main.railway_10km_lines a SET roedeer_collisions_1991_2014 = to-
tal/length*1000/23 FROM (SELECT b.id, count(b.dist) total FROM (SELECT line.line_id id,
ST_Distance(line.the_geom, collis.the_geom) dist FROM main.railway_10km_lines line,
main.collisions collis WHERE ST_DWithin(line.the_geom, collis.the_geom, 10) AND col-
lis.species='Rådyr' AND collis.collision_time >= '1991-04-01 00:00:00'::timestamp without
time zone AND collis.collision_time < '2014-03-31 23:59:59'::timestamp without time zone
ORDER BY line.line_id, dist) b where b.dist < 10 group by b.id) c WHERE a.line_id=c.id;
```

```
--domestic reindeer
```

```
ALTER TABLE main.railway_10km_lines ADD COLUMN tamrein_collisions_1991_2014
double precision default 0;
```

```
UPDATE main.railway_10km_lines a SET tamrein_collisions_1991_2014 = to-
tal/length*1000/23 FROM (SELECT b.id, count(b.dist) total FROM (SELECT line.line_id id,
ST_Distance(line.the_geom, collis.the_geom) dist FROM main.railway_10km_lines line,
main.collisions collis WHERE ST_DWithin(line.the_geom, collis.the_geom, 10) AND col-
lis.species='Tamrein' AND collis.collision_time >= '1991-04-01 00:00:00'::timestamp with-
out time zone AND collis.collision_time < '2014-03-31 23:59:59'::timestamp without time
zone ORDER BY line.line_id, dist) b where b.dist < 10 group by b.id) c WHERE
a.line_id=c.id;
```

```
--sheep
```

```
ALTER TABLE main.railway_10km_lines ADD COLUMN sheep_collisions_1991_2014
double precision default 0;
```

```
UPDATE main.railway_10km_lines a SET sheep_collisions_1991_2014 = to-
tal/length*1000/23 FROM (SELECT b.id, count(b.dist) total FROM (SELECT line.line_id id,
ST_Distance(line.the_geom, collis.the_geom) dist FROM main.railway_10km_lines line,
main.collisions collis WHERE ST_DWithin(line.the_geom, collis.the_geom, 10) AND col-
lis.species='Sau' AND collis.collision_time >= '1991-04-01 00:00:00'::timestamp without
time zone AND collis.collision_time < '2014-03-31 23:59:59'::timestamp without time zone
ORDER BY line.line_id, dist) b where b.dist < 10 group by b.id) c WHERE a.line_id=c.id;
```

```
--total
```

```
ALTER TABLE main.railway_10km_lines ADD COLUMN total_collisions_1991_2014 dou-
ble precision;
```

```
UPDATE main.railway_10km_lines SET total_collisions_1991_2014 = moose_collisions_1991_2014 + reddeer_collisions_1991_2014 + roedeer_collisions_1991_2014 + tamrein_collisions_1991_2014 + sheep_collisions_1991_2014;
```

Connect with R to the database for the analysis

We can connect to the database in the following way (R-script):

```
library(RPostgreSQL)

drv <- dbDriver("PostgreSQL")

con <- dbConnect(drv, dbname="railway_collisions", host="NINSRV09", port="5432",
user="railway_user", password="*****")

dbListTables(con)
```

You can have a look at the first five lines:

```
fetch(dbSendQuery(con, "SELECT * FROM main.logistic_reg_env LIMIT 5;"), -1)
```

We think it is best to limit the analysis to the last collision and the earliest random point:

```
fetch(dbSendQuery(con, "SELECT max(datetim) FROM main.logistic_reg_env WHERE
collision=1;"), -1)
```

```
## 2014-03-31 06:52:00
```

```
fetch(dbSendQuery(con, "SELECT min(datetim) FROM main.logistic_reg_env WHERE
collision=0;"), -1)
```

```
## 2004-01-01 07:30:10
```

As we are working with hunting years, we will select data from: 2004-04-01 00:00:00 to 2014-03-31 00:00:00

```
rs <- dbSendQuery(con, "SELECT points_id, collision, datetim, EXTRACT(year FROM
datetim) as year, EXTRACT(month FROM datetim) as month, EXTRACT(hour FROM
datetim) as hour, ST_X(ST_Transform(the_geom, 32633)) as x33,
ST_Y(ST_Transform(the_geom, 32633)) as y33, n50_kommune, n50_kommune_nr, ar5,
ar5_artype, ar5_artreslag, ar5_arskogbon, ar5_category, dem, dist_forest, dist_building,
prop_forest_1km, time_previous_train, (extract ('epoch' from time_previous_train)/60)::integer as minutes_previous_train, nb_trains_24h, snow_depth, temperature_daily as temp,
precipitation_daily as precip, shot_moose, shot_moose_l1, shot_moose_l2,
shot_moose_l3, railway_km, clearing_year, clearing_type, clearing_length, clearing_width,
latest_forest_clearing_days as clearing_days, dist_tunnel, dist_bridge, mean_dem, median_dem, tree_line, below_tree_line, nearest_clearing_dist, nearest_clearing_year, nearest_forest_clearing_id, nearest_latest_forest_clearing_days, nearest_clearing_type, nearest_clearing_length, nearest_clearing_width FROM main.logistic_reg_final WHERE
(datetim >= '2004-04-01 00:00:00'::timestamp without time zone AND
```

```
datetim < '2014-03-31 23:59:59'::timestamp without time zone) AND (species='Elg' or species is null);" )
```

```
collis <- fetch(rs,-1)
```

```
dbClearResult(rs)
```

```
head(collis)
```

And we are ready to start analyzing...



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2767-4

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger