



CENTRUM FÖR
BIOLOGISK
MÅNGFALD



Passager för större däggdjur vid väg och järnväg

Slutrapport för studier inom TRIEKOL III

Jan Olof Helldin, Manisha Bhardwaj, Marcus Elfström, Isak Holmberg, Emma Håkansson, Fabian Knufinke,
Mattias Olsson, Amanda Raud Westberg & Andreas Seiler | SLU Centrum för biologisk mångfald

CBM:s skriftserie nr 133 | 2025

Passager för större däggdjur vid väg och järnväg

Slutrapport för studier inom TRIEKOL III

Jan Olof Helldin, <https://orcid.org/0000-0002-5846-2844>, SLU Centrum för biologisk mångfald, Institutionen för Stad och Land, SLU Uppsala.

Manisha Bhardwaj, <https://orcid.org/0000-0001-7769-0845>, SLU Grimsö forskningsstation, Inst. för ekologi, SLU, Riddarhyttan. Nuvarande adress: Wildlife Ecology and Management, Faculty of Environment and Natural Resources, University of Freiburg, Tyskland.

Marcus Elfström, <https://orcid.org/0009-0008-3049-1767>, EnviroPlanning AB, Göteborg.

Isak Holmberg, <https://orcid.org/0009-0004-0568-7929>, Inst. för ekologi, Lunds universitet. Nuvarande adress: Ramboll Sweden AB.

Emma Håkansson, EnviroPlanning AB, Göteborg.

Fabian Knufinke, <https://orcid.org/0000-0001-7951-4300>, Institute of Wildlife Biology and Game Management, University of Natural Resources and Life Sciences, Wien (BOKU), Österrike.

Mattias Olsson, <https://orcid.org/0000-0001-5481-2045>, EnviroPlanning AB, Göteborg.

Amanda Raud Westberg, Trafikverket, Härnösand.

Andreas Seiler, <https://orcid.org/0000-0002-1205-6146>, SLU Grimsö forskningsstation, Inst för ekologi, SLU, Riddarhyttan.



Utgivningsår: 2025,
Utgivningsort: Uppsala
Utgivare: SLU Centrum för biologisk mångfald
Omslagsfoto: Rådjur vid ingången till faunapassagen vid Katthagen, väg 49 strax öster om Skara. Foto: Emma Håkansson /EnviroPlanning AB
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serie: CBM:s skriftserie nr. 133
ISBN: 978-91-88083-49-4
ISSN: 1403-6568
DOI: <https://doi.org/10.54612/a.38ekjv8j92>

© 2025 författarna. Detta verk är licensierat under CC BY-ND 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
English summary.....	5
1. Inledning	7
1.1 Bakgrund.....	7
1.2 Faunapassager i TRIEKOL III.....	10
1.3 Om den här rapporten – läsanvisning.....	10
2. Metoder och avgränsningar.....	11
2.1 Klövdjuren som fokusarter	11
2.2 Kamerabevakning	13
2.3 Bildhantering och analys.....	15
2.4 Passager som ingick i studierna	17
2.5 Annan datainsamling	21
2.7 Tillgängliga bilder, bildlagring.....	22
3. Utformning av planskilda faunapassager (över- och underpassager).....	23
3.1 Pilot: Hur effektiva är passagerna och vilka faktorer påverkar effektiviteten?	23
3.2 Pilot: Smala broar och mänskliga störningar – studier vid E4 Sundsvall	24
3.3 Pilot: Beteendestudier – oro och vaksamhet	26
3.4 Underpassager – betydelsen av dimensioner och alternativa passagemöjligheter.....	28
3.5 Överpassager – betydelsen av dimensioner	30
3.6 Mänskliga störningar – eller samexistens?.....	32
3.8 Betydelsen av underlag och vegetation i passager	35
3.9 Renens användning av broar vid väg och järnväg.....	37
4. Viltanpassning av underpassager genom skärmning	40
4.1 Faunaport Vomb	40
4.2 Vägportar längs E4 i Södermanland.....	42
5. Faunapassager i plan med viltvarningssystem	43
5.1 Klövdjurens nyttjande av en faunapassage i plan	44
5.2 Jämförelse mellan planpassager och planskilda passager	46
6. Diskussion och slutsatser	47
Tack	53
Referenser.....	54

Sammanfattning

Denna rapport redovisar studier av faunapassagers effektivitet för större däggdjur, med fokus på betydelsen av dimensioner (bredd, höjd, längd), markbeläggning och vegetation, skärmning mot trafikbuller, och mänskliga störningar såsom friluftsliv och lokaltrafik i passagen. Studierna genomfördes inom forskningsprogrammet TRIEKOL under åren 2017-2024, vid ett 40-tal passager utspridda över Sverige, anlagda specifikt för vilt eller för annat ändamål men väl anpassade till vilt. Vi valde de vilda klövdjuren som fokusarter: älg, rådjur, dovhjort, vildsvin och kronhjort (den sistnämnda kom slutligen inte att ingå i analyserna på grund av få observationer). Därtill ingick friströvande ren i viss mån i studierna.

Den huvudsakliga metoden för datainsamling var med automatiska kameror (s.k. åtelkameror) monterade i och kring passagera, för att samla in bilder på besökande djur dygnet runt och vid alla årstider. För varje besök noterade vi art, antal individer, riktning, tidpunkt och datum, i några fall ålder, kön och beteenden, samt inte minst om djuren passerade eller ej. Det senare låg till grund för att beräkna ett effektivitetsindex (andelen av besöken som resulterade i att djuren passerade).

För planskilda passager (över- eller underpassager) pekade resultaten på att längden är den av dimensionerna som är av störst betydelse, alltså hur långt djuren behöver gå från ena sidan infrastrukturen till den andra, eller för underpassager hur långt de måste gå under brotaget. För de kortaste passagera (20 m mellan vägsidor eller 7 m under tak) var effektiviteten 70%, men den minskade successivt till 30% för de längsta (>60 m mellan vägsidor eller 20-40 m under tak). Även bredden hade betydelse, men resultaten var motstridiga; högre effektivitet i bredare passager i några av analyserna men inget samband i andra. Möjligen går det att identifiera ett gränsvärde på ca 20 m bredd för älg, över vilket ytterligare bredd inte leder till bättre effektivitet. Höjden i underpassager verkade sakna betydelse för effektiviteten. De här resultaten pekar delvis i en annan riktning än tidigare forskning. En positiv tolkning av resultaten är att även relativt smala och låga passager kan ha en funktion för större däggdjur, och att andra faktorer är mer avgörande.

Resultaten pekade vidare på att djuren föredrar jämna underlag och öppen mark i passagera, och att de även kan passera via vattendrag och mindre vägar som går genom passagera. Mänskliga störningar ledde till sämre effektivitet, särskilt sådana störningar som skedde i gryningen; djuren dröjde då upp till 30 timmar längre med att använda passagera. Men tack vare långa perioder utan mänskliga störningar i de studerade passagera fanns ändå möjligheter för djur att passera. Vissa resultat pekade på att effektiviteten ökade med avståndet till närmaste

alternativa passagemöjlighet. Studier av betydelsen av skärmning mot trafiken är ännu pågående och inga resultat kan presenteras nu.

Studierna av passager i plan med viltvarningssystem pekade på att dessa är nästan lika effektiva som planskilda passager när det gäller att få djur att passera, men där finns fortfarande en risk för viltolyckor planpassagerna eftersom djuren där måste passera över vägbanan.

Vi diskuterar studiernas begränsningar, och föreslår alternativa och kompletterande analyser. Sådana analyser skulle även kunna omfatta fördjupade studier av redan insamlade data. Resultaten från studierna kan utgöra underlag i samband med uppdateringar av Trafikverkets styrande dokument för lokalisering och utformning av faunapassager.

English summary

This report presents studies of the effectiveness of fauna passages for larger mammals, focusing on the importance of dimensions (width, height, length), ground cover and vegetation, screening from traffic noise, and human disturbances such as outdoor recreation and local traffic in the passage. The studies were conducted in the research program TRIEKOL during 2017-2024, at some 40 passages spread across Sweden, created specifically for large fauna or for other purposes but well adapted to large fauna. We chose the wild ungulates as focal species: moose, roe deer, fallow deer, wild boar and red deer (the latter was eventually not included in the analyses due to few observations). In addition, free-roaming reindeer were included to some extent in the studies.

The main method of data collection was with automatic cameras (trail cameras) mounted in and around the passages, to collect images of visiting animals in all times of the day and in all seasons. For each visit, we noted species, number of individuals, direction, time and date, in some cases age, sex and behaviour, and not least whether the animals passed or not. The latter was the basis for calculating an efficiency index (the proportion of visits that resulted in the animals passing).

For overpasses and underpasses, the results indicated that the passage length is the dimension of greatest importance, i.e. how far the animals need to walk from one side of the infrastructure to the other, or for underpasses how far they have to walk under the bridge ceiling. For the shortest passages (20 m between road sides or 7 m under ceiling), the efficiency was 70%, but it gradually decreased to 30% for the longest (>60 m between road sides or 20-40 m under ceiling). Passage width also played a role, but the results were contradictory; higher efficiency in

wider passages in some of the analyses but no correlation in others. It is possible to identify a threshold value of about 20 m width for moose, above which additional width does not lead to better efficiency. The height of underpasses seemed to be of no importance for the efficiency. These results partly point in a different direction than previous research. A positive interpretation of the results is that even relatively narrow and low passages can have a function for larger mammals, and that other factors are more important.

The results also indicated that the animals prefer smooth surfaces and open ground in the passages, and that they can also pass via watercourses and minor roads going through the passages. Human disturbances led to lower efficiency, especially such disturbances that occurred at dawn; the animals then delayed their usage up to 30 hours longer. However, thanks to long periods without human disturbances in the studied passages, there were still opportunities for animals to pass. Some of our results indicated that efficiency increased with the distance to the nearest alternative passage site. Studies of the importance of screening from traffic are still ongoing and no results can be presented at this time.

Studies of at-grade fauna passages with wildlife warning systems indicated that these are almost as effective as over- or underpasses in getting animals to pass, but there is still a risk of wildlife accidents because the animals there have to cross the roadway.

We discuss the limitations of our studies, and suggest alternative and complementary analyses. Such analyses could also include in-depth studies of already collected data. The results from the studies can form basis for updates to the Swedish Transport Administration's governing documents for the location and design of fauna passages.

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Trafikverket har inlett ett arbete med att minska viltolyckorna på väg och järnväg, och för att djur ska kunna röra sig friare tvärs vägar och järnvägar i landskapet (Trafikverket 2020a). Olycksdrabbade vägar och vägavsnitt förses med säkra passager, i kombination med viltstängsel eller som komplement till befintliga viltstängsel. Även järnväg stängslas i ökande utsträckning, vilket leder till ökat behov av passagemöjligheter för djur även där. Anpassningsåtgärderna svarar mot ett direkt uppdrag från regeringen (Näringsdepartementet 2015, 2016), samt ett allmänt ökat fokus på frågor som rör grön infrastruktur och landskapsanpassning inom såväl EU som Sverige.



Bild 1. För att minska viltolyckorna och säkra djurens fria rörelser i landskapet kommer nya faunapassager och viltstängsel att anläggas. Foto J-O Helldin.

Ambitionsnivån för Trafikverkets faunaåtgärder uttrycks tydligast i styrdokumentet *Riktlinje landskap* (Trafikverket 2019a), som anger att säkra och funktionella passagemöjligheter ska finnas för stora och medelstora däggdjur, fladdermöss, grod- och kräldjur samt vattenlevande djur. Specifikt för de större däggdjuren – klövdjuren och de stora rovdjuren – anges att vägar med >4000 fordon per dygn och en skyltad hastighet >80 km/tim kan utgöra kritiska barriärer, och därför ska erbjuda säkra passager i kombination med viltstängsel (bild 2). Motsvarande gäller för järnvägar med >120 fordon per dygn. Avståndet mellan passagemöjligheter längs barriärsträckor får inte överstiga 6 km; maxavståndet är baserat på ett genomsnittligt aktivitetsområde (hemområde) för klövdjur (Trafikverket 2015).

En fullgod passagemöjlighet kan uppnås genom en faunapassage som är stor och väl anpassad för djur. Ett alternativ kan dock vara flera mindre passager inom sträckan, som var för sig kan ha lägre effektivitet men som tillsammans ger god funktion. Det kan vara mindre faunapassager, eller broar och portar anlagda för

andra ändamål men som kan användas av djur. Trafikverkets handböcker och råd har pekat ut:

- att denna avvägning mellan ett fåtal stora och flera mindre passagemöjligheter behöver göras (Trafikverket 2022b),
- möjligheten att anlägga multifunktionella passager och planpassager (Trafikverket 2021, 2024),
- vilka befintliga broar och portar som kan bedömas ha funktion för klövvilt (Trafikverket 2015), och
- hur befintliga broar kan ytterligare viltanpassas (Trafikverket 2016).



Bild 2. Barriärsträckor med återstående behov av säkra passagemöjligheter för större däggdjur, enligt kriterier i Trafikverkets styrdokument Riktlinje landskap (Trafikverket 2019a). Illustration: Emma Håkansson /EnviroPlanning AB

Det har gjorts många studier, i Sverige och världen över, av hur klövvilt och andra arter använder faunapassager, ekodukter, broar, vägportar och viadukter (sammanställningar finns bl.a. i Smith m.fl. 2015, Denneboom m.fl. 2021; svenska studier fram till ca 2010 redovisas i Bhardwaj m.fl. 2020). Sådana studier har legat till grund för rekommendationer för utformning och placering av faunapassager som går att finna bland annat i den europeiska handboken *Wildlife & Traffic* (Iuell m.fl. 2003, Rosell m.fl. 2023) liksom i svenska anpassningar av densamma (Banverket/Vägverket 2005, Jakobi & Adelsköld 2010). Trafikverkets aktuella tekniska regelverk för faunapassager specificeras i *VGU (Vägar och gators utformning; Trafikverket 2024)*.

VGU anger att faunapassager för stora däggdjur kan utgöras av ekodukter, landskapsbroar, faunabroar, faunaportar, strandpassager eller planpassager. Enligt VGU¹ ska ekodukter vara minst 30 m breda, och ytan bestå av växtbädd med naturlig vegetation. Landskapsbroar ska även de ha en bredd på minst 30 m, en fri höjd på minst 4,5 m, och ekologiskt anpassad mark. För faunabroar gäller att de ska vara minst 15 m breda, faunaportar minst 12 m breda och med en fri höjd minst 2-4 m beroende på målarter. Strandpassager ska ha en minst 2 m bred strandremsa där djuren kan passera torrskodda och där den fria höjden är minst 2-4 m. För samtliga gäller att de ska ha god avskärmning mot störande ljus, att eventuell lokalväg genom passagen inte får inverka menligt på den ekologiska funktionen, och att underpassager ska utformas så att de inte översvämmas. Till dessa planskilda passager kommer passager i plan, som innebär stängselöppningar på platser där sikten för trafikanterna är god och risken för viltolyckor därmed kan minimeras. Passager i plan ska skyltas upp, och kan förses med aktivt viltvarningssystem.

Men dessa specifikationer till trots saknas fortfarande tydliga riktlinjer för ett antal faktorer att ta hänsyn till vid anläggning och underhåll av faunapassager, såsom passagelängden (mätt i djurens färdriktning, se bild 6 nedan), anläggning och skötsel av vegetation, skärmning mot trafikbuller, och betydelsen av mänskliga störningar i passagen (friluftsliv, lokaltrafik etc.). Vidare bör tilläggas att de nuvarande specifikationerna vad gäller dimensioner (bredd och höjd) och markbeläggning är inte alltid väl belagda i empirisk forskning. Det är inte heller klarlagt i vilken utsträckning befintliga broar eller plankorsningar utgör säkra passagemöjligheter (se dock Bhardwaj m.fl. 2020).

För att målen för landskapsanpassning och trafiksäkerhet ska kunna nås med tillgängliga medel behövs ytterligare kunskaper om hur effektiva passager för fauna ska utformas och underhållas. Beroende på typ och dimensioner kan kostnaden för en passage för större däggdjur variera stort – allt ifrån någon

¹ Genomgången här omfattar vissa förenklingar och tolkningar; för de exakta specifikationerna hänvisas till VGU.

enstaka miljon för viltanpassning av en befintlig bro till över 50 miljoner för en ny ekodukt. Effektiviteten för faunan behöver därför ställas i relation till investeringskostnaderna, och en avvägning görs mellan få stora och ett flertal mindre passager, såsom beskrivits ovan (se också Helldin 2022).

1.2 Faunapassager i TRIEKOL III

För att förbättra kunskapsläget kring utformningen av passager för fauna planerades studier inom forskningsprogrammet TRIEKOL III, att genomföras under åren 2017-2022. Under hösten 2016 samverkade därför forskare knutna till SLU Centrum för biologisk mångfald och miljöspecialister vid Trafikverket för att identifiera och avgränsa ett antal delprojekt, utifrån vilka frågor som sågs som de mest avgörande för Trafikverkets behov i kombination med vad som bedömdes som rimligt och möjligt att beforska. Detta gällde bland annat utformning av större planskilda passager, planpassager med aktiva varningssystem samt viltanpassning av existerande broar. Forskningen kunde påbörjas i slutet av 2017 och har kommit att pågå till 2024 (med vissa delar fortfarande pågående; se 3.5 och 4.2).

Relaterade forskningsområden som identifierades som av kritisk betydelse för Trafikverkets arbete för biologisk mångfald och fauna, men ändå inte kom att inkluderas i TRIEKOL III, var bland annat utformning av vilt- och faunastängsel (inkl. uthopp, stängselslut, grindar, underhåll mm), andra åtgärder mot viltolyckor och viltpåkörningar (exempelvis skyltning och andra varningssystem), infrastrukturens påverkan på renar och renskötsel (men se 3.8 om renar i faunapassager), och faunapassager för mellanstora däggdjur. För dessa genomförs eller planeras nu efterföljande forskningsprojekt (TRIEKOL4; se vidare <https://triekol.se/>).

1.3 Om den här rapporten – läsanvisning

Den här rapporten innehåller en sammanställning av resultaten från delprojekten inom TRIEKOL III om passager för större däggdjur. Vart och ett av delprojekten redovisas i ett eget avsnitt (3-5); där hänvisas till de publikationer (rapporter, studentarbeten och vetenskapliga manus) i vilka resultat från delprojekten redovisas närmare. Resultat från delprojekten kommer även att publiceras vetenskapligt under kommande år, eller är redan vetenskapligt publicerade.

Delprojektens avgränsningar och datainsamling, som i stor utsträckning varit gemensam eller koordinerad, beskrivs i ett inledande metodavsnitt (2), och rapporten avslutas med ett avsnitt (6) där ett försök görs att ge samlad bild av resultaten och hur de kan förstås och tillämpas i Sverige, inte minst för att faunaåtgärder ska kunna få bästa kostnadseffektivitet.

2. Metoder och avgränsningar

2.1 Klövdjuren som fokusarter

Stora däggdjur utgörs enligt Trafikverkets definition av alla klövdjur och de stora rovdjuren björn, järv, lo och varg. I TRIEKOL III har studierna begränsat sig till enbart klövdjuren, av orsaker som förklaras här.

I gruppen klövdjur räknar vi in älg, rådjur, vildsvin, kronhjort, dovhjort och ren². Dessa har lite olika status vad gäller förekomst, bevarande och förvaltning³:

- *Älg och rådjur* är ursprungliga arter i Sverige och förekommer över i stort sett hela landet, dock med regionala variationer i täthet.
- *Vildsvin, kronhjort och dovhjort* finns huvudsakligen i Götaland och Svealand, med enstaka förekomster längre norrut. Av dessa har vildsvin och kronhjort förekommit i Sverige från förhistorisk tid, men vildsvin utrotades och ursprungsrasen av kronhjort finns endast kvar i södra Skåne. Dagens bestånd av vildsvin och kronhjort härstammar helt eller delvis ifrån individer som rymt från hägn och med oklart genetiskt ursprung. Dohjort fanns ursprungligen på europeiska kontinenten men introducerades i Sverige för flera hundra år sedan, och populationen har kontinuerligt fyllts på av förrymda individer. Historiken till trots är dessa tre arter per definition klövvilt, det vill säga vilda, inhemska arter.
- *Ren* förekommer i norra halvan av Sverige, det är en ursprunglig art, men som har domesticerats och nu per definition är ett tamdjur (dvs. ett klövdjur men inget klövvilt), även om renar huvudsakligen lever fritt och efter sina naturliga förutsättningar.

Alla klövdjuren är värdefulla inslag i faunan – som naturresurer, för upplevelsevärden, för sina ekologiska funktioner (bete, fröspridning mm), som nyckelarter, och som en del av vårt biologiska kulturarv.

För samtliga klövviltsarter finns allmän jakttid, och deras populationsstorlek, populationssammansättning (ålders- och könsfördelning) och utbredning styrs i viss eller till och med stor utsträckning av mänskliga faktorer såsom jaktuttag, utfodring, skogsskötsel och tillgång till attraktiva jordbruksgrödor. Även för renen styrs populationerna av människan genom slaktuttag, utfodring, viss djurhälsovård, skogsskötsel, samt reglering av tillåten utbredning.

² Det förekommer också frilevande mufflon och myskoxe i några isolerade bestånd i landet, men de är av mindre betydelse i sammanhanget, och vi saknar för övrigt data från dessa arter i våra studier.

³ Sammanställningen här baserar sig löst på artpresentationer i Jägarförbundets Vilt&Vetande <https://jagareforbundet.se/vilt/viltvetande/> samt på allmän kunskap om artbiologi.

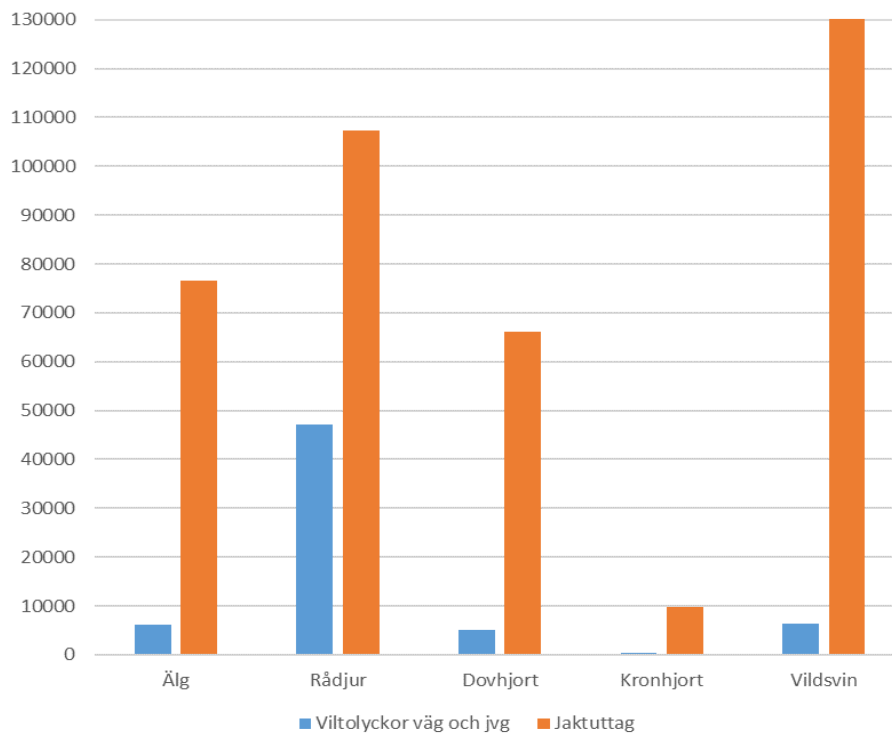


Bild 3. Årligt antal viltolyckor⁴ respektive jaktuttag⁵ i hela landet (genomsnitt för åren 2019-2023) för de fem klövviltarterna. Notera att siffrorna är ungefärliga; det finns bland annat ett mörkertal i viltolycksstatistiken. Figuren finns med här för att ge en allmän uppfattning om den relativa förekomsten av de olika arterna.

Även om transportinfrastrukturen alltså inte är den främsta begränsande faktorn för dessa arter så skapar den barriärer för djurens naturliga rörelser och bidrar även till dödligheten (Helldin m.fl. 2010). Tillsammans med andra landskapsförändringar kan vägar och järnvägar påverka klövdjurens fördelning i landskapet, demografi, migration och genflöde. Det finns alltså starkt vägande miljöskäl för att vidta åtgärder för klövdjuren. Klövviltet dominerar stort i viltolycksstatistiken⁴ (>98% av de inrapporterade viltolyckorna) och är därför viktiga att hantera även för trafiksäkerhet och samhällsekonomi. Samma sak gäller för ren, som även den trafikdödas i stora antal (i genomsnitt drygt 2000 renar årligen; Trafikverket 2020b).

Lämpliga fokusarter för studier är rent generellt sådana som är tydligt påverkade av de faktorer man studerar, för vilka det finns goda kunskaper i övrigt om ekologi och förekomst, för vilka det finns mål uppsatta för deras bevarande och förvaltning, och som är någorlunda vanliga och väl spridda så att man får in tillräckligt med data för att kunna göra säkra statistiska analyser. Det får också gärna handla om allmänt kända arter, vilket underlättar kommunikationen med intressenter och allmänhet. Allt detta stämmer bra in på klövdjuren, och särskilt

⁴ Källa: <https://www.viltolycka.se/statistik/>

⁵ Källa: <https://rapport.viltdata.se/statistik/>

då älg och rådjur som är allmänt förekommande över stora delar av landet och därför kan användas som indikatorer på ekologiska processer i de flesta landskapstyper och landsändar.

Även de stora rovdjuren är självklart väl kända och viktiga att bevara, och åtminstone regionalt kan väg- och järnvägsnäten vara tillräckligt täta för att ha en betydande påverkan. Men de stora rovdjuren är fåtaligare och därför svårare att få data på, och just vad gäller utformningen av faunapassager kan klövdjuren antas ha högre ställda krav och därmed fungera som paraplyarter.

2.2 Kamerabevakning

Den huvudsakliga metoden för datainsamling var med autokameror, det vill säga rörelseutlösta kameror monterade i och kring passagerna. Vi följde generellt beskrivningen i Trafikverkets metodrapport *Ekologisk uppföljning av planskilda passager för landlevande däggdjur* (Helldin & Olsson 2015), och tillämpade metoden lika i alla de passager som ingick i studierna för att få jämförbara resultat.

I varje passage (faunapassage eller annan bro/port) monterade vi 3-10 kameror; antalet beroende på storleken på passagen. ”Passagekameror” sattes i eller riktade mot själva passagen för att fånga djur som passerade, och ”referenskameror” sattes på båda sidor inom 40 m från passagen för att fånga djur som rörde sig i passagens närhet; se exempel i bild 4. I de fall där djurstigar och djurspår observerades i nära anslutning till passagen placerades referenskamerorna för att fånga aktiviteten vid dessa. Kamerorna fästes på stolpar eller träd, på 0,5-1,5 m höjd och oftast riktade något nedåt för att kunna fånga både större och mindre arter. Kamerorna spreds ut så att deras upptagningsområden skulle överlappa så lite som möjligt.

Vi använde oss av två olika kameramodeller: Reconyx (Hyperfire 2 covert IR camera) och Browning (2017 Spec Ops Advantage Trail Camera), båda med IR-blixt för att tillåta fotografering nattetid, och satta att ta 3-5 bilder i snabb följd vid utlösning (s.k. rapid fire), och med upp till 5 sek. fördröjning innan nästa utlösning. Räckvidden anges av tillverkarna till 30 m för Reconyx och 24 m för Browning, främst beroende på styrkan i IR-blixten, men räckvidden var i praktiken beroende på väder och placering. Vi bedömde att de två kameramodellerna var likvärdiga och skillnaderna i prestanda irrelevanta för studierna, men vi valde ändå att vid samtliga passager utom en (Hova) använda endast en av modellerna. Bilderna lagrades lokalt på minneskort på 8-64 MB.

I de flesta fall hade vi kamerorna uppsatta under ett år för att täcka in samtliga årstider, men i några fall satt de upp i två år (broar för renar, där stor skillnad mellan år kunde förväntas) och i några fall även kortare än ett år av praktiska eller

ekonomiska skäl. Kamerorna återbesöktes regelbundet under denna tid, med längsta uppehåll var tredje månad (oftast varannan månad), för att hämta in bilder, kontrollera funktionen och byta batterier vid behov. I samband med det gjordes vid behov en viss vegetationsröjning framför kamerorna för att minska risken för att få tomma bilder utlösta av vajande växter och grenar.

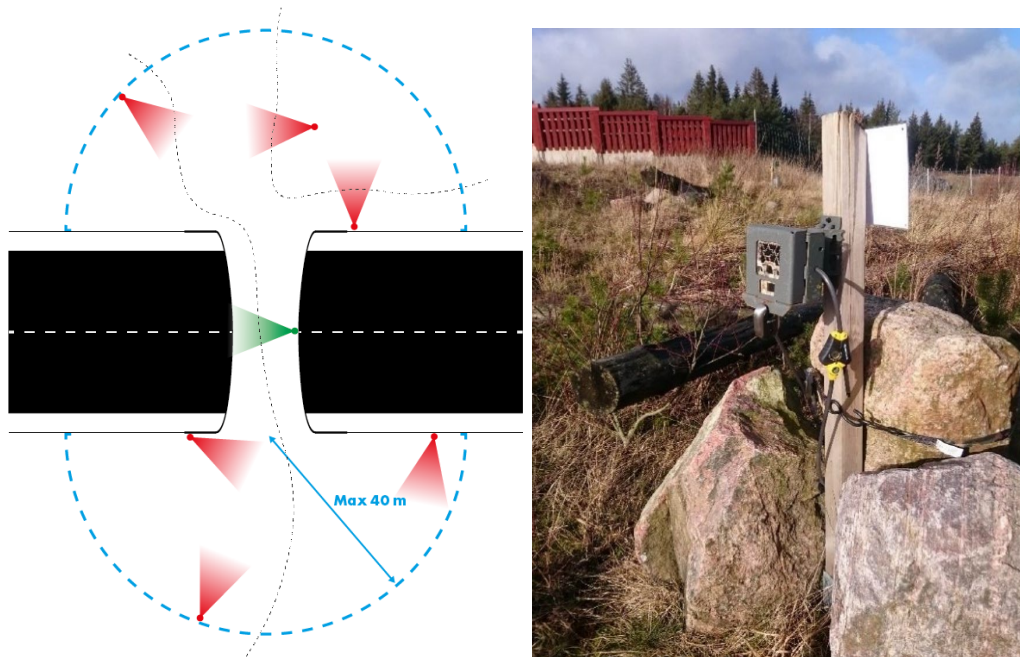


Bild 4. Till vänster: princip för kameraplacering i passagerna, med passagekamera (grön) och referenskameror (röda). Till höger: Kamera monterad på stolpe, i säkerhetsskåp samt fastlåst och förankrad. På stolpen sitter även en informationsskylt. Bilder från Håkansson (2020).

Kamerabevakningen gjordes med stöd av kamerabevakningslagen (SFS 2018:1200), och i de fall där det var nödvändigt, med tillstånd från Datainspektionen/IMY (DI-2018-14995, DI-2018-16266, DI-2021-444). Runt varje passage placerades 4-8 st informationsskyltar på stängsel och stolpar, för att kunna läsas av besökare innan de nådde upptagningsområdet för kamerorna (bild 4 och 5).



Bild 5. Informationsskylt som sattes upp kring samtliga passager som ingick i studierna.

2.3 Bildhantering och dataanalys

Direkt efter hämtningen av bilderna gick vi igenom samtliga, noterade bilder på människor och fordon, och delade in dessa i *besök* baserat på vad som hände inom 10 min eller längre om besöket pågick kontinuerligt utan uppehåll >10 min. För varje sådant besök noterade vi datum, klockslag (start och slut), typ av aktivitet, typ av fordon, antal personer eller fordon, eventuella tamdjur, och om besöket var i själva passagen eller bara inom referensområdet. Därefter raderade eller anonymiserade vi alla bilder på människor och fordon av integritetsskyddsskäl.

Alla bilder på större däggdjur delade vi också in i *besök* (alternativt benämnt händelse eller observation); ett sådant besök omfattade alla bilder tagna vid någon av kamerorna vid en passage, inom en period av 10 min eller längre om djuren uppehöll sig kontinuerligt vid passagen. Djur som kom till passagen efter >10 min räknades som ett nytt besök. För varje besök noterade vi art, datum, klockslag (start och slut), antal individer (=gruppstorlek), i vissa fall uppdelat på ålder (ung/vuxen) och kön, och eventuella avvikande observationer eller beteenden. I några av delstudierna noterades djurens beteenden systematiskt (3.3 och 3.8). När det var uppenbart noterade vi återkommande individer (när de kunde kännas igen på hornen, unika kännetecken i pälsen etc.). För varje besök noterade vi om djuren passerade; och om ja, i vilken riktning, om nej, på vilken sida de uppehöll sig. De enstaka fall där arten inte kunde identifieras uteslöts från analysen, och i de fall där gruppstorleken inte kunde fastställas exakt angavs ett ungefärligt antal.

Detaljerna i bildhantering skiljde sig något mellan olika delprojekt, vilket framgår av rapporteringen från respektive delprojekt, se nedan. Även upplägg och metod för dataanalys och urval av data varierade mellan delprojekten beroende på vad som var lämpligast för respektive frågeställning.

Gemensamt för de flesta delstudier var att vi beräknade ett *effektivitetsindex* för varje passage, vilket visar hur stor andel av djurbesöken vid passagen som resulterade i att djuren passerade (eller med andra ord, sannolikheten att ett besökande djur också passerade). Samma index används ofta internationellt i jämförelser mellan flera olika passager eftersom det på ett enkelt sätt tar hänsyn till den lokala viltförekomsten, som kan variera mycket mellan olika platser.

För att hålla nere antalet variabler i analyserna fokuserade vi studierna på de som tidigare forskning pekar på är de viktigaste (Clevenger & Waltho 2000, Bhardwaj m.fl. 2020) och som också är de mest kostnadsdrivande: dimensioner (bredd, höjd och längd; se bild 6), släntlutning, typ (under, över eller i plan), avstånd till närmaste alternativa passagemöjlighet, och graden av mänskliga störningar. Effekten av mänskliga störningar är kostnadsdrivande så tillvida att det avgör i vilken utsträckning det är lämpligt att planera för multifunktionella passager. I några delstudier noterades och analyserades särskilt betydelsen av underlag/markslag, skillnader i djurbeteende (vaksamhet och oro), och beteende i förhållande till störning från trafik.

I analyserna kontrollerades i de flesta fall för effekter av gruppstorlek samt tid på året och tid på dygnet som djurbesöken skedde. Dessa faktorer kan påverka både antalet besök och sannolikheten för att besökande djur passerar, men är oftast av mindre intresse för den som planerar en faunapassage.

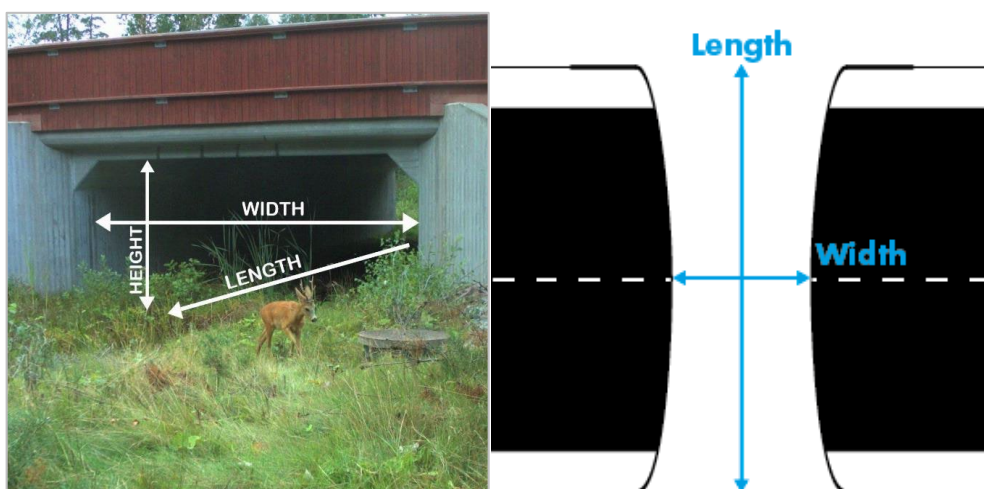


Bild 6. Dimensionsmått vid underpassager (till vänster) och överpassager (till höger). Måtten definierades alltså ur djurens perspektiv; bredd = fri bredd för djuren på smalaste stället, höjd = högsta fria takhöjd på fast mark, längd = längd under tak eller mellan skärmar. Måtten fick ibland bli ungefärliga. Bilder från Håkansson (2020).

2.4 Passager som ingick i studierna

I studierna kom totalt 38 planskilda passager (faunapassager eller andra broar över eller under infrastruktur) och 4 planpassager att ingå (se bild 7 och tabell 1). Dessa valdes ut för att täcka in en variation av passagetyper, dimensioner, omgivande miljöer och landskap, och i olika delar av landet. Urvalet bestämdes dock delvis av vilka passager som Trafikverket av olika skäl ville ha uppföljning på, eller där uppföljning redan var planerad och metoden kunde anpassas för att passa in i forskningen. De flesta av de planskilda passager som ingick kan definieras som multifunktionella, vilket innebär att den avsedda funktionen är både för fauna och för något annat ändamål, främst vattendrag, lokaltrafik och/eller friluftsliv, i några fall även renskötselns behov. Några var dock anlagda utan tanke på funktion för djur, och en enbart för fauna och med beträdnadsförbud för allmänheten (Lemmeströtorp).

Följande faktorer/egenskaper hos passagera ingick i analyser:

- Passagetyp (över-, under- eller planpassage)
- Dimensioner (bredd, längd, höjd; se bild 6).
- Markslag/underlag och vegetation i passagen
- Mänskliga störningar (typ, antal, tidpunkt)
- Avstånd till närmaste alternativa passagemöjlighet

Inom de olika delprojekten gjordes ett ytterligare urval bland passager att inkludera i studierna, beroende på frågeställningar och på kvalitet och mängd på tillgängliga data från respektive passage, vilket ytterligare förklaras under respektive avsnitt nedan. I två delstudier ingick ytterligare passager i andra länder i analyserna (Finland, avsnitt 3.7; Tyskland, avsnitt 3.6), via forskarsamarbeten.

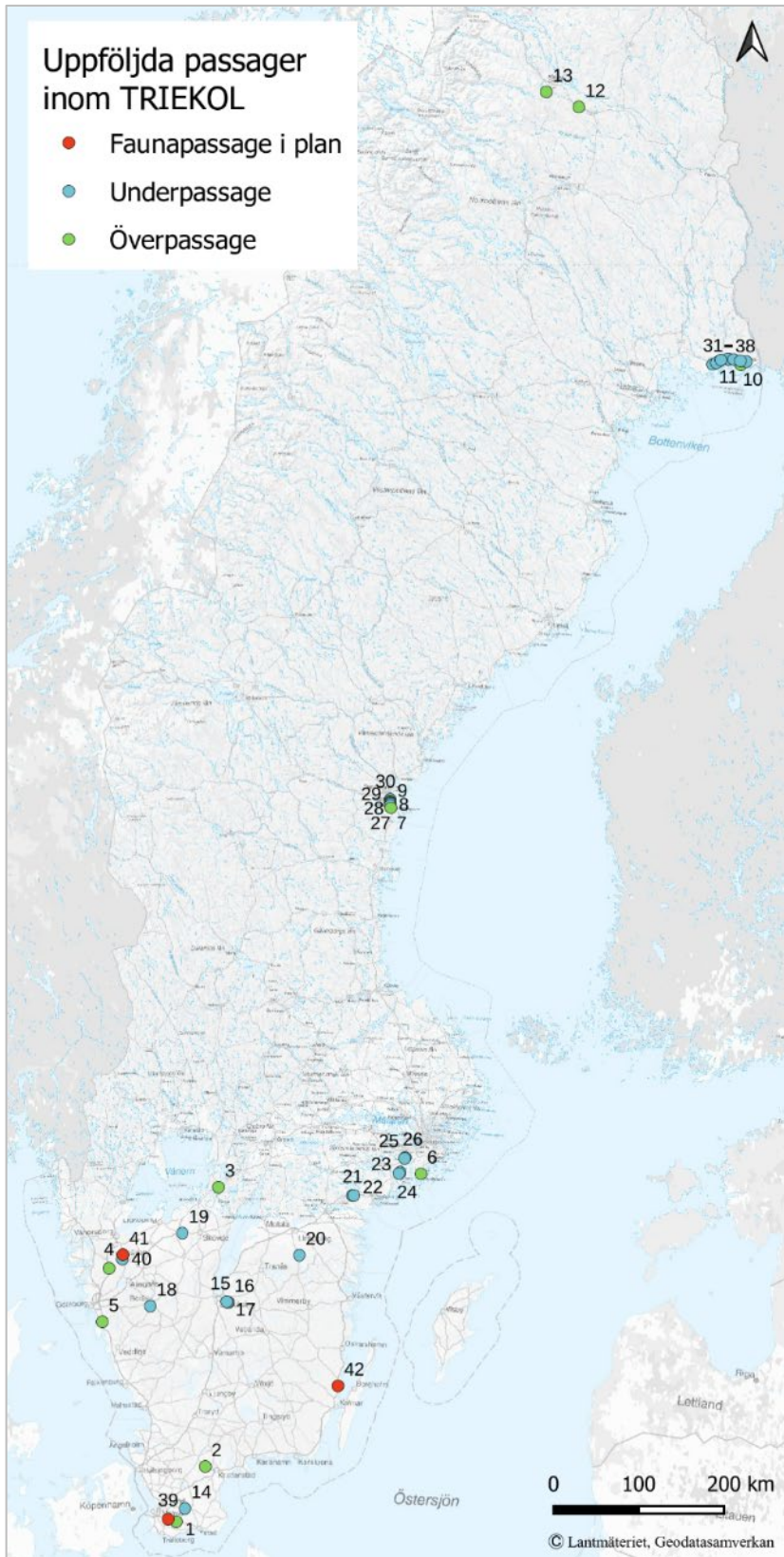


Bild 7. Passager som följts upp med kamera-bevakning inom eller med koppling till TRIEKOL III. Siffrorna hänvisar till tabell 1. Illustration: Emma Håkansson /EnviroPlanning AB

Tabell 1. Passager som följts upp med kamerabevakning inom eller med koppling till TRIEKOL III; våra arbetsnamn samt knr (Trafikverkets beteckning i brodatabasen). Siffrorna i vänstra kolumnen hänvisar till kartan i bild 7. Tidsperioden anger första och sista tidpunkt för när passagen följts upp med full kamerauppsättning, men inte alla broar har följts upp kontinuerligt under hela den angivna perioden. Dimensionerna bredd, längd och höjd är angivna enligt bild 6, och avrundade till hela meter. För underpassagerna är längden brotakets längd, för överpassagerna och planpassagerna är längden avståndet mellan "ingångarna" dvs. där viltstängslet viker in mot passagen. Data från de olika passagerna har använts i olika utsträckning i olika delprojekt inom TRIEKOL, beroende på frågeställningar och datakvalitet; se ytterligare detaljer i texten.

Namn knr	Berörd infrastruktur	Tidsperiod	Bredd	Längd	Höjd	Passagetyp*
Överpassager						
1	Lemmeströtorp 100-458	Väg E65 Apr 2019- nov 2020	40	44	-	Ekodukt
2	Ekeberg 100-476	Väg 21 Maj 2021- okt 2022	21	27	-	Faunabro
3	Hova 100-296	Väg E20 Aug 2019- maj 2020	40	41	-	Ekodukt
4	Attareberget 15-1808	Väg E45 Okt 2019- maj 2020	14	44	-	Multifunktionell faunabro
5	Sandsjöbacka 100-298	Väg E6 Nov 2018- dec 2023	32	64	-	Ekodukt
6	Älby/Nynäshamn 2-2051	Väg 73 Okt 2018- juli 2020	8	60	-	Faunabro
7	Njurundabommen 22-1622	Väg E4 Juli 2020- aug 2021	15	34	-	Multifunktionell faunabro
8	Nolby bro 22-1631	Väg E4 Juli 2020- juni 2021	10	56	-	Faunabro
9	Hemmanet bro 22-1634	Väg E4 Juli 2020- juni 2021	10	68	-	Faunabro
10	Harrioja 25-1991	Väg E4 Nov 2018- nov 2020	5	59	-	Faunabro**
11	Sangijärvi 3500-10032	Jvg Haparanda- banan Nov2018- nov 2020	25	20	-	Faunabro**
12	Mertainen 100-179	Väg E10 Nov2018- juni 2020	50	33	-	Ekodukt**
13	Råtsi 3501-11301	Jvg Malmbanan Juli 2019 – juli 2021	50	21	-	Ekodukt**

Tabell 1 forts.

Underpassager				Bredd	Längd	Höjd	
14	Vomb 12-1355	Väg 11	Jan 2018- mars 2022	10	15	4	Faunaport
15	Tenhult 6-1202	Väg 31	Maj 2018- sep 2018	35	16	10	Landskapsbro
16	Kåveryd 6-1247	Väg 31	Maj 2018- sep 2018	3	22	2	(Koport)
17	Femtingaån 6-1205	Väg 31	Juni 2018- sep 2018	12	15	2	Strandpassage
18	Kråkered 15-1785	Väg 31	Dec 2018- jan 2020	14	40	7	Faunaport
19	Katthagen 16-936	Väg 49	Juli 2019- jan 2021	6	21	2	Faunaport
20	Hamra 100-560	Väg 23/34	Juli 2018- mars 2020	3	17	4	(Koport)
21	Gammelsta 4-538	Väg E4	April 2022- pågående	6	13+ 13	5	Vägport***
22	Nykälla 4-539	Väg E4	April 2022- pågående	6	13+ 13	5	Vägport
23	Lilltorp 4-398	Väg E4	April 2022- pågående	6	32	5	Vägport***
24	Kumla 4-396	Väg E4	April 2022- pågående	6	32	5	Vägport
25	Berga 2-737	Väg E4	April 2022- pågående	6	27	5	Vägport***
26	Brogärdet 2-736	Väg E4	April 2022- pågående	6	32	4	Vägport
27	Sandmovägen 22-1625	Väg E4	Juli 2020- juni 2021	7	38	5	Vägport
28	Nolby port 22-1630	Väg E4	Juli 2020- juni 2021	4	44	4	Vägport
29	Hemmanet port 22-1632	Väg E4	Juli 2020- juni 2021	8	21	5	Vägport
30	Vapelbäcken 22-1635	Väg E4	Juli 2020- juni 2021	105	21	5	Landskapsbro
31	Kannmyran 3500-10033	Jvg Haparanda- banan	Juli 2019- juli 2020	10	7	4	Vägport
32	Kvarnbäcken 3500-10003	Jvg Haparanda- banan	Juli 2019 – juli 2020	22	7	5	Strandpassage
33	Oxtjärnen 3500-10001	Jvg Haparanda- banan	Juli 2019- juli 2020	13	7	6	Faunaport

Tabell 1 forts.

34	Läreträsk 3500-10029	Jvg Haparandabanan	Juli 2019-juli 2020	5	7	3	(Skoterpassage)
35	Kåtråskvägen 3500-5763	Jvg Haparandabanan	Nov 2018-nov 2019	9	7	5	Vägport
36	Sattaöjavägen 3500-5758	Jvg Haparandabanan	Nov 2018-nov 2019	42	7	5	Landskapsbro
37	Aavajoki 3500-5759	Jvg Haparandabanan	Nov 2019-nov 2020	51	7	5	Landskapsbro
38	Keräsjoki 3500-5761	Jvg Haparandabanan	Juli 2019-juli 2020	56	7	5	Strandpassage
Planpassager							
39	Sjödiken	Väg 108	Sept 2019-juni 2021	20	35	-	Faunapassage i plan
40	Koberg	Väg 42	Dec 2019-pågående	20	35	-	Faunapassage i plan
41	Holmgärdet	Väg 42	Nov 2020-pågående	20	35	-	Faunapassage i plan
42	Haraldsmåla	Väg E22	Juli 2020-juli 2021	30	35	-	Faunapassage i plan

* Ett försök att följa definitionerna i VGU, men stämmer inte alltid med minimimåtten och inte heller alltid med vad som står i planeringshandlingarna och brodatabasen. Koport och skoterpassage finns inte definierade i VGU.

** Dessa överpassager anlades särskilt med behoven från renar och renskötsel i åtanke.

*** Försågs med skärm som viltanpassning, se avsnitt 4.2.

2.5 Annan datainsamling

Förutom ovanstående datainsamling av bilder från autokameror analyserade vi i ett av delprojekten (5.1) tillgängliga bilder och filmsekvenser från Trafikverkets eget tekniska övervakningssystem Milestone vid planpassagen i Sjödiken. Vi fick där tillgång till bilder och filmer från ett års tid (jan 2020-jan 2021) från tre värmekameror och två filmkameror monterade på master på var sin sida av passagen och som fungerat så att djurens väg kunde följas genom passagen. För varje besök (filmsekvens) noterades även här art, datum, klockslag (start och slut), gruppstorlek, och dessutom uppehållstid på vägbanan och i vägkanten samt eventuella interaktioner med trafik.

2.7 Tillgängliga bilder, bildlagring

Den typ av datainsamling med kamerabevakning som beskrivs här genererar typiskt ett mycket stort bildmaterial. Vi har processat uppskattningsvis drygt 4 miljoner bilder sammanlagt från de 42 passagerna. Bland dessa identifierade vi ca 400.000 bilder på klövdjur, fördelade på totalt ca 9.000 besök.

Parallellt med studierna i TRIEKOL har en lagrings- och analysportal utvecklats, inom projektet *Capture*. Det projektet leds av Andreas Seiler på SLU och finansieras av Trafikverket. Avsikten är att *Capture* ska kunna fungera för AI-analys av bildmaterial, vilket på sikt skulle kunna spara in mycket av sådant praktiskt arbete vi haft med bildhantering och -analys. Från TRIEKOL har vi levererat analyserade bilder till *Capture* som ett läromaterial för AI:n, och meningen är att bilderna på djur från TRIEKOL även fortsättningsvis ska finnas tillgängliga i *Capture* för metodutveckling och kommande forskning.

3. Utformning av planskilda faunapassager (över- och underpassager)

Studierna av över- och underpassager genomfördes genom ett antal delprojekt; inledningsvis med några examensarbeten eller motsvarande som fungerade som pilotstudier inför de fortsatta analyserna (3.1-3.3), därefter uppdelat på delfrågeställningar (3.4-3.8).

3.1 Pilot: Hur effektiva är passagera och vilka faktorer påverkar effektiviteten?

Delstudien har redovisats i ett examensarbete från Göteborgs universitet: Håkansson E (2020) *Effectivity of road and railway crossing structures for wild mammals*. Arbetet finns fritt tillgänglig på TRIEKOLs hemsida: <https://triekol.se/project/effectivity-of-road-and-railway-crossing-structures/>.

Det här examensarbetet genomfördes 2019-2020, och omfattade våra första analyser av hur effektiva olika passager är för stora och medelstora däggdjur, med fokus på älg och rådjur, samt hur passageras dimensioner, typen av passage och mängden mänsklig aktivitet kan påverka effektiviteten. I studien ingick åtta överpassager och tio underpassager, för vilka både effektivitetsindex och passagrefrekvens beräknades.



*Bild 8.
Älgko på
passagen
Råtsi, över
Malmbanan
nära
Kiruna;
järnvägen
kan ses i
bakgrunden.
Foto
TRIEKOL.*

Till skillnad från tidigare studier pekade resultaten på att passagebredden endast hade en mindre positiv effekt för rådjur och ingen betydelse för älg. Passagelängden hade en negativ effekt för älg men saknade betydelse för rådjur. Resultaten antydde att överpassager är mer effektiva än underpassager för båda

arterna. Vad gäller mänskliga störningar var resultaten motsägelsefulla: det fanns en negativ korrelation för rådjur men positiv för älg.

Examensarbetet bidrog till att peka ut riktningen för de fortsatta studierna, bland annat för direkta jämförelser mellan över- och underpassager, och för att finna minsta tillräckliga bredd för båda typerna av passage.

3.2 Pilot: Smala broar och mänskliga störningar – studier vid E4 Sundsvall

Delstudien har redovisats i en Trafikverksrapport: Raud Westberg A & Ellvin A (2021) *Uppföljning av viltets användning av broar vid E4 Sundsvall – med särskilt fokus på smala broar och mänskliga störningar*. Rapporten finns fritt tillgänglig på TRIEKOLs hemsida: <https://triekol.se/project/uppfoljning-av-viltets-anvandning-av-broar-vid-e4-sundsvall/>.

Delstudien gjordes inom ramarna för sommarjobb på Trafikverket region Mitt somrarna 2020-2021. Längs en 11 km lång sträcka av E4 strax söder om Sundsvall finns 13 över- och underpassager av varierande längd och bredd. Sju av dessa inkluderades i studien; tre smala överpassager (bredd 10-15 m), tre smala underpassager (bredd 4-8 m) och en underpassage under en landskapsbro/viadukt (bredd 105 m). I studien lades särskilt fokus på att följa upp smala passagers bidrag till att öka vägars permeabilitet för djur. Analyserna omfattade i första hand älg, rådjur och lodjur, även om smådjur som räva och grävling var frekventa besökare i alla passager.

De undersökta passagera hade varierande användning och effektivitet för olika arter, och de exakta anledningarna till dessa skillnader var bitvis svåra att utröna. Alla passager, oavsett utformning, användes av både älg och rådjur, och bidrog därmed till en ökad permeabilitet, om än i olika utsträckning. Älgar visade tydlig preferens för överpassager och för den breda landbro som ingick i studien. Älgar föredrog generellt sett bredare broar. För rådjuren var passagetyp av mindre vikt, men en viss preferens för bredare broar kunde utläsas. Både bredd och mänsklig störning hade starkare effekt på älg och rådjur i underpassager än i överpassager. För lodjur hade passagetyp ingen stor effekt. Till skillnad från klövviltet visade lodjur en preferens för smalare broar.



Bild 9. Råbock som passerar E4 genom en viltport/vägport vid Hemmanet, nära Svartvik söder om Sundsvall. Foto Trafikverket.

Med hjälp av observerade effektivitetsindex och relativt effektavstånd⁶ för respektive passage kunde en teoretisk bedömning av vägsträckans permeabilitet för vilt genomföras (bild 10). För älg och lodjur, som har stora hemområden, har sträckan hög permeabilitet, eftersom de studerade passagernas relativa effektavstånd är tillräckligt stora för att i teorin upphäva vägens barriäreffekt. För rådjur, vars hemområden är mindre, var permeabiliteten tillräcklig endast längs delar av sträckan. Det bör dock noteras att denna bedömning inte tog hänsyn till de broar som inte ingick i studien. Ett antal av dessa var mycket breda och kan antas ha en hög effektivitet, vilket i praktiken antagligen bidrar till en minskad barriäreffekt.

⁶ Det relativa effektavståndet beräknades utifrån effektivitetsindexet för varje bro och art, multiplicerat med ett genomsnittligt hemområde för arten (se Trafikverket 2015)

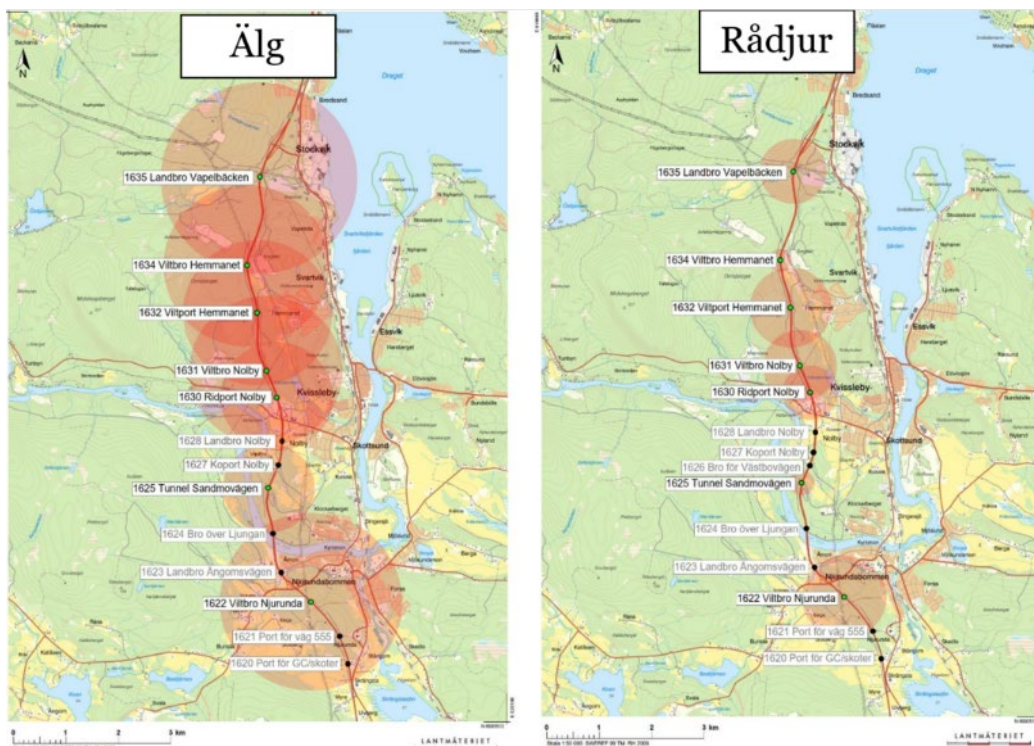


Bild 10. Relativt effektavstånd (röda cirklar) för älg respektive rådjur, beräknat för de under- och överpassager som ingick i studien. Sträckor som inte ligger inom effektavstånd utgör kvarvarande barriär. Från Raud Westberg & Ellvin (2021).

Sammantaget visade resultaten från denna studie att även smala broar med hög mänsklig närvaro kan användas av både klövvilt, lodjur och mindre däggdjur (företrädesvis rävar och grävling), och därmed bidra till minskade barriäreffekter. Att olika arter visade olika preferenser understryker vikten av att bygga olika typer av broar för att nå olika djurgrupper.

3.3 Pilot: Beteendestudier – oro och vaksamhet

Delstudien har redovisats i ett examensarbete från Lunds universitet: Holmberg I (2020) *Tvekande hjortdjur; En beteendekologisk studie av rådjur och dovhjort för att bedöma effektiviteten av en faunaport och en ekodukt i Skåne, Sverige*. Arbetet finns fritt tillgängligt på TRIEKOLs hemsida: <https://triekol.se/project/tvekande-hjortdjur/>.

I det här examensarbetet utvecklades metoden att bedöma beteende och sinnesstämning hos djur i passagera, som ett alternativ eller komplement till de vanligare måtten effektivitetsindex (andel av besökande djur som passerar) och passagefrekvens (antal djur som passerar per tidsenhet). Studien omfattade endast två passager – en bred ekodukt vid Lemmeströtorp (överpassage) och en smalare faunaport vid Vomb (underpassage), och endast de två vanligaste arterna vid

dessa passager: rådjur och dovhjort. Frekvensen av olika beteenden jämfördes med effektivitetsindex.



Bild 11. Ung dovhjort som visar vaksamhet innan den går genom faunaporten vid Vomb, nära Veberöd i Skåne. Foto TRIEKOL.

För rådjur var det en större andel som passerade i den smala faunaporten jämfört med den breda ekodukten, och för dovhjort var det ingen skillnad. Med effektivitetsindex som mått fungerade alltså faunaporten minst lika bra som ekodukten. Däremot var det en betydligt större andel som visade vaksamhet vid faunaporten jämfört med ekodukten; detta gällde för båda arterna. För rådjur visade getter (honor) större vaksamhet än bockar (hanar), men i övrigt noterades inga skillnader i vaksamhet mellan kön, åldrar eller grupper/ekipage.

Studien gav nya insikter om djurens användning av konstruktionerna. Vid den stora ekodukten betedde sig djuren lugnare, och man kan tänka sig att den fungerar även för individer som är mer stresskänsliga, alltså för en större andel av populationen. Man kan också tänka sig att den fungerar med större marginal, och kan fungera exempelvis även efter förändringar i landskapet som gör djuren mer stresskänsliga.

I studien bedömdes också förekomst av följande beteenden: i) upprepade försök att passera, ii) bete eller födosök, och iii) sidomanövrar. Dessa beteenden visade sig dock alla vara mindre värdefulla som mått eftersom de förekom i begränsad utsträckning.

3.4 Underpassager – betydelsen av dimensioner och alternativa passagemöjligheter

Slutredovisningen av denna delstudie är under arbete och kommer att redovisas i ett vetenskapligt manuskript (Elfström m.fl. *in prep*).

I denna delstudie analyserades hur underpassagernas dimensioner och lokalisering påverkar sannolikheten att älg och rådjur ska använda dem (dvs. effektivitetsindex). I analyserna ingick 14 underpassager spridda över landet, och som varierade i bredd (2,8-40,0 m), höjd (2,0-10,2 m) och längd (7,0-39,0 m). Analysen omfattade även kombinationer av måtten; bredd*höjd, bredd/längd och bredd*höjd/längd (det s.k. öppenhetsindexet), samt avstånd till närmaste alternativa passagemöjlighet. I analysen kontrollerades för effekter av årstid, tid på dygnet och gruppstorlek.

Med ökande passagelängd (=tunnellängd) minskade sannolikheten för passage för både älg och rådjur; för att nå $\geq 50\%$ sannolikhet fick inte passagen vara längre än 13,5 m för älg eller 10,0 m för rådjur (se bild 12 och 13). Passagebredden eller passagehöjden påverkade dock inte sannolikheten att passera för någon av arterna.

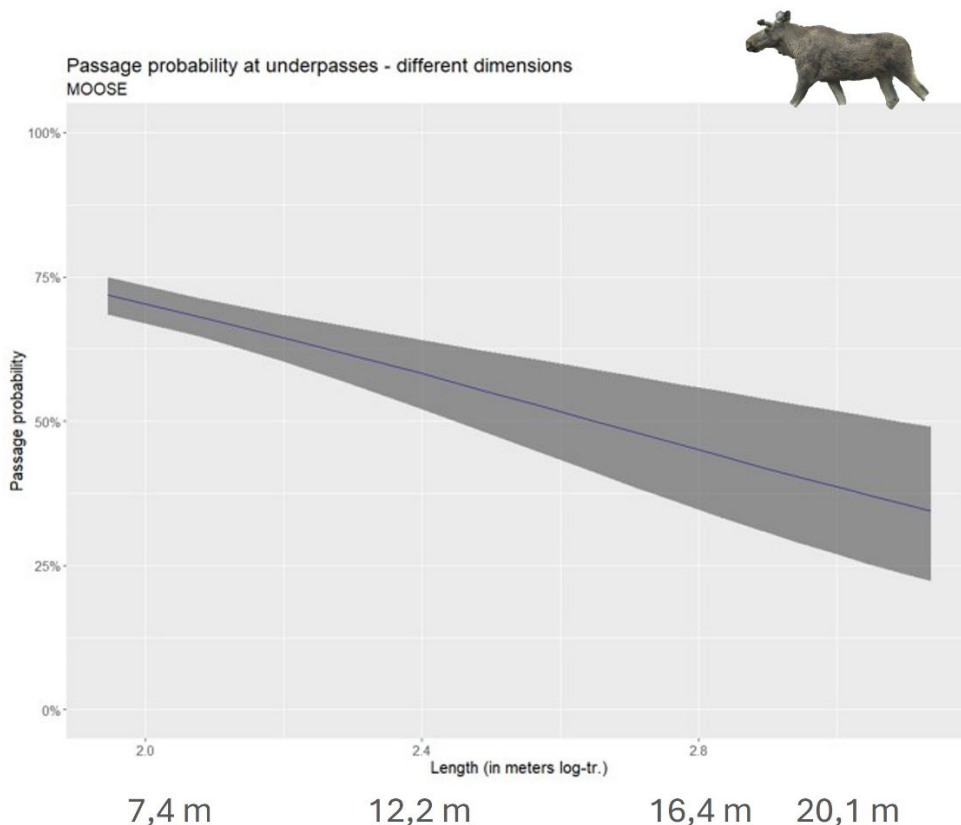


Bild 12. Sannolikhet för att älg ska passera i förhållande till passagelängd (tunnellängd) hos 9 olika underpassager, utifrån 797 älgbesök under perioden 2018–2021. Analysen gjordes med logaritmerade längden, men här anges för tydlighets skull även den icke-logaritmerade längden.

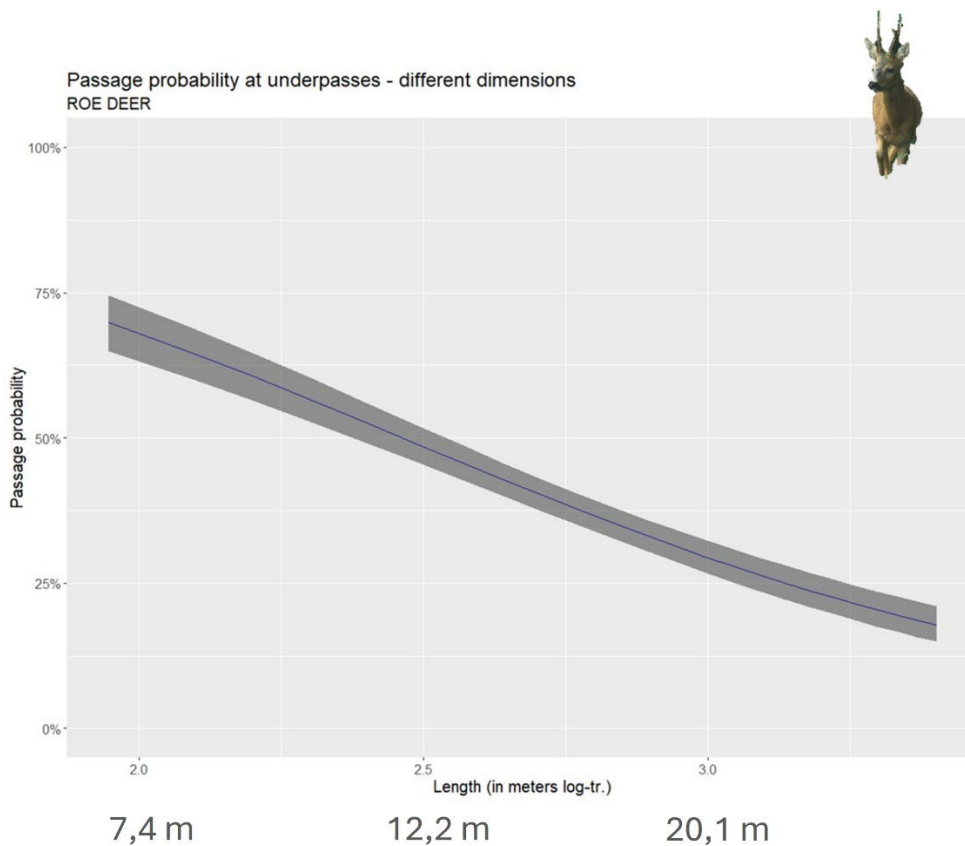


Bild 13. Sannolikhet för att rådjur ska passera i förhållande till passagelängd (tunnellängd) hos 13 olika underpassager, utifrån 1.433 rådjursbesök under perioden 2018–2021. Analysen gjordes med logaritmerade längden, men här anges för tydlighets skull även den icke-logaritmerade längden.

För rådjur ökade sannolikheten för passage om det var långt till andra alternativa passager, vilket visar att barriärer utmed vägar påverkar nyttjandet av passager. Men för älg fanns inget samband mellan sannolikhet för passage och avstånd till närmsta alternativa passagemöjlighet. En förklaring till att inget samband identifierades hos älg är att älgar har väsentligt större hemområden jämfört med rådjur, vilket innebär en tillgång till långt fler alternativa passagemöjligheter hos älg jämfört med rådjur, och som troligen kan förklara frånvaro av korrelation hos älg.

Studien lyfter särskilt betydelsen av att hålla nere passagelängden vid underpassager, och att inte lämna för stora sträckor av infrastrukturen utan passagemöjlighet för djuren.

3.5 Överpassager – betydelsen av dimensioner

Slutredovisningen av denna delstudie är under arbete och kommer att redovisas i ett vetenskapligt manuskript (Helldin m.fl. *in prep*).

I den här delstudien analyserades hur bredd och längd hos överpassager (faunabroar och ekodukter) påverkar sannolikheten för att klövvilt ska använda dem (dvs. effektivitetsindex). Studien omfattade endast de vilda arterna (se tabell 2), och Studien lades upp på ett liknande sätt som den om underpassager (3.4). Studien omfattade 9 överpassager spridda över landet (tabell 2), med varierande bredd (5-50 m) och längd (ca 20-70 m). Analysen inkluderade även släntens lutning in mot passagen (förenklat på en skala 0-2) samt mängden mänskliga störningar, och kontrollerades för effekter av årstid, tid på dygnet och gruppstorlek. Analysen gjordes dels samlat för alla klövviltarter med tillräcklig mängd data, och dels artvis men då endast för älg och rådjur då vi bara hade tillräckligt med data för dessa två arter.

Tabell 2. Översikt över data: första siffran i varje cell anger antal besök där djuren passerade, andra siffran totala antalet besök (och kvoten anger därmed effektivitetsindex). Kronhjort uteslöts ur analyserna eftersom den observerades vid för få passager och för få tillfällen. Se tabell 1 för passagernas dimensioner – här anges endast släntlutningen vilken saknas i tabell 1.

Överpassage						Lutning
	Älg	Rådjur	Dovhjort	Kronhjort	Vildsvin	
Lemmeströtorp	0	43/126	114/149	0/1	36/43	1
Attareberget	16/29	46/72	6/9	4/4	65/81	0
Älby/Nynäshamn	9/13	513/684	48/50	0	301/321	1
Njurundabommen	10/12	41/50	0	0	0	0
Nolby	42/61	82/139	0	0	0	0
Hemmanet	6/9	16/52	0	0	0	2
Harrioja	6/38	4/19	0	0	0	1
Sangijärvi	30/40	23/35	0	0	0	1
Råtsi	50/70	42/66	0	0	0	2

Analysen av alla arterna tillsammans visade att sannolikheten att djuren passerar minskade med ökande passagelängd (se bild 14), medan bredd, släntlutning och mänskliga störningar inte påverkade sannolikheten att passera. Denna analys dominerades av data på rådjur, som utgjorde mer än hälften av alla besöken, och

resultatet speglar därmed rådjur mer än övriga arter. I de artvisa analyserna minskade sannolikheten för passage med ökad passagelängd för både älg och rådjur. För älg ökade sannolikheten med ökad passagebredd, med en tröskel kring 20 m (bild 15), men effekten av bredd var svagare än effekten av längd. För älg ökade sannolikheten också med kvoten bredd/längd (alltså ett slags öppenhetsindex för överpassager), med en tröskel kring 0,8 (bild 16) och en något tydligare effekt än när enbart bredden beaktades.

Vad gäller just dimensionerna skulle resultaten kunna utläsas så att:

- sannolikheten att älg och rådjur passerade över 2+2-vägar (längd ca 40 m eller mer) var <50%, för 2+1-vägar (längd ca 30 m) var kring 60%, och för enkelspåriga järnvägar (längd ca 20 m) närmade sig 70%.
- sannolikheten att älg passerade var <50% för de smalare broarna (5-10 m bredd) men nära 70% vid en bredd på 20 m.
- sannolikheten för rådjur att passera påverkades inte av bredden; smalare broar var lika effektiva som bredare.

Även om dovhjort och vildsvin inte kunde analyseras artvis, på grund av att de observerades vid för få passager, är det värt att notera är att sannolikheten för dessa arter att passera var generellt högre än för älg och rådjur, vilket framgår av bild 14.

Studien pekar på vikten av att hålla nere passagelängden även för överpassager, och att en bredd på minst ca 20 m säkrar effektiviteten för åtminstone älg.

Överpassager som behöver vara långa skulle kunna kompenseras med större bredd för att öka passagens öppenhet (exempelvis upp till en tröskel på 0,8) och säkra effektiviteten för älg. Släntlutningen vid passagen ("rampen" upp eller in mot passagen) och frekvensen av mänskliga störningar verkar inte vara av betydelse. Vad gäller betydelsen av mänskliga störningar hänvisas dock till den noggrannare studie av tidsmönster som redovisas nedan (3.6). Vi understryker också att analyserna fortfarande är pågående, vilket kan innebära att resultat och slutsatser från denna delstudie kan komma att behöva modifieras.

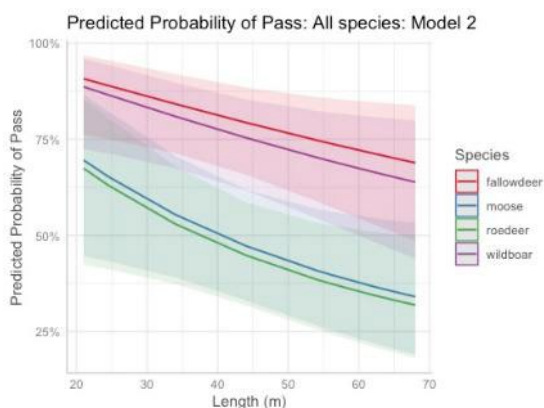


Bild 14. Sannolikheten att djuren passerar överpassager, i förhållande till passagelängden. Sambandet redovisas separerat för de olika arterna, men kunde beläggas endast för älg (blå) och rådjur (grön).

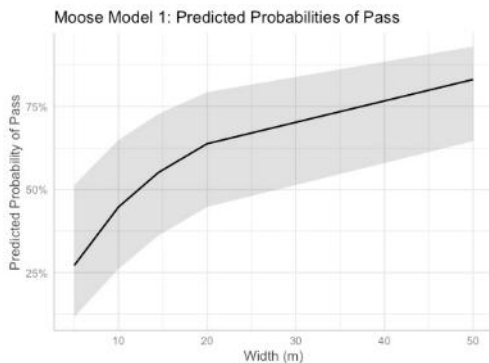


Bild 15. Sannolikheten att älg passerar överpassager, i förhållande till passagebredden.

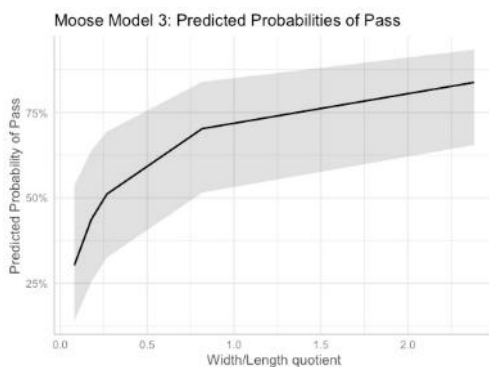


Bild 16. Sannolikheten att älg passerar överpassager, i förhållande till kvoten passagebredd/passagelängd ("öppenhet").

3.6 Mänskliga störningar – eller samexistens?

Delstudien har redovisats i en rapport tillgänglig på TRIEKOLs hemsida: Knufinke m.fl. (2019) *Temporal patterns of humans and ungulates at bridges; Co-existence or disturbance?* <https://triekol.se/project/temporal-patterns-of-humans-and-ungulates-at-bridges/>, och i ett examensarbete från Universitätt für Bodenkultur Wien: Knufinke F (2021) *Human influence on ungulates' usage of crossing structures* (ej fritt tillgängligt men kan skickas på begäran). Resultaten förbereds nu för slutlig vetenskaplig publicering (Knufinke m.fl. *in prep*).

De första och preliminära analyserna gjordes 2019 och omfattade endast sex passager, främst i norra Sverige, och med data från ca ett halvår. Analyserna utvecklades sedan i ett examensarbete genomfört 2020-2021, där 13 passager utspridda över Sverige och ytterligare 13 från Tyskland (Rheinland-Pfalz) ingick, och med data insamlade under en längre tidsperiod. Det slutliga urvalet av data

omfattade 17 svenska passager (sex överpassager och 11 underpassager). Här sammanfattas resultat och slutsatser från examensarbetet och de slutliga analyserna.



Bild 17. Passagera som studerades användes även av fotgängare och trafik, inte minst terrängfordon. Här är det vår egen fältpersonal vid ett besök vid järnvägsbron över Keräsjoki nära Haparanda. Foto TRIEKOL.

Klövviltet nyttjade passagera främst på natten och morgontimmarna, människor (inkl trafik) mest på dagen och en bit in på kvällen (se exempel i bild 18). Mänskliga störningar vid passagera ledde generellt till att det dröjde längre innan klövvilt kom tillbaka till platsen. Här spelade tiden på dygnet roll; vid mänskliga störningar kring soluppgången dröjde det i genomsnitt omkring 30 timmar innan klövvilt använde den, men effekten minskade under dagen, och just före solnedgången var fördröjningen ca 4 timmar. Vi kunde inte se några skillnader i effekt beroende på typen av mänsklig störning (uppdelat på fotgängare, motortrafik eller andra fordon).

Resultaten pekar på att mänskligt nyttjande av passager påverkar när klövvilt använder dem och kanske påverkar det därmed även effektiviteten. För passager av särskild betydelse för fauna kan det mänskliga nyttjandet behöva begränsas, särskilt sådant som sker på morgonen.

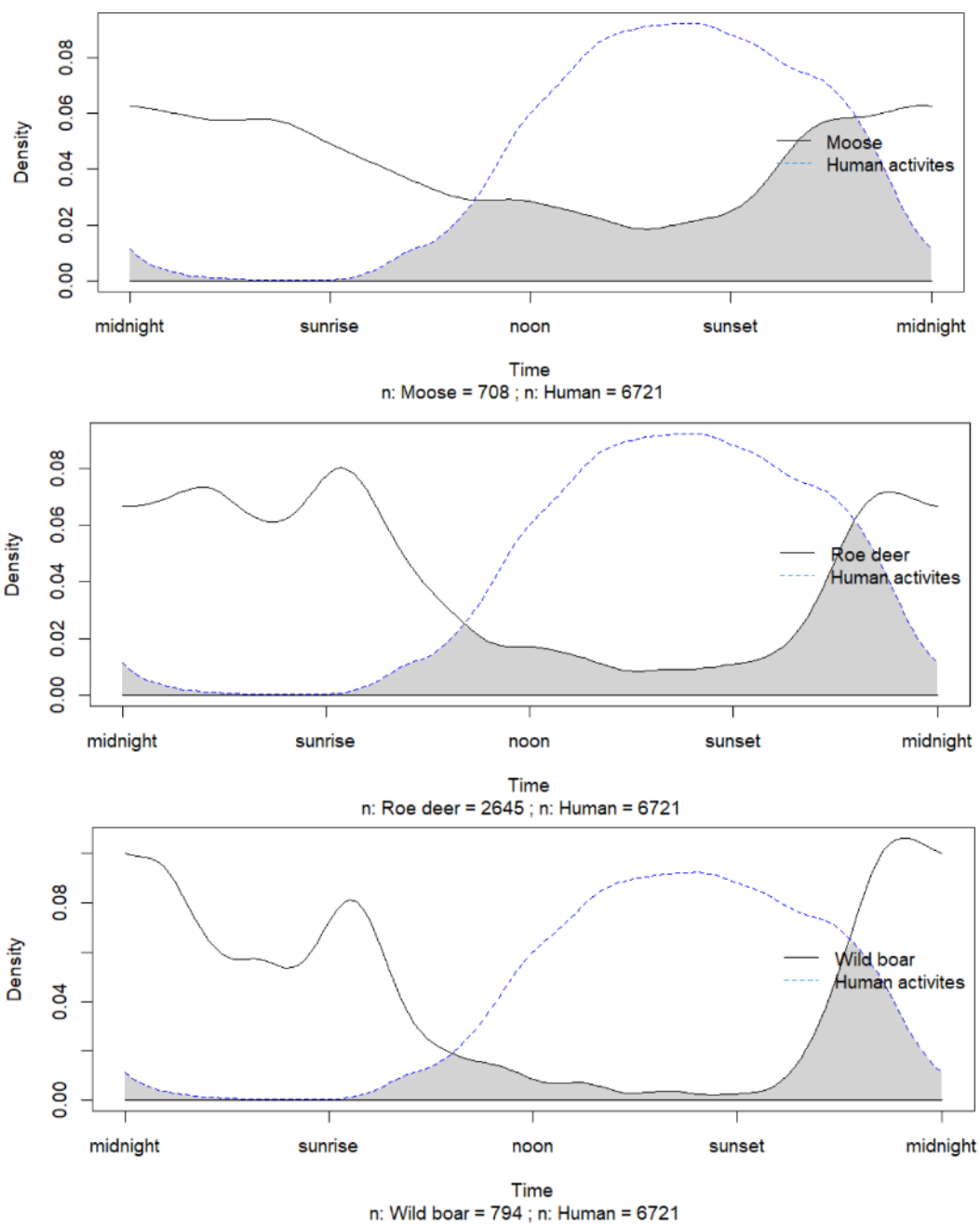


Bild 18. Dygnsrytm för hur passager besöks av människor (blå streckad linje) respektive klövvilt (heldragen linje); uppifrån älg, rådjur, vildsvin. Från Knufinke m.fl. (in prep.).

3.8 Betydelsen av underlag och vegetation i passager

Delstudien redovisas i ett vetenskapligt manuskript som i väntan på publicering finns fritt tillgängligt på BioRxiv: Helldin & Niemi (2024) *Ungulate substrate use in fauna passages* <https://doi.org/10.1101/2024.02.08.579517>.

Den här delstudien fokuserade specifikt på underlaget och vegetationen i passager, och hur klövdjuren passerade via olika underlag beroende på vad som fanns tillgängligt (se bild 19). Studien genomfördes som ett samarbete med Finland och analyserna omfattade fyra passager i norra Sverige och tre i södra Finland. Studien omfattade även ren (i Sverige) och vitsvanshjort (i Finland).

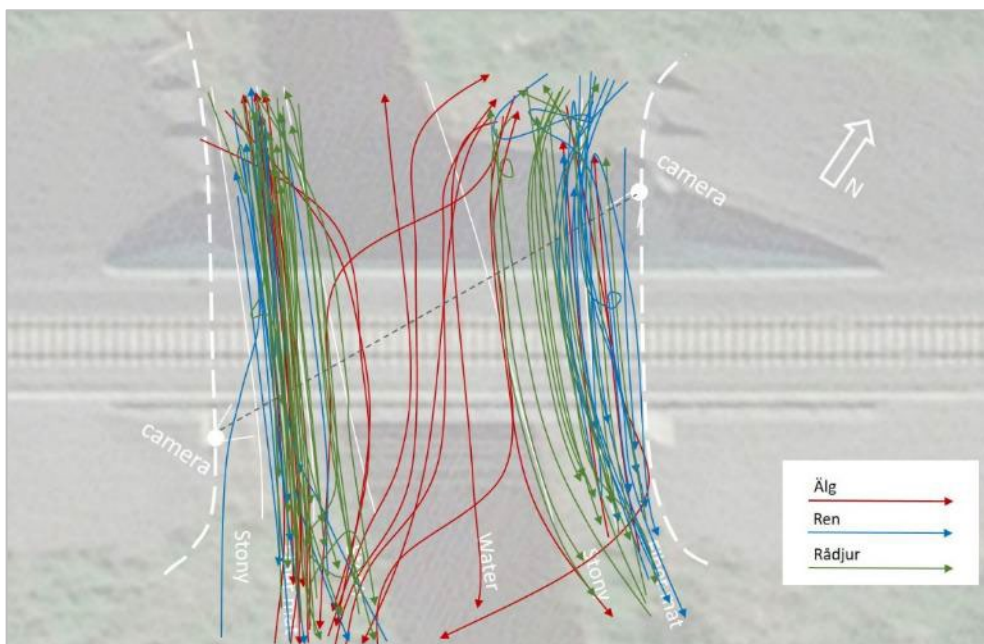


Bild 19. Exempel på hur klövdjuren passerat genom underpassagen Kvarnbäcken i Norrbotten, vid snö- och isfria förhållanden. Den streckade tvärlinjen mellan kamerorna anger den linje över vilken underlaget noterades; bakgrundsbilden visar kamerornas placering och riktning, passagens yttergräns (stängsel) samt tillgängliga underlag. De röda linjerna mitt i passagen är älgar som simmade; se bild 21. Från Helldin & Niemi (2024).



Bild 20. I denna delstudie ingick även data från tre finska faunapassager med förekomst av vitsvanshjort. Överpassage över E18 nära Sammatti, ca 50 km väster om Helsingfors. Foto Milla Niemi och Trafikledsverket.

Alla olika underlag användes i någon utsträckning, men under snöfri (och isfri) del av året använde klövdjuren jämna underlag (sand- och gräsytor, artificiell fibermatta och väg utan asfaltsbeläggning) mer än vad som förväntades utifrån förekomsten i passagerna. Ojämna underlag (sten och makadam), buskytor och vattenytor användes i mindre omfattning än de förekom. För väg och vatten var dock resultaten inte entydiga; i en överpassage användes väg mindre än förväntat, och i en underpassage användes isytan vintertid frekvent av älg och ren men även vattendraget på sommar och höst av älg som vadade eller simmade igenom (bild 21).



Bild 21. Älgtjur som simmar genom passagen Kvarnbäcken. Foto TRIEKOL.

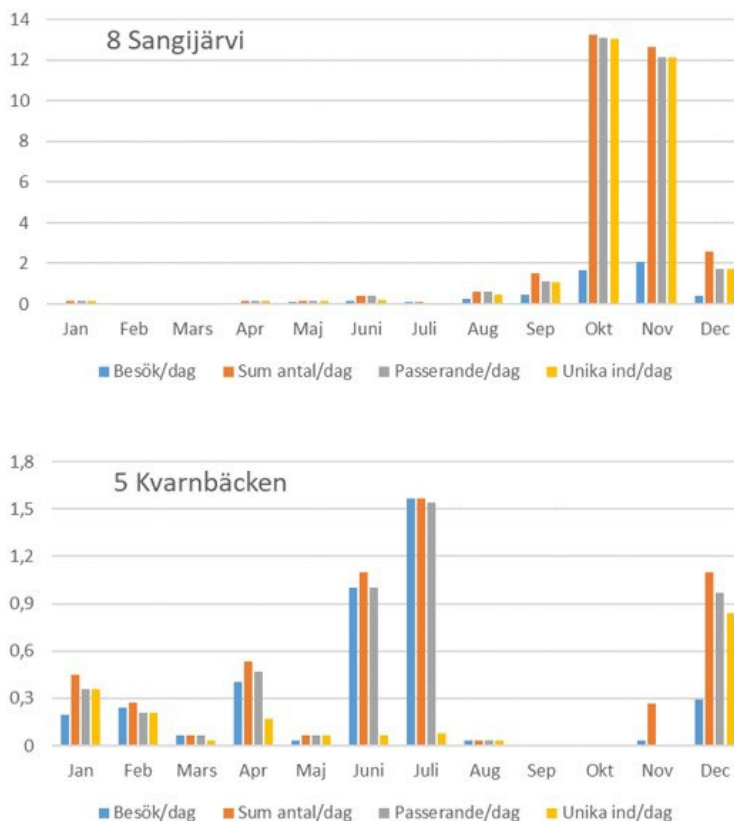
Studien hade sina begränsningar vad gäller möjligheten att dra slutsatser eftersom det finns flera andra faktorer än bara underlagen som kan ha påverkat resultaten. Men studien ger ändå en del kunskaper och förståelse som kan komma till nytta vid planeringen av faunapassager. Fler studier av detta slag bör ytterligare kunna stärka kunskapsläget.

3.9 Renens användning av broar vid väg och järnväg

Delstudien har redovisats i en rapport tillgänglig på TRIEKOLs hemsida: Helldin (2023) *Renens användning av broar vid väg och järnväg – studier i Norrbotten 2018-2021* <https://triekol.se/project/renens-anvandning-av-broar-vid-vag-och-jarnvag/>.

Effekter på renar och rennäring omfattades egentligen inte av TRIEKOL-programmet, men eftersom tolv av de över- och underpassager som ingick i studierna ligger inom renskötselområdet och användes av ren i större eller mindre utsträckning redovisar vi även dessa resultat här. Huvuddelen av passagera ligger inom området för koncessionsrenskötsel⁷, och fokus i rapporteringen låg på dessa.

Renarnas användning av passagera varierade mycket under året (två exempel i bild 22). Störst antal unika individer (gula staplar i bild 22) besökte och/eller passerade på senhöst och vinter, under perioden för årstidsvandring. Även på sommaren besöktes flera av passagera frekvent av ren, men det handlade då om enstaka individer som i flera fall återkom dag efter dag och spenderade mycket tid i och kring passagen.



*Bild 22. Antal renar per dag i två av passagera. Antalet finns angivet med fyra olika mått; antal besök (10min-kriteriet; se avsnitt 2.3), summerat antal individer (antal besök*gruppstorlek), summerat antal individer som passerade (antal besök som ledde till passage*gruppstorlek för dessa) och antal unika individer som passerade. Observera olika skalor på y-axlarna. Från Helldin (2023).*

⁷ Samtliga utom Mertainen och Råtsi.

Det främsta resultatet från den här delstudien var att redovisa olika möjligheter för att kvantifiera användningen och funktionen av passagera för renar, baserat på:

- antal renar vid broarna (fördelat på besök, och även fördelat mellan kön och åldrar; bild 23),
- andel som passerar och
- renarnas beteenden (bland annat gångarter och vaksamhetsgrad; bild 24 och 25).

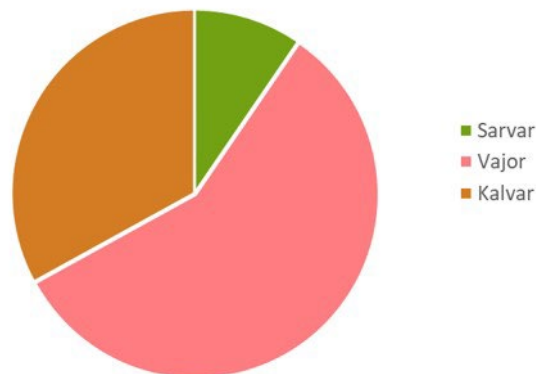


Bild 23. Andelarna av sarvar (hanar), vajor (honor) och renkalvar i passagera under årstidsvandringen (sep-apr). Från Helldin (2023).

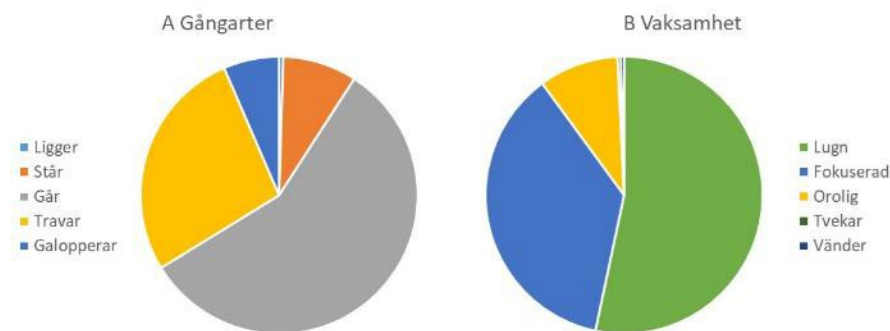


Bild 24. Fördelning av gångarter och vaksamhet hos renarna i passagera under årstidsvandring (sep-apr). Från Helldin (2023).

Studierna gav inte några slutliga svar på hur passager för ren ska utformas, men resultaten ska kunna utgöra underlag för att ta fram systematiska mått för broars effektivitet för ren och renskötsel. Studien pekar inte på något enskilt mått som bättre än andra; istället kan en möjlighet vara att kombinera olika mått.



Bild 25. Renar (vajar och kalvar) som passerar lugnt och stannar och betar; vid passagen Sattaovägen mellan Kalix och Haparanda. Foto TRIEKOL.

De insamlade fotografierna erbjuder möjligheter till noggrannare analyser, särskilt av renarnas beteenden. Tillsammans med resultaten från beteendestudien i de två sydsvenska passagerna (3.3) skulle resultaten kunna vägleda en ytterligare utveckling av funktionsmått, som beaktar även djurens beteende, oro och vaksamhet, och som kan stärka slutsatser om passageeffektivitet.

4. Viltanpassning av underpassager genom skärmning

Det finns olika möjligheter att anpassa befintliga broar för att de ska fungera bättre för vilt, exempelvis att anlägga vegetation, naturlig marktäckning och utfodringsplatser, minska mänskliga störningar genom passagen, eller skärma mot buller och annan störning från trafiken (Trafikverket 2016). I det här delprojektet studerades det sistnämnda. Skärmar anlades 2021 över faunaporten vid Vomb i Skåne, och 2023 över tre vägportar längs E4 i en viltrik del av Södermanland. Vid samtliga dessa jämfördes, och jämförs, viltets användning av portarna före och efter skärmning.

4.1 Faunaport Vomb

Denna delstudie har redovisats i en miljöuppföljningsrapport tillgänglig på TRIEKOLs hemsida: Elfström (2023) *Miljöuppföljning – effekter av faunaskärm utmed väg 11 ovan faunaport Vomb* <https://triekol.se/project/effekt-av-faunaskarm-ovan-faunaport-vomb/>, samt vid IENE-konferensen 2022.

Vid faunaporten Vomb ledde skärmningen (se bild 26) till signifikant bättre funktion för både dovhjort och rådjur (för dovhjort 2,2 gånger högre sannolikhet att passera jämfört med perioden innan avskärmningen konstruerades, för rådjur innebar avskärmningen 3,8 gånger högre sannolikhet att passera). För vildsvin noterades ingen signifikant skillnad i de statistiska analyserna, men vildsvin hade å andra sidan hög sannolikhet att passera redan innan skärmningen (71%). En alternativ passagemöjlighet under vägbro utmed Klingavälsån och lokaliserad 1,8 km från faunaport Vomb övervakades under studien. Bland klövviltet var det endast vildsvin som nyttjade den alternativa passagemöjligheten. Älg och kronhjort besökte faunaporten för sällan för att det skulle gå att analysera. Det kan inte uteslutas att exempelvis kronhjort väljer att korsa den aktuella vägbanan på annan plats i landskapet, med tanke på att viltstängslet endast sträcker sig ca 2,5 km från faunaporten.

Slutsatsen är att kompletteringen med skärmar stärkte faunaportens funktion som faunapassage.

I studien noterades om det var trafik över bron i samband med djurbesök, men ingen sådan direkt störningseffekt kunde noteras, vare sig före eller efter skärmningen. Studien pekade vidare på skillnader i sannolikheten för passage beroende på gruppstorlek (för vildsvin), årstid (för klövviltarterna kombinerat),

och tid på dygnet (för rådjur), men såvitt studien kunde visa var inte heller detta något som påverkades av skärmningen.



Bild 26. Faunaporten vid Vomb före och efter skärmning. Foto Marcus Elfström /EnviroPlanning AB.



Bild 27. Vildsvin vid faunaporten vid Vomb innan skärmningen. Foto Marcus Elfström /EnviroPlanning AB.

4.2 Vägportar längs E4 i Södermanland

Denna delstudie är pågående, datasammanställningen kommer pågå under 2024-2025 och redovisas därefter enligt plan.

Längs motorväg E4 genom Södermanland har skärmar anlagts på tre vägportar (äldre vägportar anlagda för lokaltrafik) för att öka deras funktion för vilt, och på det viset minska behovet av att anlägga fullskaliga faunapassager. Här studerar vi viltfunktionen med så kallat BACI-upplägg (Before-After-Control-Impact), vilket innebär att varje port följs upp före och efter åtgärd och att även en icke åtgärdad ”systerport” följs upp som referens. Det är här alltså totalt sex vägportar som ingår i studierna (se bild 28 och 29).

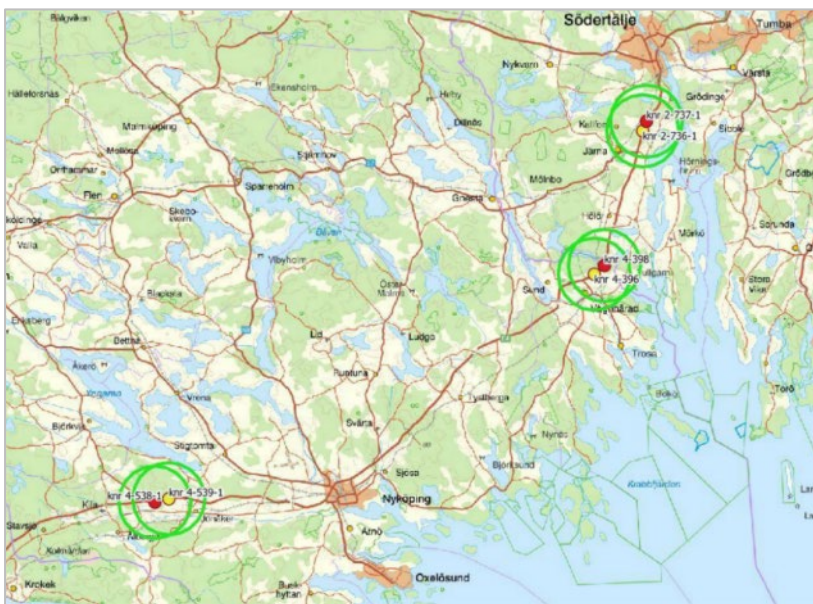


Bild 28. Vägportar som skärmades 2023 (röda punkter) och referensportar, som ingår i studierna men som inte har skärmats (gula punkter). Illustration Marcus Elfström /EnviroPlanning AB.



Bild 29. Nyanlagd skärm vid vägport Berga. Foto Marcus Elfström /EnviroPlanning AB.

5. Faunapassager i plan med viltvarningssystem

Faunapassager i plan med viltvarningssystem kan i vissa situationer vara en mer kostnadseffektiv lösning än faunabroar eller faunaportar, särskilt på det mindre vägnätet med lägre trafikvolym och lägre hastighet. Faunapassagen i plan är mindre resurskrävande och öppnar för möjligheten att skapa passagemöjligheter för vilt på fler platser, och mer flexibel då den kan flyttas till en ny plats om landskapet och viltrörelserna förändras. Det som här betecknas viltvarningssystem borde kanske egentligen kallas trafikantvarningssystem, eftersom det är trafikanterna som varnas för vilt och inte tvärt om.

Faunapassagen i plan är en öppning i vilt- eller faunastängslet som tillåter djur att korsa vägbanan för att nå områden på andra sidan vägen (bild 30). Detektorer vid faunapassagens sidoområden registrerar djuren och aktiverar variabla meddelandeskyltar för att skapa en förstärkt varning till trafikanter att det finns djur i vägområdet, så att de kan anpassa sitt körbeteende och undvika kollisioner. För att faunapassagen ska vara säkra för både trafikanter och djur behöver förarna agera på den information som ges, genom att sänka hastigheten och vara beredda på djur på vägen.



Bild 30. Faunapassage i plan vid Koberg i Västergötland. Här ser man stängselavslut, samt vägmarkeringar och konmattor som ska motverka att djuren tar sig in på det stängslade vägområdet. Foto Marcus Elfström /EnviroPlanning AB.

Delprojekten inom TRIEKOL studerade djurens användning av passager i plan (antal djur och beteenden), samt jämförde med effektiviteten hos under- och överpassager.

5.1 Klövdjurens nyttjande av en faunapassage i plan

Denna delstudie har redovisats och publicerats vetenskapligt i tidskriften *Frontiers in Environmental Science* i december 2022. Artikeln finns fritt tillgänglig på länken <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.991551>. Resultat och slutsatser har dessutom sammanfattats i Trafikverksrapporten *Klövdjurens nyttjande av faunapassage i plan med viltvarningssystem: En pilotstudie från väg 108 Sjödiken* <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1812294/FULLTEXT01.pdf>.

I den här delstudien studerade vi hur rådjur, kronhjort och vildsvin använde passagen vid Sjödiken, den första planpassage som anlades i Sverige med ett fullt utvecklat viltvarningssystem (bild 31). Detta var på väg 108 strax norr om Svedala i Skåne. Vägen har här två fält, skyltad hastighet 80 km/h och ca 6.000 fordon per dygn, och går genom ett viltrikt område där det tidigare skett mycket viltolyckor. I samband med att planpassagen anlades försågs vägen med viltstängsel längs en omgivande sträcka på ca 5 km.

Studien genomfördes baserat bland annat på filmsekvenser från Trafikverkets kamerabevakningssystem Milestone, där data fanns från 326 besök av klövvilt (enskilda eller i grupp) under ett års tid. Av de totalt 722 klövvilt som besökte passagen passerade 608 (84%) medan resten vände om.



Bild 31. Kronhjort passerar i planpassagen vid Sjödiken i Skåne. Foto Trafikverket.

Vid många av besöken betade djuren (fr.a. rådjur) på örter och gräs i vägganten, vilket ledde till längre uppehållstider inom faunapassagen, som i sin tur bidrog till ökad mängd interaktioner med trafik och ökad risk för viltolyckor vid faunapassagen. När vegetationen i vägganten inom passagen ersattes med vegetationsfria sandtor minskade uppehållstiden för djuren, de passerade snabbare, och interaktionerna med trafik minskade.

I studien ingick också att kartlägga antalet viltolyckor, vilka minskade med 66% längs den stängslade sträckan jämfört med perioden innan åtgärd. Under studierna noterades tre viltolyckor i själva faunapassagen, samtliga med vildsvin.

Slutsatsen är att planpassage med aktivt viltvarningssystem kan vara ett alternativ till planskilda passager för att tillåta djur att passera mer lågtrafikerade vägar. Viltstängsel är dock avgörande för att minska antalet viltolyckor, och just i planpassagen kan viltolycksrisken vara stor. En avgörande faktor är därför att bilisterna saktar ner eller åtminstone ökar vaksamheten när viltvarningen är aktiverad, vilket vi inte studerade men såg indikationer på att det inte gjordes. Viltolycksrisken kan också minska genom att vägkantsvegetationen sköts för att minska uppehållstiden för djur inom passagen.



Bild 32. En kronhjort tvekar när en bil passerar. För att faunapassagen ska fungera för djuren behöver bilisterna anpassa sin körning till de skyltar som varnar när det uppehåller sig djur i faunapassagen. Foto Trafikverket.

Trafikverket arbetar vidare med riktlinjer samt målbeskrivningar för att definiera säkerhetsaspekterna för denna typ av faunapassage (Olsson 2023). Det övergripande målet är att en faunapassage i plan ska vara säker för både trafikanter och vilt.

5.2 Jämförelse mellan planpassager och planskilda passager

Denna delstudie har redovisats och publicerats vetenskapligt i mars 2025: Elfström M & Olsson M (2025) Do wild ungulates utilize at-grade fauna passages as effectively as fauna overpasses or underpasses? tidskriften *Frontiers in Conservation Science*, Sec. Animal Conservation vol. 6. Artikeln finns fritt tillgänglig på länken <https://www.frontiersin.org/journals/conservation-science/articles/10.3389/fcosc.2025.1546782/>

Vi studerade här hur klövvilt utnyttjar planpassager jämfört med över- och underpassager anpassade för fauna (ekodukter och faunaportar). I studien ingick de fyra planpassagera (se tabell 1), och till dessa lades fyra ekodukter/faunabroar och fem faunaportar som jämförelseobjekt (bild 33), vilka valdes ut för att vara så lika planpassagera som möjligt vad gäller bredd och läge. I studien ingick endast jämförbara data, det vill säga från egna autokameror placerade vid in-/utgångarna till passagera (=vid de planskilda passagera endast referenskameror). Analyser kunde göras för dovhjort, vildsvin och rådjur.

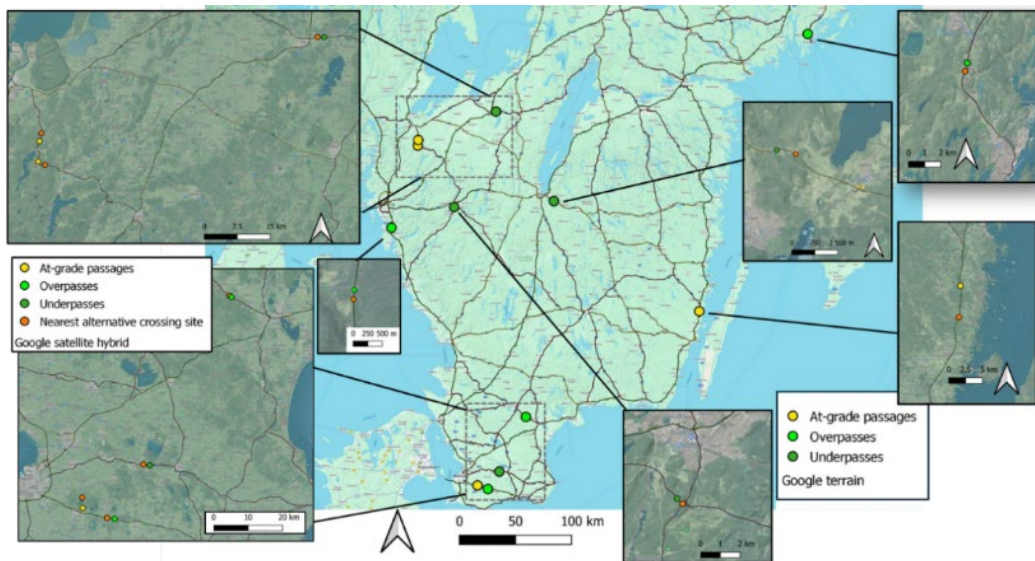


Bild 33. Planpassager (gula punkter), överpassager (ljusgröna) och underpassager (mörkgröna) som jämfördes i studien. Illustration Marcus Elfström /EnviroPlanning AB.

Resultaten pekar på att planpassager fungerar i stort sett likvärdigt med mer kostsamma konstruktioner för att minska barriäreffekter för klövvilt.

6. Diskussion och slutsatser

Resultaten från delstudierna pekar sammantaget mot följande slutsatser vad gäller effektiviteten för klövvilt/klövdjur.

Av dimensionerna – bredd, längd och för underpassager även höjd – var **längden** av störst betydelse, det vill säga sträckan djuren måste gå för att ta sig från ena vägsidan till den andra (3.5), eller för underpassager den sträcka djuren måste gå under brotak (3.4). Ju längre passage desto sämre effektivitet för både älg och rådjur (de två arter som kunde analyseras). För de kortaste passagerna, vid enkelspårig järnväg med ca 20 m mellan stängselöppningarna eller 7 m under tak, låg effektiviteten⁸ kring 70%. För de längsta passagerna i studien, >60 m mellan stängselöppningar eller 20-40 m under tak, var effektiviteten endast 30% eller lägre. Dessa är i de flesta fall vid 2+2-vägar, men vid ett fall en 2+1-väg där faunapassagen är placerad diagonalt mot vägen och därför längre (Kråkered).

Resultaten talar för att försöka minimera längden på faunapassager. Möjligheterna till det kan vara begränsade av att infrastrukturen som ska passeras har en given standard vad gäller hastighet, trafik och utformning av vägsidor. Vi kan därför bara spekulera kring vilka möjligheter som står till buds, men föreslår att:

- förlägga faunapassage vid en sträcka med färre körfält (t.ex. 2+2-väg med tillfällig 2+1- eller 1+1-sträcka), alternativt planera vägen med färre körfält vid faunapassage.
- anlägga plattrambro istället för trumma, vilket i de flesta fall borde leda till kortare passage under tak (se bild 34).
- undvika faunapassage som går diagonalt mot vägen/järnvägen.
- bredda faunapassagen mot öppningarna (timglas), och/eller dra in stängslet i en tratt mot passagen, för att förkorta den ”korridor” djuren behöver gå igenom.



Bild 34. Trumma respektive plattrambro under samma väg; Nolby port och Hemmanet port under fyrfilig motorväg E4 vid Sundsvall. Trumman ligger lägre i vägbanken och skapar längre sträcka under tak, i dessa fall 33 resp. 22 m. Foto Trafikverket.

⁸ Effektivitetsindex = andel av djurbesöken vid passagen som resulterade i att djuren passerade; se sid. 16.

Det är möjligt att underpassager med separata broar för de olika körriktningarna kan vara att rekommendera, med kortare delsträckor under tak och en öppen sträcka mellan. Dessa blir dock längre totalt sett, så utfallet är inte självklart.

När det gäller betydelsen av **bredd** var resultaten mindre tydliga. Analysen av överpassager (3.5) visade att effektiviteten ökade med bredden för älg, tydligast upp till en bredd på ca 20 m, men för rådjur saknades motsvarande samband. För underpassager saknades samband mellan effektivitet och bredd för såväl rådjur som älg (3.4). Det ska dock tilläggas att några tidiga analyser gjorda på delar av data pekade på positiv effekt av bredd även för rådjur (3.1 och 3.2).

Detta skulle kunna tolkas som att större bredd kan öka effektiviteten, men det är inte säkert, åtminstone inte över en minimibredd. Våra resultat pekar på att denna minimibredd för älg skulle vara 20 m eller strax därunder. En positiv tolkning av resultatet är att även relativt smala passager kan ha en funktion för klövdjur – det är andra faktorer som är mer avgörande.

För **höjden** i underpassager kunde vi inte hitta något samband med effektiviteten (3.4). En begränsning i studien var att variationen inte var så stor i de studerade underpassagerna; mellan 2 och 7 m höjd för alla utom en enstaka på drygt 10 m. Detta gör det svårare att hitta samband. Å andra sidan omfattar denna variation just det intervall på 2-5 m som anges som kritiskt i planeringsunderlagen (Trafikverket 2015, 2024). Resultatet bör därför ge tillräckligt underlag för att diskutera kritiska höjder i detta intervall. På samma sätt som för bredden skulle en positiv tolkning av resultatet här vara att även relativt låga passager kan ha en funktion för klövdjur – andra faktorer är mer avgörande.

Resultaten följer i grova drag tidigare redovisade studier av klövvilt i faunapassager. I de flesta fall har man sett att långa passager fungerar sämre (Ng m.fl. 2004, Clevenger & Waltho 2000, 2005, Sparks & Gates 2012, Wang m.fl. 2018, Denneboom m.fl. 2021). Bredare och högre passager fungerar oftast bättre (t. ex. Bhardwaj m.fl. 2020), men resultaten är mer varierande när det gäller dessa dimensioner, och ibland till och med de motsatta, vilket kan vara svårförklarad (Clevenger & Waltho 2000, Denneboom m.fl. 2021).

Värt att notera är även att passagernas *öppenhet*⁹, som ofta används i riktlinjer för faunapassager (exempelvis Banverket/Vägverket 2005, Trafikverket 2015, Rosell m.fl. 2023) visade sig inte förklara sannolikheten till passage hos rådjur och älg genom portar, och möjligen bara hade viss betydelse för älg vid överpassager. Öppenhet som samlat mått bör därför tillämpas med försiktighet som verktyg för att beskriva eller prognosticera funktion för klövviltet mellan faunapassager med

⁹ Bredd*höjd/längd för underpassager, bredd*höjd för överpassager.

olika storlekar. Exempelvis är det inte självklart att en lång passage kan kompenseras med ökad bredd för att bibehålla öppenheten i passagen, så som rekommenderas i VGU (Trafikverket 2024). Bedömning av den ekologiska funktionen av planskilda konstruktioner kräver vanligtvis en sammantagen bedömning som tar hänsyn till inte bara utformning men även markanvändning och habitat vid platsen.

Förutom de tekniska dimensionerna ovan adresserade vi i olika delstudier specifikt:

- betydelsen av **underlag, vegetation, vatten och vägar i passager** (3.7). Resultaten pekade på att klövdjur föredrar öppen mark med jämna underlag, men visade även att vattendrag och vägar genom passager kan användas eller i vissa situationer till och med föredras. Den öppna terrängen, utan täta buskage, kan vara av betydelse för att erbjuda möjlighet till överblick och undvikande av faror (Clevenger & Waltho 2005, Denneboom m.fl. 2021). När det gäller förekomsten av mindre vägar i faunapassager har även tidigare studier pekat på att de inte utgör något större problem så länge trafiken är låg (Bhardwaj m.fl. 2020), medan vattendrag genom passager ansetts som en begränsande faktor (Denneboom m.fl. 2021), även om vattendragen även kan kanalisera viltrörelser (Jensen m.fl. 2023). Eftersom vi använde en tidigare oprövad metod, att följa enskilda individers val av underlag, behöver resultaten säkras i fortsatta studier.
- påverkan av **mänsklig aktivitet i och kring passager** (3.6), och därmed ytterligare om förutsättningarna för multifunktionella passager. Den separation i tid vi observerade, mellan människor som använder passagerna dag och kväll och djuren som passerar under natten och morgonen, kan ses som funktionell samexistens. Men djuren dröjde längre med att använda passagerna efter att människor varit där, särskilt de mänskliga störningar som skedde i gryningen, vilket pekar på att mänsklig aktivitet verkligen störde djuren i viss utsträckning och att det hade en viss påverkan på effektiviteten. Tidigare studier har gett varierande resultat för hur mänsklig närvaro påverkar faunapassagernas effektivitet för klövvilt (Clevenger & Waltho 2000, Olsson 2007, Barrueto m.fl. 2014, Wang m.fl. 2018, Elmeros & Hansen 2019, Caldwell & Klip 2020, Hamilton m.fl. 2024; se också 3.1, 3.2 och 3.5), så även i detta fall kan resultaten behöva säkras i fortsatta studier.
- betydelsen av **släntlutningen** kring överpassager (3.5), men hittade ingen effekt av detta. Denna analys kunde dock bara göras på en mycket grov nivå (tre klasser beroende på om det var betydande uppförslut på båda, ena eller ingen sida), och det behövs mer detaljerade studier av detta. Släntlutningen vid faunabroar och ekodukter har visat sig vara en viktig faktor i planeringen

eftersom det kan påverka såväl markintrång som masshantering (beroende på tillgång till markstöd), och kan därför vara starkt kostnadsdrivande.

- möjligheten att förbättra effektiviteten med **skärmning** av trafiken (4.1 och 4.2). De första resultaten har här gett tydliga och mycket lovande resultat, men studien är fortfarande pågående och de slutliga resultaten och rekommendationerna måste redovisas senare.

Till skillnad från många tidigare studier av faunapassager (exempelvis Clevenger & Waltho 2005, Andis m.fl. 2017, Bhardwaj m.fl. 2020) gjorde vi inom TRIEKOL III mycket begränsade analyser av i vilken utsträckning det omgivande landskapets sammansättning påverkade passageeffektiviteten. I vårt urval av passager ingick en översiktlig bedömning att det omgivande landskapet var gott nog för att vilt skulle finnas och kunna nå passagen, och referenskamerornas funktion var att kontrollera för viltförekomsten i passagernas direkta närhet. Möjligheten kvarstår att använda befintliga data för att analysera landskapets betydelse.

En aspekt på en större spatiell nivå ingick dock i studien av underpassager (3.4): **avstånd till närmaste alternativa passagemöjlighet**. Passagernas effektivitet var större för rådjur då det var långt till andra passager, vilket kan logiskt förstås som att djuren blir mer motiverade att passera genom en given passage när alternativet är färre. Älg visade dock inte samma mönster, vilket kan bero på att älg oftast har tillgång till flera olika alternativa passagemöjligheter jämfört med rådjur. Tidigare studier har pekat på det omvända förhållandet för rådjur (Bhardwaj m.fl. 2020), så sammantaget är resultaten svårtolkade.

Jämförelsen mellan **olika passagetyper** (5.2) pekade på att planpassager står sig väl mot planskilda passager, när jämförelse görs av sannolikhet för klövvilt att passera. Den något lägre sannolikheten vid planpassager var statistiskt säkerställd endast för vildsvin, som föredrog underpassager/faunaportar. Givet den betydligt lägre kostnaden för att anlägga planpassager kan sådana ses som möjliga alternativ, exempelvis i lägen där det saknas medel för planskilda passager i dagsläget men det är kritiskt att behålla en möjlighet för större djur att passera. Här ska dock vägas in att viltolyckor fortfarande kan äga rum i planpassagerna (5.1), särskilt så längre bilisterna inte anpassar sitt körbeteende till den större risken för vilt på vägbanan vid själva planpassagen.

Några av våra tidiga delstudier pekade på att älg och rådjur föredrar överpassager framför underpassager (3.1, 3.2, 3.3), men skillnaden kunde senare inte beläggas (5.2), trots det problem som verkar finnas för djuren att gå under brotak (3.4). Inte heller tidigare forskning pekar entydigt på att överpassager är bättre, utan kan tolkas som att klövvilt föredrar faunabroar framför faunaportar, men ännu hellre föredrar de bredare viadukter/landskapsbroar (Denneboom m.fl. 2021).

Vi understryker att **studierna av ren** (3.8) ska ses som ett ”bonusmaterial” eftersom TRIEKOL inte var upplagt särskilt för att ge rättvisande resultat för ren. Effektiviteten för ren ingår inte i slutsatserna ovan om dimensioner, störningar och passagetyper. Vi har redovisat stora datamängder för ren från passager i Norrbotten, med intressanta mönster vad gäller användning av olika passager, variationer under året med mera. Den stora detaljeringsgrad som renstudierna tillåter ger underlag för att jämföra passager med olika effektivitetsmått, vilket kan ge en bredare bild av passagerens betydelse för ren, liksom för renskötseln. Studier av ren i faunapassager kan även bidra till att öka förståelsen av hur vilda arter uppfattar passager, och till att utveckla metodiken för studier av faunapassagerens effektivitet.

Det senare kan vara betydelsefullt, mot bakgrund av observationer som vi gjort av **beteenden i och kring passager**. Med undantag för studien av planpassagen i Sjødiken (5.1) ingick inte etologiska studier i de inledande planerna för TRIEKOL III. Möjligheten framstod dock efter hand som intressant, och ett potentiellt värdefullt komplement till det effektivitetsindex vi huvudsakligen använde oss av. Beräkning av effektivitetsindex, baserat på antal djur som besöker och antal som passerar, är ett enkelt jämförbart mått som föreslagits som en standard för uppföljning av faunapassager i Sverige (Helldin & Olsson 2015), och som även är internationellt väletablerat (”crossing rate”, ”success rate” etc; beräkningar och beteckningar skiljer sig något mellan olika studier men är i grunden samma mått; Andis m.fl. 2017, Kintsch m.fl. 2020, Denneboom m.fl. 2021). Den etologiska studien vid två passager i södra Sverige (3.3) antydde dock att effektivitetsindex kan vara ett för grovt eller kanske till och med felaktigt mått, beroende på hur målnivån för passager är definierad. Trånga eller långa passager som visserligen används av djur, men under stress, kan vara otillräckliga för att säkra funktionen långsiktigt. Å andra sidan är det kanske inget självändamål att djuren upplever lugn och ro när de passerar, eftersom de ska just bara passera.



Bild 35. Älg passerar skoterpassagen Lärestråk. Foto TRIEKOL.

Relaterat till detta senare finns ytterligare en aspekt på effektivitetsindexets begränsning. Många bilder från autokamerorna visade djur som uppehöll sig längre perioder i och kring särskilt de större passagerna, betade, vilade, etc., inte nödvändigtvis passerade, och i övrigt betedde sig mycket lugnt och avslappnat. Sådana besök bidrog till ett lägre effektivitetsindex, även om de tvärt om bör tas som belägg för att passagen väl uppfyller de krav som djuren har. Vi måste alltså hålla öppet för att det effektivitetsindex på vilket vi baserat huvuddelen av våra slutsatser inte ger hela bilden av djurens preferenser.

Tillämpning

Det är vår förhoppning att resultaten ska kunna användas i samband med kommande uppdateringar av Trafikverkets styrande dokument för lokalisering och utformning av faunapassager, såsom VGU (Trafikverket 2024), Riktlinje landskap (Trafikverket 2019a) och Barriärkartor (Trafikverket 2019b). Resultaten bidrar till en större förståelse för betydelsen av de olika grunddimensionerna bredd-höjd-längd, av andra utformningsfaktorer såsom anläggning och underhåll av slänter, mark, vegetation och skärmning, samt av att begränsa eller styra mänskligt nyttjande i multifunktionella faunapassager.

Vi föreslår rent allmänt ett större fokus på att minimera passagelängden i planeringen av faunapassager. Men även om resultaten inte tydligt pekar ut bredden och höjden som avgörande i alla situationer, och vi konstaterar att även smala och låga passager kan användas frekvent av klövvilt, så kan det ändå finnas anledning att eftersträva stor öppenhet av försiktighets skull, och för att säkra funktionen för andra arter än de som studerades här (även om vi alltså valde studiearter som skulle täcka in behoven även hos andra arter). Dessutom antyder våra beteendeanalyser att djur kan använda passager även om de känner oro eller stress när de gör det, vilket inte borgar för långsiktigt effektiva passager.

Samtidigt ger resultaten underlag för att göra avvägningar mellan att anlägga ett fåtal stora och flera mindre, billigare passager längs en infrastruktursträcka (såsom rekommenderas av Helldin 2022). De visar på viltpotentialen hos existerande broar även om dimensionerna är under gränsvärden och av nya broar som av ett eller annat skäl inte kan ges stor öppenhet, och ger underlag för att ytterligare viltanpassa sådana.

Tack

Vi riktar ett stort tack till de många kolleger och assistenter som på olika sätt bidragit till studierna av faunapassager inom TRIEKOL; vid datainsamling, bearbetning, analys, och skrivandet av delrapporter och artiklar:

- Ida Anomaa
- Annette Ekman
- Angelia Ellvin
- Filippa Erixon
- Jennifer Fredberg
- Christine Godeau
- Lukas Graf
- Charlotte Hansson
- Jan-Erik Innala
- Victor Johansson
- Anna-Carin Mangi
- Milla Niemi
- Torbjörn Nilsson
- Lars-Gunnar Nyström
- Hans Göran Partapuoli
- Ingegerd Rokka
- Peter Svonni
- Pernilla Vesterberg
- Andreas Öhlund

Forskningen inom TRIEKOL finansierades huvudsakligen av Trafikverket (FUD-anslag TRV2016/50073 ID 6201 samt tilläggsanslag till detta). Vi riktar ett kollektivt tack till de många tjänstepersoner på Trafikverket som stött oss i studierna, med bland annat diskussioner kring frågeställningar och tillämpningar, samt hjälp med tekniska underlag för urval av studieobjekt och dataåtkomst från Trafikverkets databaser.

Finansiella bidrag till delstudier erhöles också från finska Trafikledsverket (studier av underlag och vegetation; avsnitt 3.7).



Bild 36. Rådjuret på framsidesbilden när den passerar – här en bild från kameran som syns på framsidan. Foto Emma Håkansson /EnviroPlanning AB

Referenser

- Andis AZ, Huijser MP & Broberg L (2017) Performance of Arch-Style Road Crossing Structures from Relative Movement Rates of Large Mammals. *Frontiers in Ecology and Evolution* 5:122.
- Banverket/Vägverket (2005) Vilda djur och infrastruktur – en handbok för åtgärder. Banverket Miljösektionen rapport 2005:5, Vägverket publikation 2005:72.
- Barrueto M, Ford AT & Clevenger AP (2014) Anthropogenic effects on activity patterns of wildlife at crossing structures. *Ecosphere* 5:1-19.
- Bhardwaj M, Olsson M & Seiler A (2020) Ungulate use of non-wildlife underpasses. *Journal of Environmental Management* 273:e111095.
- Bhardwaj M, Erixon F, Holmberg I, Seiler A, Håkansson E, Elfström M & Olsson M (2022) Ungulate use of an atgrade fauna passage and roadside animal detection system: A pilot study from Southern Sweden. *Frontiers in Environmental Science* 10:991551
- Caldwell MR & Klip JMK (2020) Wildlife interactions within highway underpasses. *Journal of Wildlife Management* 84:227-236.
- Clevenger AP & Waltho N (2000) Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* 14:47-56.
- Clevenger AP & Waltho N (2005) Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological Conservation* 121:453–464.
- Denneboom D, Bar-Massada A & Shwartz A (2021) Factors affecting usage of crossing structures by wildlife—A systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment* 777:146061.
- Elfström (2023) Miljöuppföljning – effekter av faunaskärm utmed väg 11 ovan faunaport Vomb. Trafikverkets rapport.
- Elfström M & Olsson M (2025) Do wild ungulates utilize at-grade fauna passages as effectively as fauna overpasses or underpasses? *Frontiers in Conservation Science*. Sec. Animal Conservation Volume 6 – 2025.
- Elmeros M & Hansen TS (2019) Pattedyrs brug af større faunapassager i Vendsyssel. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, - Videnskabelig rapport nr. 312.
- Hamilton KM, Bommarito T & Lewis JS (2024) Spatial and temporal factors influencing wildlife use of overpass crossing structures and landscape siphons along a major canal. *Biological Conservation* 292:110481.
- Helldin J.O. (2022) Are several small wildlife crossing structures better than a single large? Arguments from the perspective of large wildlife conservation. *Nature Conservation* 47:197-213.
- Helldin J-O (2023) Renens användning av broar vid väg och järnväg – studier i Norrbotten 2018-2021. SLU; CBM:s skriftserie 124.

- Helldin J-O & Olsson M (2015) Ekologisk uppföljning av planskilda passager för landlevande däggdjur – principer och metoder för väg och järnväg. Trafikverkets publikation 2015:173.
- Helldin J-O, Seiler A & Olsson M. (2010) Vägar och järnvägar – barriärer i landskapet. SLU; CBM:s skriftserie 42.
- Helldin J-O & Niemi M (2024) Ungulate substrate use in fauna passages. Manuskript under arbete; BioRxiv.
- Holmberg I (2020) Tvekande hjortdjur; En beteendekologisk studie av rådjur och dovhjort för att bedöma effektiviteten av en faunaport och en ekodukt i Skåne, Sverige. BSc examensarbete, Lunds universitet.
- Håkansson E (2020) Effectivity of road and railway crossing structures for wild mammals. MSc examensarbete, Göteborgs universitet.
- Iuell B, Bekker HGJ, Cuperus R, Dufek J, Fry G, Hicks C, Hlaváč V, Keller V, Rosell C, Sangwine T, Tørsløv N & Le Maire Wandall B (2003) COST 341–Wildlife and Traffic: a European handbook for identifying conflicts and designing solutions. KNNV Publishers, Brussels.
- Jakobi M & Adelsköld T (2011) Effektiv utformning av ekodukter och faunabroar. Trafikverket publikation 2011:159.
- Jensen AJ, Perrine JD, Schaffner A, Brewster R, Giordano AJ, Robertson M & Siepel N (2023) Mammal use of undercrossings is influenced by openness and proximity to riparian corridors. *Wildlife Research* 50:495-506.
- Kintsch J, Cramer P, Singer P, Cowardin M & Phelan J (2020) State Highway 9 wildlife crossing monitoring – year 4 progress report. Report to the Colorado Department of Transportation.
- Knufinke JF (2021) Human influence on ungulates' usage of crossing structures. MSc examensarbete, Universität für Bodenkultur Wien.
- Knufinke JF, Helldin J-O, Bhardwaj M & Olsson M (2019) Temporal patterns of humans and ungulates at bridges; Co-existence or disturbance? Rapport från TRIEKOL och Universität für Bodenkultur Wien.
- Ng S, Dole JW, Sauvajot RM, Riley SPD & Valone TJ (2004) Use of highway undercrossings by wildlife in southern California. *Biological Conservation* 115:499-507.
- Näringsdepartementet (2015) Regleringsbrev för budgetåret 2016 avseende Trafikverket inom utgiftsområde 22 Kommunikationer. Regeringsbeslut 2015-12-18.
- Näringsdepartementet (2016) Regleringsbrev för budgetåret 2017 avseende Trafikverket inom utgiftsområde 22 Kommunikationer. Regeringsbeslut 2016-12-22.
- Olsson M (2007) The use of highway crossings to maintain landscape connectivity for moose and roe deer. Doktorsavhandling, Faculty of Social and Life Sciences, Karlstad University, Sweden.
- Olsson M (2023) Evaluating at-grade fauna passages with wildlife detection and warning systems; A target oriented approach. Minor TRIEKOL report/Working paper. https://media1.triekol.se/targets-for-at-grade-fauna-passage_Triekol.pdf

- Olsson M, Bhardwaj M, Erixon F, Holmberg I, Seiler A, Håkansson E, Elfström M (2023) Klövdjurens nyttjande av faunapassage i plan med viltvarningssystem: En pilotstudie från väg 108 Sjödiken. Rapport från Trafikverket.
- Raud Westberg A & Ellvin A (2021) Uppföljning av viltets användning av broar vid E4 Sundsvall – med särskilt fokus på smala broar och mänskliga störningar. Rapport från Trafikverket.
- Rosell C, Chrétien L, Guinard E, Nowicki F, Righetti A, Seiler A, Trocmé M, Fernández LM, Aliaga A, Bartels P, Böttcher M, Deyrieux O, Eicher C, Elstrom M, Figueras A, Herold M, Morand A, Navàs F, Paquier F, Petrovan S, Schwab T, Suter S & Zumbach S (2023) Solutions to mitigate impacts and benefit nature. I: C. Rosell m.fl. (red.) IENE Biodiversity and infrastructure. A handbook for action.
- Smith DJ, van der Ree R & Rosell C (2015) Wildlife crossing structures: an effective strategy to restore or maintain wildlife connectivity across roads. Sid. 172-183 i van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (red) Handbook of Road Ecology. John Wiley and Sons Ltd, UK.
- Sparks Jr JL & Gates JE (2012) An investigation into the use of road drainage structures by wildlife in Maryland, USA. *Human–Wildlife Interact.* 6(2):311-326.
- Trafikverket (2015) Analys av infrastrukturens permeabilitet för klövdjur – en metodrapport. Trafikverkets publikation 2015:254.
- Trafikverket (2016) Temabladd Natur – Viltanpassning av befintliga broar. Trafikverket beställningsnummer: 100845.
- Trafikverket (2019a) Riktlinje landskap. TDOK 2015:0323, dokumentdatum 2019-03-11.
- Trafikverket (2019b) Viltolyckskartor och Barriärkartor –Handledning för tillämpning i åtgärdsarbete. Trafikverket publikation 2019:178.
- Trafikverket (2020a) Trafikverkets miljörapport 2019. Trafikverket publikation 2020:077.
- Trafikverket (2020b) Renskötsel och infrastruktur – förslag till färdplan. Trafikverket publikation 2020:116.
- Trafikverket (2021). Multifunktionella passager. Trafikverket beställningsnummer: 100971.
- Trafikverket (2022a) Krav - VGU, Vägars och gators utformning. Trafikverket publikation 2022:001.
- Trafikverket (2022b) Råd - VGU, Vägars och gators utformning. Trafikverket publikation 2022:003.
- Trafikverket (2024) Krav, Vägutformning, Väggar och gators utformning. Trafikverket dokument-ID TRVINFRA-00396, version 1.0.
- Wang Y, Guan L, Chen J & Kong Y (2018) Influences on mammals frequency of use of small bridges and culverts along the Qinghai–Tibet railway, China. *Ecol. Res.* 3:879-887.



Bild 37: Rådjuret på framsidesbilden efter att den har passerat. Foto: Emma Håkansson /EnviroPlanning AB.



SCIENCE AND
EDUCATION **FOR**
SUSTAINABLE
LIFE