

Analys av infrastrukturens permeabilitet för klövdjur

Rapport från forskningsprogrammet TRIEKOL 2015-12-14

Publikationsnummer: 2015:254





Dokumenttitel: Analys av infrastrukturens permeabilitet för klövdjur

Författare: Andreas Seiler, Mattias Olsson och Mats Lindqvist

Dokumentdatum: 2015-12-14

Dokumenttyp: Rapport från forskningsprogrammet TRIEKOL

Publikationsnummer: 2015:254:

ISBN: 978-91-7467-894-9

Bild framsida: Niklas Luks (www.nyhetswebben.se)

Bild baksida: Tobias Lektell (www.lektell.se)

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Anders Sjölund



Figur 1. Hemmagjord upplysning om en viltövergångsplats. Handmade information sign at a frequently used moose crossing.

English summary

Deficiencies in permeability of roads and railroads for ungulates

by Andreas Seiler, Mattias Olsson och Mats Lindqvist

Major roads and railroads are acknowledged as movement barriers for a variety of species including ungulates. Studies have shown that high traffic volumes and vehicle speed, exclusion fences and road illumination impose both physical and behavioural barriers to wildlife. On smaller roads, there may be an imminent risk for wildlife-vehicle collisions and a pending request to separate wildlife from traffic by fencing. However, major transport lines are often perforated to allow for safe crossings of other transport infrastructure. These conventional non-wildlife bridges and tunnels provide a potential passage even for ungulates. Their use depends largely on passage dimensions and placement. We combined these empirical results on passage use and barrier effects and developed an approach to evaluate the overall permeability of infrastructure barriers for ungulates and identify road and railroad sections where additional mitigation is needed to obtain the desired level of permeability. Our approach contains four main components: a) identification and mapping of potential infrastructure barriers for ungulates, b) evaluation and mapping of existing potential passages for wildlife, c) estimation of the existing mitigation effect obtained by these passages by translating passage efficacy into allometrically scaled effect distances, d) identification and mapping of remaining potential barriers where additional mitigation is needed to obtain the desired level of permeability. Our results point at important deficiencies in permeability but illustrate also that the greatest needs for mitigation may not be along the major transport corridors but on intermediate lines. In cooperation with the Transport Administration, municipalities, land owners and hunters organisations; the most important deficiencies in permeability are identified and prioritised for further action. The Swedish Transport Administration now uses this approach to develop mitigation plans for larger wildlife. In our work, we employed moose (*Alces alces*) as umbrella species for other ungulates, but the approach can be applied to other species groups as well if evaluation criteria and effect distances are adjusted correspondingly.

Keywords: barrier effects, fauna passages, mitigation, defragmentation, connectivity, moose

Innehåll

English summary	4
Förord	7
1 Inledning.....	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte.....	8
1.3 Motivering.....	9
1.3.1 Miljömål.....	9
1.3.2 Transportpolitiska mål	12
1.3.3 Målförslag med koppling till bristanalysen.....	13
2 Kunskapsbakgrund	14
2.1 Barriärpåverkan.....	14
2.2 Permeabilitet	17
2.3 Klövvilt som paraplyarter	17
2.4 Internationell jämförelse	19
3 Metoden	23
3.1 Viktiga definitioner och begrepp.....	24
Potentiella passager	24
Passagens effektivitet	24
Effektavstånd	24
Återstående barriärer (brister i permeabilitet).....	24
Återstående åtgärdsbehov	24
3.2 Steg I: Kartläggning av potentiella barriärer.....	25
3.2.1 Kriterier.....	25
3.2.2 Trafikvolym & vägstandard.....	27
3.2.3 Utformning	28
3.2.4 Hastighet	29
3.2.5 Samlokalisering	30
3.2.6 Markanvändning	31
3.2.7 Utbyggnadsplaner.....	31
3.3 Steg II: Kartläggning av potentiella viltpassager.....	32
3.3.1 Klassning av broar	34
3.3.2 Landskapsbroar, tunneltak och ekodukter	35
3.3.3 Broar för små vägar och för djur	36
3.3.4 Broar för allmänna vägar och järnvägar	37
3.3.5 Broar över vattendrag och sjöar	40

3.4	Effektivitetsbedömning.....	42
3.4.1	Bakgrund.....	42
3.4.2	Tillämpning	45
3.5	Definitioner och mått	47
3.6	Steg III: Kartläggning av återstående barriärer	52
3.6.1	Hemområde och effektavstånd.....	52
3.6.2	Återstående barriärer	55
4	Gradering av åtgärdsbehov.....	58
4.1	Fysiska hinder.....	59
4.2	Längd.....	59
4.3	Samlokalisering.....	61
4.4	Viltolyckor	61
4.5	Vandringstråk och Grön Infrastruktur	62
4.6	Landskap och fragmentering	62
4.7	Bedömningsexempel	65
5	Datakällor och GIS modell.....	70
5.1	Steg I - Kartläggning av spridningshinder	70
5.2	Steg II – Klassning av broar Steg III - Återstående barriärer	70
5.3	Gradering av åtgärdsbehovet	71
5.4	Brodatabasen.....	72
	Checklista GIS arbete	73
6	Nationella resultat (2015).....	74
6.1	Potentiella barriärer	74
6.2	Potentiella passager	82
6.3	Återstående barriärer.....	89
7	Slutsatser	97
	Referenser	98
	Bilagor (länkar)	105
	Tack	104

Förord

Denna rapport beskriver i första hand en arbetsmetod som utvecklats under många år och som tillämpats/testats i olika varianter i flera konkreta planeringssammanhang. Strävan har varit att ta fram en objektiv och standardiserad metodik som kan tillämpas utan att särskild biologisk kompetens behövs. Under arbetet uppdagades dock ett antal problem och frågor som ibland krävde nya forskningsprojekt innan utvecklingen kunde fortskrida. Bristanalysen grundar sig därmed i ett flertal tidigare och även några pågående studier kring vilt och trafik.

Ett återkommande hinder har varit bristen i datakvaliteten. Offentliga databaser på vägar, järnvägar, broar, trafikolyckor etc. är sällan kvalitetssäkrade och i regel inte utformade för att stödja övergripande analyser. I stället innehåller de mer eller mindre utförliga beskrivelser av händelser, företeelser eller objekt, dock inte alltid på ett konsekvent sätt. Återstående luckor i data och kunskap medför att vissa moment i bristanalysen fortfarande kräver en subjektiv bedömning och därmed viltbiologisk expertkompetens. Detta gäller särskilt prioriteringsskedet i analysen. Föreliggande rapport beskriver metodiken och förklarar resultaten i några utvalda exempel. De redovisade nationella resultaten är endast översiktliga och inte helt fullständiga. Trafikverket har i skrivande stund redan påbörjat kompletterande inventeringar av broar och tunnlar. En uppdatering av resultatdelen är därför sannolikt.

Trots alla osäkerheter, öppna frågor och brister i dataunderlag utgör bristanalysen dock en första och viktig etapp i utvecklingen av en miljövänligare och ekologiskt hållbarare infrastruktur. Bristanalysen förmedlar en grundläggande insikt i att vägar och järnvägar alltid gör och har gjort ett intrång i en redan befintlig (natur-)miljö. De skär genom existerande funktionella samband och ekologiska processer såsom förflyttningar av djur i landskapet. En modern infrastruktur med god landskapsanpassning måste därför uppvisa en tillräcklig stor permeabilitet för faunan – inte bara i vattendrag utan även på land. Att skilja fordonstrafik från den vilda faunan är dessutom en viktig åtgärd för att höja trafiksäkerheten och minska dödligheten hos djur. Detta gäller inte bara sällsynta och hotade djur utan kanske t o m i synnerhet de vanligt förekommande arterna som klövviltet. Bristanalysens kriterier och mått är anpassade för klövvilt, med ett fokus på älg som paraplyart för övriga klövdjur. Samma metodik skulle kunna tillämpas på andra däggdjursarter dock förutsätter det framtagning av nya, anpassade kriterier och gränsvärden. Vår förhoppning är att denna rapport stimulerar utvecklingen av en mer övergripande bristanalys för vilda djur och kan ligga till grund för Trafikverkets viltstrategi.

Andreas Seiler, Institution för ekologi, SLU

Mattias Olsson, Enviroplanning AB

Mats Lindqvist, Trafikverket

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Transportsystemet ska möjliggöra en god utveckling mot flera olika samhällsmål inklusive mål om framkomlighet, trafiksäkerhet samt miljö. Ett övergripande mål för samhället är att transportsystemet ska vara långsiktigt hållbart med avseende på ekonomiska, sociala och ekologiska värden¹.

En förutsättning för ekologisk hållbarhet är att djurens möjlighet att fortleva inte påverkas negativt av infrastrukturen². Även fortsatt nyttjande (jakt, fiske) och förvaltning av viltstammar ska inte inskränkas av vägar och järnvägar. Detta innebär att enskilda djur ska kunna vandra relativt obehindrad genom landskapet mellan lokala populationer, mellan sommar- och vinterområden och mellan födokällor och andra viktiga resurser. Hur mycket rörligheten kan inskränkas utan att allvarliga konsekvenser för populationers eller artens överlevnad uppstår är oklart och med stor sannolikhet avhängig av lokala faktorer. På senare tid har rörelsebehoven diskuterats även med hänsyn till klimatförändringen och de därav orsakade förskjutningar i vegetation och djurliv.

För att uppfylla kraven som ställs på transportsystemet gör Trafikverket återkommande analyser av vägnätets och järnvägsnätets tillstånd och bedömer behovet av åtgärder. Analyserna ger sedan underlag för konkreta åtgärdsvalsstudier, kostnadsberäkningar och för verksamhetsplanering på lång och kort sikt.

Denna rapport är ett sådant underlag. Den redovisar en metod för att utreda åtgärdsbehovet med hänsyn till infrastrukturens permeabilitet för vilt, i synnerhet klövvilt. Rapporten ska ligga till grund för en handlingsplan för att åtgärda allvarliga barriärproblem i det befintliga väg- och järnvägsnätet. Handlingsplanen är i sin tur ett underlag till Trafikverkets lång- och kortsiktiga verksamhetsplanering.

1.2 Syfte

Denna rapport beskriver i första hand en arbetsmetod för att bedöma permeabilitetsbrister i transportinfrastrukturnätet och därmed behovet av barriäråtgärder för klövvilt. Metoden kan även tillämpas på andra arter än klövvilt om riktvärdena och bedömningskriterierna anpassas. Arbetsmetoden och konceptet av infrastrukturens barriärpåverkan, respektive dess permeabilitet, har utvecklats under många år och tillämpats/testats i olika varianter i konkreta planerings sammanhang. Strävan har varit att ta fram en objektiv och standardiserad metodik som kan tillämpas utan att särskild biologisk kompetens behövs. Under arbetet uppdagades dock ett antal problem och frågor som ibland krävde nya forskningsprojekt innan utvecklingen av bristanalysmetoden kunde fortsättas. Bristanalysen summerar därmed ett flertal tidigare och även pågående studier kring vilt och trafik. Rapporten kompletterar³, respektive ersätter⁴ tidigare rapporter om bristanalys för klövdjur.

1 Trafikverket (2014): 039

2 Vägverket (2006): 163, 164

3 Vägverket & Banverket (2005), Karlberg, Å. (2008), Schönfeldt, I. (2008)

4 Arrendal, J. & Caruth, E. (2008), Ledwith, M. & Nordström, K. (2007)

1.3 Motivering

Motiveringen för bristanalysen och för vidtagande av åtgärder mot vägars och järnvägars barriärpåverkan grundar sig i de svenska miljö kvalitetsmålen och de förtydligande inriktningsmål för natur, kulturmiljö och friluftsliv⁵, samt i dåvarande Vägverkets strategiska plan 2008-2017⁶. Utvecklingen av en permeabel transportinfrastruktur har bäring mot EU:s miljöpolicy, Konventionen om Biologisk Mångfald och Strategin för Grön Infrastruktur. Även om klövdjur som älg, rådjur eller vildsvin inte på något sätt är hotade av infrastruktur och trafik och inte heller räknas till de arter som kräver särskilt hänsynstagande ur ett bevarande-perspektiv, så finns ekonomiska, etiska och sociala skäl för att sträva efter att minimera konflikten med trafik och infrastruktur (jämför kapitel 2.3).

Den kortsiktiga målsättningen med bristanalysen är att skapa ett verktyg som bedömer behovet av investering i permeabilitetsåtgärder för klövvilt. Dessa åtgärder kan vara allt från anpassning av befintliga broar till helt nya faunapassager. Åtgärderna förväntas gynna inte bara klövvilt utan snarare den större faunan i allmänhet. Bristanalysens långsiktiga effekt är att stödja utvecklingen av en landskapsanpassad transportinfrastruktur där negativa effekter minimeras och potentiellt positiva effekter är maximerade. Permeabilitet är ett av flera mått på landskapsanpassningen⁷.

1.3.1 Miljömål

Sveriges miljö kvalitetsmål⁵ ger tillsammans en tydlig vision av ett framtida Sverige med en rik biologisk mångfald, långsiktigt hållbara och funktionella ekosystem samt en upplevelserik natur. Tyvärr har utvecklingen länge varit snarare den motsatta: studier av utvalda indikatorerna visar entydigt på att många populationer minskar, funktionella samband är brutna, naturliga processer skadade och arter dör ut i oförminskat takt. Samtliga berörda miljö kvalitetsmål bedöms som icke uppnådda⁸.

Orsakerna är komplexa och ingen del av samhället är fri från ansvar. Transportsektorn, som en av de största aktörerna i landskapet, påverkar den biologiska mångfalden på ett mångfacetterat sätt. Utformning och funktion av transportsystemet ska bidra till att de svenska miljö kvalitetsmålen uppnås, men dess unika påverkan i form av vandringshinder och dödsfallor medför också ett särskilt ansvar för att skapa en permeabel och säker infrastruktur som upprätthåller de ekologiska processerna, dvs. djurens rörelsemöjligheter i landskapet.

Barriäreffekten och trafikdödligheten har tydlig bäring på flera av de 16 nationella miljö kvalitetsmålen:

5 Vägverket (2006):164

6 Vägverket (2009): 56

7 Helldin & Seiler (2015, under arbete)

8 Svenska Miljömålportalen - <http://www.miljomal.se>

Miljökvalitetsmål 12: Levande skogar

- *Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas.*

Miljökvalitetsmål 13: Ett rikt odlingslandskap

- *Odlingslandskapets och jordbruksmarkens värde för biologisk produktion och livsmedelsproduktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden och kulturmiljövärdena bevaras och stärks.*

Miljökvalitetsmål 15: En god bebyggd miljö

- *Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt [...].*

Miljökvalitetsmål 16: Ett rikt växt- och djurliv

- *Den biologiska mångfalden ska bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt, för nuvarande och framtida generationer. Arternas livsmiljöer och ekosystemen, samt deras funktioner och processer ska värnas. Arter ska kunna fortleva i långsiktigt livskraftiga bestånd med tillräcklig genetisk variation. [...].*

Regeringen preciserar målbilden ytterligare^{9,10}:

- *“Bevarandestatusen för i Sverige naturligt förekommande [...] arter är gynnsam [...] samt att tillräcklig genetisk variation är bibehållen inom och mellan populationer”, och*
- *“det finns en fungerande grön infrastruktur [...] så att fragmentering av populationer och livsmiljöer inte sker och den biologiska mångfalden i landskapet bevaras”, samt att*
- *“landskapet, sjöar och hav är så beskaffade att arter har sina [...] spridningsvägar säkerställda”, och*
- *“arter som nyttjas till exempel genom jakt och fiske förvaltas så att de långsiktigt kan nyttjas som en förnyelsebar resurs, och så att ekosystemens strukturer och funktioner inte påverkas”.*

9 <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/16-Ett-rikt-vaxt--och-djurliv/Preciseringar-av-Ett-rikt-vaxt--och-djurliv/>

10 <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/16-Ett-rikt-vaxt--och-djurliv/Ett-rikt-vaxt--och-djurliv-foljs-upp-genom-foljande-kriterier/>

Dessutom förbjuder Artskyddsförordningen att vilda fåglar samt arter listade i förordningens bilagor¹¹ avsiktligt dödas i samband med nya ingrepp i landskapet om dödandet försvårar upprätthållandet av gynnsam bevarandestatus för arten.

Gynnsam bevarandestatus definieras i Förordningen för områdes-skydd:

- *“En arts bevarandestatus anses gynnsam när:*
- *1. uppgifter om den berörda artens populationsutveckling visar att arten på lång sikt kommer att förbli en livskraftig del av sin livsmiljö,*
- *2. artens naturliga eller hävdbetingade utbredningsområde varken minskar eller sannolikt kommer att minska inom en överskådlig framtid”.*

För att nå eller säkerställa gynnsam bevarandestatus för naturtyper och arter krävs större hänsyn i nyttjandet av mark och vatten [även] utanför skyddade områden¹². Enligt Handboken för Artskyddsförordningen del 1¹³ innebär detta för den praktiska implementeringen

- *“att den som utför åtgärden förstår den förutsägbara konsekvensen av sitt handlande” (barriärpåverkan och djurpåkörningar är förutsägbara konsekvenser av trafiken).*

Barriärproblematiken eller snarare intentionen av att upprätthålla en viss permeabilitet i landskapet och infrastrukturnätet stöds av allmänna principer uttryckta i Regeringens¹⁴ och EU:s¹⁵ handlingsplaner för grön infrastruktur. Grön infrastruktur sätter fokus på att säkerställa spridningsmöjligheter för alla arter i landskapet så att den biologiska mångfalden bevaras och ekosystemtjänster kan fortsätta att levereras.

EU:s strategi för grön infrastruktur utgör ett viktigt ramverk för implementeringen av Konventionen om Biologisk Mångfald på EU och nationell nivå. Den kompletterar Artskyddsförordningen genom att lyfta betydelsen av “vanliga” arter till vilka även det jaktbara viltet räknas. Där transportinfrastruktur skär genom grön infrastruktur kan det därmed behövas särskilda åtgärder som t ex planskilda faunapassager för att upprätthålla konnektiviteten i ekosystemen.

Handlingsplaner för att identifiera och åtgärda flaskhalsar i Grön Infrastruktur eller andra konfliktpunkter för större däggdjur har redan implementerats i flera europeiska länder (se kapitel 2.4).

11 Här listas bl.a. samtliga fladdermöss, stora rovdjur, uttter, buskmus, och samtliga grod- och kräldjursarter, men ej klövdjur.

12 <http://miljömål.se/sv/Miljomalen/16-Ett-rikt-vaxt--och-djurliv/Nar-vi-miljokvalitetsmalet/>

13 <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-0160-5.pdf>

14 <http://www.regeringen.se/sb/d/17423/a/213903>

15 http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm

1.3.2 Transportpolitiska mål

Konflikten mellan transportinfrastruktur och grön infrastruktur, mellan trafik och vilda djur, har bäring även på de transportpolitiska målen. Vägverkets strategiska plan¹⁶ för åren 2008-2017 avsåg att:

- *"Vägverket ska säkerställa ett vägnät i samklang med omgivande natur- och kulturmiljölandskap [...]"*.

Denna relativt diffusa bild konkretiserades i Trafikverkets aktuella funktions- och hänsynsmål för transportpolitiken enligt förslaget till nationell plan för transportsystemet 2014–2025¹⁷.

Funktionsmål för tillgänglighet:

- *Transportsystemets utformning, funktion och användning ska medverka till att ge alla en grundläggande tillgänglighet med god kvalitet [...]*.

Preciseringar av funktionsmålet:

- *Medborgarnas resor förbättras genom ökad trygghet och bekvämlighet.*

Hänsynsmål för säkerhet, miljö och hälsa:

- *Transportsystemets utformning, funktion och användning ska anpassas till att ingen ska dödas eller skadas allvarligt. Det ska också bidra till att miljökvalitetsmålen uppnås [...]*.

Preciseringar av hänsynsmål:

- *Antalet omkomna inom vägtransportområdet halveras och antalet allvarligt skadade minskas med en fjärdedel mellan 2007 och 2020.*
- *Transportsektorn bidrar till att övriga miljökvalitetsmål nås och till minskad ohälsa.*

Hänsyns- och i synnerhet funktionsmålen fokuserar på människan, trafiksäkerhet och resandet och påverkas därmed direkt av olyckor med klövvilt och andra större däggdjur.

Nationella Viltolycksrådet kompletterar Trafikverkets mål i sin aktuella handlingsplan¹⁸ med tre verksamhetsmål avseende djurpåkörningar:

¹⁶ Vägverket (2009) Justerad version av Strategisk plan 2008 - 2017

¹⁷ Trafikverket: Förslag till nationell plan för transportsystemet 2014–2025. Remissversion 2013-06-14, se även <http://www.regeringen.se/content/1/c6/12/26/04/5bf743c4.pdf>

¹⁸ Nationella Viltolycksrådet (2013) Underlag för Nationella Viltolycksrådets handlingsplan för förebyggande av viltolyckor.

Nationella Viltolycksrådets verksamhetsmål:

- Antalet dödade människor i samband med viltolyckor ska till år 2018 ha minskat med 50 procent jämfört med 2007 års nivå.
- Eftersök av skadat vilt ska år 2018 ske i samtliga rapporterade viltolycksfall.
- Samhällets kostnader för viltolyckor ska till år 2018 ha minskat med 25 procent jämfört med 2007 års nivå.

1.3.3 Målförslag med koppling till bristanalysen

Av ovanstående mål och preciseringar kan härledas formuleringar av mål med direkt bäring på bristanalysen för klövvilt (Tabell 1). Dessa mål avser barriärpåverkan, trafikdödlighet och trafiksäkerhet, aspekter som behöver vägas in i bedömningen av åtgärdsbehovet (jämför kapitel 4).

Om dessa mål ska uppnås måste trafiken och djuren separeras så mycket som möjligt utan att djurens rörelsefrihet inskränks signifikant. Det måste alltså finnas tillräckligt med säkra passager så att majoriteten av djurens naturliga rörelser i landskapet kan bibehållas. Detta kan översättas med att det behövs en täthet av planskilda passager av en viss kvalitet längs utpekade järnvägs- och vägbarriärer. Riktvärden för täthet och kvalitet föreslår vi i denna rapport (se kapitel 3).

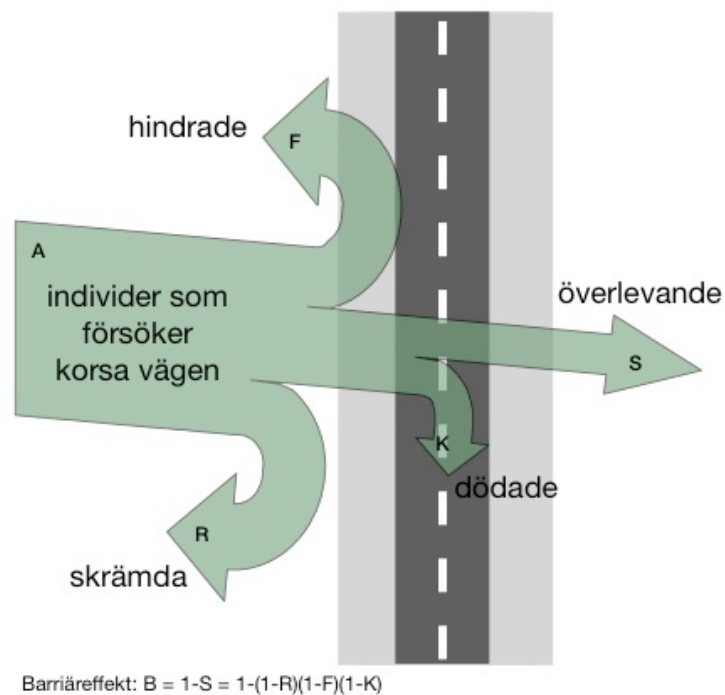
Tabell 1. Förslag på målformuleringar med direkt relevans för bristanalysen för klövvilt.

BARRIÄRPÅVERKAN
Transportinfrastrukturen ska inte skapa sådana barriärer i landskapet att de äventyrarynnsam bevarandestatus för naturligt förekommande arter, en tillräcklig genetisk variation inom och mellan populationer, eller det långsiktiga nyttjandet av arter som förnyelsebara resurser genom exempelvis jakt och fiske.
TRAFIKDÖDLIGHET
Transportinfrastrukturen ska inte medföra djurpåkörningar på nivåer som äventyrarynnsam bevarandestatus för naturligt förekommande arter, eller det långsiktiga nyttjandet av populationer som förnyelsebara resurser genom exempelvis jakt och fiske.
TRAFIKSÄKERHET
Transportinfrastrukturen ska inte medföra djurpåkörningar på nivåer som medför en påtaglig/betydande samhällsekonomisk kostnad eller påtaglig/betydande trafiksäkerhetsrisk som motverkar att infrastrukturens funktions- och hänsynsmål uppnås.

2 Kunskapsbakgrund

2.1 Barriärpåverkan

Vägar och järnvägar, i synnerhet större trafikbelastade transportleder, kan utgöra kraftiga vandringshinder för både människor och djur¹⁹. Barriärerna inskränker djurens rörelsemöjligheter och därmed åtkomsten till viktiga resurser såsom föda, partners eller viktiga biotoper. Barriärerna medför att lokala populationer separeras från varandra eller isoleras helt vilket gör att populationerna blir känsligare för andra miljöfaktorer och ökar risken för inavel och slutligen för utdöende. Viltpopulationer som delas av stora trafikleder bör därför förvaltas som åtskilda populationer med en egen dynamik.



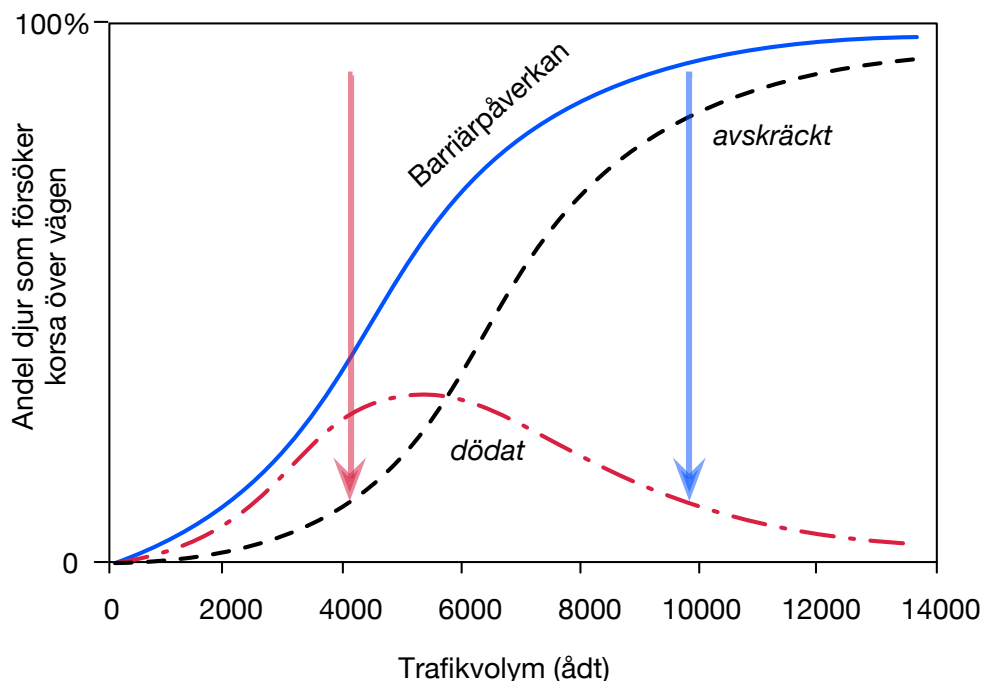
Figur 2. Djur som försöker korsa en väg eller järnväg utsätts för olika störande och avskräckande (gifter, buller, ljus, ...) samt hindrande (fysiska hinder och dödlighet) faktorer som minskar chansen att en korsning kan genomföras med livet i behåll. Efter Jaeger & Fahrig (2004).

Barriärpåverkan uppstår genom ett samspel av flera faktorer som både avskräcker och hindrar djuren från att korsa en väg eller järnväg – med livet i behåll (Figur 2). Dessa faktorer är bl.a. antal och hastighet av fordon, förekomst av viltstängsel, mitträcken och andra fysiska hinder, antal spår eller körfält och därmed barriärens bredd, samt djurens beteende, storlek och förmågan att uppfatta fordonen som en fara. Bland alla individer som försöker korsa en väg- eller järnvägsbarriär är det några som avskräcks redan tidigt

19 Helldin m.fl. (2010)

genom trafikbuller, fordonens rörelser osv., medan andra kanske upplever ett fysiskt hinder som de inte kan överbrygga. Av de individer som kommer upp på vägbanan eller spåret är det ytterligare en viss del som dödas i trafiken. Slutligen lyckas enbart några individer att korsa barriären med livet i behåll. Vilka av dessa faktorer som är mest betydelsefulla varierar givetvis mycket mellan arterna²⁰.

Små djur, såsom vissa skalbaggar, smågnagare eller groddjur är särskilt känsliga för barriärens bredd och trafikflöde eftersom deras rörelser är långsamma i förhållande till fordonen. Stora djur, som klövvilt, har betydligt lättare att korsa en trafikled men reagerar däremot på fordonen och kan lära sig att undvika hårt trafikbelastade vägar.



Figur 3. Modell på förhållandet mellan olyckor och undvikande i barriärpåverkan: Sambandet mellan polisrapporterade älgolyckor och trafikvolym på ostängslade vägar i Sverige under 1990-talet (streckad röd linje) är inte linjärt. Mönstret antyder att älgar vid höga trafikflöden avskräcks från att korsa vägen (streckad svart linje) vilket förklarar minskningen i olycksfrekvensen. Den summerade barriäreffekten (blå linje) ökar däremot. Vägar med över 10000 ÅDT (fordon per årsmedeldygn) borde därmed anses som en absolut barriär. Vägar med över 4000 ÅDT kan medföra ett åtgärdsbehov mot viltolyckor. Källa: Seiler (2003), jämför även Iuell m.fl. (2003).

Detta innebär att en hög lokal olycksfrekvens kan vara ett tecken på en hög barriärpåverkan för vissa (mindre) arter. Men likaså kan en låg trafikdödlichkeit indikera en kraftig barriärpåverkan om djuren avskräcks. Här behövs det mer empirisk forskning för att kvantifiera den faktiska barriärpåverkan.

²⁰ Olsson m.fl. (2010), Olsson & Widen (2008), Shepard m.fl. (2008), Rondinini & Doncaster (2002), Hels & Buchwald (2001), deMaynadier & Hunter (2000), Mader m.fl. (1990), Mader (1984)

I bristanalysen tillämpar vi därför förenklade schablontal och tumregler som dock har en empirisk förankring i viltolycksstatistiken²¹ och internationella studier²² (jämför Figur 3, Tabell 2). Vägar med en trafikbelastning av mer än 10 000 fordon per dygn betraktas i regel som ett närmast oöverbanneligt hinder för de flesta landlevande djur. Även om sporadiska rörelser över barriären kan förekomma, särskilt nattetid när trafiken är som lägst, så avskräcks förmodligen de flesta djur från att ens försöka korsa trafikleden eller så är deras överlevnadschanser närmast obefintliga om de försöker.

Tabell 2. Rekommenderade riktvärden för bedömning av väg- och järnvägstrafikens barriärpåverkan på större landlevande djur. Ur: Helldin m.fl. 2010.

Kategori	Väg	Järnväg	Barriär	Åtgärdsbehov
0	< 1 000 fordon/dygn	-	Ingen	Inget
1	1 000-4 000 fordon/dygn	< 120 tåg/dygn	Lätt	Olycksreducerande åtgärder bör över-vägas
2	4 000-10 000 fordon/dygn	120-400 tåg/dygn	Stark	Balans mellan olycksreducerande åtgärder och passager
3	> 10 000 fordon/dygn eller stängslad	> 400 tåg/dygn eller stängslad	Total	Passagemöjligheter måste säkerställas

Vägar med mindre trafik (6000 - 8000 fordon) är mindre avskräckande i och med att luckorna mellan fordonen är längre. Många djur vågar korsningsförsök men eftersom trafiken fortfarande är relativt hög, så är risken för påkörningar överhängande. Det är från dessa vägar de flesta vilt-olyckorna rapporteras.

Vägar under ca 2000 fordon per dygn utgör varken ett allvarligt hinder eller en stor dödsfara för klövvilt, trots att viltolyckor förekommer även på de minsta enskilda vägarna. För mindre arter som rör sig långsammare, t.ex. groddjur eller kräldjur, kan dock även små vägar vara livshotande barriärer. Motsvarande samband antas gälla även på järnväg (Tabell 2).

21 Seiler (2004)

22 Luell m.fl. (2003), Müller & Berthoud (1997)

2.2 Permeabilitet

Stora och trafikbelastade vägar och järnvägar utgör kraftiga barriärer för de flesta djurarter. Samtidigt "perforeras" just dessa transportleder ofta planskilt av lokala vägar, gångstigar, järnvägar och annan infrastruktur. Broar och tunnlar byggda för att upprätthålla kontinuiteten i det lokala och enskilda vägnätet skapar därmed också potentiella passager för djuren. Om och i vilken utsträckning djuren använder sig av dessa broar beror mycket på deras bredd, längd och höjd, deras placering i terrängen och på hur frekvent de används av människor och fordon²³. Även broar över vattendrag kan erbjuda passager för landlevande djur förutsatt att strandkanten är tillräckligt bred och öppen. Förekommer sådana potentiella viltpassager i tillräckligt stort antal och ligger tillräckligt nära intill varandra, så att de flesta djur har en teoretisk möjlighet att hitta passagerna och använda de, så bedömer vi det som sannolikt att trafikledens barriärpåverkan är minskad. En trafikled med god permeabilitet är därmed en väg eller järnväg med tillräckligt många och tillräckligt effektiva planskilda passager. Är dessa potentiella passager däremot sällsynta och avstånden sinsemellan för stora relativt till djurens rörelseavstånd, kvarstår barriärpåverkan och därmed en brist i trafikledens permeabilitet för djur.

För att identifiera permeabilitetsbrister sammanvägs därför barriärskapande och barriärminskande element. I bristanalysen görs denna avvägning genom att kombinera kända empiriska data med expertantaganden. Åtgärdsbehovet längs de återstående barriärerna, dvs. längs de vägsträckor med permeabilitetsbrist prioriteras utifrån flera kriterier som tar hänsyn till ekologiska, praktiska, strategiska, och ekonomiska aspekter.

2.3 Klövvilt som paraplyarter

Föreliggande bristanalys fokuserar på större djur, i synnerhet klövvilt. Klövviltet är en viktig del av den biologiska mångfalden och särskilt de större arterna är betydelsefulla i ett ekologiskt såväl som ekonomiskt och pedagogiskt perspektiv. På grund av deras storlek, arealbehov och relativt höga mobilitet påverkas klövviltet av infrastrukturen i landskapet på individnivå. Kollisioner med klövvilt på väg och järnväg är talrika och medför omfattande samhällsekonomiska kostnader. Trafiksäkerhetsaspekter, jaktliga intressen, etiska frågor och djurens allmänna popularitet bidrar till att ambitionsnivån för bevarande och uthållig förvaltning av dessa arter är särskilt hög.

Älg används här som paraplyart i analyserna. Där älgar trots sin storlek och mobilitet upplever ett vandringshinder finns med stor sannolikhet även ett hinder för mindre arter som rådjur eller hjort²⁴. Älgen ställer dessutom särskilt högre krav på utformning och storlek av potentiella passager än vildsvin, rådjur och dovhjort, samt möjligen kronhjort²⁵. Broar som accepteras av älg används därför med stor sannolikhet även av rådjur, hjort och vildsvin. Älg är en solitärt levande art och har därför förmodligen svårare att anamma inlärda beteenden från sina artfränder än t ex ren, hjort och vildsvin

23 Seiler & Olsson (2009), Seiler m.fl. (under arbete)

24 Olsson & Seiler (under arbete), Helldin m.fl. (2010)

25 Seiler & Olsson (2009)

som lever i grupper. Rovdjur som varg, lodjur, grävling eller räv å andra sidan ställer betydligt lägre krav på passager²⁵ och har därmed lättare att hitta lämpliga passager under/över transportleder än klövvilt.

Med andra ord: där permeabilitetsbrister identifierats för älg finns med stor sannolikhet även brister för andra klövviltarter. Åtgärder som anläggs för älg tjänar även andra klövviltarter samt rovdjur.

Foto: Tobias Lektell (www.lektell.se)



2.4 Internationell jämförelse

Analyser av brister i infrastrukturens permeabilitet för djur och därmed behovet av faunapassager har genomförts på liknande sätt i flera europeiska länder²⁶. Mest känt är kanske de tidiga österrikiska²⁷ och tjeckiska arbetena²⁸, det schweiziska defragmenteringsprogrammet²⁹, den tyska Wildtierwegeplan³⁰ och det holländska programmet för defragmentering (MJPO)³¹.

I alla dessa projekt har man utgått från ett definierat ekologiskt nätverk av biotoper längs vilket djuren förväntas leva eller förflytta sig. Dessa spridnings- eller habitatkorridorer kan vara bergsområden, dalgångar, skogsrika områden eller blandade landskap med hög andel skogsmiljöer (jämför även kapitel 4.6). I länder som Holland eller delar av Tjeckien och Tyskland är dessa korridorer relativt lätta att identifiera i och med att de kontrasterar det annars öppna, jordbruksdominerade eller urbana landskapet.

I Schweiz och Österrike spelar även topografin en betydande roll. Eftersom både jordbruk, bebyggelse och infrastruktur koncentreras längs dalgångarna återstår i första hand bergssluttningar som korridor för djuren. Där dessa korridorer skärs av större infrastruktur uppstår en konfliktpunkt med ett visst åtgärdsbehov (Figur 4, Figur 5).

I Tjeckien²⁸ har man identifierat regioner av olika betydelse för djuren och rekommenderar ett minskat avstånd mellan passager vid ökande betydelse av området. Till exempel bör passager för kronhjort vara inom 3-5 km avstånd från varandra i särskilt viktiga regioner för djuren (för rådjur 1,5-2,5 km), medan det tillåts ett avstånd av upp till 15 km i regioner av genomsnittlig betydelse (för rådjur 5 km).

I Österrike²⁷ skiljer man mellan korridorer av internationell, nationell, regional och lokal betydelse och använder denna klassificering för att definiera utformningen av åtgärder. En passage vid en konfliktpunkt av internationell rang t ex måste vara särskilt effektiv för djuren och kräver därför extra rymliga dimensioner (80-100 m). En lokal konfliktpunkt kan däremot åtgärdas redan av en mindre passage med en bredd på ca 15 m. Avståndet mellan passagerna rekommenderas vara ca 10 km som standard.

I Schweiz³² anpassar man denna standard till effekten av de befintliga planskilda passagerna. Varje passage tillskrivs ett visst effektområde som bestäms av djurens storlek och rörelseförmåga. Effektområdet kring varje passage används för att bedöma den befintliga permeabiliteten i en identifierad konfliktpunkt och därmed värdera åtgärdsbehovet för de olika arterna av intresse.

26 Olsson (2010)

27 Woess *m.fl.* (2002), Voelk *m.fl.* (2001)

28 Hlavac & Andel (2002), Hlavac (2005)

29 Trocmé (2005), Pfister *m.fl.* (2001)

30 Herrmann *m.fl.* (2007), Hänel & Reck (2011)

31 Bekker *m.fl.* (2011), Rijkswaterstaat (2004)

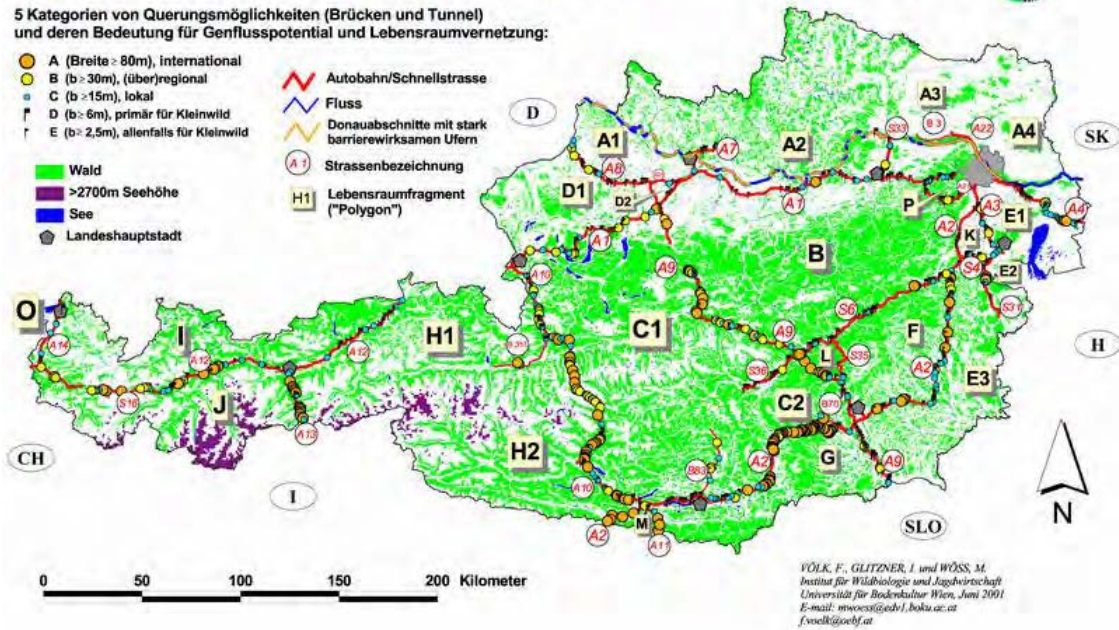
32 Trocmé (2005, 2010)

Wildwechsellmöglichkeiten quer zu Autobahnen und Schnellstrassen in Österreich

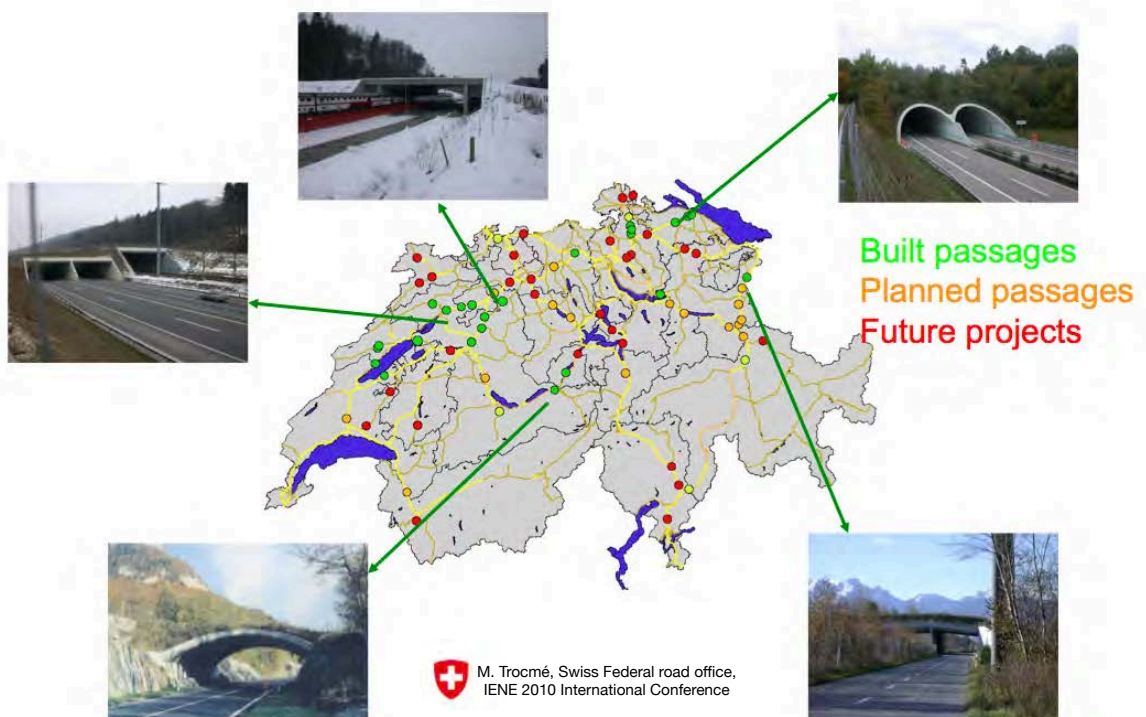
5 Kategorien von Querungsmöglichkeiten (Brücken und Tunnel) und deren Bedeutung für Genflusspotential und Lebensraumvernetzung:

- A (Breite > 80m), international
 - B (b > 30m), (über)regional
 - C (b > 15m), lokal
 - ▬ D (b > 6m), primär für Kleinwild
 - ▬ E (b > 2,5m), allenfalls für Kleinwild
- Wald
 - >2700m Seehöhe
 - See
 - Landeshauptstadt

- ▬ Autobahn/Schnellstrasse
- ▬ Fluss
- ▬ Donaubeschnitte mit stark barrierewirksamen Ufern
- Strassenbezeichnung
- Lebensraumfragment ("Polygon")



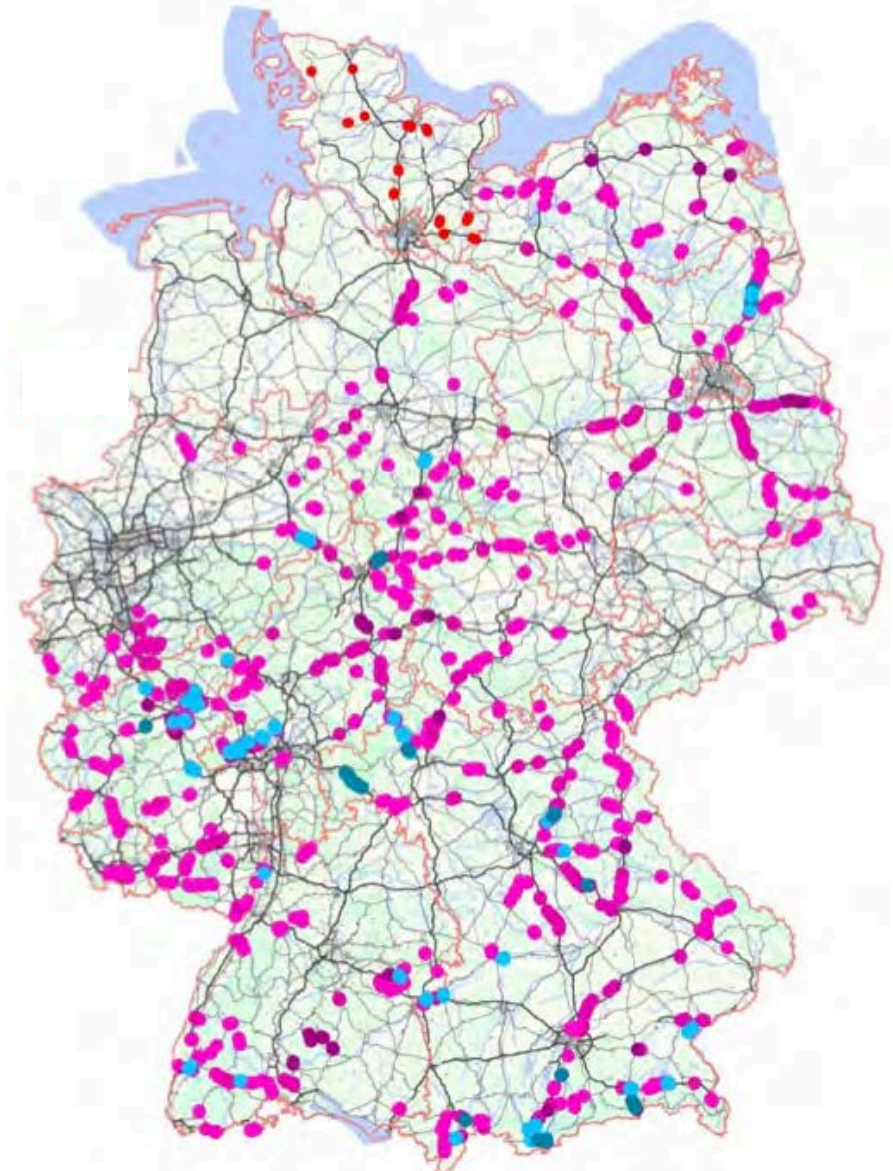
Figur 4. Översikt över konfliktpunkter längs motorvägar i Österrike där barriäråtgärder rekommenderas för större däggdjur. Ur: Woess m.fl. (2002)



Figur 5. Illustration av befintliga och planerade barriäråtgärder för större däggdjur i Schweiz. Ur: Trocmé (2010)

Den kanske mest omfattande program för återskapande av ekologiska nätverk över infrastrukturbarriärer har implementerats i Tyskland (Bundesprogram für Wiedervernetzung)³³.

Programmet beslutades 2012 och specificerar var barriäråtgärder (främst i form av ekodukter eller stora planskilda faunapassager) ska implementeras på regional nivå (Länder) och nationell nivå (Bund) (Figur 6). Totalt planerades 18 ekodukter varav redan 16 var färdigställda i oktober 2014. Programmet bygger på omfattande analyser av tvärregionala biotopnätverk och konfliktzoner för såväl vattenlevande som terrestra, stora som små arter³⁴.



Figur 6. Karta med prioriterade barriäråtgärder där ekologiskt betydelsefulla korridorer skärs av motorvägar och andra transportleder. Ur: Hänel & Reck (2011)

Hänel, K. 2010. F+E-Vorhaben "Prioritätensetzung Wiedervernetzung"

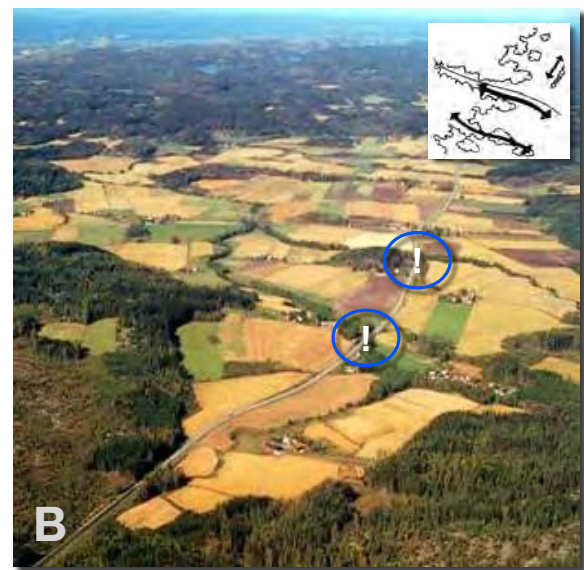
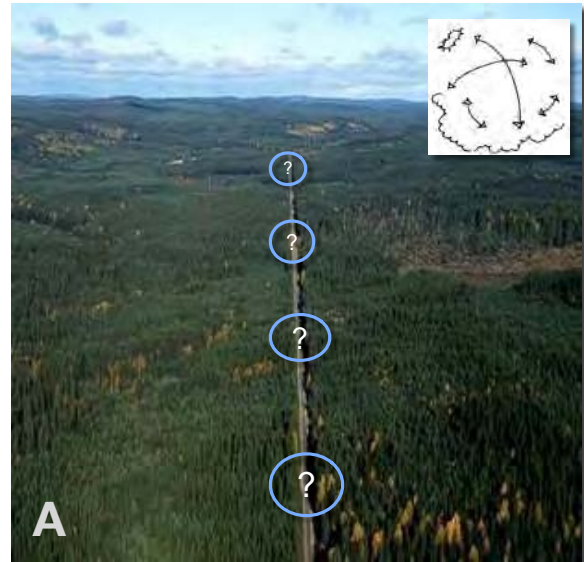
33 BMU (2012); www.bmub.bund.de/N45852/

34 Hänel & Reck (2011); http://www.bfn.de/0306_zerschneidung.html

I Sverige, där stora delar av landskapet domineras av skogsmark, är det svårare att identifiera lika tydliga spridningskorridorer för djur som i kontinentala delar av Europa. Djuren kan här röra sig friare och mer diffust genom landskapet vilket antas sätta ett generellt lägre krav på den exakta placeringen av åtgärder än jämfört med ett landskap där djurens rörelser leds av topografiska strukturer och markanvändningen (Figur 7).

I stället är förmodligen tätheten av passagemöjligheter, dvs avståndet mellan passagerna av större betydelse för att uppnå tillräcklig permeabilitet³⁵.

Under "normala" förhållanden söker sig djur inte långa vägar för att kunna använda en passage utan nyttjar i första hand de möjligheter som befinner sig inom deras hemområden eller längs deras vandringsrutten. Eftersom de flesta individer lever inbundna i ett socialt-rumsligt mönster så har åtminstone de stationära djuren med etablerade hemområden eller revir föga möjlighet att röra sig fritt i landskapet. En passage gynnar därmed i första hand de individer som råkar ha sina hemområden i närheten. I bristanalysen antar vi därför att en passage upphäver barriärens effekt bara på en längd som motsvarar djurens typiska rörelseavstånd – mätt som kvadratrot av ett genomsnittligt hemområde. En studie från USA³⁶ rekommenderar just detta allometriskt skalningsmått vid placering av faunapassager. Där passagerna ligger närmare varandra än detta mått så antas de helt upphäva transportledens barriäreffekt. Där avståndet mellan passagerna är större återstår ett vandringshinder eller permeabilitetsbrist med ett visst åtgärdsbehov (läs vidare i kapitel 3.6.1).



Figur 7. Olika landskap behöver olika strategier för placering av faunapassager: I relativt homogena landskap (A) behövs troligen flera utspridda passager för att uppnå en tillräcklig hög permeabilitet för djuren. I mer kontrastrika landskap (B), där djurens rörelser kanaliseras av tydliga ledstrukturer i terräng och vegetation, är en exakt placering av några få passager förmodligen av större betydelse. Foto: Andreas Seiler.

35 Helldin & Seiler (2013)

36 Bissonette & Adair (2008)

3 Metoden

Bristanalysen för klövvilt bygger på en kartläggning av vägar och järnvägar där djur *inte kan* eller *inte ska* korsa fritt i plan. Dessa transportleder betraktas därför som *möjliga* spridningshinder eller *potentiella* barriärer.

Ofta är dessa transportleder "perforerade" av konventionella broar och tunnlar av vilka vissa erbjuder en planskild *potentiell* passage även för djuren. Där passagerna ligger utspridda och längre ifrån varandra än vad djuren kan förväntas vandra, så återstår en *permeabilitetsbrist* som sedan bedöms ha ett visst *åtgärdsbehov*.

Bristanalysen identifierar i första hand dessa permeabilitetsbrister och ger en rekommendation för hur åtgärdsbehoven kan bedömas och graderas översiktligt.

Analysen måste åtföljas av en mer ingående prioriteringsstudie där en rangordning för åtgärdsbehoven fastställs. Detaljer i var och hur konflikten mellan vilda djur och trafik ska lösas tas sedan upp i en åtgärdsvalsstudie eller liknande planeringshandling från Trafikverket.

Bristanalysen omfattar tre steg:

- 1 *kartläggning av potentiella barriärer – sida 25*
- 2 *kartläggning av potentiella befintliga viltpassager – sida 34*
- 3 *kartläggning av permeabilitetsbrister – sida 52*

Förslag på hur en översiktlig gradering av åtgärdsbehovet kan genomföras för ett teoretiskt exempel finns i kapitel 4.



Viltbro över RV 70.
Foto: Martin Olgemar

3.1 Viktiga definitioner och begrepp

Potentiella barriärer

Potentiella barriärer eller vandringshinder för klövvilt omfattar vägar och järnvägar där djuren inte ska eller bör kunna korsa i plan; med andra ord, sådan infrastruktur där djur och trafik ska hållas separerad. Detta krav kan uppstå på grund av ekologiska, ekonomiska eller trafiksäkerhetsskäl, men även vara ett resultat av den faktiska barriärpåverkan som trafik och infrastruktur har på djuren.

Potentiella passager

Potentiella passager för djuren är broar eller tunnlar längs de utpekade potentiella barriärerna som - åtminstone teoretiskt - erbjuder djuren en planfri och säker passage. En bro över eller under en potentiell barriär måste ha rätt dimensioner, placering, utformning och syfte för att klassas som potentiell faunapassage. Passagen definieras alltid ur djurens perspektiv och avser enbart den delen av bron eller tunneln som kan användas av djuren.

Passagens effektivitet

Effektiviteten av en potentiell faunapassage beräknas utifrån empiriska samband mellan bredd, höjd och längd av konventionella broar och deras användning genom djuren. Effektiviteten uttrycks i procent av permeabilitet och varierar mellan 0 och 100 %. Den ska tolkas som ett mått på hur effektivt bron upphäver vägens eller järnvägens barriäreffekt lokalt. En effektivitet på 100 % innebär att passagen används lika ofta som förväntat från djurens förekomst och rörelser i omgivningen.

Effektavstånd

Avståndet från en potentiell passage där effekten av den potentiella barriären anses vara upphävd kallas för passagens effektavstånd. Avståndet bestäms av djurens normala rörlighet och definieras som produkten av passagens effektivitet och halva kvadratroten av djurens genomsnittliga hemområde. Det maximala effektavståndet för en älgpassage är därmed $100\% * \frac{1}{2} * 4 \text{ km} = 2 \text{ km}$ på var sida om passagen eller 4 km totalt längs vägen.

Återstående barriärer (brister i permeabilitet)

Återstående potentiella barriärer är de vägar och järnvägar som ligger utanför passagernas effektavstånd. Är längden av dessa återstående barriärer kortare än artens maximala effektavstånd (2 km för älg) så skapas inget akut åtgärdsbehov (se texten för förklaring). Längre återstående barriärer utgör däremot en brist i infrastrukturens permeabilitet för klövvilt och skapar därmed ett krav på åtgärder.

Återstående åtgärdsbehov

Det aktuella åtgärdsbehovet längs en identifierad återstående barriär eller briststräcka bedöms från fall till fall under avvägning av olika ekologiska, trafiksäkerhetsrelaterade och praktiska faktorer.

3.2 Steg I: Kartläggning av potentiella barriärer

3.2.1 Kriterier

Det första steget i bristanalysen består av kartläggning av *potentiella vandringshinder*. Potentiella barriärer eller vandringshinder för klövvilt omfattar vägar och järnvägar där djuren *inte ska* eller *bör kunna* korsa i plan; med andra ord, sådan infrastruktur där större däggdjur och trafik ska hållas separerat. Detta krav kan uppstå på grund av ekologiska, ekonomiska eller trafiksäkerhetsskäl, men även resulterar från den faktiska barriärpåverkan som djuren upplever i trafiken och infrastrukturen.

Kriterierna för urvalet av potentiella vandringshinder baseras främst på trafikflöde, utformning och standard av vägen, respektive järnvägen (Figur 8). Trafikvolym och fordonshastighet är kända faktorer som bidrar till att djur blir påkörda och dödade i trafiken eller avskräcks från att ens närma sig infrastrukturen³⁷. Vägens utformning, i synnerhet förekomst av stängsel, mitträcke eller mittbarriär, skapar ytterligare fysiska hinder för djuren³⁸.

Vägar och järnvägar med hög barriärpotential är alltså i första hand större trafikleder som bär mycket trafik med hög hastighet. De kan ha flera och separerade vägbanor/spår, vara säkrade med räcken och stängsel och vara belysta. Men även mindre transportleder kan bidra till att skapa vandringshinder för klövvilt, t ex om de ligger samlokaliserade med andra transportleder och den summerade barriäreffekten överstiger gränsvärdet, eller om utbyggnadsplaner eller trafikprognoser gör en snar uppgradering trolig.

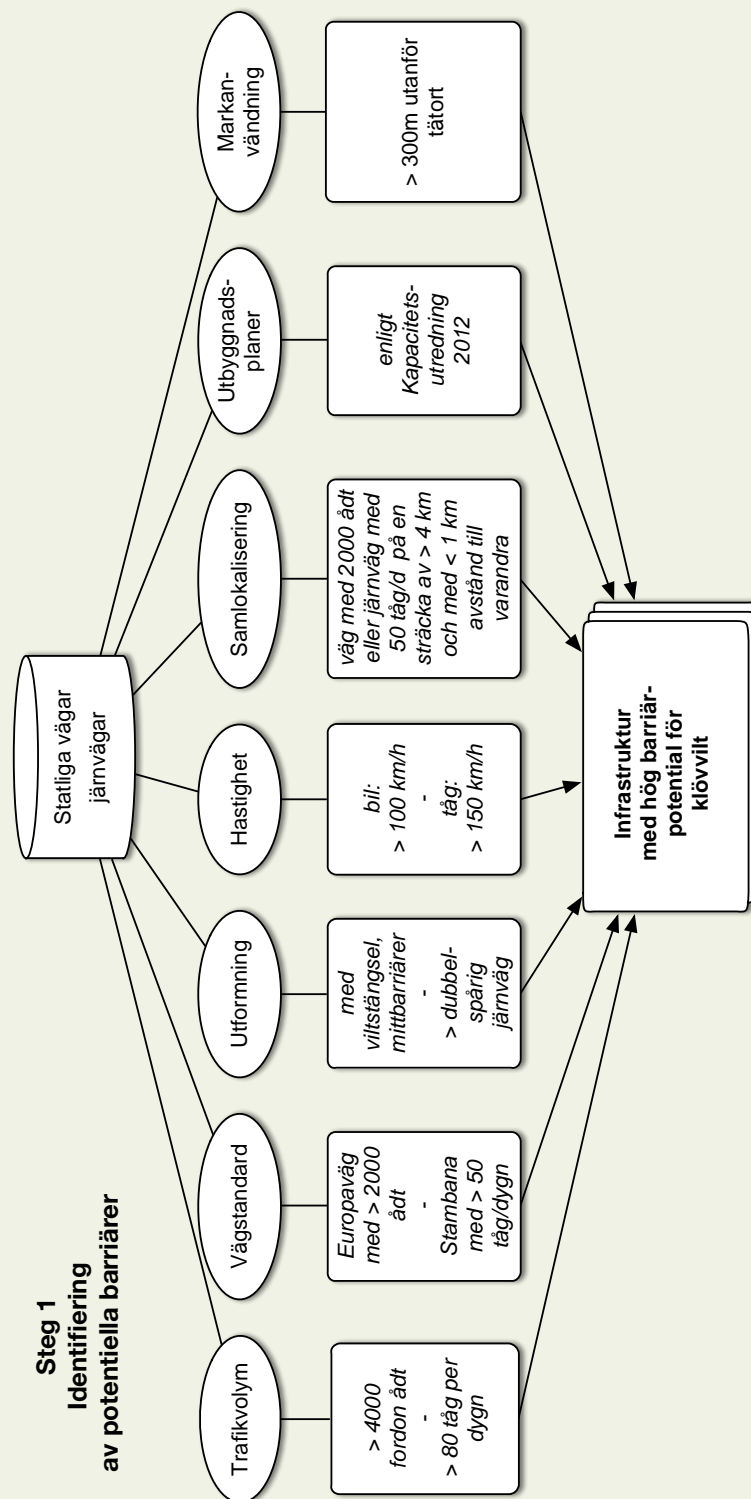
Utpökade vandringshinder för klövvilt ska dessutom ha en sammanhängande längd av minst 4 km (jämför kapitel 3.6.1), men kan innehålla luckor av upp till 500 m som uppkommit av brister i dataunderlag eller lokala företeelser (t ex luckor i stängsel). I den praktiska GIS-beräkningen tillkommer ytterligare ett behov av att generalisera data och objekt, vilket medför att den minsta längden av infrastruktur som rimligen kan hanteras i analysen är cirka 1 km.

Bristanalysen för klövvilt fokuserar på infrastrukturen mellan städerna. I tätorter krävs andra bedömningsgrunder än på landsbygden och prioriteringarna blir annorlunda³⁹. Potentiella viltpassager förväntas vara mer störda av människor och vi antar att en högre barriärverkan av infrastruktur och trafik kan accepteras. Vägar och järnvägar samt potentiella viltpassager som ligger i en tätort eller närmare än 300 meter till dess gräns (enligt Lantmäteriets Terrängkarta) utesluts därför enligt metoden. I planeringen på lokal skala kan det dock finnas skäl att ändra på denna inskränkning.

37 Seiler (2004), Olsson & Seiler (under arbete)

38 Mader m.fl. (1990), Kozakiewicz (1993), Rondinini and Doncaster (2002), St Clair (2003), Shepard m.fl. (2008), Kusak m.fl. (2009), Olsson m.fl. (2010)

39 Vägverket & Banverket (2005)



Figur 8. Kriterier för identifiering av vägar och järnvägar med hög barriärpotential för klövilt. Barriärer skall dessutom ha en minsta sammanhängande längd av 4 km men kan av tekniska skäl inkludera luckor på max 500m.

3.2.2 Trafikvolym & vägstandard

Gränsvärden: >4000 ådt eller >120 tåg/dygn. För Europaväg: >2000 ådt och för stambana: >80 tåg/dygn (uppräknat till år 2021).

Det finns tydliga samband mellan trafikvolym, djurpåkörningar och barriärpåverkan – men sambanden är inte linjära⁴⁰ (se Figur 3). En internationell tumregel⁴¹ rekommenderar att vägar med en trafikbelastning över 10000 ådt bör betraktas som effektiva barriärer för såväl stora som små djur oavsett hur vägen är utformad i övrigt. Kunskaper kring järnvägar är mer begränsade, men våra studier⁴² antyder att järnvägar med över 400 tåg per dygn faller i samma kategori (Tabell 2). Större arter med förmågan att uppfatta fordonen undviker att korsas trafikleden i högre grad än mindre arter som kan ha svårare att förstå risken med trafiken.

Vid glesare trafik avtar den ihållande skrämseffekten på de större djuren medan olycksrisken ökar tillfälligt. Studier på älgolyckor i Sverige⁴³ visade att den högsta olycksfrekvensen rapporterades från halvstora vägar med omkring 4000-6000 fordon per dygn, medan det skedde färre olyckor både på små och stora vägar. Viltolyckor på järnväg följer ett liknande mönster, med flest fall rapporterade från bandelar med mellanstor trafikvolym, (ca 60-100 tåg per dygn)⁴⁴. Spårningsstudier längs järnväg visar att antalet korsande älgspår halveras när trafikvolymen fördubblas⁴².

Även om dessa olycksdrabbade trafikleder inte utgör en faktisk barriär för djuren, så kan det finnas ett behov av att installera trafiksäkerhetsåtgärder såsom viltstängsel i kombination med faunapassager, särskilt om den tillåtna hastigheten är hög och därmed risken för personskador vid kollisioner med vilt är stor.

Vägar med mycket lite trafik bedöms inte utgöra en barriär för klövvilt och har normalt inte heller en stor olycksbelastning. För andra arter, t ex groddjur, kan dock även dessa vägar vara ett allvarligt problem; kanske inte som barriär i sig utan snarare som dödsfälla.

Var gränsvärdena ligger skiljer sig alltså mycket mellan arterna. Det är också beroende av hur dödlighet och barriäreffekt värderas i övrigt, t ex utifrån en trafiksäkerhets eller ekonomisk perspektiv.

I bristanalysen fokuserar vi inte på faktiska hinder utan på *potentiella* barriärer. Gränsvärdena för hur mycket trafik som behövs för att en väg eller järnväg ska klassas som potentiellt vandringshinder har medvetet valts relativt låga. Detta kan dock justeras i åtgärdsprioriteringen (se kapitel 4). I analysen har trafikflödet dessutom uppräknats till den förväntade volymen år 2020⁴⁵. Uppräkningen valdes för att standardisera de vid olika tidpunkter uppmätta trafikflödena samt skapa en tidsmässig framförhållning i barriärbedömningen. Detta medför att även vägar med en aktuell trafikvolym under gränsvärden har utmärkts som potentiell barriär.

40 Helldin m.fl. (2010), Shepard m.fl. (2008), Seiler & Helldin (2006), Righetti & Malli (2004), Seiler m.fl. (2004), Luell m.fl. (2003), Seiler m.fl. (2003), Trocmé m.fl. (2003), Lode (2000), Müller & Berthoud (1997)

41 Luell m.fl. (2003)

42 Olsson & Seiler (under arbete), Olsson m.fl. (2010)

43 Seiler (2005)

44 Seiler m.fl. (2011)

45 Trafikverket (2011): Nationell plan för transportsystemet 2010–2021



Figur 9. E4 med för sträckvis relativt lite trafik klassas ändå som kraftig potentiell barriär för djur eftersom vägen är en viktig transportled och i långa sträckor stängslad mot vilt. Trafiken har hög hastighet och risken för personsador i viltkollisioner är hög.

3.2.3 Utformning

Gränsvärde: förekomst av viltstängsel, mittbarriär eller andra fysiska hinder, belysning, multipla körfält etc (enligt nationella Väg- och järnvägsdatabaser)

Viltstängsel, mitträcken, mittbarriärer och andra hinder försvårar djurens rörelser över vägbanan. Ett flertal studier visar på en tydlig barriäreffekt av stängsel och därmed en tydlig minskning i viltolycksfrekvens efter uppsättning av stängsel⁴⁶. Enligt VGU⁴⁷ antas viltstängsel reducera olycksfrekvensen med ca 80 % för älg och 60 % för rådjur⁴⁸. Det är alltså fortfarande relativt vanligt att djur korsar vägar trots viltstängsel och frekvensen av stängselbrotten kan ex bero på brister i stängslet, öppningar vid anslutande vägar eller avsaknad av passagemöjligheter för djuren. Stängsel signalerar dock att trafiken ska hållas åtskild från djur och/eller människor och det uppstår per automatik ett behov av säkrade passager på annan plats eller planskilda passager över/under den stängslade sträckan.

Mitträcken och mittbarriärer av tråd eller betong kan också utgöra allvarliga barriärer, dels som direkta fysiska hinder (t ex betongbarriärer, Figur 10), men även genom att försvåra för djuren att snabbt ta sig över en väg⁴⁹. Djuren kan tveka och stanna in vid mitträcken vilket mycket snabbt ökar risken för påkörning.

46 Skölvig (1979), Ward (1982), Skölvig (1985), Nilsson (1987), Clevenger *m.fl.* (2001), Erke & Elvik (2006), Dodd *m.fl.* (2007)

47 Vägverket (1994, 2004, 2012)

48 Trafikverket (2012a)

49 Olsson *m.fl.* (2010), Olsson (2009)



Foto: Andreas Seiler

Figur 10. Mittbarriär i betong på en tysk motorväg utgör en kraftig barriär för de flesta djur.

Endast ett fåtal järnvägssträckor är stängslade mot djur och då i första hand i norr och med hänsyn till ren samt ofta bara över kortare avstånd. Däremot förekommer bullervallar eller olika former av staket i anslutning till bangårdar och bebyggelse.

Andra utformningskriterier, såsom belysning, multipla körfält, höga bankar eller djupa bergsskärningar osv, kan också bidra till att lokalt höja barriäreffekten av vägen eller järnvägen genom att skapa fysiska hinder, höja olycksrisken eller skrämja djuren. Dessa faktorer är ännu inte tillräckligt studerade för att kunna kvantifiera effekten. De inkluderas därför endast som kvalitativa urvalskriterier för potentiella vandringshinder.

3.2.4 Hastighet

Gränsvärden: skyltat hastighet > 100 km/h för väg, 150 km/h för tåg

Fordonets hastighet har en betydande effekt på risken för olyckor med åtminstone klövvilt⁵⁰ och därmed även en indirekt effekt på den resulterande barriären (Figur 2). Med ökande hastighet minskar reaktionstiden och inbromsningsavståndet snabbt⁵¹ och därmed såväl djurens som bilförarens möjlighet att undvika en kollision. Dessutom leder olyckor vid högre hastighet oftare till svåra personskador⁵². Sambandet mellan hastighet och olycksrisk gäller dock i första hand större djur som kan uppfatta fordonen som en fara. För många mindre arter (t ex kråddjur, smågnagare) är hastigheten troligen av mindre betydelse eftersom varken djuren eller föraren antas kunna undvika en kollision.

50 Seiler (2005)

51 Almkvist m.fl. (1980)

52 Almkvist m.fl. (1980), Seiler (2005)

Kunskaper kring hastighetens betydelse för viltpåkörningar på järnväg är mer begränsade och ej entydiga⁵³, men det är troligt att djur har betydligt svårare att uppfatta och därmed undvika ett annalkande tåg om dess hastighet är högre.

Flertalet lands- och riksvägar har en skyltat hastighet på 70-90 km/h. Det är också på dessa vägar där de flesta viltolyckor inträffar. I bristanalysen föreslås ändå ett gränsvärde på 100 km/h på väg och 150 km/h på järnväg för att framhäva trafikleder med särskilt hög risk för olyckor.

3.2.5 Samlokalisering

Gränsvärde: vägar med > 2000 ådt eller järnvägar med > 50 tåg/dygn som ligger < 1 km från varandra längs en sträcka på > 4km.

Ibland samlokaliseras olika transportleder på grund av praktiska skäl (Figur 11). Samlokaliseringen koncentrerar miljöpåverkan på en mindre del av landskapet och förefaller därmed miljövänligare än när infrastruktur sprids ut. Även om den lokala påverkan blir starkare och barriären kraftigare, är det förmodligen lättare installera effektiva åtgärder. Samlokaliserade vägar och järnvägar som tillsammans överstiger de ovanstående gränsvärdena bedöms därför utgöra ett potentiellt vandringshinder även om var och en för sig inte klassas som sådan.

Empiriska kunskaper är dock begränsade och det behövs mer forskning för att bättre förstå effekten av samlokalisering av trafikleder på vilt.



Figur 11. Väg och järnväg ligger ibland parallellt intill varandra och kan då en effektiv barriär för djur – även om trafiklederna för sig inte utgör ett hinder. E6 och Väst kustbanan.

53 Seiler m.fl. (2011) Righetti & Malli (2004), Gundersen & Andreassen (1998), Becker & Grauvogel (1991), Child & Stuart (1987)

3.2.6 Markanvändning

Gränsvärde: landsbygd utanför 300m till tätortsgräns

Bristanalysen fokuserar på det statliga väg- och järnvägsnätet utanför tätbebyggda områden. Tätorter utgör i sig redan kraftiga vandringshinder för många viltarter och räknas därför in i de återstående barriärerna. Inom tätorter bör dock andra gränsvärden och kriterier tillämpas vid bedömning av åtgärdsbehovet som är kopplade till människa och friluftsliv⁵⁴. Därför valde vi att utesluta infrastruktur som ligger närmare än 300 m från gränsen av urbana områden (enligt Lantmäteriverkets Terrängkarta). Denna avgränsning kan naturligtvis slopas vid behov.

3.2.7 Utbyggnadsplaner

Gränsvärde: planerade uppgraderingar som leder till att övriga gränsvärden överskrids

Väg- och järnvägsnätet, samt broar och tunnlar är under kontinuerlig utveckling. Trafiken antas öka stadigt under de kommande åren och flera trafikleder kommer att uppgraderas eller byggas nytt (Figur 12)⁵⁵. Bristanalysen ska i möjligaste mån ta hänsyn till dessa planer genom att inkludera även sträckor som inom snar framtid antas nå över gränsvärdena för potentiella vandringshinder (se ovan⁵⁶).



Foto: Andreas Seiler

Figur 12. Flygbild över gamla och den under byggnad befintliga E18 väster om Örebro år 2007. Den gamla E18 ersattes inte av motorvägen utan ligger kvar som lokalväg.

54 Vägverket & Banverket (2005)

55 Lennefors (2012), Trafikverket (2012c)

56 Trafikverket (2011) Nationell plan för transportsystemet 2010–2021

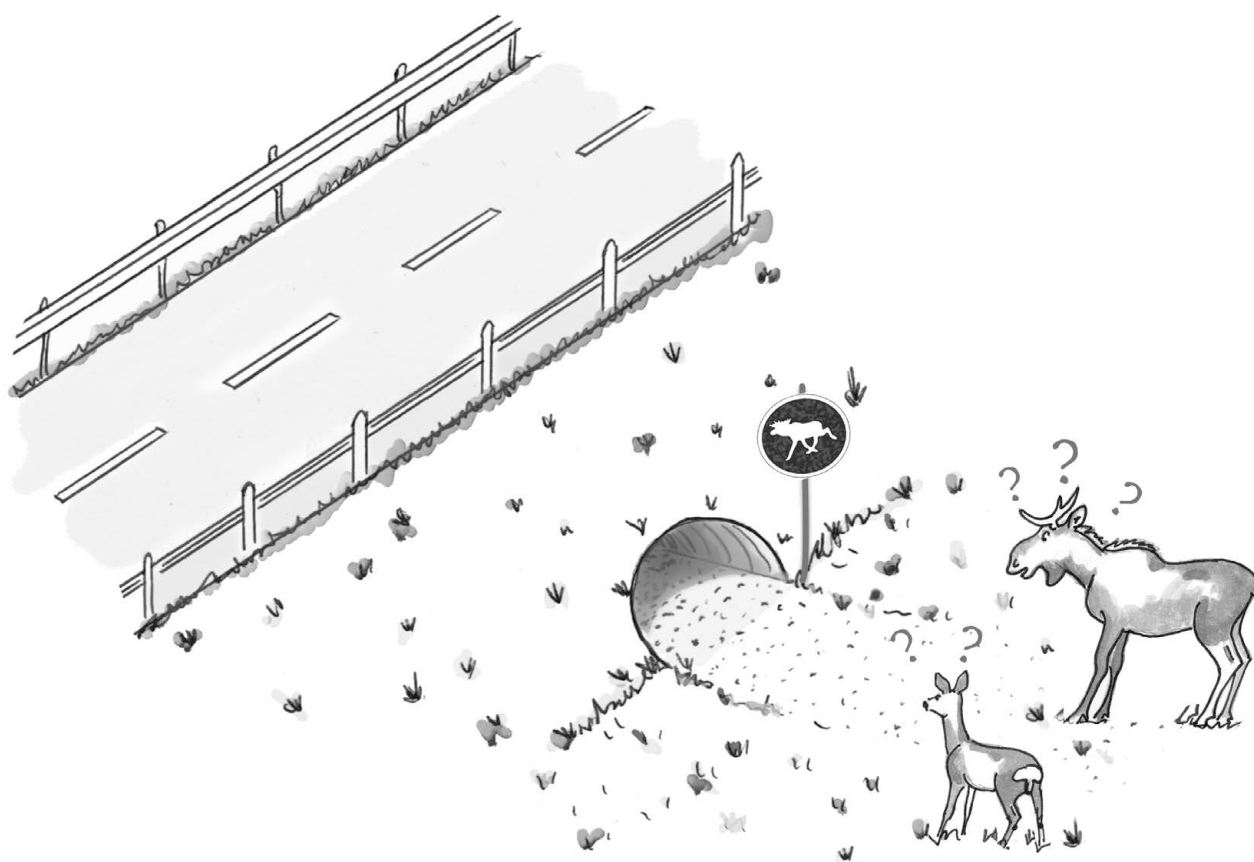
3.3 Steg II: Kartläggning av potentiella viltpassager

Steg II i bristanalysen omfattar tre moment (Figur 13):

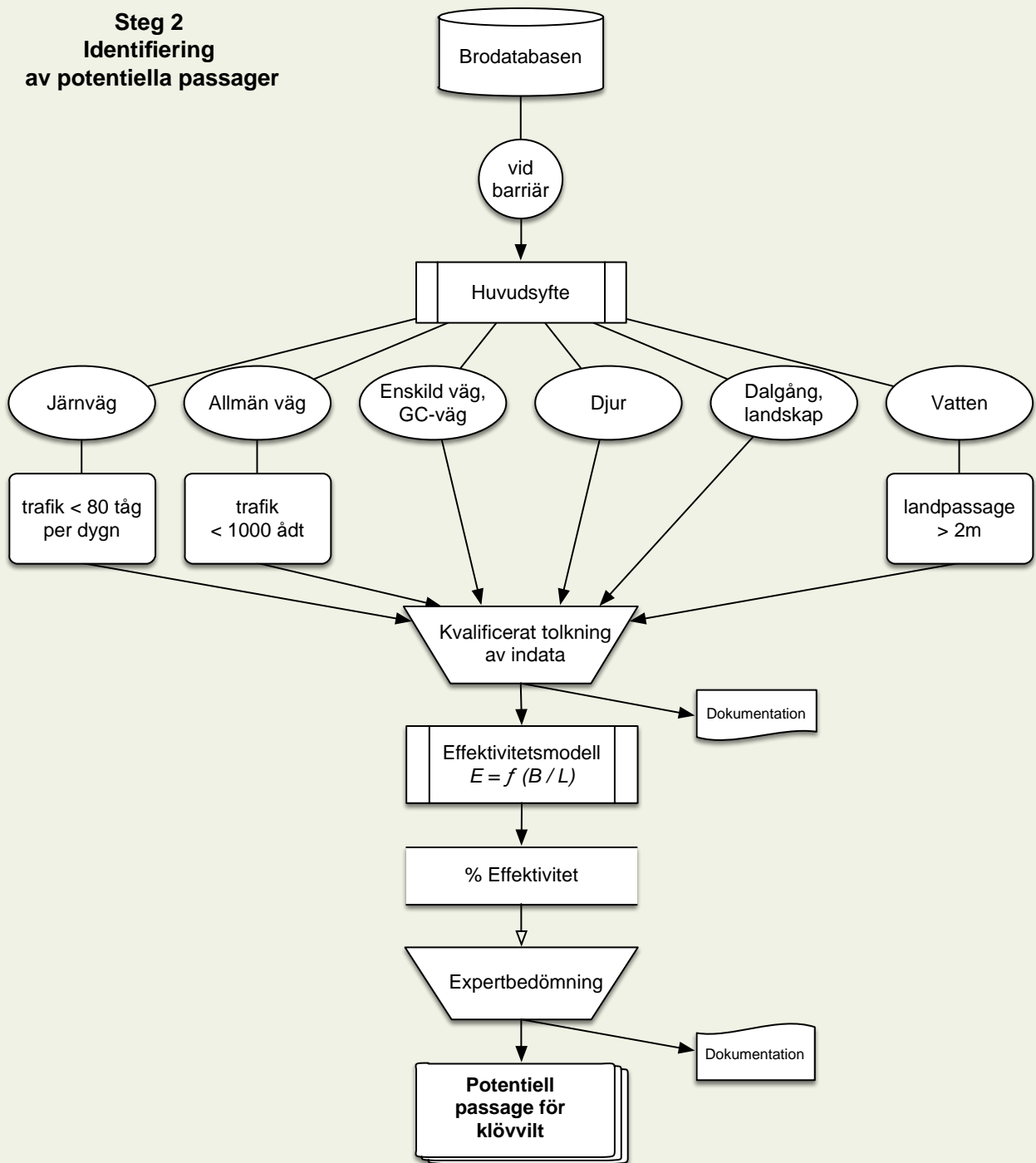
- *identifiering av befintliga broar längs de potentiella barriärerna som kan möjliggöra för djuren att korsa över eller under hindret,*
- *bedömning av passagernas effektivitet för älg och rådjur med hjälp av en empirisk modell, samt*
- *expertbedömning av broarnas generella lämplighet för djur där ytterligare uppgifter om utformning och placering vägs in.*

Potentiella passager för djuren är broar eller tunneltak längs de utpekade potentiella barriärerna som - åtminstone teoretiskt - erbjuder djuren en planskild och säker passage. En bro över eller under en potentiell barriär måste ha rätt dimensioner, placering, utformning och mänsklig användning för att klassas som potentiell viltpassage. Passagen definieras alltid ur djurens perspektiv och avser enbart den delen av bron som kan användas av djuren.

Det är alltid djurens perspektiv som ska tillämpas vid tolkning av uppgifterna om bredd, höjd eller längd i brodatabasen (BaTMan).



**Steg 2
Identifiering
av potentiella passager**



Figur 13. Kriterier för ett första urval av potentiella viltpassager i brodatatabasen BaTMan.

3.3.1 Klassning av broar

Det stora flertalet broar under och över väg- och järnvägsnätet är anlagda för andra syften än för att erbjuda en säker passage åt vilt. Ändå använder sig många större djur av konventionella broar i mer eller mindre stor utsträckning. Studier⁵⁷ visar att passager som är rymliga och ostörda av fordonstrafik och mänsklig aktivitet även kan vara effektiva för djuren, medan andra broar som tjänar väg- eller järnvägstrafik eller är trånga och inte erbjuder fri sikt genom passagen, inte används av större däggdjur annat än i undantagsfall (se kapitel 3.4).

Utformning och placering av alla bro-objekt bör granskas med hjälp av foton (t ex i BaTMan, Google StreetView) eller genom fältbesök. Vissa objekt kan vara olämpliga för djur t ex när öppningen är stängslad/bommad, passagen är upplyst eller när den ligger i omedelbar anslutning till annan större infrastruktur eller bebyggelse. Andra broar passerar av mycket fordon och är därför olämpliga som faunapassage. Broar över vattendrag har dessutom ofta en mycket smal eller obefintlig strandpassage och kan därför inte anses vara lämpliga för klövvilt.

För att underlätta bedömningen i bristanalysen åtskiljs broarna därför enligt deras huvudsyfte i fyra huvudklasser:

1. *stora broar över dalgångar, vatten eller land (s.k. landskapsbro), ekodukter eller tunneltak – dessa objekt är nästan alltid lämpliga för vilt*
2. *broar för gång- och cykelvägar, för enskilda vägar och portar för djur – här är i första hand storleken och mänsklig användning begränsande*
3. *broar för allmänna vägar eller järnvägar – trafiken genom dessa broar är i regel ett problem för djuren*
4. *broar över vattendrag – avgörande här är bredd och höjd på den torra passagen*

57 Glista *m.fl.* (2009), Seiler & Olsson (2009), Ascensão & Mira (2007), Cain *m.fl.* (2003), Seiler *m.fl.* (2003), Clevenger & Waltho (2000)

3.3.2 Landskapsbroar, tunneltak och ekodukter

Urvalskriterium: alla objekt inkluderas i den fortsatta effektivitetsbedömningen

Landskapsbroar eller tunneltak (Figur 14-15) erbjuder i regel tillräckligt stora och tillräckligt "naturliga" passagemöjligheter för såväl klövvilt som för många andra organismer och kan därmed klassas som "fullgod" viltpassage. Undantaget är om passagen är mycket störd av människor och bebyggelse. En exakt uppmätning av objektets bredd och höjd kan vara svårt, men överstiger passagens bredd 25 meter och höjd 5 meter så kan en grov skattning av storleken vara tillräcklig i den fortsatta bedömningen.



Figur 14. BaTMan Objekt 14-1689-1: "Bro för E6 över Örekilsälven" har flera hundra meter breda landpassager på båda sidan älven och erbjuder mycket goda möjligheter för djur att röra sig i landskapet. Foto: ur BaTMan.



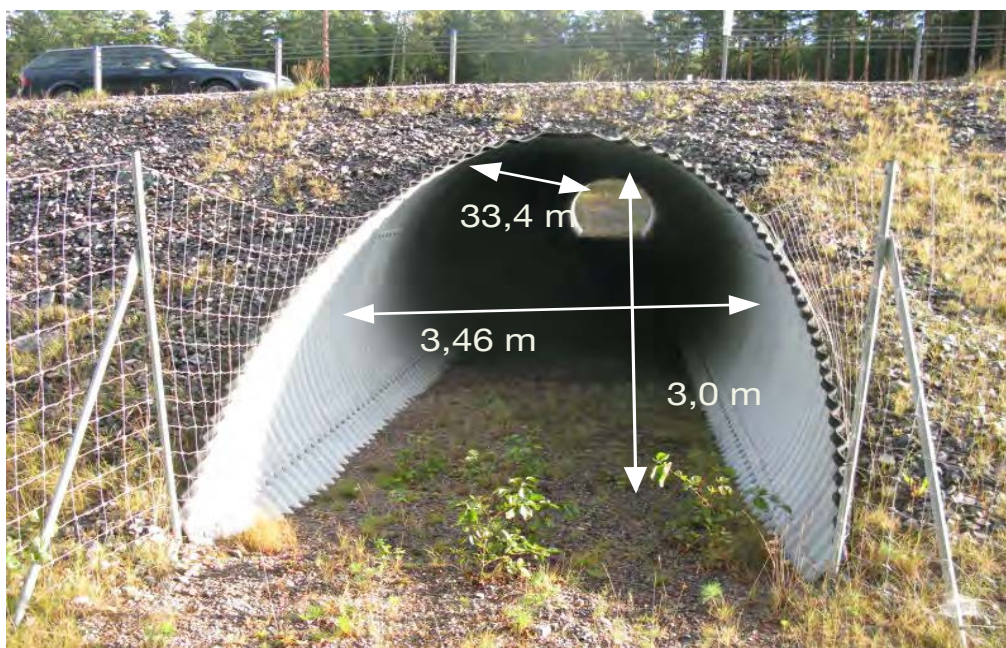
Figur 15. BaTMan Objekt 3-815: "Tunnel för E18 vid Tillinge-Ullbro". Tunneltaket har en bredd på ca 165 m och borde därmed ge tillräckligt med utrymme för djuren att passera. Foto: Andreas Seiler.

3.3.3 Broar för små vägar och för djur

Urvalskriterium: alla objekt inkluderas i den fortsatta effektivitets-bedömningen

Broar för fotgängare, cyklister eller enskild fordonstrafik kan vara lämpliga som viltpassage om de är tillräckligt stora och inte ligger i omedelbar anslutning till bebyggelse. Till dessa räknas trummor eller rörbroar som i Figur 16 eller också övergångar som i Figur 17. Även om ytan av passagen är asfalterad och används dagtid av människor och fordon, så är det mycket möjligt att den används av djur under natten.

Alla dessa broar inkluderas i den fortsatta bedömningen av passagens storlek och effektivitet, men placeringen av varje objekt och den omgivande terrängen bör granskas med hjälp av foto eller fältbesök.



Figur 16. BaTMan Objekt 4-740-1: "Bro för E20 över gångstig vid Strängnäs" inkluderas i den följande effektbedömningen. Trumman är tillräcklig bred för älg (> 3m), men på grund av dess låga höjd och stora längd är öppenheten mycket liten: $0,31 = 3,0 * 3,46 / 33,4$. Passagen uppnår därmed bara en relativt låg effektivitet (13 % för älg och 28 % för rådjur). Foto: ur BaTMan



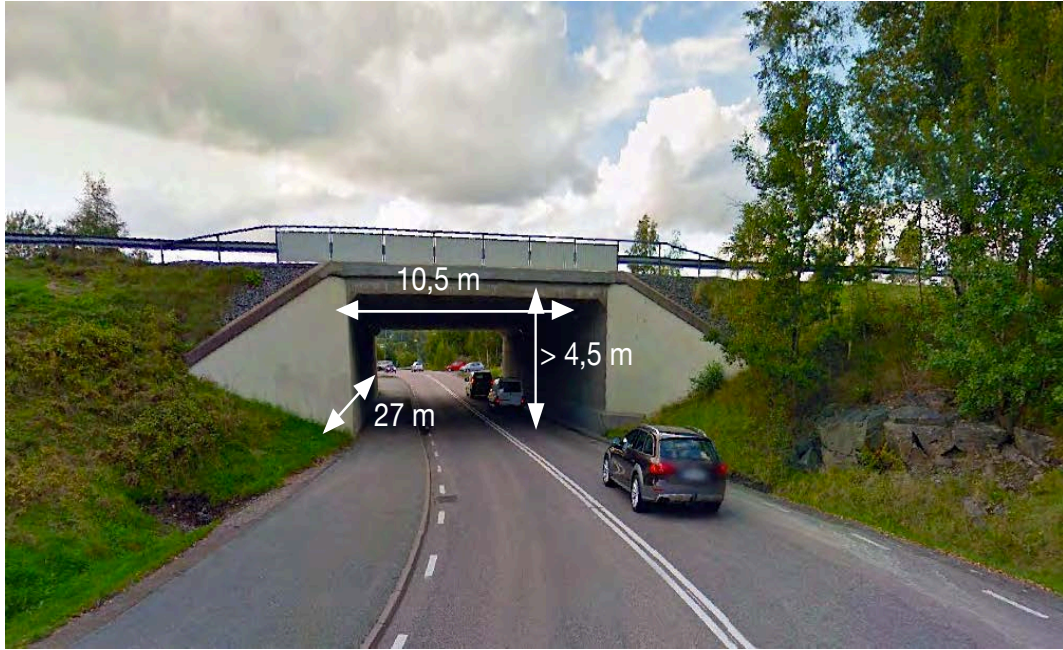
Figur 17. BaTMan Objekt 2-606-1: "Bro över E4 för enskild väg öster om Södertälje vid Hälsingland". Spårinventeringar visade att rådjur men även älg använde denna bro relativt ofta trots att övergången saknar siktskydd och djuren har fri sikt ner på den passerande trafiken. Passagen har en beräknad effektivitet på 25 % för älg och 31 % för rådjur. Foto: Andreas Seiler

3.3.4 Broar för allmänna vägar och järnvägar

Urvalskriterium: Trafikflödet genom passagen ska vara <1000 ådt eller 80 tåg/d; om slänter/annan mark bredvid vägen/järnvägen är minst lika stor som väg/järnvägen tillåts högre trafik: <4000 ådt eller 120 tåg/d.

Broar byggda för större allmänna vägar eller järnvägar är i regel inte lämpliga för djur även om dessa är tillräckligt breda och öppna (Figur 18). Mänsklig störning (särskilt nattetid) och fordonstrafik, vägräcken och belysning utgör en viktig störningsfaktor som kan avskräcka djuren från att använda passagen. I modellen utesluts därför broar för vägar med > 1000 ådt och för järnvägar med > 80 tåg/dygn i genomsnitt.

Undantaget är om vägslänterna i passagen är minst lika breda som vägen/järnvägen samt uppfyller övriga krav för passagens bredd och höjd (Figur 19-20), eftersom det antas att djuren då har tillräcklig stor och ostörd yta att använda vid sidan om vägytan/spåret. Detta inträffar till exempel om bron spänner över en dalgång med en allmän väg. Gränsvärdet för den maximalt tillåtna trafikbelastningen under bron höjs då till 4000 ådt eller 120 tåg/dygn, men det är enbart slänterna och marken utanför körfälten som inräknas i passagens bredd (se nedan).



Figur 18. BaTMan Objekt 15-719-1: "Bro över allmän väg i TPL Kastenhov" bedöms som ej lämplig för djur på grund av hög trafikvolym och närheten till Lerum tätort. Den ingår inte i den fortsatta bedömningen. Foto: ur BaTMan



Figur 19. BaTMan Objekt 15-1417-1: "Bro för RV40 över allmän väg vid Fagerdal". Passagen erbjuder breda slänter vid sidan om vägen och inkluderas därför i effektbedömningen. Den uppnår en fullgod effektivitet för klövvilt (100 %). Bron har dessutom byggts med tanke på att tillåta passage för vilt och sporadiska kontroller har dokumenterat djurspår. Foto: ur BaTMan



Figur 20. BaTMan Objekt 3-727-1: "Vägport för E4 under GC-väg vid Hämringe" inkluderas i den följande effektbedömningen. Bron är tillräcklig bred och relativt låg trafikerad, men samtidigt mycket lång och dessutom helt oskyddad mot trafikljus och buller från underliggande E4. Den erbjuder dock ingen effektiv passage, effektiviteten för klövvilt beräknas till enbart 12 %. Foto: ur BaTMan.

Information om trafikbelastningen genom den potentiella passagen finns *inte* i BaTMan utan måste härledas från NVDB eller järnvägsdata, eller - om uppgifter saknas helt - bedömas individuellt utifrån objektfoton eller genom fältbesök. Vid osäkerhet om gränsvärdena överskrids eller inte ska bron hellre bedömas som olämplig för vilt.

Urvalskriterierna för trafikflödet enligt ovan är i första hand uppskattningar och får därför inte tas som absoluta mått. De bygger dessutom på expertbedömningar och kan möjligen behöva revideras när empiriska data finns tillgängliga. Sambandet mellan trafikvolymen och djurens användning av passager behöver studeras mer ingående. Följande resonemang ligger bakom de föreslagna riktvärdena:

Enligt Trafikverkets trafikflödesmodeller⁵⁸ sker mindre än 3 % av biltrafiken utanför tätorter under natten när klövviltet är mycket aktivt (24:00 - 06:00). För en väg med < 1000 ådt innebär det att färre än 3 fordon per timme passerar under denna lugna period. På järnvägen kan trafikflödet vara mer jämn fördelat över dygnet, särskilt om den används för godstransporter. Vid 3 tåg per timme antas att djuren kan få tillräckligt stora tidsintervall mellan fordonen för att våga använda passagen.

58 Trafikverket (2004)

3.3.5 Broar över vattendrag och sjöar

Urvalskriterium: Bredden av strandpassagen > 2 m (rådjur) eller > 3 m (älg/hjort), höjden \geq 2 m.

Broar över vatten har en särskilt stor betydelse för djurlivet i och omkring vattendraget eftersom strandzonerna inte bara utgör artrika livsmiljöer utan också erbjuder viktiga födoresurser och naturliga spridningskorridorer för många terrestra arter⁵⁹. Där väg- eller järnvägsbarriärer korsar över vatten är det därför av stor betydelse att det erbjuds tillräckligt rymliga och torra passagemöjligheter för djuren som i Figur 21.

För att en bro över ett vatten ska kunna erbjuda en potentiell passage för klövvilt under ett väg- eller järnvägshinder ska den torra strandpassagen ha en sammanhängande bredd på minst 2 meter för rådjur och 3 m för älg/hjort samt ha en fri höjd på minst 2 m. Vattenytans bredd ska inte inräknas i passagens bredd – om inte vattendraget är regelbundet torrlagt eller mycket grunt så att djuren kan förväntas gå eller vada genom det. Strandpassagens storlek och vidare beskaffenhet är inte angiven i BaTMan utan måste uppskattas med hjälp av objektfoton i databasen eller genom fältbesök.

Storlek och beskaffenhet av strandpassagerna kan vara svåra att bedöma på foto och måste i så fall ingå i expertbedömningen. Viktigt är att det finns tillräckligt med fri höjd under bron, att slänterna inte är för branta och består enbart av sprängsten eller kullersten där klövvilt ogärna går på (se

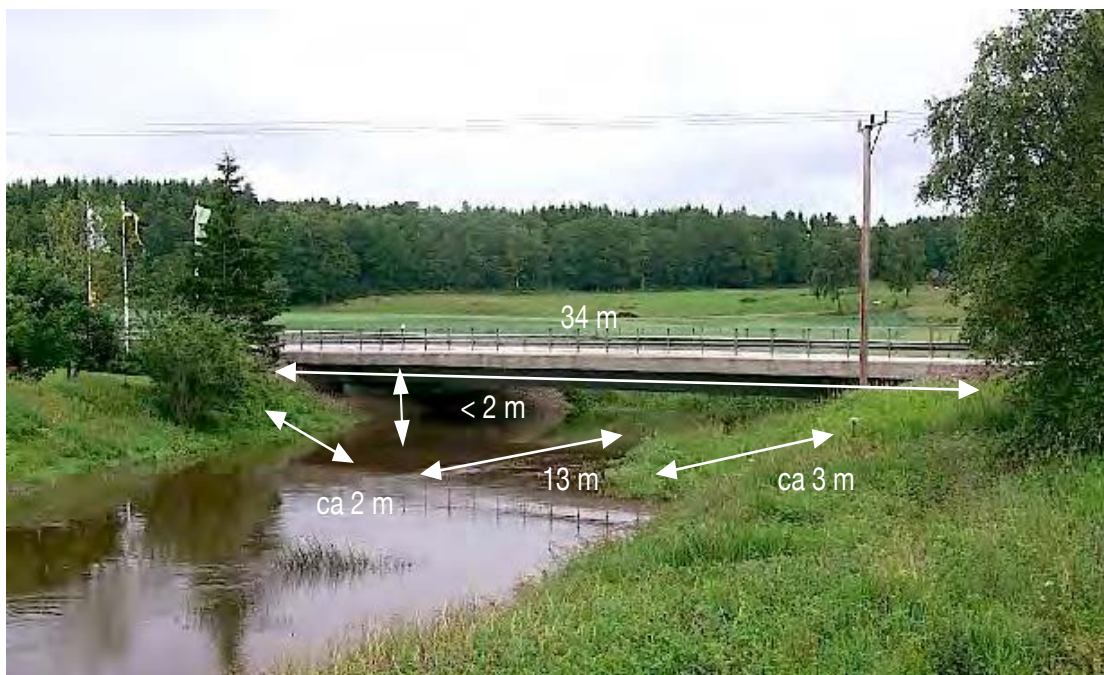
Figur 22).

Vattenytor i norra delar av landet som är frusna under flera vintermånader kan erbjuda en effektiv passagemöjlighet för djuren. Hur dessa vinterpassager ska hanteras i bristanalysen är oklart; empiriska data som skulle kunna komplettera effektivitetsbedömningen saknas och vilka vatten som kan tjäna som vinterpassage kan skilja sig lokalt och variera från år till år. Därför rekommenderar vi att frågan om vinterpassager tas upp i expertbedömningen eller vid prioritering av åtgärdsbehovet där lokal kunskap vägs in i bedömningen.

59 Luell m.fl. (2003), Bergengren (1999), Spansk (1999), Forman (1995), Saunders m.fl. (1991), Bennett (1990)



Figur 21. Objekt 11-940-1: "Bro för E4 över Lärkesholmsån vid Örkelljunga". Strandpassagerna längs ån är med ca 10 m tillräckligt breda och rymliga för att kunna fungera väl för klövvilt. Foto: ur BaTMan.



Figur 22. Objekt 15-1322-1: "Bro för E22 över Nossan vid Ribbingsberg". Strandpassagerna är för smala, branta och låga och bedöms därför som olämpliga för klövvilt. Foto: ur BaTMan.

3.4 Effektivitetsbedömning

3.4.1 Bakgrund

Storleken av en passage är en av de viktigaste faktorerna som avgör hur frekvent den används av djuren. Många studier⁶⁰ har konstaterat att klövvilt föredrar breda och öppna passager med god sikt där de lätt kan upptäcka en fara men undviker smala, trånga, och mörka passager.

Passagens öppenhet O mäts i regel som:

$$O_{\text{under}} = \text{bredd} * \text{höjd} / \text{längd} \text{ (för undergångar), eller}$$
$$O_{\text{över}} = \text{bredd} / \text{längd} \text{ (vid övergångar).}$$

I den europeiska handboken om vilda djur och trafik⁶¹ rekommenderas för undergångar en öppenhet på minst 1,5 för större och mellanstora däggdjur. Detta mått kan nås genom många olika kombinationer av bredd, längd och höjd som dock troligen inte ger samma ekologiska effekt. Öppenheten bör därför aldrig användas som det enda kriteriet i bedömningen utan måste alltid kombineras med åtminstone ett minimikrav på bredd eller höjd. Är höjden tillräcklig stor (över 4-5 meter), så har ytterligare ökning i höjd förmodligen ingen vidare betydelse för djuren och öppenhet kan förenklas till samma ekvation som används för övergångar:

$$O_{\text{under}} \text{ (vid höjd} > 4,5\text{m)} = \text{bredd} / \text{längd}.$$

Spårningsstudier⁶² av befintliga konventionella väg- och järnvägsbroar i Sverige visade att passagens öppenhet står i ett signifikant samband med hur effektivt en passage används (Figur 23). Effektiviteten uttrycker hur ofta djur har observerats använda en passage i förhållande till hur ofta de varit i närheten.

Effektiviteten (E) definieras som:

$$E = 2p / (p + c),$$

med p = antal observationer i passagen per given tidsenhet och c = medelantal observationer över alla kontrollplatser eller det förväntade antalet observationer utifrån djurens förekomst i området.

En effektivitet av 100 % ($E=1$) innebär att lika många spår eller observationer har funnits i passagen som i medeltal på kontrollerna, eller med andra ord, att passagen nyttjats i samma utsträckning som förväntat av djurens aktivitet i omgivningen. Vid $E = 0,5$ har djuren använt passagen 50 % mindre än förväntat. Vid ett $E > 1$ nyttjar teoretiskt fler djur än förväntat passagen, något som bara är möjligt om kontrollerna utgör stickprov och inte en total övervakning av djurens rörelser utanför passagen. Vid

60 Ng *m.fl.* (2013), Olsson (2009), Seiler & Olsson (2009), Mata *m.fl.* (2008), Cain *m.fl.* (2003), Iuell *m.fl.* (2003), Clevenger & Waltho (2000), Rodriguez *m.fl.* (1996), Yanes *m.fl.* (1995), Olbrich (1984)

61 Iuell *m.fl.* (2003)

62 Olsson *m.fl.* (2008), Seiler & Olsson (2009), Seiler *m.fl.* (under arbete)

stickprovstagning finns alltid en möjlighet att djur tar sig förbi kontrollerna och därmed undgår registrering, medan alla djur som går genom passagen registreras. Detta medför en systematisk felskattning på grund av metodiken som leder till en överskattning av passagens effektivitet. En möjlighet att kompensera för detta bias är att begränsa värdeområdet för effektiviteten mellan noll och 100 % - vilket vi tillämpat i analysen.

Av de tre storleksmått (bredd, längd, höjd), har enligt spårningsstudien bredden den största effekten på hur passagera används av djuren. I analysen används breddens kvadratroten i stället för det enkla längdmåttet (Figur 23). Transformeringsmedför en högre signifikans för sambandet och en bättre passning med den förväntade effekten eftersom förändringar i bredden får större effekt vid smala passager och avtar när passagera är bredare. Bredden är också det mått som lättast kan anpassas vid nybyggnad av en faunapassage, medan höjden och längden ofta är givna genom terrängförhållanden och vägbanans eller banans bredd.

Passagens längd hade en inte lika stark påverkan som bredden i spårningsstudien. Dessutom skiljer sig längden mycket mellan under- och övergångar: konventionella övergångar (för fordon eller människa) är ofta smalare och i regel betydligt längre än en undergång av motsvarande typ.

Passagerans höjd hade enligt spårningsstudien bara mycket lite betydelse för hur de nyttjades av djuren. Det är troligt att en fri höjd över 4-5 meter är tillräckligt för att klövviltet inte ska uppfatta det som en begränsning och att ytterligare höjning inte medför någon tydlig förbättring⁶³. Vid lägre höjd minskar effektiviteten snabbt tills det blir osannolikt att djuren vågar eller kan passera. I brist på bättre data och med hänvisning till vår egen spårningsstudie rekommenderar vi ett minimivärde för fri höjd på 3 meter för älg och hjort, och 2 meter för rådjur och vildsvin, samt en stegvis ökning i effektiviteten med ökad höjd tills gränsvärdet på 4,5 m överskrids över vilket höjden inte längre påverkar effektiviteten (se Tabell 4).

Effektiviteten är alltså en funktion av öppenheten som i sin tur definieras som kvoten mellan bredd och längd om passagens bredd är > 2 m och passagens fria höjd > 4,5 m:

$$E=f(O)=f(\text{kvrt}(B)/L), \text{ vid } B > 2\text{m och } H > 4,5\text{m}$$

Funktion f i effektivitetsmodellen är enligt Seiler & Olsson (in prep.):

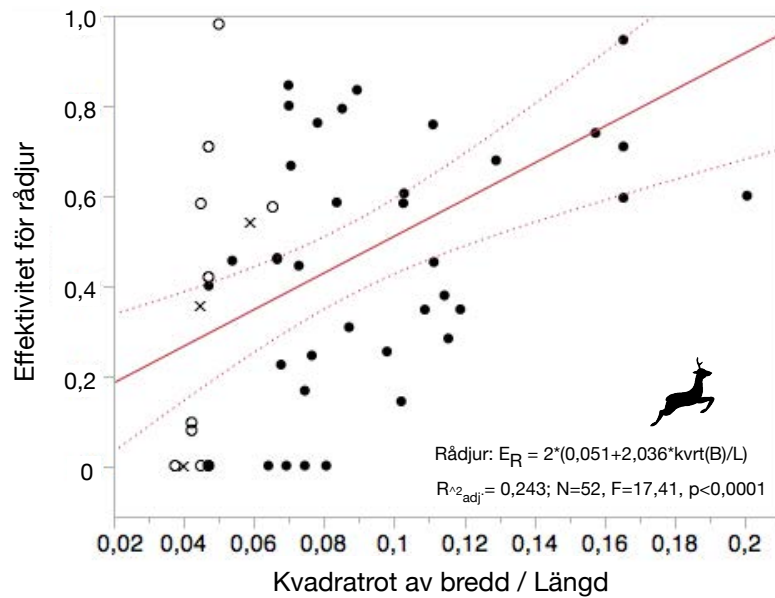
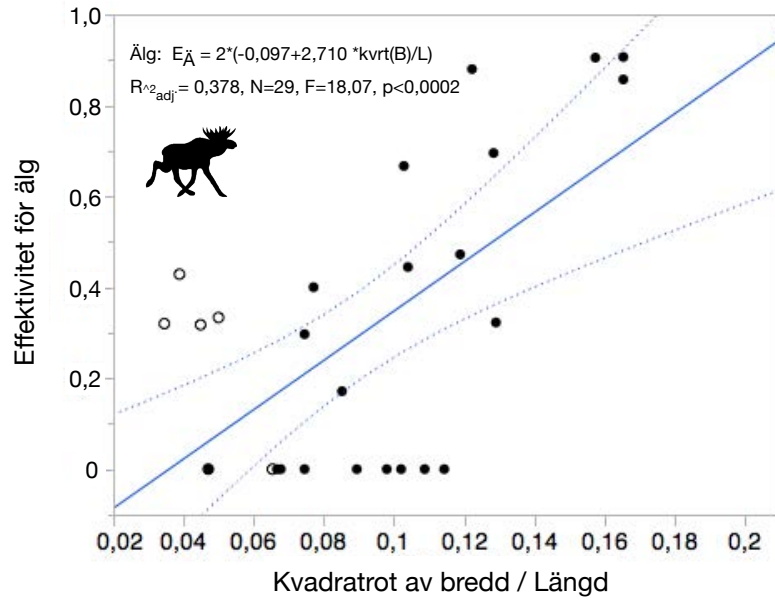
$$\text{Älgmodell: } E_{\text{Älg}} = 2 * (-0,097 + 2,710 * \text{kvrt}(B) / L)$$

$$\text{Rådjurmodell: } E_{\text{Rådjur}} = 2 * (0,051 + 2,036 * \text{kvrt}(B) / L)$$

Modellens prediktioner illustreras i Figur 24.

Älg- och rådjursmodellerna är signifikanta dock med en relativ låg förklaringsgrad. Detta tydliggör att bredd och längd inte är de enda faktorerna som påverkar effektiviteten. Mänsklig störning, trafik, placering och utformning påverkar också djurens benägenhet att använda passagen.

63 Luell m.fl. (2003)



Figur 23. Sambandet mellan passagernas öppenhet, mätt som kvot mellan bredd och längd, och effektiviteten för älg, resp. rådjur. Sambandet skiljer sig något mellan övergångar (öppna cirklar) och undergångar (fyllda cirklar), men i modellen kombineras båda passagetyperna. Källa Seiler & Olsson (under arbete).

Tabell 3. Känsliga värdeområden inom vilka effektivitetsmodellen används:

Höjd: 2 – 5 m (enbart undergångar)
 Längd: 10 – 60 m
 Bredd: 2 – 50 m

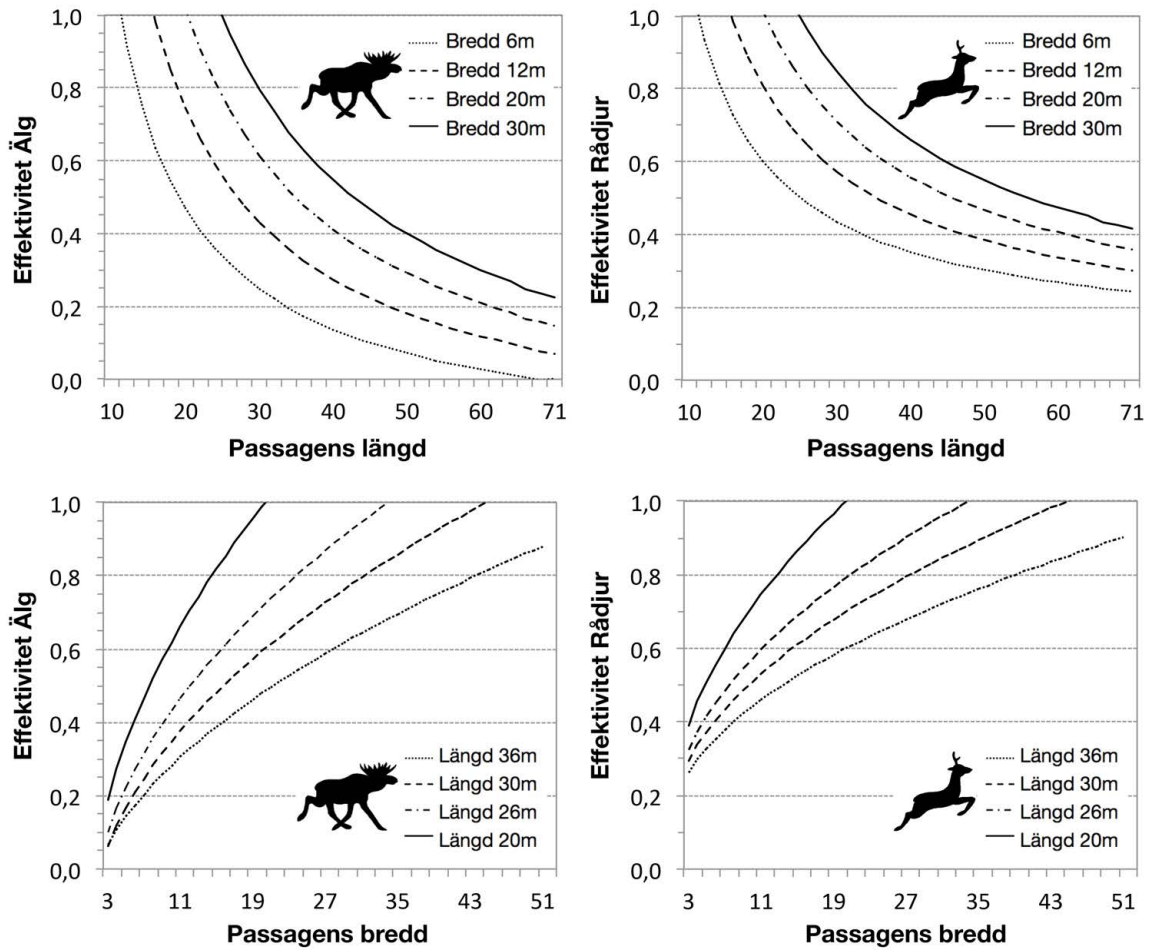
3.4.2 Tillämpning

För att bedöma potentialen av en konventionell vägbro som klövviltspassage behövs uppgifter om passagens längd, höjd och bredd. Sikt- eller bullerskydd och vegetation bidrar troligen att höja effektiviteten, men i avsaknad av empiriska data fokuseras effektivitetsbedömningen enbart på passagens storlek.

Modellens utfall är känsligt för hur bredd, längd och höjd mäts i praktiken, detta dock enbart inom vissa ramar (Error! Reference source not found.). Över- eller understiger värdena dessa ramar, kan göras avkall på noggrannheten i mätningen och värdena kan uppskattas. Detta kan ha praktisk betydelse t ex vid långa broar över dalgångar, där det kan vara svårt att exakt mäta passagens bredd, men där bredden i alla fall är långt större än vad som klövviltet skulle kräva. Bredd och längd påverkar varandra eftersom de ingår i samma kalkyl (se Tabell 4).

Tabell 4. Sammanfattning av mått och gränsvärden som ingår i effektivitetsmodellen.

Effektivitetsmodell	
$E = 2p / (p+c)$, eller	
$E = f(O) = f(\text{kvrt}(B) / L)$, vid $B > 2\text{m}$ och $H > 4,5\text{m}$	
vid $H < 2$, $B < 2$:	$E = 0\%$ för all klövvilt
vid $H < 2$, $B < 3$:	$E = 0\%$ för älg och hjort
vid $2,0 < H < 3,0$:	$E = 20\% f(\text{kvrt}(B) / L)$, för älg/hjort $E = 50\% f(\text{kvrt}(B) / L)$, för rådjur/vildsvin
vid $3 < H < 4,5$:	$E = 50\% f(\text{kvrt}(B) / L)$, för älg/hjort $E = 75\% f(\text{kvrt}(B) / L)$, för rådjur/vildsvin
vid $H > 4,5$:	$E = f(\text{kvrt}(B) / L)$, för respektive klövvilt
	för älg/hjort: $E_A = -0,097 + 2,710 * \text{kvrt}(B) / L$
	för rådjur/vildsvin: $E_R = 0,051 + 2,036 * \text{kvrt}(B) / L$
E = passagens effektivitet; O = passagens öppenhet, B = passagens bredd, L = passagens längd, p = antal observationer av djur som använder passagen; c = antal observationer av djur utanför passage, H = passagens höjd.	
Passager med en beräknat effektivitet på mindre än 5 % bör betraktas som olämpliga för klövvilt.	



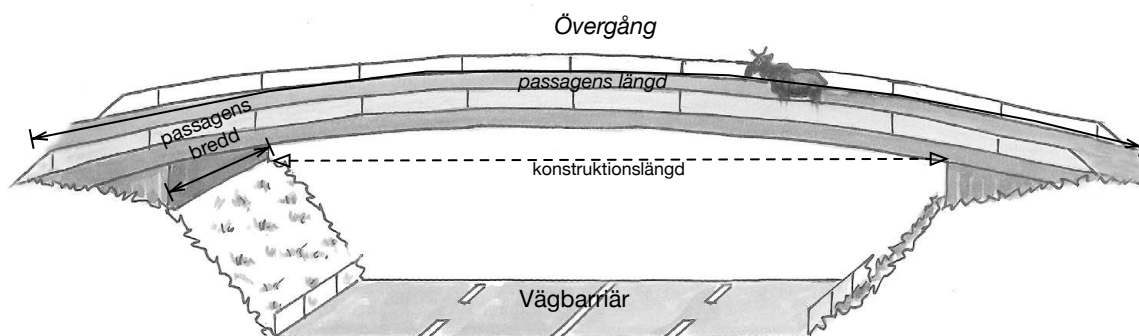
Figur 24. Effektivitetsmodellens prediktion av hur bredd och längd av en passage tillsammans påverkar dess effektivitet för älg, respektive rådjur. Modellen gäller både över- och undergångar med en fri höjd över 3 m. En effektivitet på 1,0 (100 %) innebär att passagen nyttjas i samma omfattning som förväntat. En passage med en längd på 30 m bör enligt modellen vara ca 43 m bred för att vara 100 % effektiv för såväl älg som rådjur. Effektivitetsvärden över 1 avkortas till 100 %, värden mindre än noll rundas upp till 0 %. För förklaring se text.

3.5 Definitioner och mått

Effektivitetsmodellen bygger på bl a passagens bredd och längd. Dessa mått är inte samma som brokonstruktionens bredd och längd enligt BaTMan. Beroende på om passagen är en övergång eller en undergång (för djuren) kan konstruktionsbredden tolkas som passagens bredd eller längd. Passagen är alltid mätt utifrån djurens perspektiv vilket i regel men inte alltid är det omvända till det tekniska perspektivet i BaTMan (Figur 25).

3.5.1 Övergång

En övergång leder djuren planskilt över ett vandringshinder. Passagens längd är ofta längre än konstruktionens längd, särskilt när bro- eller vägräcket sträcker sig ner för uppfarten till bron (Figur 25). Övergången spänner dessutom inte bara över själva vandringshindret utan även över väglänterna och rampen, vilket gör att konventionella övergångar i regel är betydligt längre än undergångar och dessutom ofta smalare.



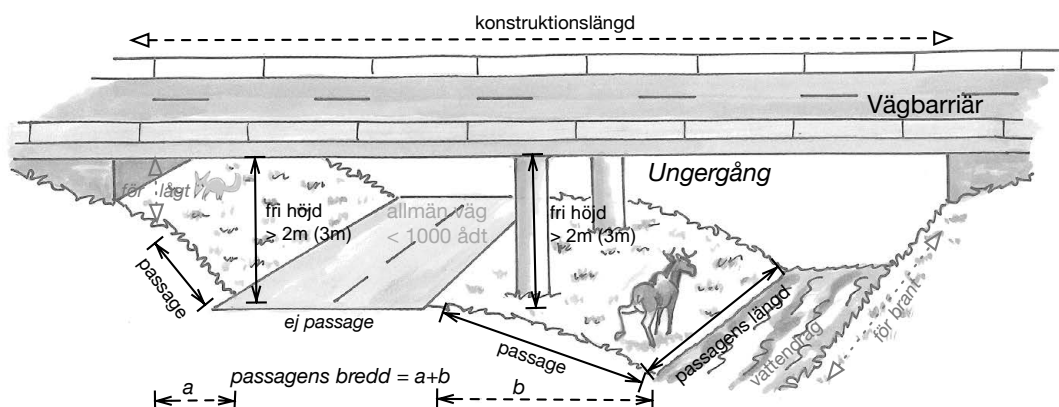
Övergångar saknar i regel sikt- eller bullerskydd.

Figur 25. Övergång: Skiss av en vägbro där djuren kan passera över ett spridningshinder. Konstruktionslängden eller bredden kan vara omkastade i brodatabasen (beroende på om objektet tolkats som en bro över eller en bro under en väg) och är ofta kortare än den sträcka som djuret måste gå för att passera genom. Passagens bredd anges som minsta bredd på övergången.

3.5.2 Undergång

Planskilda undergångar är vanligast bland konventionella broar. Undergångar kan variera mycket i utformning och storlek, omfatta allt från rörbroar och vägportar till broar över dalgångar och dessutom kombinera flera olika syften. Vid en undergång är konstruktionslängden alltid längre än passagens inre bredd som är tillgängligt för djuren, medan passagens bredd i regel är lika lång som konstruktionens bredd (Figur 26). Vad som definieras som bredd eller längd i brodatabasen kan variera mellan objekten.

Trummor, koportar eller vägportar för enskilda eller gång-cykel vägar utgör i regel enkla objekt att mäta. Broar över allmänna vägar är svårare att uppmäta, särskilt när vägytan ska räknas bort från passagens bredd om dess trafikvolym överstiger 1000 ådt. Broar över dalgångar spänner i regel över olika miljöer och är därmed mer komplexa att bedöma, men ofta är själva passagen då redan tillräcklig bred för att kunna uppnå en hög effektivitet.



Figur 26. Undergång: Skiss av en vägbro där djuren kan passera under ett spridningshinder. Undergångar kan kombinera flera olika syften så som vatten, väg eller järnväg. Konstruktionslängden anges i Brodatabasen ofta längre än vad själva passagen är bred. Bredden beräknas enbart utifrån den torra ytan som har en fri höjd > 2 m och en lutning < 1:2. Vägbanan, järnvägsspåret eller vattenytan räknas normalt inte som en passage.

Broar över vattendrag kan vara mycket enkla att bedöma: när ingen strandpassage finns som är bredare än 2 m och med en höjd över 2 m räknas bron inte som en potentiell passage för klövvilt. Det kan dock vara svårt att bedöma strandpassage utifrån fotomaterialet i brodatabasen. Fältbesök kan vara nödvändiga.

3.5.3 Passage

Med passage avses enbart den delen av broobjektet som kan användas av djuren för att korsa över (övergång) eller under (undergång) ett vandringshinder.

3.5.4 Passagens längd

Passagens *längd* är sträckan som djuren måste gå för att passera genom hela konstruktionen och kunna röra sig fritt åt alla håll igen. Finns flera åtskilda objekt med en öppning emellan (samma Konstruktionsnummer), räknas längden av dessa broar tillsammans utan mellanrummet om avståndet mellan objekten är mindre än 10 meter.

3.5.5 Passagens bredd

Passagens *bredd* är den minsta uppmätta bredden av den torra ytan som djuren kan använda för att fritt transportera sig genom passagen. Vid en undergång krävs en minsta bredd på 2 m för klövvilt. För rovdjur och mindre arter kan 1-2 meter vara tillräckliga, grytlevande arter som t ex grävling kan nyttja även smalare passager än så. Lutningen av passagens yta bör inte vara brantare än 1:2 för klövvilt och längden av slänterna beräknas oavsett lutningen alltid horisontellt (se Figur 25). Passagens bredd inkluderar inte en öppen vattenyta eller den av fordon trafikerade ytan av en allmän väg eller ett järnvägsspår. Ett undantag kan göras om trafikvolymen på vägen/järnvägen är känd och mycket lågt (ca < 100 ådt på väg och < 20 tåg/dygn).

3.5.6 Passagens höjd

Höjden i en passage *under* ett spridningshinder kan ofta vara samma som den fria höjden för den underliggande vägen eller järnvägen, om inte vägytan måste exkluderas på grund av för hög trafik (se ovan). Höjden uppskattas som medelhöjd över alla ytor som inräknas i passagen för djuren. I avsaknad av ett tydligare effektsamband för passagen indelas höjden i 4 klasser (se Tabell 4). För klövvilt krävs en minsta höjd på 2 meter.

3.5.7 Expertbedömning

Bedömningen om en bro kan betraktas vara en potentiell passage för djuren bygger i möjligaste mån på objektiva, kvantifierbara mått. BaTMan med dess fotomaterial och ritningar är en viktig informationskälla, men tyvärr är den inte utformad med syfte till att stödja bristanalysen för vilt. Flera kriterier och mått som har betydelse för djuren kan inte tas direkt ur BaTMan utan kräver en experttolkning. Till dessa räknas t ex passagens typ, bredd, höjd, trafikvolym, lutning av strandzoner (se exemplen i Figur 27-28).

I många fall innebär tolkningen en uppskattning av mått utifrån bilder och ritningar, i andra fall måste beslut tas om vad som ska ingå i den fortsatta beräkningen. Det kan t ex vara svårt att bedöma eller mäta bredden och höjden på en strandzon under en bro över ett vattendrag när foton är tagna från en snäv vinkel uppifrån eller saknas helt. Det kan också vara oklart om en väg under en bro ska inräknas i passagens bredd eller ej. Här kanske man kan få hjälp av information från Terrängkartan eller NVDB om hur vägen används. En tämligen rymlig och ostörd bro kan först verka lämplig för större däggdjur men med lokal kunskap om bronns omgivning, med flygbilder eller även Google's Streetview fotomaterial det kanske blir tydligt att bron ligger inhägnad av viltstängsel eller mycket nära bebyggelse. Detalj-kunskap krävs också för att kunna peka ut broar som är i en ombyggnadsprocess eller i planering.

Denna information utanför BaTMan och NVDB är essentiell och kan påverka utfallet av effektivitetsmodellen avsevärt. Vid osäkerhet eller brist på tillräcklig data bör bron i fråga bedömas i fält.

Med andra ord, det finns alltid ett visst utrymme för subjektiva beslut och värderingar och det är därför viktigt att tydliggöra när och hur informationen från databaser och foton har tolkats. Det behövs både en kvalificerad tolkning av de befintliga data och god detaljkunskap för att granska och korrigera de identifierade potentiella viltpassagerna. Upplysning om hur datat har tolkats bör alltid vara inkluderad i analysens dokumentation.



Figur 27. Broobjekt 4-496-1,2,3: Tre broar för E20 över enskild väg vid Mariefred. Tack vare det stora avståndet mellan broarna (> 10 m) bedöms varje objekt separat och därmed lämplig för klövvilt. Den samlade effektiviteten är dock troligen begränsad på grund av att djuren måste gå genom tre passager i rad. Foto: ur BaTMan.



Figur 28. Bro 2-774-1: Bro under E4 över allmän väg. Bron är stor och rymlig och dessutom försedd med sikt/stänkskydd, men passagen är upplyst och med stor sannolikhet för mycket trafikerad av både människor och fordon för att kunna fungera effektivt som viltpassage. Foto: ur BaTMan.

3.6 Steg III: Kartläggning av återstående barriärer

3.6.1 Hemområde och effektavstånd

Vilken effekt har de identifierade och bedömda potentiella viltpassagerna på de utpekade väg- och järnvägsbarriärerna? Var finns redan tillräckligt många passager för att upphäva barriäreffekten och var är barriärerna inte åtgärdade? Hur många passager behövs längs en given barriär för att tillgodose djurens rörelsebehov och vilket avstånd mellan två passager är optimalt, dvs hur lång måste en återstående barriär vara för att generera ett åtgärdsbehov?

Svaren varierar mycket med arternas rörelsebehov och biologi men även mellan regioner och landskap. Ett mått på rörelsebehovet är djurens hemområde, dvs det område där ett djur tillbringar största delen av sitt liv och där de hittar alla nödvändiga resurser. Även om exkursioner utanför hemområdets gränser förekommer och unga djur vandrar betydligt längre i sökandet efter en partner eller eget hemområde, så sker de flesta rörelserna ändå inom en begränsad area där djuren är mer eller mindre inbundna i ett socialt-rumsligt mönster⁶⁴. Storleken på djurens hemområde är i regel mindre i regioner där födotillgången är god. Är resurserna mer utspridda så behöver djuren gå längre för att tillgodose sina behov. Så rör sig t ex älgar⁶⁵ i norra Sverige i genomsnitt över betydligt större areal (ca 32 km² för tjurar och 18 km² för kor) än i södra Sverige (där områden på ca 19 km² för tjurar och 9 km² för kor är tillräckliga). Hos rådjur⁶⁶ är mönstret detsamma: medan rådjur i söder rör sig i medeltal över 1-2 km² kräver de i norr ca 2-2,6 km². En grov förenkling ger ca 18-20 km² för älg och ca 2 km² för rådjur i genomsnitt i landet. Kvadratrotten av hemområdet översätter arealmåttet till ett längdmått (motsvarar diametern på hemområdet om det skulle ha varit cirkulärt) och ger en bra approximation av djurens dagliga rörelseförmåga⁶⁷.

Av detta härleder vi för bristanalysen att en passage kan upphäva en barriär av ungefär denna längd: 4 km för älg och 2 km för rådjur eller med andra ord 2 km, respektive 1 km åt varje håll längs barriären. Passagens *maximala effektavstånd* motsvarar alltså halva kvadratrotten av hemområdet.

Dessa mått är givetvis grova förenklingar av nationella genomsnitt och måste därför ses som pragmatiska riktvärden och inte som faktiska gränsvärden.

En annan tolkning av effektavståndet illustreras i Figur 29: För att nå en resurs på andra sidan barriären kan djuren förväntas vara beredda att vandra halva sitt dagliga rörelseavstånd till en lämplig passage, korsa barriären för att sedan fortsätta på andra sidan barriären en lika lång sträcka tillbaka. Detta är givetvis ett antagande och inte understött av empiriska data, men spårningsstudier⁶⁸ längs stängslade vägar visar att åtminstone älgar kan följa stängslet en viss sträcka för att hitta en lämplig passagemöjlighet eller så forcerar de stängslet. Hur långt denna sträcka är i genomsnitt är dock fortfarande oklart.

64 Bowman *m.fl.* (2002), Harestad & Bunnell (1979)

65 Sand (1996), Cederlund & Sand (1994), Cederlund & Sand (1992)

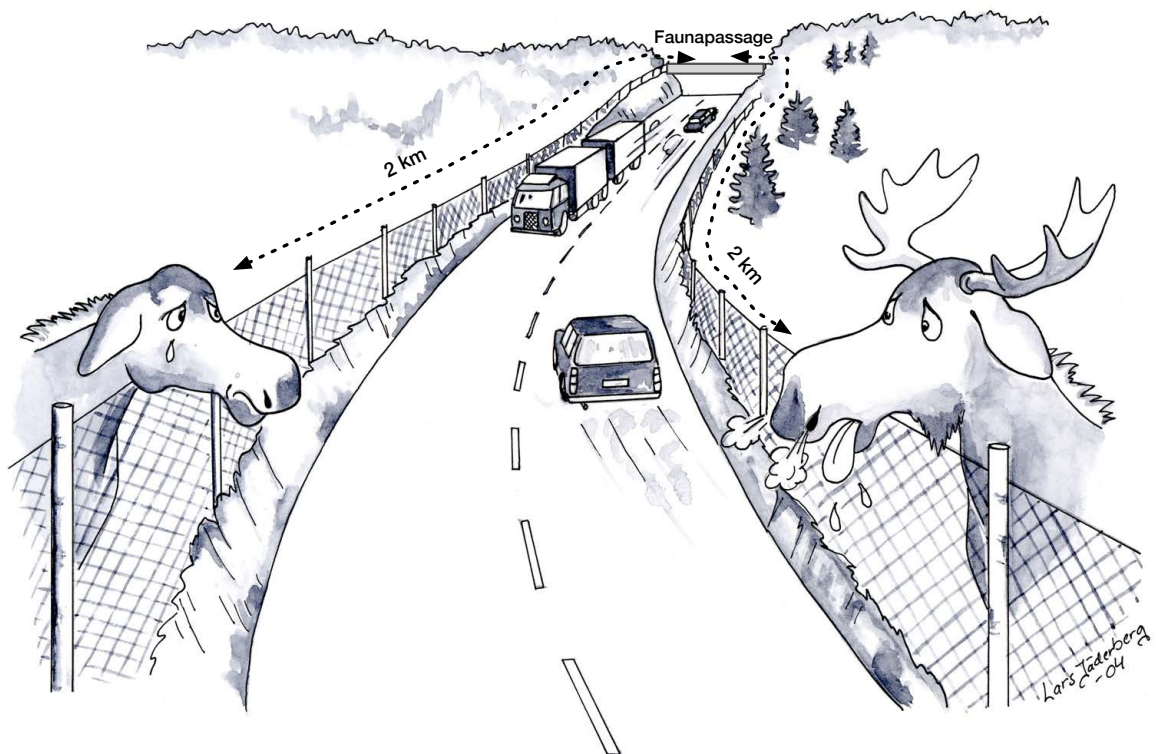
66 Kjellander *m.fl.* (2004), Guillet *m.fl.* (1996), Cederlund & Liberg (1995), Wahlstrom & Liberg (1995)

67 Bissonette & Adair (2008)

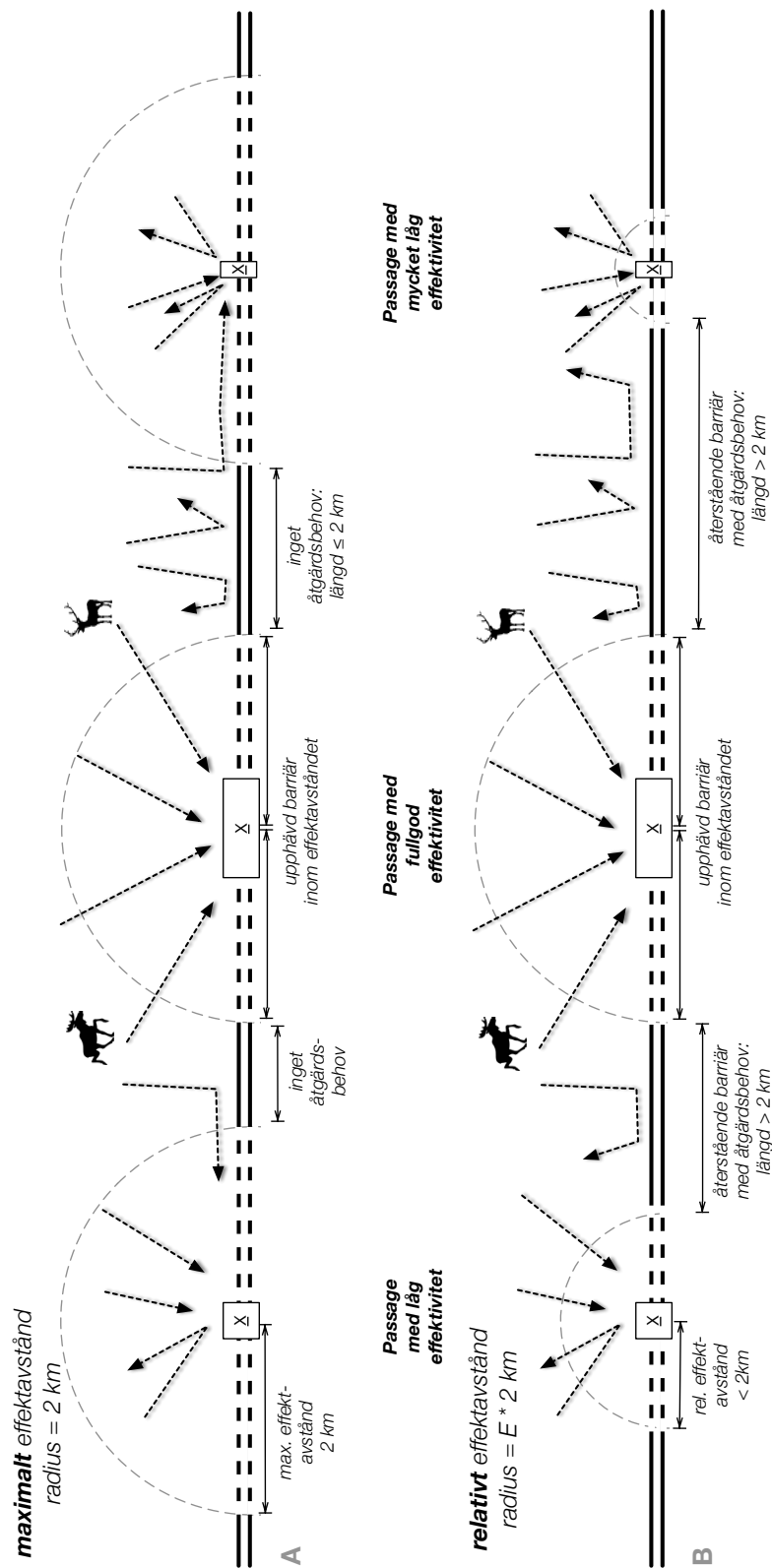
68 Seiler *m.fl.* (2003)

Passagera varierar mycket i effektivitet (0-100 %). Att tillskriva varje passage det maximala effektavståndet innebär därmed en åtminstone hypotetisk överskattning av åtgärdseffekten. Vi rekommenderar därför att använda ett *relativt effektavstånd* som relaterar till passagens effektivitet (Figur 30): Passager med fullgod effektivitet (100 %) antas upphäva barriäreffekten längs hela effektavståndet (2 km respektive 1 km på varje sida om passagen). Passager med lägre effektivitet (t ex 60 % för älg) antas åtgärda en förhållandevis kortare barriärsträcka (t ex $0,6 \cdot 2 \text{ km} = 1,2 \text{ km}$ på varje håll).

Översättningen av en passages effektivitet till upphävd barriärlängd är givetvis enbart en teoretisk modell. Om modellen är en bra tolkning av verkligheten återstår att se; det krävs fortsatta empiriska tester och t ex studier av radiomärkta djur för att validera modellen. Effektavståndet påverkas dessutom av externa faktorer så som topografi, vegetation, mänsklig aktivitet osv, och kan därmed lokalt vara större eller också mindre än vad som förutsågs av modellen.



Figur 29. Illustration av hur riktvärdet för minsta barriärlängd kan tolkas: Djur antas kunna använda en passage över ett vandringshinder regelbundet om det ligger inom deras dagliga vandringsavstånd (kvadratroten av arealen av ett genomsnittligt hemområde $\approx 4 \text{ km}$ för paraplyarten älg). Passagen upphäver därmed barriäreffekten av en väg eller järnväg längs $2 + 2 \text{ km}$ åt varje håll om passagen. Bild: Lasse Jäderberg.

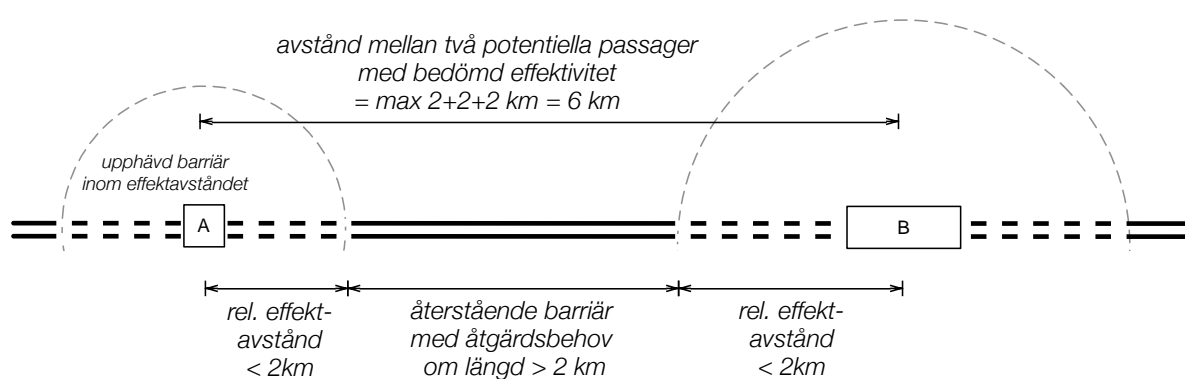


Figur 30. Illustration av maximalt (A) och relativt (B) effektavstånd: vid tillämpning av maximalt effektavstånd tillskrivs alla passager samma effektavstånd oavsett deras effektivitet. Vid tillämpning av det relativa måttet kan endast passager med fullgod effektivitet (100 %) upphäva barriäreffekten längs hela effektavståndet (2 km för paraplyarten älg), medan passager med lägre effektivitet åtgärdar en förhållandevis kortare barriärsträcka. De halvöppna cirklarna illustrerar avståndets maxvärde.

3.6.2 Återstående barriärer

Enligt modellen antas barriäreffekten vara upphävd inom effektavståndet från en passage. Den återstående barriären är därmed vägen eller järnvägen som ligger *utanför* passagernas effektavstånd. Den avgränsas antingen av barriärer som antas vara åtgärdade (inom passagers effektområde), av infrastruktur som inte klassades som barriär i första hand eller av tätorter (med avstånd av 300 m till tätortsgräns).

Längden av återstående barriärer i väg- och järnvägsnätet varierar därmed mellan noll och flera mil beroende på hur tätt passagerna är placerade intill varandra och hur effektiva de är för djuren. Ofta förekommer mycket små vägsträckor som ligger precis mellan två broars effektavstånd. För att effektivisera prioriteringen av åtgärdsbehovet (steg 4 i bristanalysen) sätter vi ett krav på den minsta längden av återstående barriärer med åtgärdsbehov. Samma resonemang som ligger bakom passagernas maximala effektavstånd tillämpas även här (Figur 31):

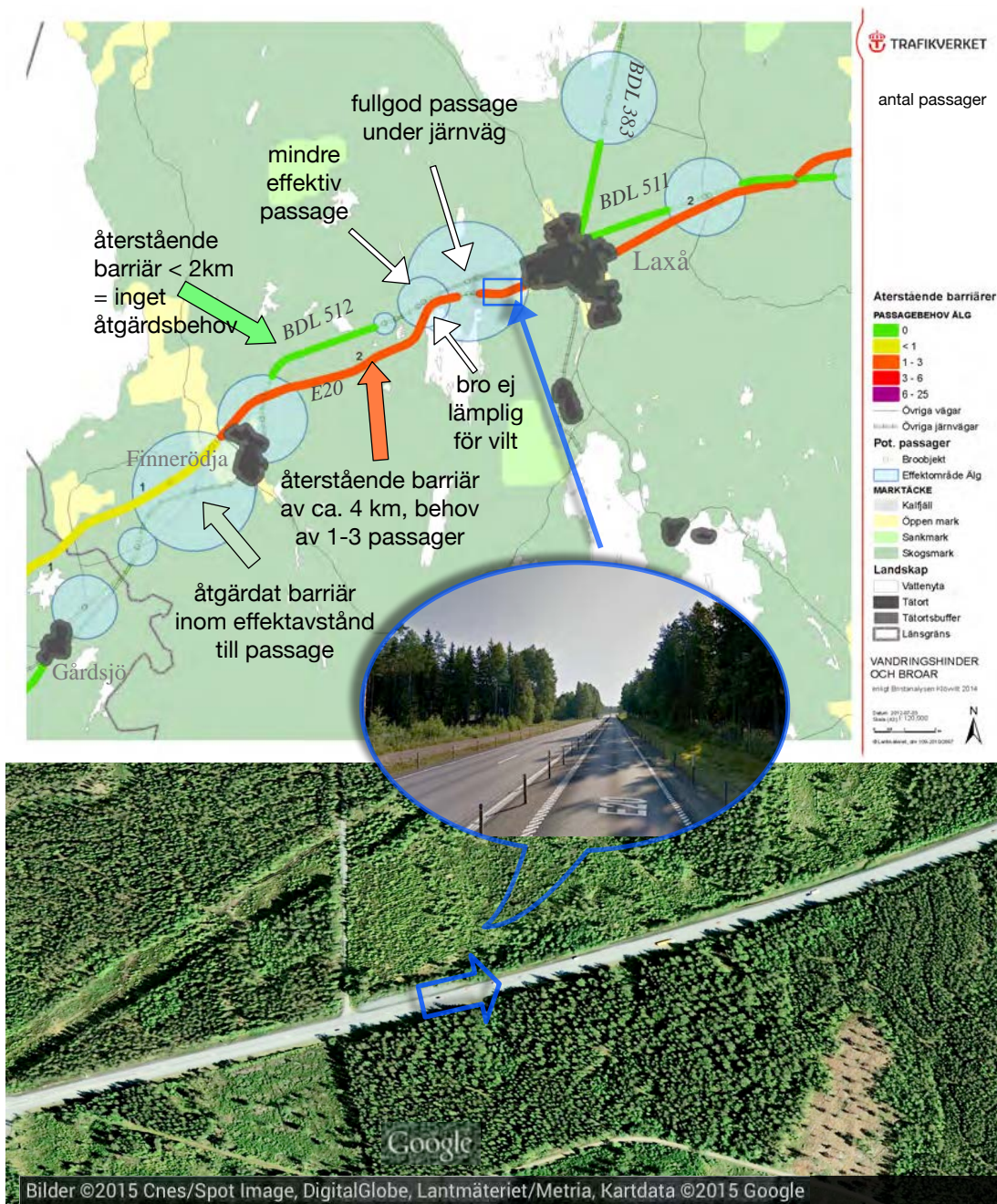


Figur 31. Definition av återstående barriär och dess maximala längd innan den genererar ett åtgärdsbehov som ska bedömas i steg 4 i bristanalysen. Längder avser paraplyarten älg.

Återstående barriärer som är kortare än effektavståndet (2 km; för paraplyarten älg) antas *inte* skapa ett akut åtgärdsbehov, eftersom den mest avlägsna passagen fortfarande befinner sig fortfarande inom djurens dagliga vandringsavstånd (kvadratroten av standardhemområdet $\approx 4 \text{ km} = 2 \text{ km}$ effektavstånd + 2 km återstående barriär).

Detta innebär att det *maximala* avståndet mellan två fullgoda passager, *utan* att ett åtgärdsbehov antas uppstå, kan vara som mest:

$$D_{\max} = 6 \text{ km} = 2 + 2 + 2 \text{ km.}$$



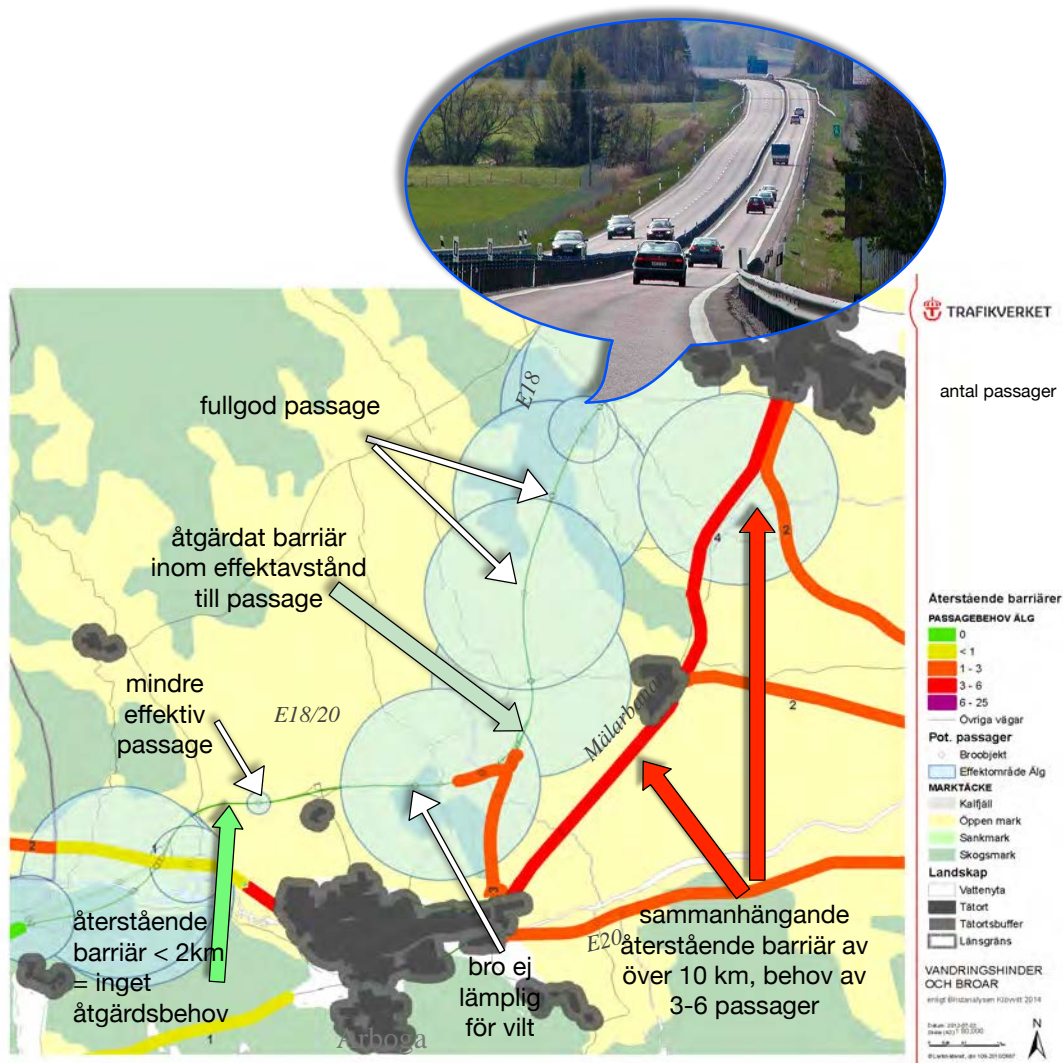
Figur 32. Exempel på resultat-karta efter bristanalysen för älg vid E20 och Västra Stambanan mellan Laxå och Finnerödja. Medan det finns flera mer eller mindre lämpliga passager för älg längs järnvägen saknar E20 nästan helt lämpliga planskilda passagemöjligheter för vilt. Vägen är stängslad och försedd med mitträcke och sidoräcken. Både järnvägen och vägen tillhör de mest viltolycksdrabbade sträckorna i Sverige. Foto: Google Maps och Google StreetView 2014.

Är passagerna mindre effektiva, reduceras effektavstånden i motsvarande grad ($D_{rel.} = E \cdot 2 + 2 + E \cdot 2$) och därmed också det tillåtna avståndet mellan två passager eftersom kravet på längden av den återstående barriären förblir oförändrat. Förekommer flera ineffektiva passager ($E > 5\%$ och $< 10\%$) i rad och överstiger den summerade längden av

de återstående barriärerna 6 km, (dvs. D_{max}), uppstår ett åtgärdsbehov, även om de enskilda barriäravsnitten är kortare.

Samma resonemang borde tillämpas där återstående barriärer angränsar till tätorter. Tätorter är exkluderade från bristanalysen, men det betyder inte att barriäreffekten är upphävd, utan snarare tvärtom. Längden av infrastruktur genom tätort borde alltså ingå i längdberäkningen av återstående barriärer. Av praktiska skäl i har detta inte gjorts i följande GIS-exempel (se Figur 32-33).

Är den återstående barriären i vägen eller järnvägen längre än 2 km uppstår per definition ett åtgärdsbehov och därmed en brist i permeabilitet för klövvilt. Betydelsen av dessa briststräckor bedöms i graderings- och prioriteringskedet som grund för en mer detaljerad åtgärdsvalsstudie.



Figur 33. Exempel på resultatkartan efter bristanalysen för älg vid Arboga längs E20, E18 och Mälmarbanan. Foto: A. Seiler.

4 Gradering av åtgärdsbehov

Det är uppenbart att inte alla permeabilitetsbrister kan eller behöver åtgärdas omedelbart. Bristanalysen för klövvilt bygger på en översiktlig modell på nationell nivå som inte tar hänsyn till regionala eller lokala skillnader och omständigheter. Gränserna för vad som bedöms utgöra ett potentiellt vandringshinder har dessutom medvetet valts relativt vida för att inte missa eventuella hinder av lokal betydelse. Analysen identifierar därmed ett stort antal briststräckor av varierande kvalitet, vilket dock inte betyder att de flesta identifierade briststräckorna är automatiskt av lågt värde. Tvärtom är det ett tecken på hur begränsad infrastrukturens permeabilitet faktiskt är. För att urskilja de mest betydelsefulla briststräckorna där åtgärdsbehovet är som störst använder vi kriterier i trafik, infrastruktur, landskap och viltpopulationerna. Graderingen av åtgärdsbehovet innebär en rumslig analys i en region eller ett landskap.

I det följande ges förslag på graderingskriterier som kan tas fram på översiktlig nivå: Data på viltolyckor, trafikflöde, stängsel, markanvändning, med mera, finns tillgängliga på nationell nivå. Vissa har delvis redan ingått i steg I av bristanalysen och kan nu sättas in i ett rumsligt sammanhang. Geografiska modeller som mäter och visualiserar konnektiviteten i landskapet⁶⁹ är mycket värdefulla komplement i arbetet. Ett verktyg som kombinerar information från bristanalysen med en landskapsanalys är under utveckling⁷⁰ (se exempel i Figur 36).

Generellt bör åtgärdsbehovet graderas högt när briststräckan redan utgör en faktisk barriär pga hög trafikvolym, förekomst av stängsel, räcken etc. Men även när sträckan skär genom strategiska storskaliga viltkorridorer eller utgör en återkommande hotspot för viltolyckor så finns ett uttalat åtgärdsbehov (se faktarutan nedan). Briststräckan bör graderas ner när det inte finns existerande fysiska hinder och trafikvolymen är låg eller förväntas minska, t ex på grund av en uppgradering av annan infrastruktur. Briststräckor i helt öppna, jordbruksdominerade områden anses vara ett lägre betydelse för skogslevande arter som älg medan de kan vara av viss betydelse för andra klövviltarter som dovhjort.

Tabell 5 ger ett förslag på hur olika bedömningskriterier kan viktas för att räkna fram en hög, intermediär eller låg gradering.

Även bland de högt graderade briststräckorna behöver dock förmodligen en prioriteringsordning utvecklas. Denna ordning måste väga in flera andra aspekter som t ex tekniska och ekonomiska. Prioriteringsarbetet bör involvera lokal detaljkunskap inom drift- eller förvaltningsområdet och göras i samråd med väg- eller banhållare, kommuner, länsstyrelser och övriga intresserade aktörer så som jägarorganisationer, Polis och Viltolycksrådet.

69 Circuitscape, Least-Cost-Distance-metoder, Linkagemapper, GridWalk, etc
70 Nichol森 & Seiler (2014), Sjölund (2014)

Tumregler för gradering av åtgärdsbehovet:

Hög gradering

- Briststräckan utgör redan idag en faktisk barriär pga hög trafikvolym, stängsel, räcken eller dubbla körbanor eller spår
- Briststräckan går genom strategiska storskaliga spridningskorridorer
- Briststräckan är en återkommande hotspot för djurpåkörningar
- Briststräckan isolerar känsliga områden
- Briststräckan ligger parallellt med annan infrastruktur där faunaåtgärder planeras
- Briststräckan är relativt lång

Intermediär gradering

- Kombination av både högt och lågt graderande kriterier

Låg gradering

- Briststräckan utgör ingen faktisk barriär nu eller inom snar framtid
- Briststräckan ligger utanför prefererade biotoper/landskap
- Briststräckan uppvisar låga olycksfrekvenser med vilt
- Briststräckan ligger utanför kända vandringstråk eller korridorer
- Briststräckan ligger mitt i ett storskaligt och homogent landskap
- Briststräckan är relativt kort

4.1 Fysiska hinder

Vägar och järnvägar som redan utgör faktiska spridningshinder på grund av en mycket hög trafikvolym (> 10 000 ådt eller > 400 tåg/d), förekomst av stängsel, mittbarriärer eller separerade körfält bör graderas högre jämfört med sträckor utan fysiska hinder och lägre trafik där djuren fortfarande kan (näven om de inte ska) passera i plan.

4.2 Längd

Återstående barriärer *med åtgärdsbehov* är per definition längre än det maximala effektavståndet på 2 km (Figur 31). Den totala väg- eller järnvägssträckan mellan två passager som ingår i graderingen är därmed minst 2 km plus den sammanlagda längden av de avgränsande passagernas effektavstånd. Är passagerna fullgoda (100 % effektiva) är den totala sträckan mellan två passager 6 km (2+2+2; jämför 3.6.2).

Som tidigare beskrivet bygger resonemanget på antagandet att djuren i regel inte kringgår ett hinder som är längre än deras "normala" dagliga vandringar. Är barriären längre än så och finns tillräckliga resurser att tillgå är det troligt att djuren i stället kan anpassa sina hemområden och rörelser så att hindret blir till en effektiv gräns i populationen. Denna anpassning kan ta 2 – 3 år hos älg eller med andra ord cirka en generation. Även om detta inte är väl dokumenterat så får det ändå stöd i observationer av märkta djur⁷¹, spårningsstudier⁷² och viltolycksstatistik längs t ex nybyggda eller nystängslade vägar.

Djur som letar efter ett nytt hemområde eller en partner, antas vara mer motiverade att forcera denna gräns än individer med redan etablerade hemområden. Om de också följer barriären en längre sträcka än ovanstående riktvärde är inte känt.

Vad innebär denna barriäreffekt på individnivå för det demografiska och genetiska utbytet mellan djurstammarna på ömse sida barriären? Hur relaterar det till miljömålet om ett långsiktigt nyttjande av arter som förnyelsebar resurs (se kapitel 1.3)? Det finns tyvärr inget enkelt svar på dessa frågor eftersom svaret beror på flera faktorer så som fodertillgång, populationsdynamik, trafikdödlighet, landskap och terräng osv. Forskning behövs som specifikt belyser dessa faktorer. Bristanalysens förslag på riktvärde för det maximala avståndet mellan två effektiva passager (6 km) ska garantera en tillräcklig kontinuitet i landskapet för paraplyarten älg, så att artens förvaltning och nyttjande kan bedrivas mer eller mindre opåverkat av infrastrukturen.

Om detta mål uppnås är okänt, framtida forskning kan möjligen validera antagandet. Det är också möjligt att lägre riktvärden (kortare sträckor) skulle fungera bättre för andra arter som t ex rådjur, vildsvin eller hjort som också lever i mindre hemområden än älg, medan de större rovdjuren skulle kunna tåla längre barriärer. Samtidigt måste populationstätheten vägas in och risken att djuren försöker springa över även mycket stora trafikleder. Ju högre täthet lokalt, desto mindre är troligen djurens arealkrav och rörligheten är begränsad, vilket minskar barriärens effekt på populationen. Arter som rör sig över mycket större arealer än älg, som t ex varg eller lodjur, är mer utsatta för trafiken och känsligare för barriär- och mortalitetseffekter (jämför även kapitel 2.3).

Principiellt borde en längre barriär graderas som mer betydelsefull än en kortare. Briststräckor av 10 – 20 km längd är vanligt förekommande och inkluderas även tätorter i längdberäkningen så ökar längden på sammanhängande permeabilitetsbrister avsevärt. Överstiger barriärens längd till och med djurens typiska utvandringsavstånd (på engelska *dispersal distance*), dvs den sträckan som unga djur kan förväntas vandra för att etablera egna revir eller hemområden, så borde de åtskilda populationerna betraktas som demografiskt och kanske till och med genetiskt isolerade från varandra⁷³. Det genomsnittliga utvandringsavståndet är för många arter relaterat till deras hemområdesstorlek och motsvarar 7 gånger kvadratroten av hemområdet (för älg: $7 \cdot 4 \text{ km} = 28 \text{ km}$)⁷⁴. Åtgärdsbehovet för barriärer som är längre än 28 km bör därför graderas särskilt högt.

71 Olsson *m.fl.* (2008)

72 Seiler *m.fl.* (2003)

73 Helledin *m.fl.* (2006)

74 Bissonette & Adair (2008)

Hur ändringen av åtgärdsbehovet för barriärer av en längd mellan 6 - 28 km bör värderas, måste bedömas från fall till fall och med hänsyn till landskap, terräng och övriga prioriteringskriterier.

4.3 Samlokalisering

Där flera infrastrukturer är samlokaliserade och lämpliga faunapassager förekommer eller planeras vid den ena transportleden så bör även den andra barriären prioriteras för åtgärder för att inte motverka de befintliga/planerade åtgärderna.

Vissa barriärer med åtgärdsbehov kan prioriteras av praktiska eller ekonomiska skäl när det är lättare genomförbart att implementera åtgärder. Barriärer som skär genom en mer kuperad terräng kan erbjuda många naturliga platser där över- eller undergångar kan anläggas med relativt begränsade medel, medan det nödvändigtvis innebär ett betydligt större ingrepp om en planskild passage ska byggas i ett flackt landskap.

Höga frekvenser av viltolyckor är inte i första hand ett tecken på att vägen är en faktisk barriär utan uppdagar snarare att djuren har ett särskilt behov att korsna vägen just i det område. I båda fall behövs dock samma kombination av åtgärder: att separera djuren från trafiken och erbjuda säkra passager.

Foto: Niklas Luks
(www.nyhetswebben.se)



4.4 Viltolyckor

Återstående barriärer med en särskilt hög viltolycksfrekvens bör prioriteras för åtgärder som reducerar olyckstalen men samtidigt återställer permeabiliteten. Även om trafikdödligheten inte är ett entydigt mått på permeabilitet och kan åtgärdas genom att höja barriärpåverkan (se kapitel 2.1) så tillämpas dock åtminstone för klövvilt samma åtgärdspaket mot olyckor och barriären: en kombination av viltstängsel och planskilda

passager⁷⁵. Vad som menas med "särskilt hög viltolycksfrekvens" beror på definitionen. Ett förslag på hotspots är att välja de 90 % högsta frekvenserna i en region, driftområde eller län under åtminstone 5 år tillbaka⁷⁶. Alternativt kan det mätas i absoluta tal (t ex om den genomsnittliga kostnaden för olyckorna överstiger ett visst gränsvärde i investeringskostnaden för åtgärder).

Statistik på viltolyckor med uppgift om den geografiska fördelningen kan fås från Nationella Viltolycksrådet för de olyckor där eftersöksjägare varit involverade. Övriga olyckor, i synnerhet icke polisrapporterade fall och de som inte klassades som viltolycka i statistiken, kan uppvisa en annorlunda fördelning. Forskning pågår kring mörkertalen i viltolycksstatistiken⁷⁷. För närvarande genomförs även nya analyser av viltolycksfrekvenser och kartläggning av olyckshotspots och olyckskostnader. Dessa arbeten kommer under år 2015 ge nödvändiga underlag för en gradering av åtgärdsbehovet.

4.5 Vandringsstråk och Grön Infrastruktur

Där de återstående barriärerna skär genom strategiskt betydelsefulla stråk av sammanhängande skogsmark eller skogslandskap, genom kända vandringsstråk (t ex vintervandringsstråk för älg i norra Sverige⁷⁸) eller genom större linjära element i landskapet som kanaliserar djurens rörelser (större vattendrag, dalgångar, grön infrastruktur⁷⁹, ...) bör åtgärdsbehovet graderas särskilt högt – såväl med hänsyn till djurens vandringsbehov och långsiktiga utbytet mellan populationer, som med hänsyn till risken för olyckor och skador (jämför kapitel 2).

Det finns olika GIS verktyg för identifiering och kartläggning av dessa korridorer både på stor och på lokal skala, däremot har ett sådant arbete ännu inte genomförts i Sverige.

4.6 Landskap och fragmentering

Barriärer för klövvilt, särskilt älg, antas vara generellt av större ekologiskt betydelse om de skär genom ett landskap med en högre andel av skogsmark än jämfört med ett helt öppet agrarlandskap. Även om rådjur, dovhjort och vildsvin gärna födosöker i jordbruksmarker behöver de skogsbiotoperna för skydd. Viktigt är här att klart definiera den geografiska skalan för bedömningen: "Landskap" bör här definieras utifrån djurens skala som bestäms av deras rörelseförmåga och arealbehov. Kvadratroten av ett genomsnittligt älgområde (4 km; jämför kapitel 3.6.1) kan här användas som radie av sökfönstret inom vilken landskapets karaktär och sammansättning bedöms i ett GIS. Om t ex över 80 % av detta område utgörs av öppen eller annan mark (enligt Sveriges marktäckedata, Lantmäteriet), så kan området klassas som "jordbruksdominerat" och därmed ges en lägre gradering för nya barriäråtgärder för klövvilt, i synnerhet med avseende på älg. Landskap med över 80 % skog bör däremot ges en högre gradering, medan blandade landskap ges en intermediär grad (se exempel i Figur 35).

75 Trafikverket (2004, 2012)

76 Seiler *m.fl.* (2011), Jägerbrand (2014)

77 Seiler *m.fl.* (2014)

78 Helledin *m.fl.* (2007)

79 Miljödepartementet (2010), http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm

Å andra sidan kan mindre områden av jordbruksmark vara av stor betydelse för djuren som annars lever i storskaliga homogena skogslandskap som i norra Sverige. Landskap med insprängda åkermarker och byar kan kräva en högre gradering än det omgivande skogslandskapet (jämför kapitel 2). Biotopernas betydelse är beroende av landskapets sammansättning.

Där djurens födoresurser är relativt jämnt fördelade och där populationer på var sida av vandringshindret är relativt stora, kan troligen längre barriärer tålas och placeringen av passager kan spela mindre roll än i mer fragmenterade eller kontrastrika landskap där lokala populationer lever separerade och där rörelser tydligt kanaliseras av topografi och marktäckning (jämför kapitel 2.4)⁸⁰. Det är viktigt att komma ihåg att tolkningen av landskapets sammansättning och därmed frågan om ett fragmenterat/varierat landskap ska värderas annorlunda än ett mer homogent landskap är till stor del beroende av vilken skala som väljs i analysen⁸¹.

Det geografiska läget av barriären i förhållande till annan infrastruktur, bebyggelse, topografi och större vattenytor är också viktiga aspekter vid bedömning av åtgärdsbehovet. Där vägar och järnvägar skär av eller isolerar större områden från resten av landskapet, t ex nära kusten eller stora sjöar, kan behovet av åtgärder vara förhöjd. Storleken av dessa fragment bör dock överstiga ett par hemområden för arten i fråga för att vara av relevans. I mindre områden är det mer osannolikt att de nyttjas regelbundet av djuren – om inte områdena hyser särskilt viktiga resurser som djuren söker sig till från längre håll.

80 Helldin & Seiler (2013)

81 Seiler & Eriksson (1997)

Tabell 5. Förslag på hur graderingskriterierna kan vägas mot varandra längs tre hypotetiska barriärsträckor. Enligt detta exempel skulle åtgärder för sträcka A (24 poäng) prioriteras över sträcka B och C. Den relativa viktningen i detta exempel är enbart ett förslag och behöver utvecklas vidare och anpassas för olika regioner och projekt.

Kriterium	Mått, riktvärde	Relativ viktning	Exempel sträcka		
			A	B	C
Längd av sträcka med permeabilitetsbrist					
	> 20 km	3			
	9-20 km	2		2	
	4-9 km	1			1
	< 4 km	0	0		
Fysiska hinder (stängsel, räcken, delad körfält, dubbelspår)					
	> 80% av sträckan	3	3		3
	50-80% av sträckan	2			
	< 50% av sträckan	1		1	
Trafik (fordon per årsmedeldygn)					
	väg > 10 000; jvg > 100	4	4		
	väg > 4 000; jvg > 60	2		2	
	väg < 4 000; jvg < 60	0			0
Hastighet (km/h)					
	väg > 100; jvg > 150	3		3	
	väg > 80; jvg > 100	2	2		
	väg < 80; jvg < 100	1			1
Viltolyckor (frekvens)					
	viltolyckshotspot nationell *	4	4		
	viltolyckshotspot regional *	3		3	
	utanför hotspot	0			0
Viltolyckor (kostnad)					
	höga olyckskostnader **	2	2		
	normala olyckskostnader **	1		1	1
Vandringsstråk					
	strategisk viltkorridor	4	4		
	känd vandringsstråk	3		3	
Landskap och fragmentering					
	isolerade områden	3			3
	preferade landskap ***	3	3	3	
Tekniska incitament					
	samlokaliseringseffekt finns	3			
	utbyggnadsplaner finns	2	2		
	låga anläggningskostnader	2		2	
Övrigt					
	övriga kriterier	?			
Summa av viktningen			24	20	9
Gradering			hög	mellan	låg

* olycksfrekvens > 10% högsta frekvenserna i regionen eller landet
 ** kostnader relaterar i regel till personskador; gränsvärden för viktningen ej framtagna
 *** t ex skogsdominerad landskap innehåller mer än 80 % skog inom ett radie som motsvarar hemområdets kvadratrot
 **** gränsvärden: Hög grad ≥ 24, mellan 11 - 23, låg ≤ 10 poäng

4.7 Bedömningsexempel

I följande ges ett exempel på hur bristanalysens resultat kan tolkas och åtgärdsbehovet bedömas. Exemplet är enbart en illustration och inte ett faktiskt planeringsfall. Dock finns en åtgärdsvalsstudie för området⁸² och det pågår en behovsanalys för viltåtgärder (Trafikverket: Kontakt Leila Einarsson).

Det valda området ligger mitt i en central och storskalig spridningskorridor för skogsfauna som förbinder det mellansvenska skogslandskapet med skogarna i Småland och Västra Götaland och som naturligt avgränsas av Väneren och Vättern (se liten bild i Figur 34). Korridoren genomskärs av E18 i norr (Örebro – Kristinehamn), E20 och Västra Stambanan i söder (Örebro – Mariestad) och Värmlandsbanan i mitten. Den avgränsas av Riksväg 26 längs Vänerens kust i väst och Örebroslätten i öst. E20 utgör den kraftigaste barriären i denna triangel. Stambanan, Värmlandsbanan och E18 uppvisar redan några mer eller mindre lämpliga planskilda passager. Båda Europavägarna är till övervägande del stängslade, har mitt- och sidoräcken och hög trafikvolym. Viltolycksfrekvensen är hög längs de ostängslade sträckorna. Stambanan vid Laxå räknas till de mest olycksdrabbade järnvägarna i Sverige. Briststräckorna längs E20, stambanan och E18 är inte de längsta i regionen, men på grund av deras strategiska läge och styrkan av barriärpåverkan bör åtgärdsbehovet där graderas särskilt högt. Värmlandsbanan är mindre trafikerad och inte stängslad och kan trots att den ligger centralt i korridoren ges en lägre gradering än bristerna längs E20 och E18.

Med hänsyn till briststräckornas styrka och läge relativt i regionen och till varandra borde bristerna längs stambanan och E20 väst om Laxå ha det högsta relativa åtgärdsbehovet, följd av E20 öster om Laxå och E18 mellan Kristinehamn och Karlskoga. Värmlandsbanan erbjuder redan flera potentiellt lämpliga passager varför den återstående bristen skulle kunna ges en lägre relativ betydelse. Här kan dock en mer ingående analys av befintliga passager vara nödvändig för att kvalitetssäkra analysen.

Denna översiktliga gradering kan vara en första hjälp i prioriteringen av åtgärdsplaner. I det fortsatta arbetet måste den kombineras med god lokalkunskap eller fältinventeringar, data på viltstammar och olyckor, och väga in andra praktiska och ekonomiska faktorer.

82 Trafikverket (2013): 2013-12-17

Text till bilder på följande sidor:

Figur 34. Exempel på hur åtgärdsbehovet kan tolkas och bedömas i regionen mellan Kristinehamn – Örebro – Mariestad.

Liten bild: Området ligger i en storskalig skogskorridor (gröna pilar) som länkar ihop skogslandskapen i mellersta Sverige med skogarna i Småland och Västra Götaland.

Stor bild: Stråk av skogsdominerade landskap (gröna pilar) korsas av E18 och E20, samt av Värmlandsbanan (bandel 383) och Västra Stambanan (bandelar 512, 511). De utpekade briststräckorna är färgmärkta avseende antalet passager som skulle behövas för att återskapa permeabiliteten (passagebehov älg).

De kanske mest betydande brister i permeabiliteten (röda ellipser med graderingsnivå) i detta exempel finns längs E20 mellan Finnerödja, Laxå och Vretstrop. E20 saknar lämpliga planskilda passager för djuren medan Västra Stambanan redan erbjuder några teoretiskt lämpliga passager. Dessa kan dock inte ge effekt på grund av vägens återstående barriär. Stora brister finns även längs E18 mellan Kristinehamn och Karlskoga, medan sträckan Karlskoga - Vintrosa uppvisar några lämpliga viltpassager. Även Värmlandsbanan vid Svartå uppvisar brister, men eftersom denna järnväg inte är lika hård trafikerad som stambanan, är åtgärdsbehovet möjligen något lägre. Med hänsyn till det strategiska läget av briststräckorna och kvalitén av de utpekade barriärerna skulle åtgärdsbehoven kunna rankas som angivet i bilden.

Fördjupad analys finns i åtgärdsvalsstudien för E20 och Stambanan (Trafikverket 2013).

Figur 35. Exempel på hur åtgärdsbehovet kan tolkas och bedömas i regionen mellan Kristinehamn – Örebro – Mariestad.

Exemplet visar på hur landskapets sammansättning kan analyseras: Här visas andel mark som är skogsklädd inom en sökradie som motsvarar kvadratroten av ett genomsnittligt älghemområde (4 km). Analysen tydliggör betydelsen av skogsdominerade landskap (med > 80 % skog inom 16 km²) som korsas av E18 och E20, samt av Värmlandsbanan (bandel 383) och Västra Stambanan (bandelar 512, 511) där åtgärder för älg bör graderas högre jämfört med områden av utpräglad jordbrukskaraktär (t ex nära Örebro).

Figur 36. Exempel på hur åtgärdsbehovet kan tolkas och bedömas i regionen mellan Kristinehamn – Örebro – Mariestad.

Exemplet inkluderar en analys av landskapets konnektivitet för klövvilt med hjälp av GIS-verktyget Circuitscape (McRae et al 2008). Verktyget simulerar djurens rörelser genom landskapet som ett elektriskt flöde. Den röda färgen indikerar stråk där flödet är störst och där flest djur förväntas vandra för att ta sig från nordväst till sydost genom södra Mellansverige. Observera barriäreffekten av E20 vid Finnerödja och den kanaliseringseffekten av passagera vid Hova. För detaljer se Nichol森 m.fl. (2014).

TOLKNINGSEXEMPEL

Bedömt åtgärdsbehov

- Högst behov + rel. rang
- Intermediärt
- Lågt behov

Återstående barriärer med åtgärdsbehov

- 0 antal passager
- < 1
- 1 - 3
- 3 - 6
- 6 - 25
- Övriga vägar
- Övriga järnvägar

Potentiella passager

- Broobjekt
- Effektområde Ålg

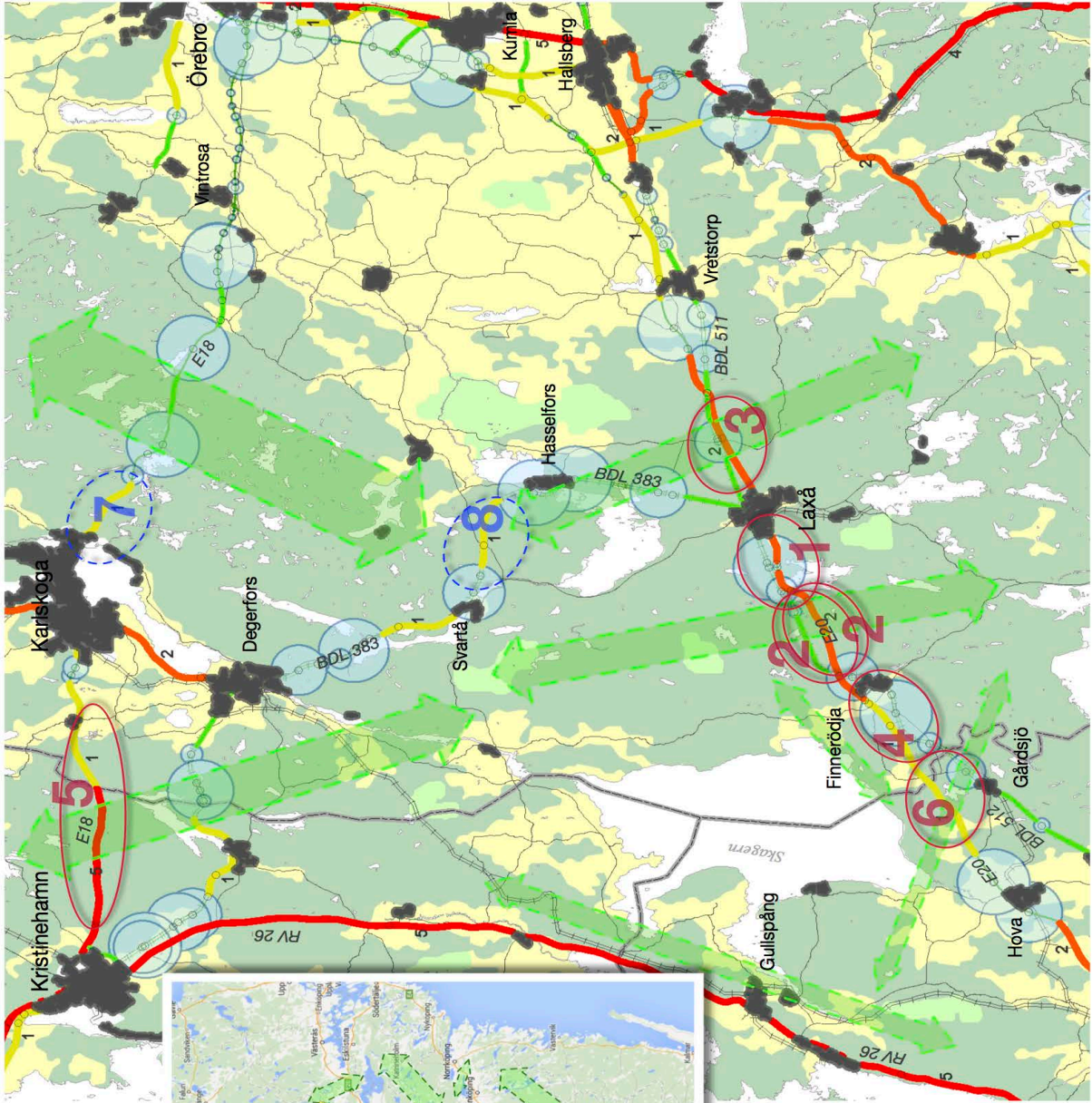
Marktäcke

- Kalvfjäll
- Öppen mark
- Sankmark
- Skogsmark

Landskap

- Våttenyta
- Tätort
- Tätortsbuffer
- Länsgräns
- Storskaliga korridorer

enligt Bristanalysen Klövitt 2014



Figur 34

TOLKNINGSEXEMPEL

Bedömt åtgärdsbehov

- Högt behov + rel. rang
- Intermediärt
- Lågt behov

Återstående barriärer

PASSAGEBEHOV ÄLG

- 0
- < 1
- 1 - 3
- 3 - 6
- 6 - 25

- Övriga vägar
- Övriga järnvägar

Pot. passager

- Broobjekt
- Effektområde Älg

Landskap

- Vattenyta
- Tätort
- Tätortsbuffer
- Länsgräns

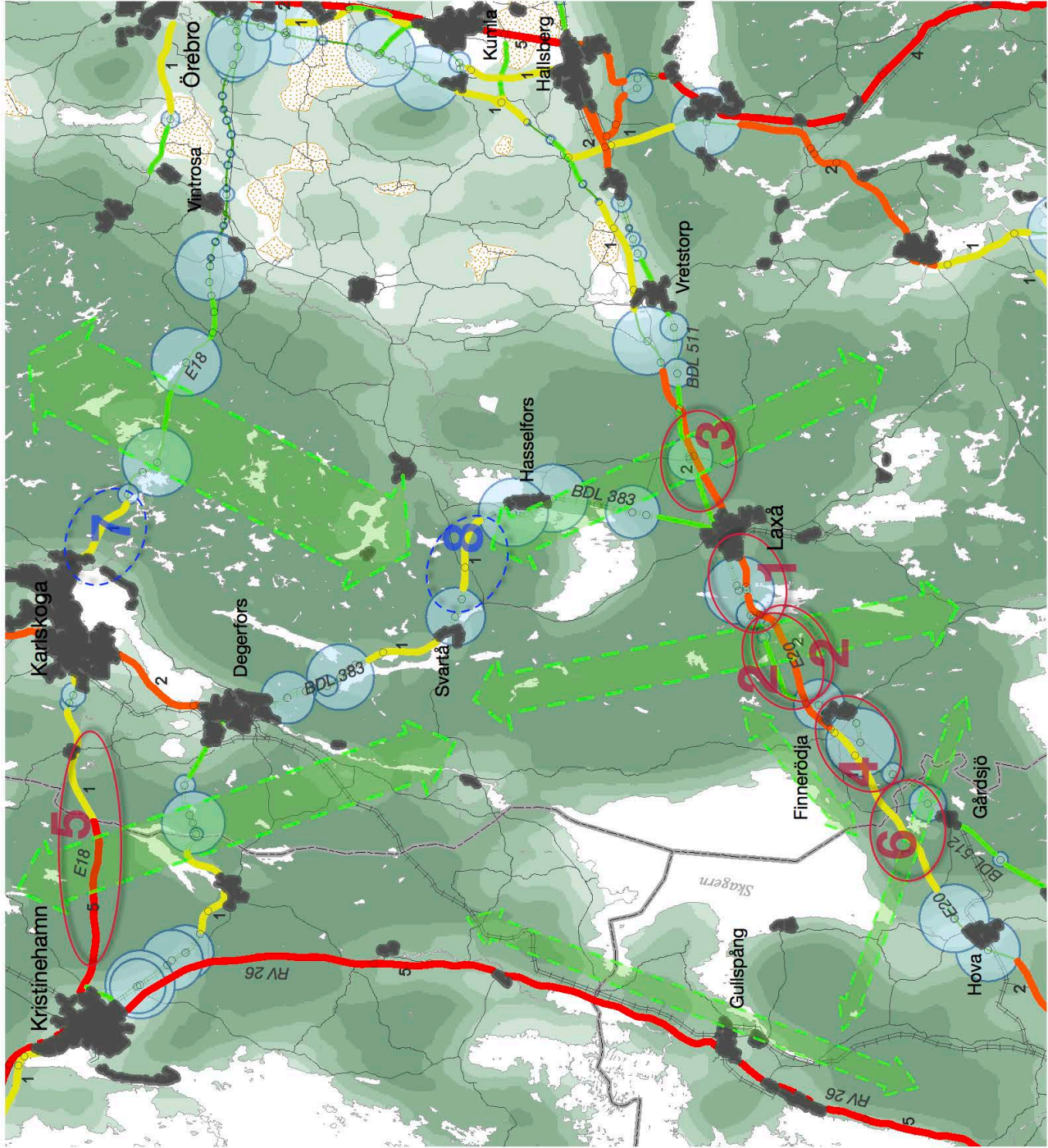
Andel skog (4*4 km)

- < 20%
- 35%
- 50%
- 65%
- 80%
- 100%
- >80% öppen mark

- Storskaliga korridorer

enligt Enstatanalysen Klövhit 2014

Datum: 2017-07-03
Skala: 1:500 000
© Trafikverket, omr: 100-20102687



Figur 35

TOLKNINGSEXEMPEL

Bedömt åtgärdsbehov

- Högt behov + rel. rang
- Intermediärt
- Lågt behov

Återstående barriärer

- Järnväg > 2km
- Väg > 2km
- Övriga vägar
- Övriga järnvägar

Pot. passager

- Broobjekt
- Effektområde Älg

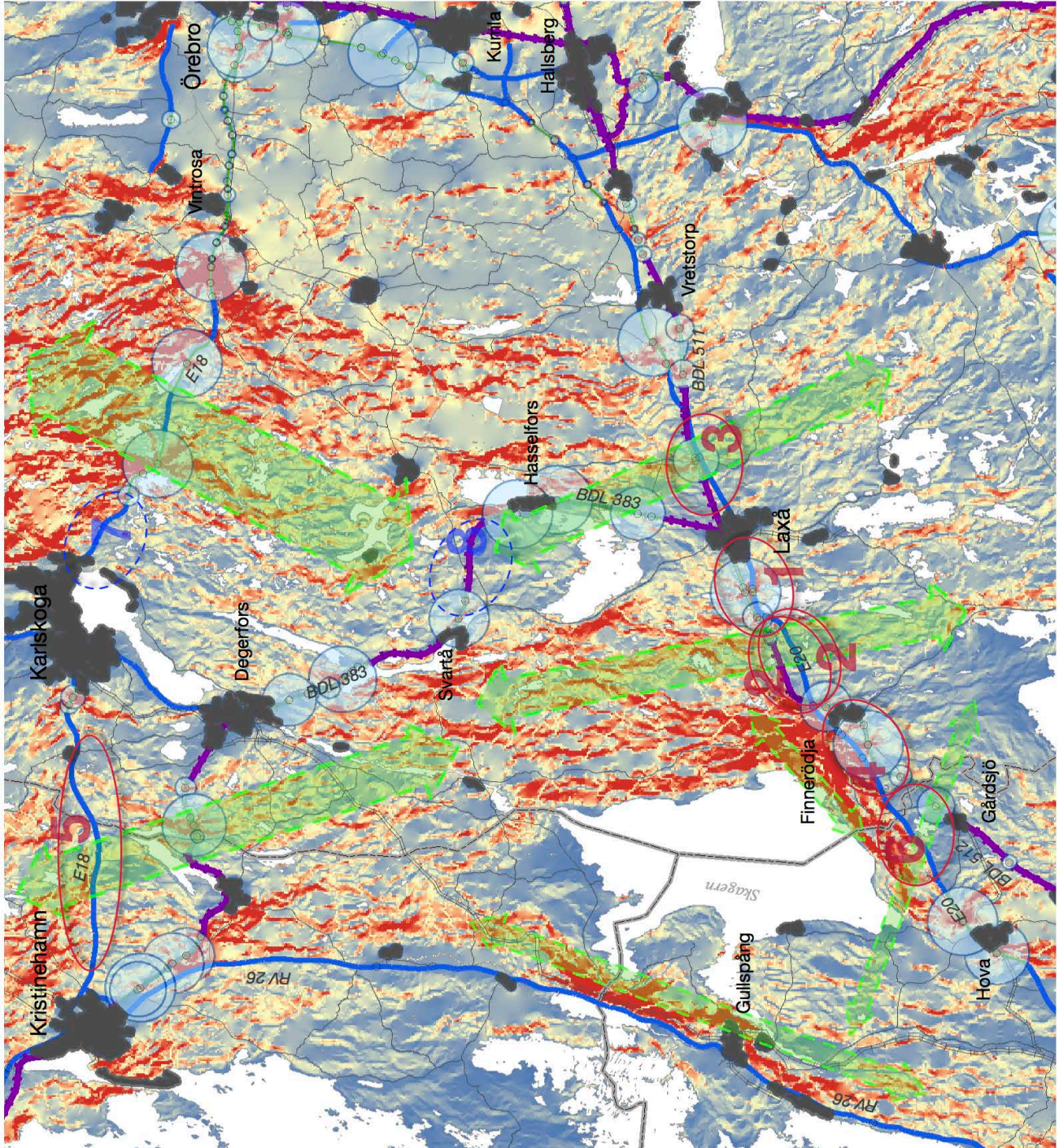
Landskap

- Vattenyta
- Tätort
- Tätortsbuffert
- Lansgräns

Konnektivitet

- Simulerat flöde
- Högt
- Lågt

Storskaliga korridorer



enligt Bristanalysen Klövått 2014
 Datum: 2019-05-06
 Skala: 1:300,000
 © Trafikverket, dnr 159-2010-02687

Figur 36

5 Datakällor och GIS modell

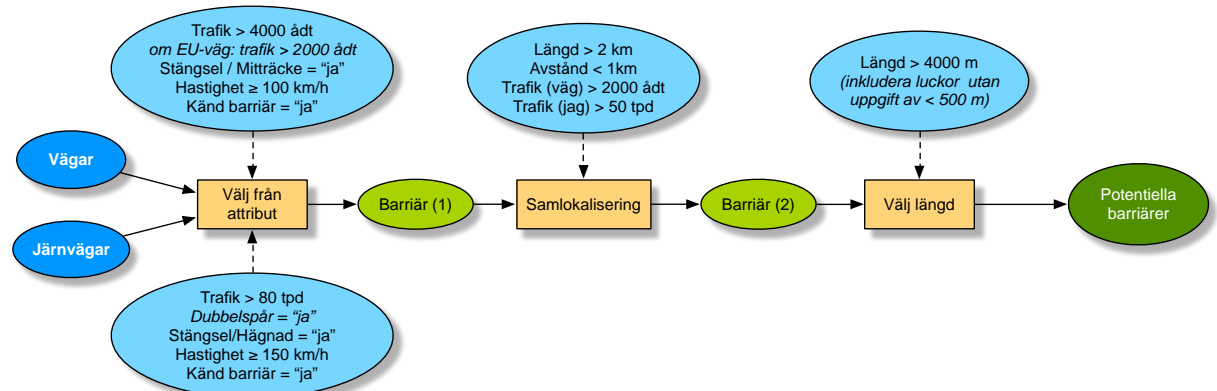
Bristanalysen för klövvilt använder i första hand existerande digitala databaser och tolkar data utifrån resultat av empiriska studier. Kvalitet och struktur av dessa databaser är dock mycket varierande och ingen av databaserna är (ännu) egentligen utformad för att ge direkt input till analyserna. Det betyder att många uppgifter särskilt avseende broar (BaTMan) behöver tolkas, justeras och kompletteras manuellt. Detta kräver ekologisk kompetens samt kunskaper i GIS och databashantering.

5.1 Steg I - Kartläggning av spridningshinder

Indata

- Från Trafikverket
 - Statliga vägar - NVDB (med uppgift om stängsel och mitträcken, vägtyp och klass, trafikvolym, hastighet)
 - Järnvägar (med attribut på trafikplatser, bandel, trafikflöde, hastighet, stängsel, antal spår)
 - Kapacitetsutredning, Utbyggnadsplaner, Trafikprognoser, eller motsvarande planer
- Från Lantmäteriet (Terrängkartan)
 - Bebyggelse (industrimark, tätorter)
 - Administrativa gränser

Modell



(för kriterier se kapitel 3.2)

Utdata

- Vägar och järnvägar som bedöms som potentiella barriärer för klövvilt.

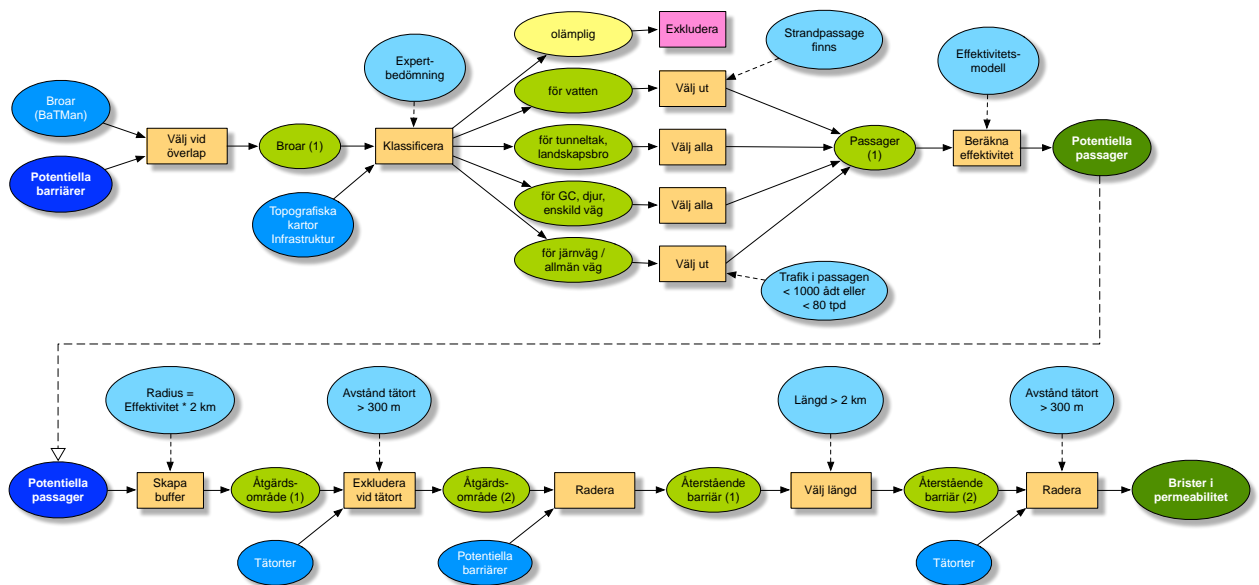
5.2 Steg II – Klassning av broar Steg III - Återstående barriärer

Indata

- Resultat från steg 1 (potentiella spridningshinder)
- Från Trafikverket
 - BaTMan – Brodatabasen (online och på kalkylblad)
 - Uppgifter om passageras dimensioner och effektivitet

- o Statliga vägar - NVDB (med uppgift om vägtyp och klass och trafikvolym)
 - o Järnvägar (med data på trafikflöde, antal spår)
- Från terräng- eller vägkartan
 - o Järnvägar (statliga och privata)
 - o Vägar (allmänna och enskilda)
 - o Stigar och leder
 - o Vattendrag och vattenytor
 - o Bebyggelse (industrimark, tätorter)
 - o Skogsmark och öppen mark
- Satellitbild, flygbild eller foton
 - o t ex från BaTMan, Lantmäteriet, Google Earth med Street-View, Eniro, m.m.
 - o eventuellt från fältbesök vid broarna

Modell



(för kriterier och effektivitetsmodellen se kapitel 3.3)

Utdata

- Broar som bedöms kunna erbjuda en potentiell passage åt klövvilt
- Broarnas effektivitet som passage och deras relativa effektavstånd
- Vägar och järnvägar med återstående permeabilitetsbrist. Dessa briststräckor är > 2 km i längd och avgränsas av åtgärdade barriärer (som ligger inom passagernas effektområde), av infrastruktur som inte klassades som barriär eller av tätorter.

5.3 Gradering av åtgärdsbehovet

Indata

- Resultat från steg 3 (återstående permeabilitetsbrister)
- Från Trafikverket
 - o Statliga vägar - NVDB (med uppgifter enligt steg 1)
 - o Järnvägar (med uppgifter enligt steg 1)

- Från Lantmäteriet
 - Terrängkarta (enligt ovan)
 - Svensk marktäckedata (SMD)
- Från Nationella Viltolycksrådet och Trafikverket (Ofelia)
 - Viltolyckor
- Från länsstyrelse/jaktorganisationer
 - Jaktstatistik
- Lokal/regional detaljkunskap
- Under utveckling:
 - Friktionskarta för konnektivetsanalys i Circuitscape eller motsvarande applikation
 - Viltolyckshotspots eller viltolycksfrekvens (enligt KDE+ metoden)

Utdata

- Graderad åtgärdsbehovet längs återstående briststräckor
- Prioriteringsordning för åtgärder

5.4 Brodatabasen

Data på befintliga broar är en väsentlig förutsättning i bristanalysen. I arbetet utgick vi ifrån ett utdrag ur BaTMan som omfattar alla broar större än 2 meter i diameter. Mindre trummor eller konstruktioner är i regel inte bokförda, men erbjuder inte heller någon lämplig passage för klövvilt även om de kan vara värdefulla för mindre arter som t ex räv, utter eller grävling. BaTMan innehåller information om broarnas dimensioner och placering. Viktig information om brotyp och användning finns gömd i objektbeskrivningen och måste filtreras fram. Denna information behöver tolkas med hjälp av fotomaterial i BaTMan eller genom fältbesök. Lämpliga broar används sedan i effektivitetsberäkningen som resulterar i ett mått på det relativa effektavståndet, dvs. avståndet inom vilket passagen antas kunna effektivt upphäva vägens barriärpåverkan. Bilaga 1 visar strukturen för den resulterande databasen som används i GIS beräkningen.

Checklista GIS arbete

- Potentiella barriärer är identifierade och föreligger som shape-fil för beräkning i GIS. Databasen innehåller uppgifter om vägnummer resp. bandel i överensstämmelse med brodatabasen, trafikvolym, hastighet, förekomst av stängsel, mitträcken etc.
- Befintliga broar är identifierade och databasen innehåller uppgifter om: typ, syfte och användning, koordinater, dimensioner
- Befintliga broar är granskade och passagernas bredd, längd, höjd och den samlade lämpligheten är bedömda enligt bristanalysen.
- Brodatabasen innehåller information om passagernas effektivitet uttryckt som relativt effektavstånd och föreligger som shape-fil.
- Gränsvärdena i analysen och bedömningen är klarlagda.
- Shape-filer på t ex tätorter eller andra områden som ska uteslutas i analysen är framtagna.
- Indatafiler och attribut har rätt benämning eller kod för att kunna läsas in i GIS-modellen.
- Resultatfiler efter GIS-beräkningen är granskade.



6 Nationella resultat (2015)

6.1 Potentiella barriärer

När ovanstående bristanalys tillämpas på nationell nivå, klassificeras 12 801 km statlig väg och 5 874 km järnväg som potentiell barriär för klövviltet (Figur 37). Detta motsvarar cirka 13 %, resp. 51 % av det totala infrastrukturnätet enligt de digitala kartorna från Trafikverket (se

Tabell 6-7, samt Figur 38-40).

Inom vägnätet klassades runt 71 % av Europavägarna och 47 % av Riksvägarna som potentiell vandringshinder. Bland dessa barriärer var ca 25 % försedda med viltstängsel medan 34 % har någon form av mittbarriär eller mitträcke, varav hälften är på ostängslade vägar. Ungefär en tredje del av vägbarriärerna har en trafikvolym på över 10000 fordon per årsmedeldygn eller en skyltad hastighet över 100 km/h.

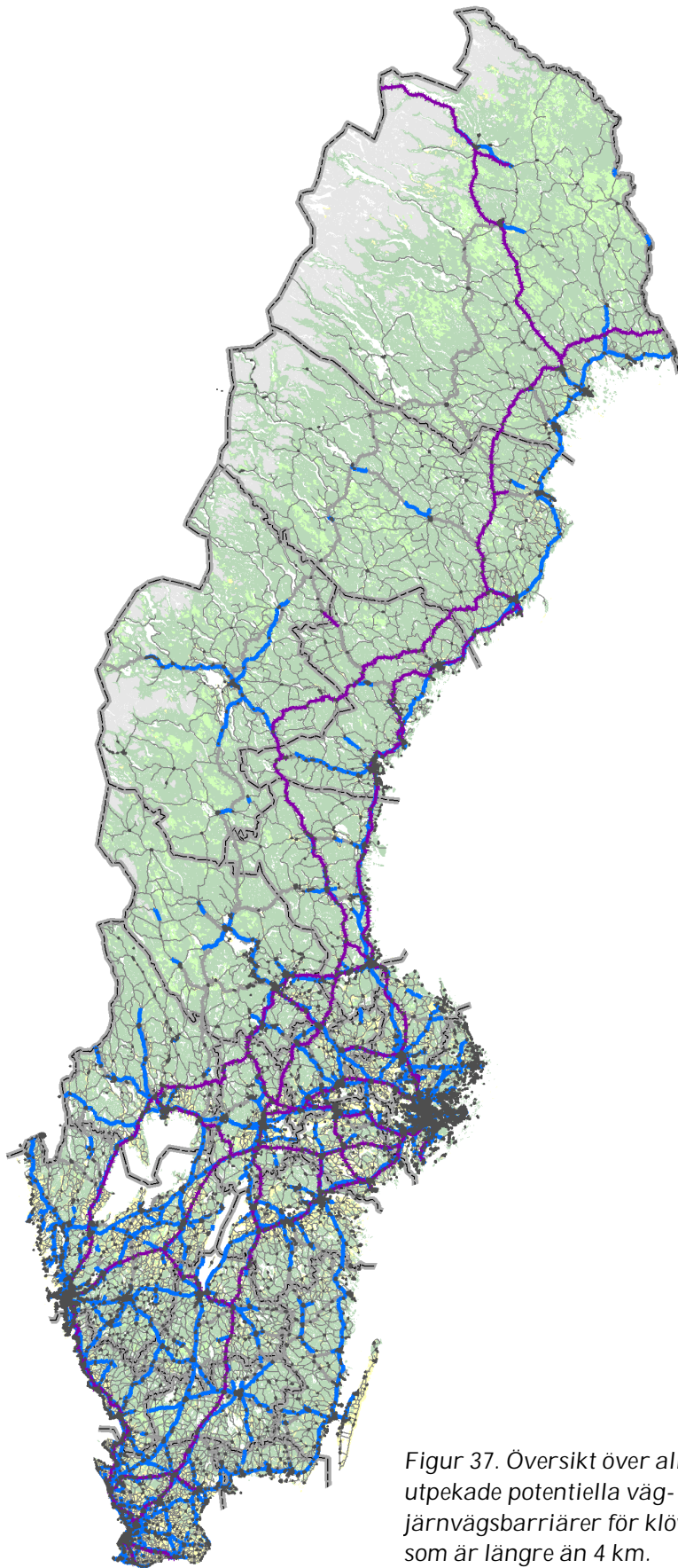
De potentiella järnvägsbarriärerna utgörs i första hand av stambanorna (ca 35 %). Trafiken på järnvägsbarriärerna ligger i medel på 115 tåg per dygn, jämfört med ca 17,9 tåg på resterande järnvägsnätet som ej klassades som potentiellt vandringshinder för klövvilt.

I jämförelse med vägnätet verkar järnvägar därför vara överrepresenterade bland de potentiella spridningshindren. Detta är dock medvetet valt eftersom kunskapsunderlaget för järnvägar är svagare och det därmed krävs större säkerhetsmarginal dvs. lägre gränsvärden i urvalskriterierna. När uppdaterade empiriska och kvalitativt bättre data på barriäreffekt och viltolyckor på järnväg tas fram kan de föreslagna gränsvärdena justeras och antalet potentiella barriärer avgränsas bättre.

Tabell 6. Resultat av klassningen av potentiella väg- och järnvägsbarriärer i Trafikverkets digitala databas 2011.

Vägtyp	barriär (km)	% av totalt	ej barriär (km)	total längd (km)
Europaväg	5 393	70,5%	2 253	7 646
Riksväg	4 412	47,4%	4 895	9 307
Prim. länsväg	1 845	16,6%	9 250	11 095
Sek. länsväg	1 114	1,5%	70 994	72 109
Tert. länsväg	-	0,0%	343	343
Okänt vägtyp	37	8,6%	391	428
Summa	12 801	12,7%	88 127	100 928





Järnväg	barriär (km)	% av totalt	ej barriär (km)	total längd (km)
Arlandabanan	23	100,0%	-	23
Bergslagsbanan	415	100,0%	-	415
Botniabanan	182	100,0%	-	182
Citytunneln	7	100,0%	-	7
Godsstråket i Bergslagen	309	100,0%	-	309
Grödingebanan	31	100,0%	-	31
Jönköpingsbanan	112	100,0%	-	112
Malmbanan	426	100,0%	-	426
Mäljarbanan	221	100,0%	-	221
Norra stambanan	336	100,0%	-	336
Nynäsbanan	55	100,0%	-	55
Ostkustbanan	394	100,0%	-	394
Svealandsbanan	114	100,0%	-	114
Södertäljebanan	2	100,0%	-	2
Södra stambanan	592	100,0%	-	592
Umeå-Holmsund	11	100,0%	-	11
Väst kustbanan	294	100,0%	-	294
Västra stambanan	465	100,0%	-	465
Öresundsbanan	29	100,0%	-	29
Stambanan i övre Norrland	660	94,9%	35	695
Skånebanan	106	90,1%	12	118
Norge/Vänernbanan	229	77,2%	68	297
Ådalsbanan	154	76,7%	47	201
Sala-Oxelösund	101	66,3%	51	153
Värmlandsbanan	120	59,2%	83	202
Ystadbanan	55	54,9%	45	101
Haparandabanan	139	54,5%	116	254
Övriga järnvägar	293	5,4%	5 157	5 450
Summa	5 874	51,1%	5 614	11 488







Figur 37. Översikt över alla utpekade potentiella väg- och järnvägsbarriärer för klövvilt som är längre än 4 km.

Potentiella barriärer

Typ av barriär

-  Järnväg
-  Väg
-  Övriga järnvägar
-  Övriga vägar

Marktäcke

-  Kalfjäll
-  Öppen mark
-  Sankmark
-  Skogsmark

Vattenyta

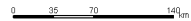
-  Tätort

-  Länsgrens

VANDRINGSHINDER OCH BROAR

enligt Bristanalysen Klövvilt 2014

Datum: 2012-07-03
Skala (A3): 1:6,000,000



© Lantmäteriet, dnr 109-2010/2867

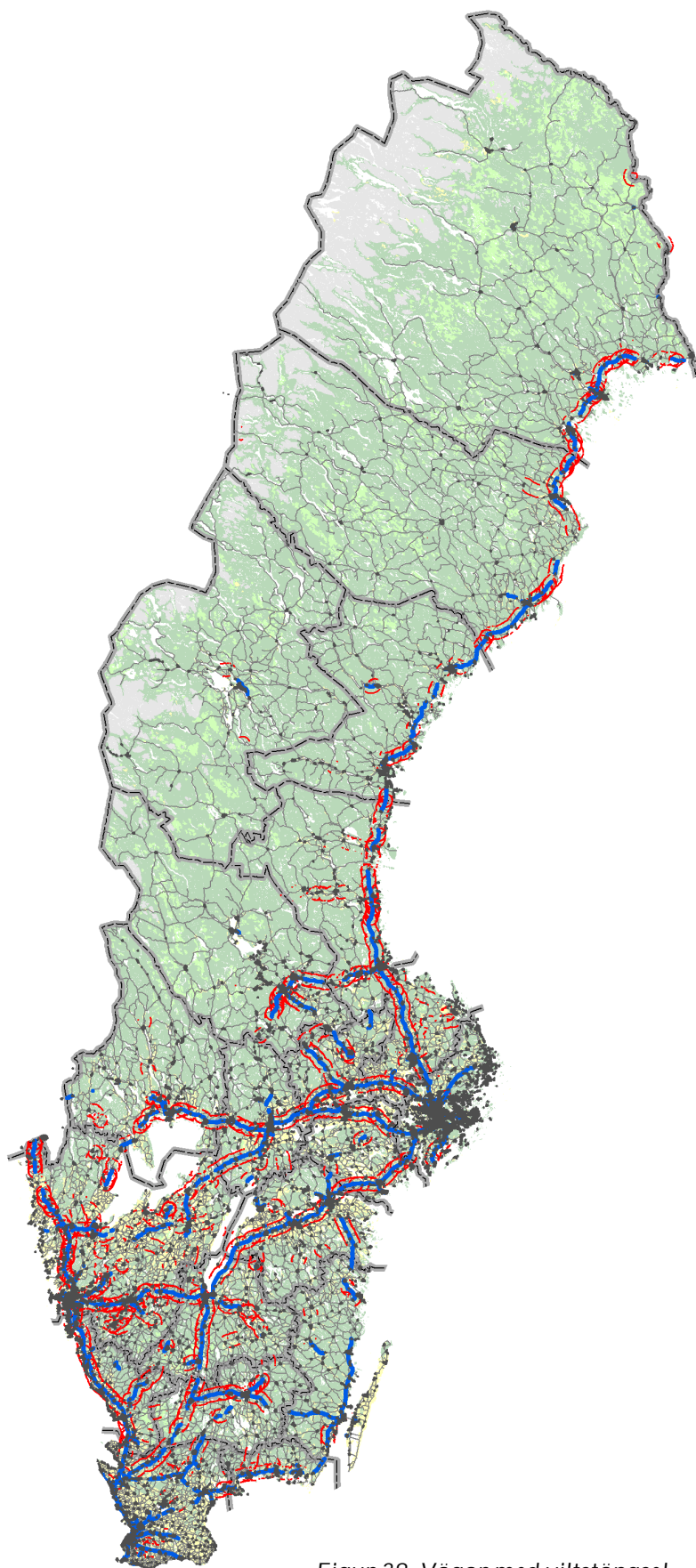


Tabell 7. Fördelning av trafikflödesklasser bland potentiella väg- och järnvägsbarriärer. Trafikvolymen är uppräknade till årsmedeldygn år 2021.

Järnvägsbarriärer		Vägbarriärer	
Tåg per dygn	% av pot. barriär	Fordon per dygn	% av pot. barriär
< 40	24%	< 4000	13%
40-80	37%	4000-10000	57%
80-250	35%	> 10000	30%
> 250	4%		

Tabell 8. Längd och medeltrafikvolym, stängsel och mitträcken längs potentiella barriärer i Sverige.




Längd (km)	ostängslad	stängslad (km - %)	Summa
utan mitträcke	7 269	1 137 14%	8 406
med mitträcke	2 217	2 099 49%	4 316
Summa	9 486	3 236 25%	12 722
Trafik (ådt)	ostängslad	stängslad (ådt - %)	Summa
utan mitträcke	7 993	5 663 41%	13 656
med mitträcke	22 801	14 065 38%	36 866
Summa	30 794	19 729 39%	50 522



Figur 38. Vägar med viltstängsel, mittbarriärer och

Potentiella barriärer

Vägar

-  Mitträcke
-  Stängsel
-  Övriga vägar

Marktäcke

-  Kalfjäll
-  Öppen mark
-  Sankmark
-  Skogsmark
-  Vattenyta
-  Tätort
-  Länsgrens

VANDRINGSHINDER OCH BROAR

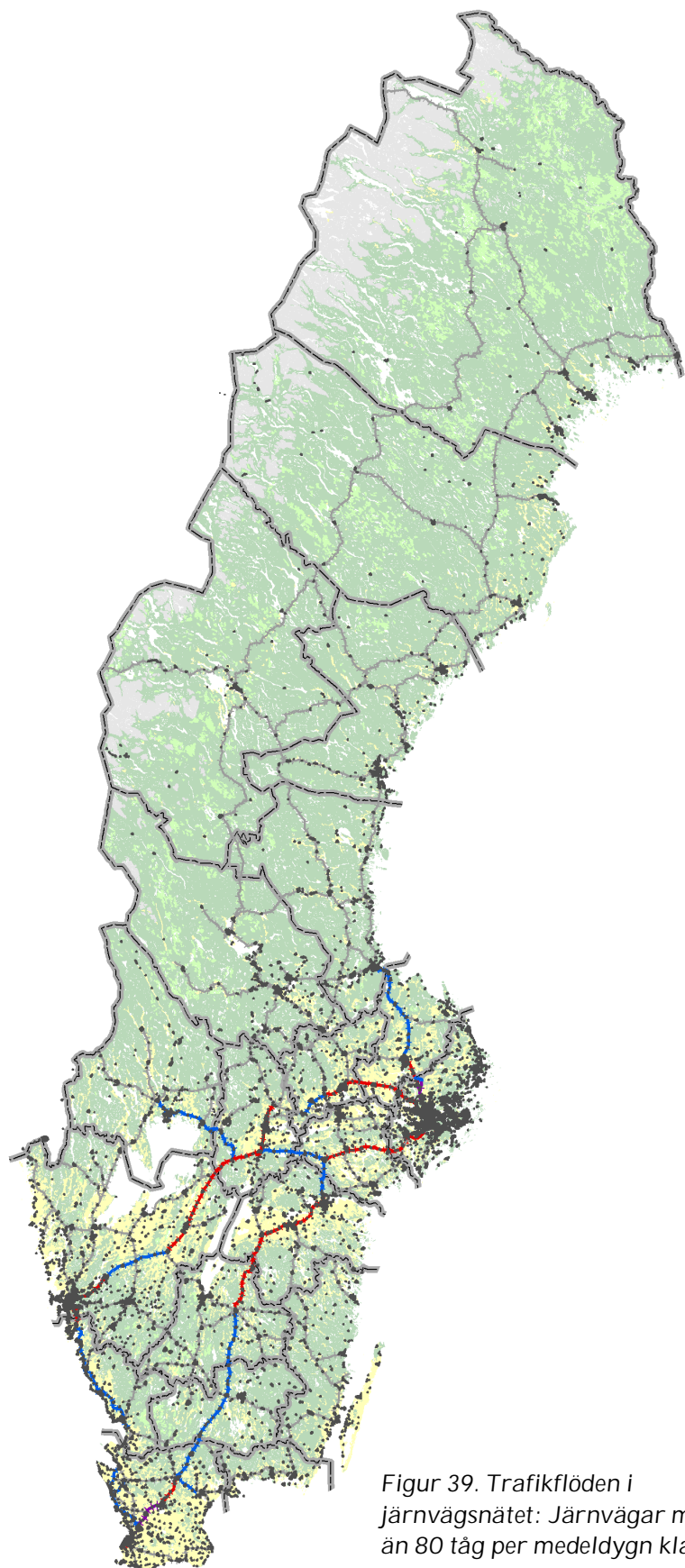
enligt Bristanalysen Klövviit 2014

Datum: 2012-07-03
Skala (A3): 1:6,000,000

0 35 70 140 km

© Lantmäteriet, dnr 109-2010/2667





Järnvägsbarriärer

Tåg per dygn

- < 65
- 65 - 120
- 120 - 200
- > 200

Marktäcke

- Kalfjäll
- Öppen mark
- Sankmark
- Skogsmark
- Vattenyta
- Tätort
- Länsgräns

VANDRINGSHINDER OCH BROAR

enligt Bristanalysen Klövviitt 2014

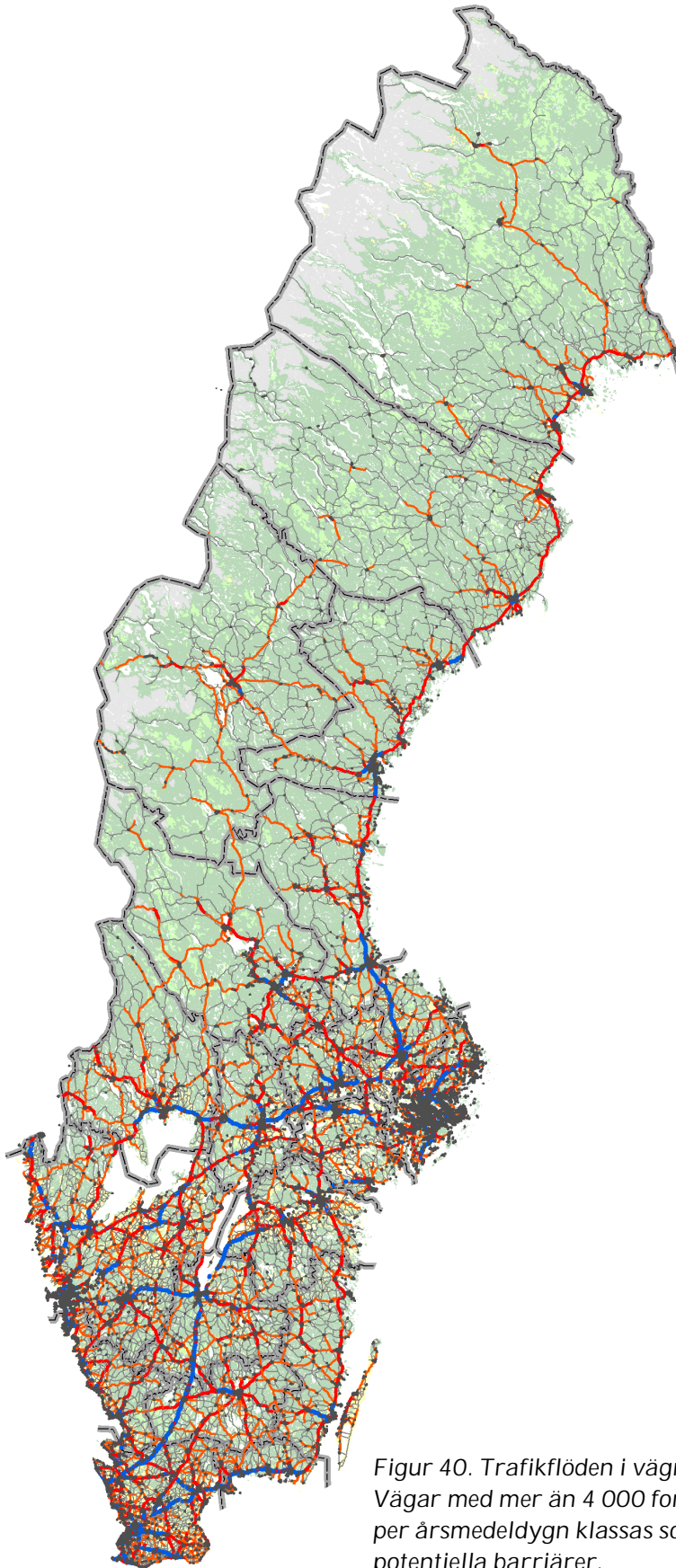
Datum: 2012-07-03
Skala (A3): 1:6,000,000

0 50 100 km

© Lantmäteriet, dnr 109-2010/2667



Figur 39. Trafikflöden i järnvägsnätet: Järnvägar med mer än 80 tåg per medeldygn klassas som potentiella barriärer.



Figur 40. Trafikflöden i vägnätet:
Vägar med mer än 4 000 fordon
per årsmedeldygn klassas som
potentiella barriärer.

Vägbarriärer

Fordon / dygn

- < 1000
- 1000-4000
- 4000-10000
- > 10 000

Marktäcke

- Kalffjäll
- Öppen mark
- Sankmark
- Skogsmark
- Vattenyta
- Tätort
- Länsgräns

VANDRINGSHINDER OCH BROAR

enligt Bristanalysen Klövvilt 2014

Datum: 2012-07-03
Skala (A3): 1:6,000,000

0 35 70 140 m

© Lantmäteriet, dnr 109-2010/2667



6.2 Potentiella passager

Längs de ovan utpekade barriärerna finns enligt BaTMan (minst) 5194 bro-objekt som teoretiskt skulle kunna erbjuda en planskild passage åt djuren (i december 2015). Av dessa objekt har 5134 kunnat granskas individuellt på bild och satellitbild eller genom fältbesök, 60 objekt har ej kunnat granskas och exkluderas därför från den fortsatta analysen. Drygt hälften av de verifierade broarna bedömdes dock på grund av deras utformning, användning, störning eller placering som generellt olämpliga för djuren (Tabell 9).

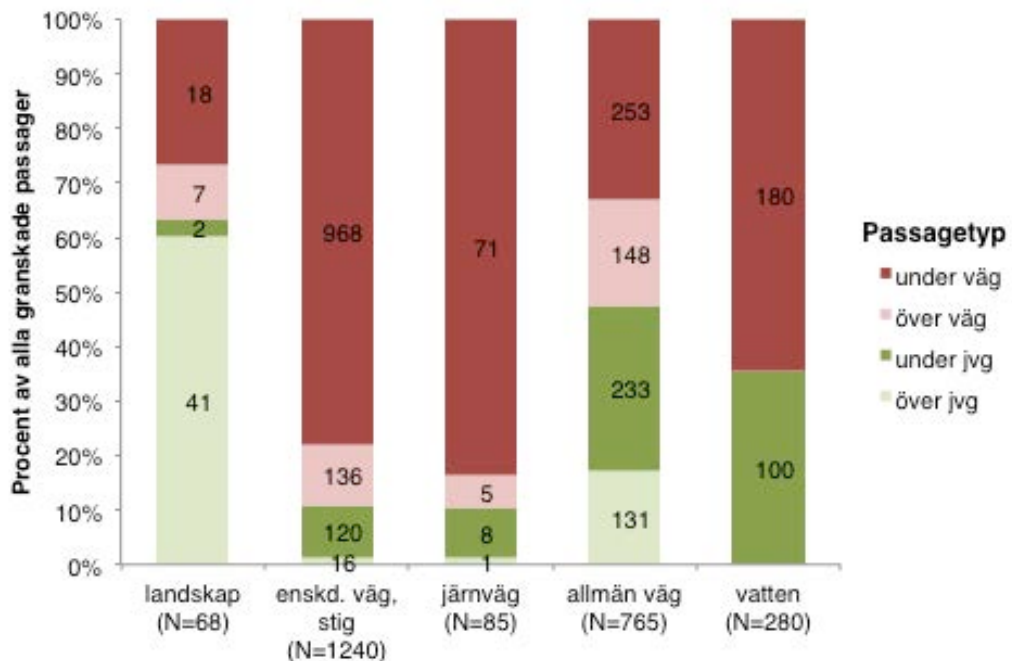
Av de 2438 objekt som bedömdes lämpliga som potentiell passage åt klövdjuren är 80 % undergångar och 20 % övergångar, hälften betjänar enskild väg, stig eller djurpassage (koport), en tredjedel allmänna vägar och bara 3 % järnvägar och 11 % vatten (Figur 41 och Figur 42). Passager för enskilda vägar och stigar eller landskap/tunneltak bedömdes alltid som potentiellt lämpliga. Vattenpassager saknade ofta en strandremsa där djuren kunde vandra torrfofa eller så var de av mycket låg höjd eller bredd. Detta förklarar varför endast runt 16 % av alla studerade vattenpassager ansågs potentiellt lämpliga för klövvilt

Tabell 9. Mått och bedömningsresultat för verifierade broar som bedömdes lämpliga, respektive olämpliga för klövvilt. Antal ej verifierade broar: 60 (i december 2015).

Medelvärden brodata 2015	Antal broar	Längd (m)	Höjd (m)	Konstruktionsbredd (m)	Bredd av passagen (m)			Effektivitet för älg	Effektivitet för rådjur
					medel	min	max		
bedömd olämplig	2636	21,1	2,2	19,81	8,0	-	3815	-	-
övergång	543	49,0	0,0	24,11	22,2	-	3815	-	-
undergång	2093	13,8	2,7	18,70	4,4	-	500	-	-
bedömd lämplig	2438	28,5	3,8	33,58	27,4	-	5170	0,43	0,54
övergång	485	60,8	0,0	67,73	67,6	-	5170	0,30	0,36
undergång	1953	20,5	4,7	25,10	17,5	-	996	0,47	0,58
Totalt	5074	24,6	2,9	26,43	17,4	0	5170	0,21	0,26
Potentiella passager för älg = 2438									
Effektivitet för älg = 0	358	30,8	2,4	9,95	3,1	-	79	-	0,23
övergång	23	140,6	0,0	5,25	5,0	-	9	-	0,15
undergång	335	23,3	2,5	10,27	2,9	-	79	-	0,24
Effektivitet för älg > 0	2080	28,1	4,0	37,65	31,6	3,0	5170	0,51	0,59
övergång	462	56,8	0,0	70,84	70,7	3,0	5170	0,31	0,37
undergång	1618	19,9	5,1	28,17	20,5	3,0	996	0,56	0,65
Potentiella passager för rådjur = 2438									
Effektivitet för rådj. = 0	50	18,6	2,2	17,38	3,5	-	79	-	-
övergång	1	31,0	0,0	7,90	0,0	-	0	-	-
undergång	49	18,3	2,2	17,58	3,5	-	79	-	-
Effektivitet för rådj. > 0	2388	28,7	4,8	33,92	27,9	2,0	5170	0,44	0,55
övergång	484	60,9	0,0	67,85	67,7	2,0	5170	0,30	0,36
undergång	1904	20,5	4,8	25,29	17,8	2,0	996	0,48	0,59

Men även om en bro uppfyller kriterierna för en potentiell passage (minsta höjd och bredd, trafikflöde, placering, etc.) så avgör dess dimensionering hur effektiv den kan vara för klövvilt som älg och rådjur. Effektiviteten varierar avsevärt mellan brotyper, mellan över-, respektive undergångar (Figur 43) och även geografiskt (Error! Reference source not found.). Av alla passager som bedömdes principiellt lämpliga för klövvilt uppnådde 85 % en effektivitet för älg som var större än noll och 73 % större

än 10 %. Eftersom rådjuren i regel är mindre känsliga för trånga utrymmen än älgen beräknades fler passager kunna vara effektiva för rådjur: 98 %, respektive 97 % (Tabell 10). Medeleffektiviteten av lämpliga passager beräknades för älg på 30% för övergångar och 47% för undergångar; för rådjur på 36%, respektive 58%.

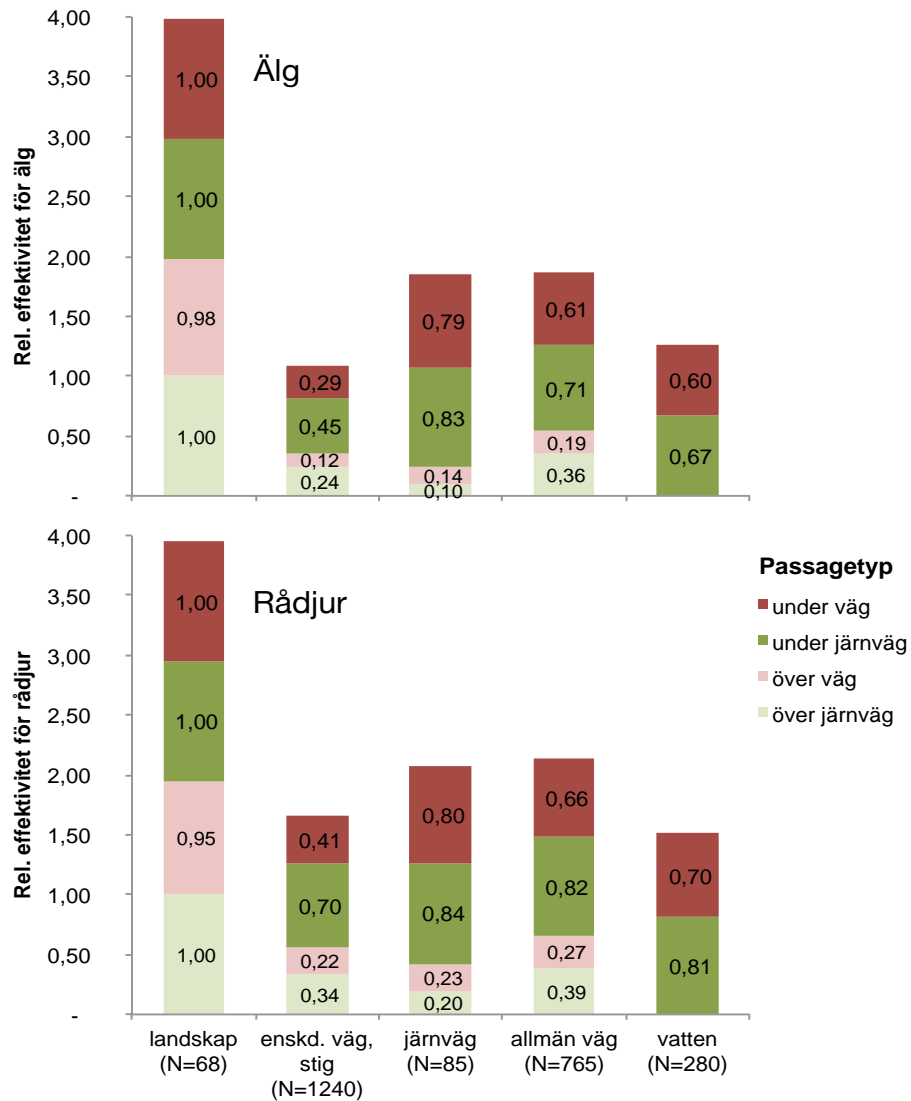


Figur 41. Fördelning av användningsområde av passager som bedöms potentiellt lämpliga för klövdjur. Totalt N = 2438.

Passager vid järnvägsbarriärer bedömdes i genomsnitt vara betydligt bättre än passager vid vägbarriärerna. Detta är troligen på grund av att broar över eller under järnvägsbarriärer i regel är kortare än motsvarande broar vid vägbarriärer eftersom järnvägar ofta är smalare än vägar. Övergångar för järnväg är i regel av mindre effektivitet för klövsvilt än passager för vägar (troligen av samma anledning som ovan), däremot är undergångar för järnväg i medeltal av högre effektivitet än vägar.

Trots att djuren anses föredra fria passager över en väg- eller järnvägsbarriär än mörka och trånga tunnlar⁸³, så uppnådde de befintliga konventionella övergångarna i genomsnitt en sämre effektivitet än undergångar; troligen för att övergångarna i regel är längre och smalare än undergångar.

83 jämför Luell m fl. 2003



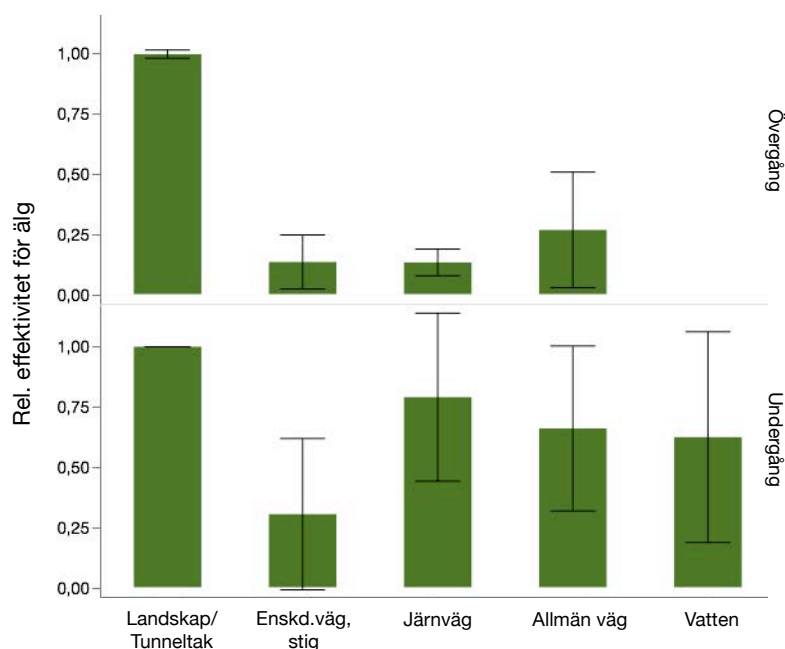
Figur 42. Passagerans relativa effektivitet för älg uppdelat på över- och undergångar vid väg- och järnvägsbarriärer. N = 2438.

Det får inte glömmas att effektivitetsmodellen (kapitel 3.5.7) ger principiellt en optimistisk bedömning av hur ofta djuren använder sig av en passage i förhållande till vad som skulle förväntas utifrån djurens rörelser och förekomst utanför passagen⁸⁴. En effektivitet av över 30 % som de befintliga konventionella passagerna redan beräknas uppnå i genomsnitt må verka förhållandevis bra, men betyder ändå att upp till 70 % av vägens eller järnvägens lokala barriärpåverkan ligger kvar.

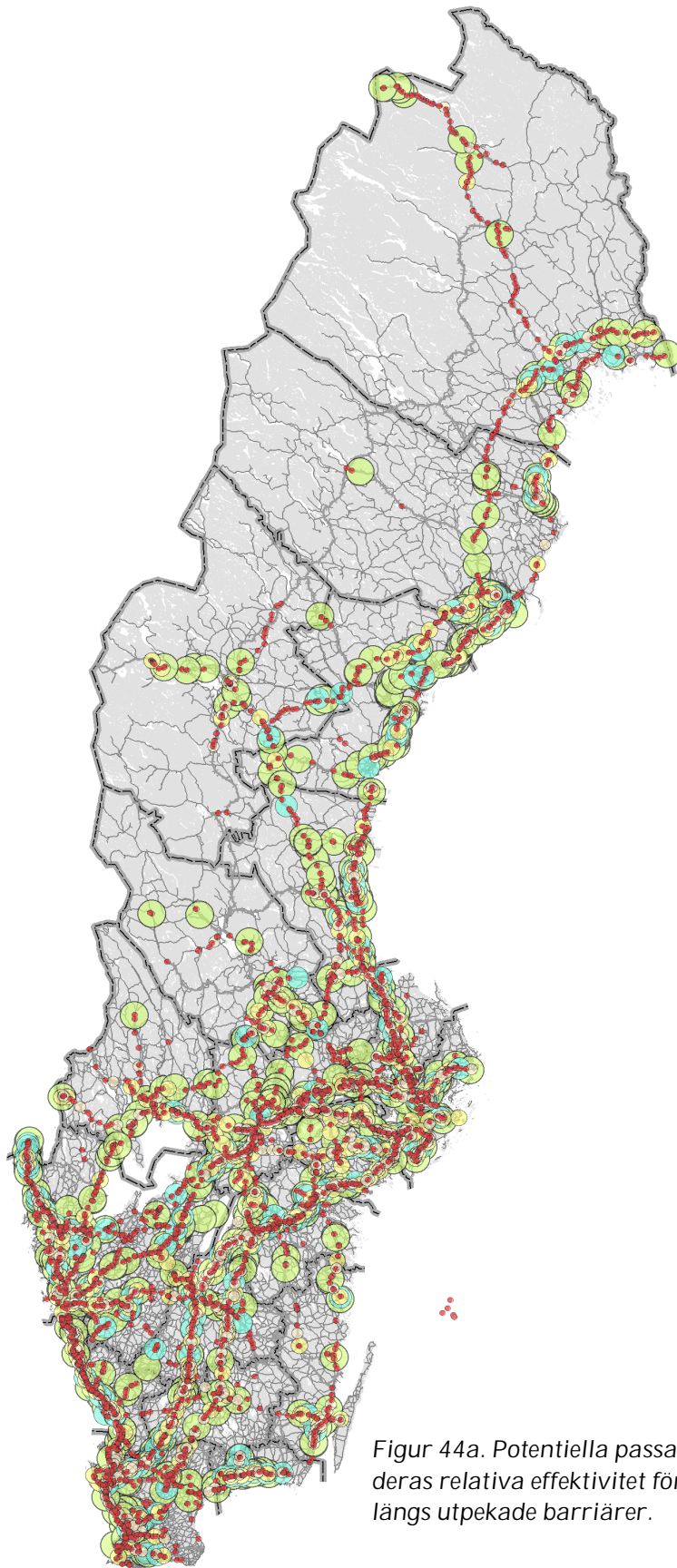
84 Seiler & Olsson (2009), under arbete (2015)

Tabell 10. Antal och medeffektivitet av granskade broar som bedöms lämpliga som potentiell passage för klövvilt och som har en beräknad effektivitet större än noll. Uppdaterad i december 2015.

Passagen lämpliga för:	Älg		Rådjur	
	Antal	Medel-effektivitet	Antal	Medel-effektivitet
vid järnväg	573	0,68	638	0,72
Övergång	181	0,51	189	0,52
Land/Tunneltak	41	1,00	41	1,00
Enskd. väg, stig	13	0,30	16	0,34
Järnväg	1	0,10	1	0,20
Allmän väg	126	0,37	131	0,39
Vatten	-	-	-	-
Undergång	392	0,75	449	0,81
Land/Tunneltak	2	1,00	2	1,00
Enskd. väg, stig	85	0,63	116	0,72
Järnväg	8	0,83	8	0,84
Allmän väg	221	0,75	233	0,82
Vatten	76	0,88	90	0,90
vid väg	1507	0,44	1750	0,48
Övergång	281	0,18	295	0,26
Land/Tunneltak	7	0,98	7	0,95
Enskd. väg, stig	130	0,13	136	0,22
Järnväg	5	0,14	5	0,23
Allmän väg	139	0,20	147	0,27
Vatten	-	-	-	-
Undergång	1226	0,50	1455	0,53
Land/Tunneltak	18	1,00	18	1,00
Enskd. väg, stig	756	0,37	952	0,42
Järnväg	65	0,86	68	0,83
Allmän väg	242	0,64	252	0,66
Vatten	145	0,74	165	0,76
Summa	2 080	0,51	2 388	0,55



Figur 43. Medelvärden och standardavvikelser i effektivitet för älg av lämpliga passager längs väg- och järnvägsbarriärer.



Figur 44a. Potentiella passager och deras relativa effektivitet för älg längs utpekade barriärer.

Potentiella barriärer

Alla broar

Effektivitet för älg

- < 5%
- 5-25%
- 25-50%
- 50-75%
- 75-100%

+++++ Övriga järnvägar

— Övriga vägar

▭ Länsgräns

■ Tätorter

POTENTIELLA PASSAGE

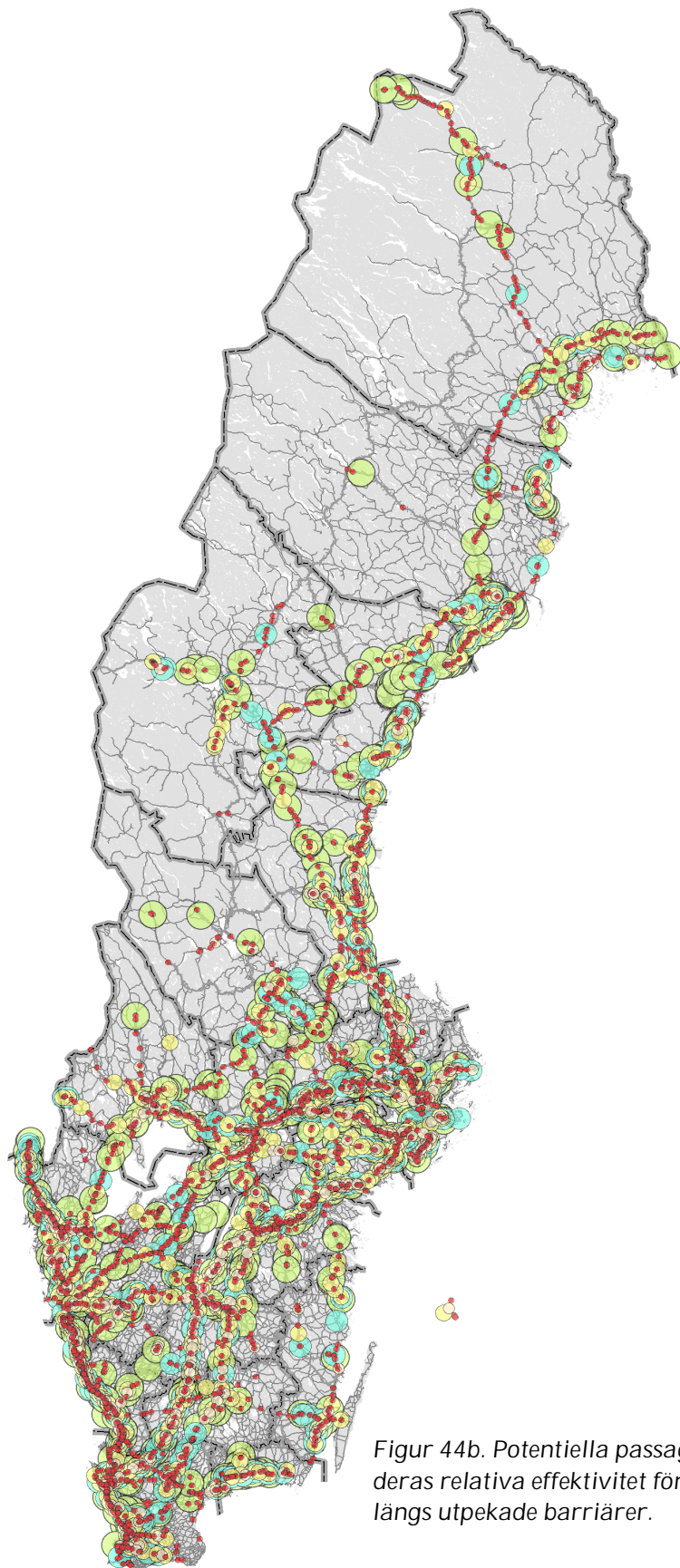
enligt Bristanalysen Klövvilt 2015

Datum: 2012-07-03
Skala (A3): 1:6,000,000

0 35 70 140 km

© Lantmäteriet, dnr 109-2010/2697





Figur 44b. Potentiella passager och deras relativa effektivitet för rådjur längs utpekade barriärer.

Potentiella barriärer

Alla broar

Effektivitet Rådjur

- < 5%
- 5-25%
- 25-50%
- 50-75%
- 75-100%

+++++ Övriga järnvägar

— Övriga vägar

▭ Länsgräns

■ Tätorter

POTENTIELLA PASSAGE

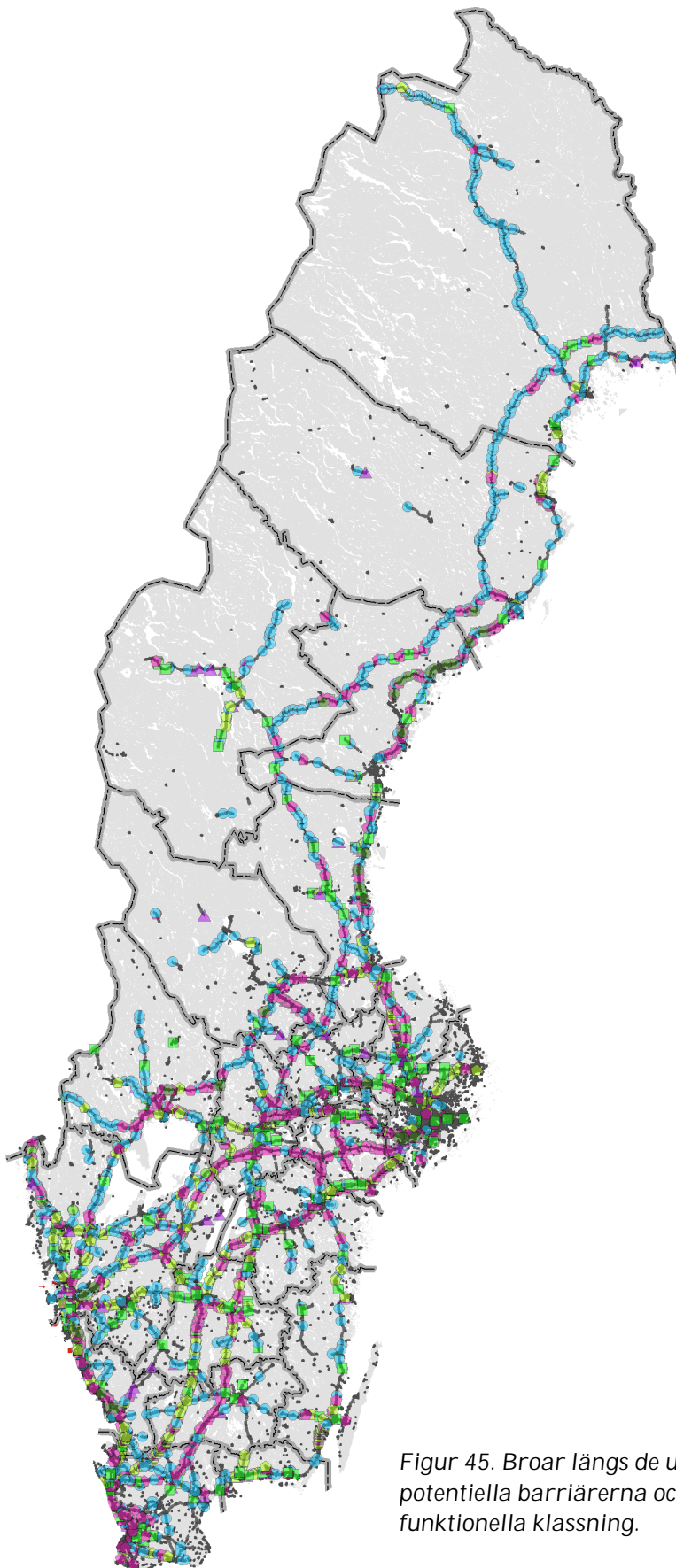
enligt Bristanalysen Klövvilt 2015

Datum: 2012-07-03
Skala (A3): 1:6,000,000

0 35 70 140 km

© Lantmäteriet, dnr 109-2010/2667





Figur 45. Broar längs de utpekade potentiella barriärerna och deras funktionella klassning.

Brofunktion

- Vatten
- Land
- Tunneltak
- GC, djur
- ◆ Enskild väg
- ◆ Allmän väg
- ▲ Järnväg

Potentiella barriärer

- Järnväg
- Väg

Landarea

- Landyta
- Vattenyta
- Tätort
- Länsgräns

VANDRINGSHINDER OCH BROAR

enligt Bristanalysen Klövvitt 2014

Datum: 2012-07-03
Skala (A3): 1:6,000,000

0 55 70 140 km

© Lantmäteriet, dnr 109-2010/2867



6.3 Återstående barriärer

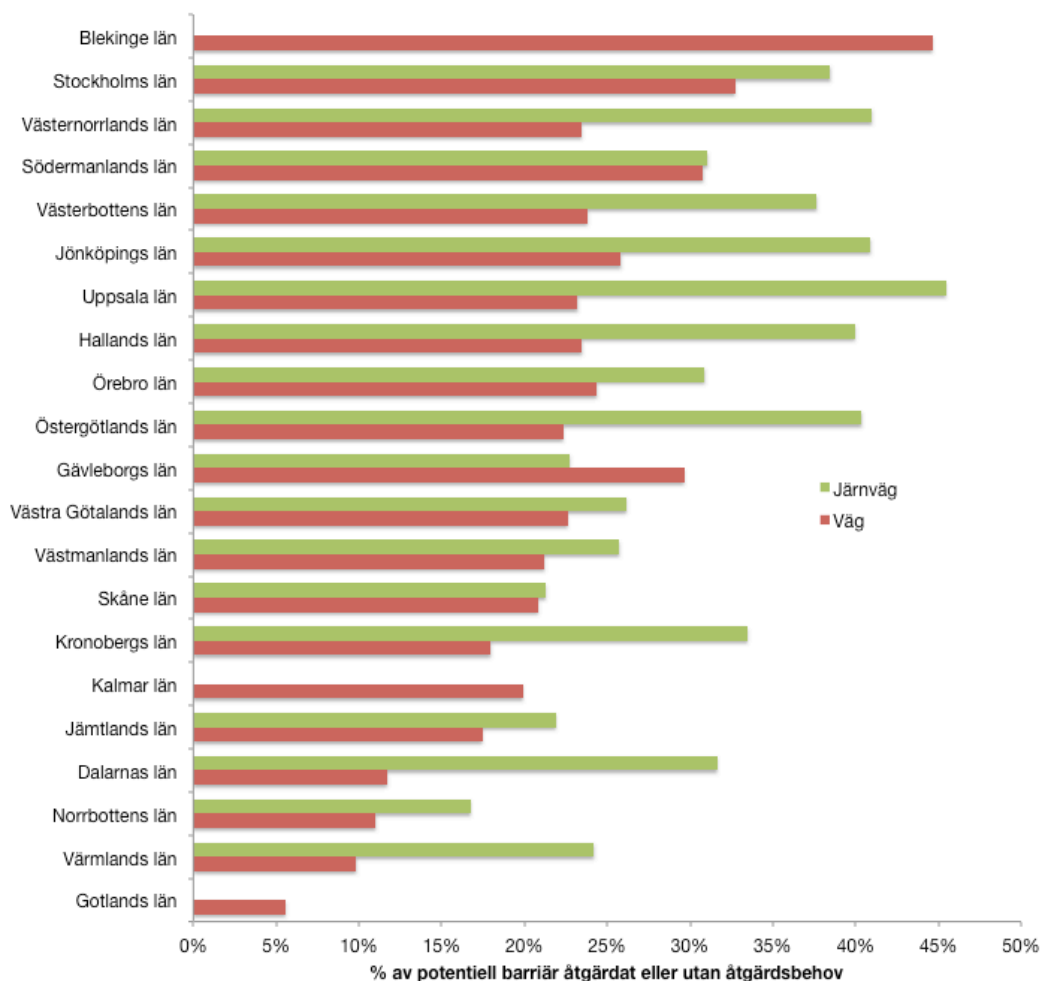
De vägbarriärer eller järnvägsbarriärer utanför tätorterna som återstår efter att åtgärdseffekten av de lämpliga passagera har tagits hänsyn till, utgör brister i infrastrukturens permeabilitet för klövvilt. Dessa briststräckor är per definition minst 2 km i längd och avgränsas antingen av åtgärdade barriärer som ligger inom passagers effektområde, av infrastruktur som inte klassades som barriär eller av tätorter och sjöar.

Briststräckornas längd är därmed i första hand känslig för antalet och fördelning potentiella passager, i någon mindre grad för passageras effektivitet. Tätorter har utslutits ur analysen men eftersom de också utgör vandringshinder bör de tas hänsyn till vid bedömningen.

Briststräckornas längd relativt till den totala längden av potentiella barriärer är ett praktiskt mått på infrastrukturens permeabilitet. Procent barriärsträcka utan åtgärdsbehov av alla potentiella barriärer - eller med andra ord procent permeabel infrastruktur kan användas som ett av kriterierna i infrastrukturens landskapsanpassning. Detta mått varierar mellan infrastrukturstråk, mellan län och regioner och kan lätt följas upp och uppdateras när fler viltpassager skapas (Figur 46).

I genomsnitt uppnår de utpekade potentiella väg- och järnvägsbarriärerna i Sverige en permeabilitet på runt 22 %, respektive 29 %. Gotland och Värmland uppvisar den lägsta andelen åtgärdade vägbarriärer (< 10 %) medan Blekinge och Stockholm når upp till en genomsnittlig permeabilitet av > 34 % i vägnätet (Tabell 11). Norrbotten har lägst permeabilitet (16,7 %) i järnvägsnätet jämfört med andra län, medan Uppsala län toppar statistiken med 45,5 % åtgärdat potentiell barriär. På nationell nivå uppnår väg- och järnvägsnäten uppnår en genomsnittlig permeabilitet på 29 %, respektive 19 %. Västra Götaland (Error! Reference source not found.) har med nästan 200 passager på vägnätet och 35 passager på järnvägsnätet det med avstånd största behovet av åtgärder för klövvilt.

Av alla vägar som klassades som potentiell barriär är E4:an den med de längsta bristerna och det största åtgärdsbehovet. E4:an är också den med avstånd längsta sammanhängande potentiella barriären i Sverige (1431 km utanför tätorter, Tabell 12-13). Å andra sidan är redan 32 % av E4:ans längd åtgärdat genom många konventionella broar eller utan åtgärdsbehov enligt modellens kriterier. Riksväg 45 å andra sidan framstår som den minst permeabla vägen för klövdjur i Sverige (1,1 %). Analysen pekar på ett åtgärdsbehov av minst 213 passager - om vägen ska uppnå en 100 % permeabilitet.



Figur 46. Andel åtgärdade väg- och järnvägsbarriärer eller barriärer utan åtgärdsbehov per län och infrastrukturtyp.

Beräkningen av längd eller andel åtgärdade eller återstående barriärer ger ett praktiskt rankningsverktyg för att jämföra stråk/sträckor, driftområden, län eller regioner och bedöma hur verksamheten lever upp till målet om en tillräcklig permeabel infrastruktur. För att detta ska få praktisk tillämpning krävs dock en konkretisering av detta mål: Hur mycket permeabilitet ska uppnås var och när?

I och med att det finns tydliga geografiska variationer är skalan av stor betydelse här. På nationell nivå må det vara befogat med ett relativt lågt permeabilitetsmål (t ex 50 %), medan det lokalt eller regionalt kan krävas betydligt högre permeabilitet för att svara på ekologiska behov eller trafiksäkerhetskrav. Fördjupade kunskaper behövs om sambanden mellan permeabilitet, viltolyckor, landskapets konnektivitet och viltförvaltning.

Tabell 11. Andel åtgärdat barriär eller genomsnittlig permeabilitet inom län och för respektive barriärtyp utanför tätort. Se text för mer information.

Län och barriärtyp	Total längd pot. barriär (km)	ÄLG		Rådjur	
		Längd briststräckor (km)	% åtgärdat eller utan åtgärdsbehov	Längd briststräckor (km)	% åtgärdat eller utan åtgärdsbehov
Väg	9 260	7 628	17,6%	7 213	22,1%
Blekinge län	130	76	41,1%	72	44,6%
Dalarnas län	344	309	10,4%	304	11,7%
Gotlands län	33	33	0,5%	31	5,6%
Gävleborgs län	377	282	25,2%	265	29,6%
Hallands län	384	322	16,3%	294	23,5%
Jämtlands län	331	289	12,5%	273	17,4%
Jönköpings län	460	377	18,1%	341	25,8%
Kalmar län	355	302	15,0%	285	19,9%
Kronobergs län	383	326	15,0%	314	18,0%
Norrbottnens län	375	343	8,4%	333	11,0%
Skåne län	1 140	953	16,4%	903	20,8%
Stockholms län	511	384	24,9%	344	32,7%
Södermanlands län	314	237	24,5%	217	30,8%
Uppsala län	417	348	16,6%	320	23,2%
Värmlands län	426	398	6,5%	384	9,8%
Västerbottens län	344	271	21,2%	262	23,8%
Västernorrlands län	290	228	21,4%	222	23,5%
Västmanlands län	355	302	14,8%	279	21,2%
Västra Götalands län	1 460	1 163	20,4%	1 130	22,6%
Örebro län	346	292	15,6%	262	24,4%
Östergötlands län	483	393	18,7%	375	22,3%
Järnväg	4 478	3 342	25,4%	3 157	29,5%
Blekinge län	-	-	-	-	-
Dalarnas län	163	113	30,7%	111	31,6%
Gotlands län	-	-	-	-	-
Gävleborgs län	461	372	19,2%	356	22,7%
Hallands län	136	86	36,8%	82	40,0%
Jämtlands län	127	101	20,2%	99	21,9%
Jönköpings län	143	106	26,0%	85	40,9%
Kalmar län	-	-	-	-	-
Kronobergs län	63	52	18,4%	42	33,5%
Norrbottnens län	668	575	13,9%	556	16,7%
Skåne län	275	229	16,8%	217	21,3%
Stockholms län	156	99	36,4%	96	38,5%
Södermanlands län	281	204	27,4%	194	31,1%
Uppsala län	144	91	36,6%	79	45,5%
Värmlands län	156	122	22,1%	118	24,2%
Västerbottens län	344	232	32,6%	215	37,7%
Västernorrlands län	420	255	39,3%	248	41,0%
Västmanlands län	172	138	19,9%	128	25,7%
Västra Götalands län	288	228	20,9%	212	26,2%
Örebro län	348	255	26,8%	240	30,9%
Östergötlands län	131	83	36,3%	78	40,4%
Totalt i Sverige	331	289	12,5%	273	17,4%

BRISTER I PERMEABILITET FÖR KLÖVVILT

Återstående barriärer med åtgärdsbehov för älg

Antal passager

- inga passager behövs
- 1 - 4
- 5 - 10
- 11 - 17
- 18 - 30

Potentiella passager

- Effektområde Älg

Potentiella passager

- olämpliga / exkluderade
- lämpliga / inkluderade

Övriga vägar

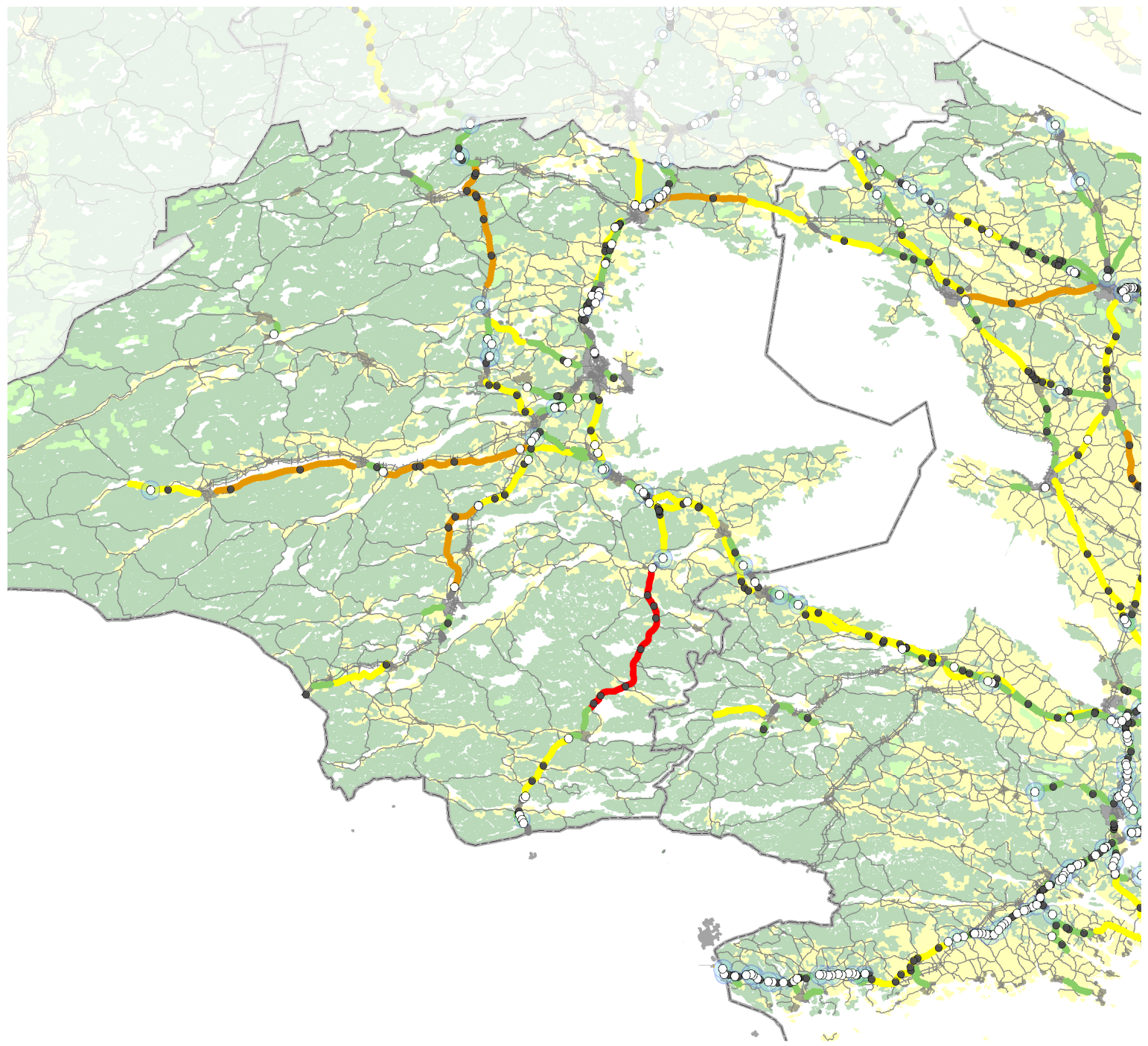
- Övriga vägar
- ≡ Övriga järnvägar

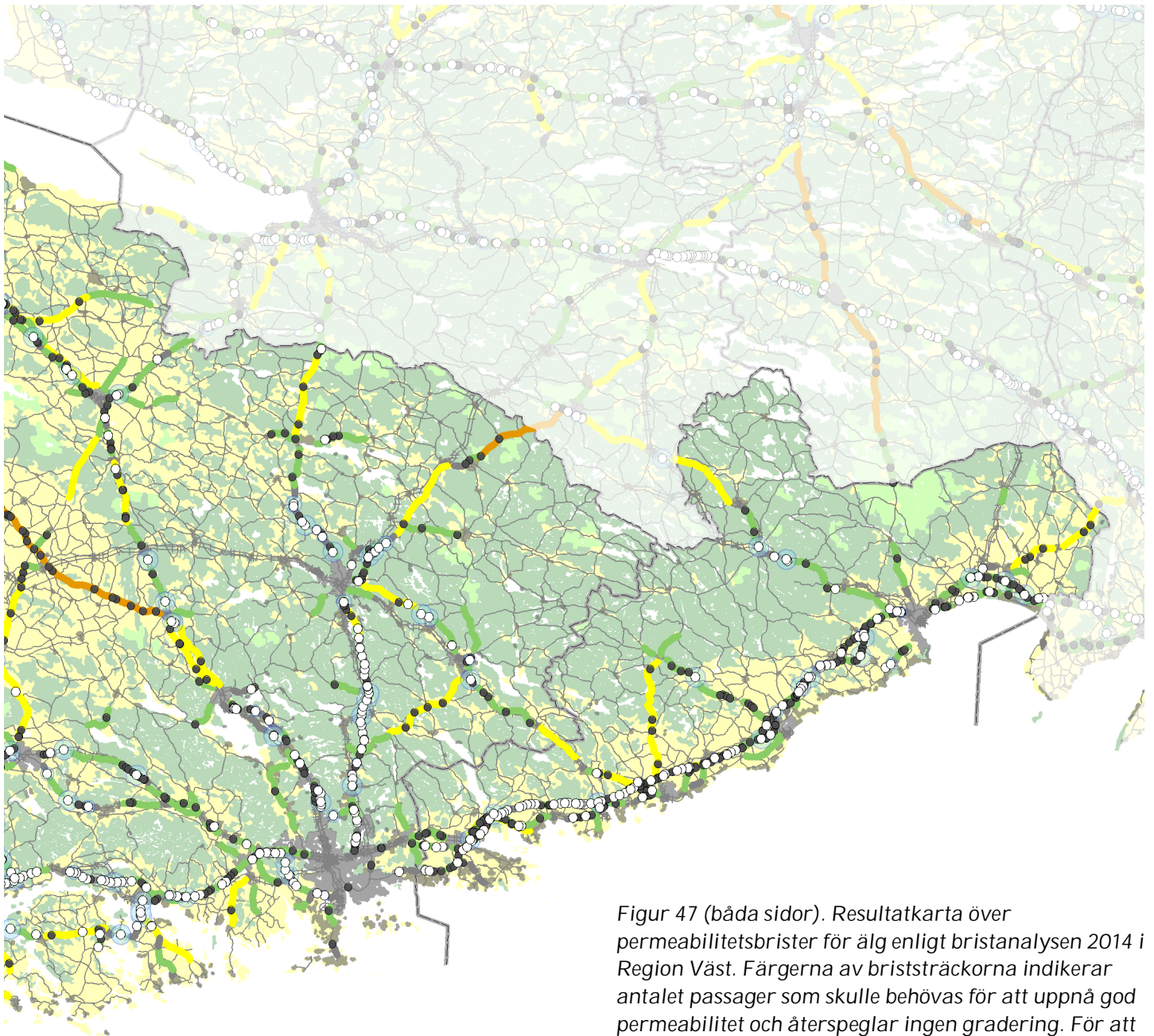
MARKTÄCKE

- Kalfjäll
- Öppen mark
- Sankmark
- Skogsmark

Landskap

- Vattenyta
- Tätortsbuffer
- Länsgrens





Figur 47 (båda sidor). Resultatkarta över permeabilitetsbrister för älg enligt bristanalysen 2014 i Region Väst. Färgerna av briststräckorna indikerar antalet passager som skulle behövas för att uppnå god permeabilitet och återspeglar ingen gradering. För att tolka åtgärdsbehovet måste fler bedömningskriterier än bara längden vägas in (jämför kapitel 4.7). Fler kartor redovisas i rapportens digitala bilaga.

Tabell 12. Urval av de längsta och kortaste vägssträckor med beräknade brister i permeabilitet för klövdjur i Sverige. Briststräckorna inom tätorter är ej inräknade. Vägbarriären E4 är redan till en relativ hög andel åtgärdat, dvs bedöms vara tillräcklig permeabel för klövvilt (32,2 %). Men på grund av dess stora längd finns ett stort åtgärdsbehov kvar (minst 389 passager för att uppnå 100 % permeabilitet). Riksväg 45 framstår som den minst permeabla vägen för klövdjur i Sverige (1,1 %). Åtgärdsbehovet är stort, minst 213 passager, beroende på hur högt permeabilitetsmålet sätts. Den kompletta tabellen redovisas i Bilaga 2.

Permeabilitetsresultat för älg							
Väg	Total längd pot. barriär (km)	Längd åtgärdat barriär (km)	% åtgärdat eller utan åtgärdsbehov	Längd birsträckor (km)	Längd största enskilda birsträckor	Antal birsträckor	Summerad passagebehov (antal)
4	1 430,67	460,7	32,2%	969,9	43,8	326	389,0
45	480,26	4,9	1,1%	433,8	33,6	53	213,0
22	437,89	4,9	1,5%	331,7	43,1	70	152,0
20	343,47	4,9	1,8%	273,6	25,5	63	122,0
18	416,15	4,9	1,6%	301,7	38,1	121	116,0
23	251,40	4,9	2,1%	232,1	29,5	25	116,0
26	249,97	4,9	2,1%	225,7	28,8	29	106,0
6	459,79	97,6	26,7%	268,4	12,3	129	104,0
14	219,43	4,9	2,6%	184,1	16,3	31	89,0
50	210,35	4,9	2,6%	180,7	33,5	29	84,0
27	167,37	4,9	3,1%	154,4	21,2	24	78,0
70	197,23	4,9	2,8%	168,2	30,2	29	78,0
25	178,55	4,9	3,1%	154,7	30,9	20	73,0
10	135,67	4,9	3,5%	135,7	41,1	5	69,0
55	133,18	4,9	3,8%	123,7	14,3	26	59,0
56	106,57	4,9	4,9%	93,9	18,4	17	44,0
40	138,22	4,9	5,0%	93,7	18,4	28	36,0
13	82,05	4,9	5,9%	78,0	14,7	15	34,0
61	81,76	4,9	6,4%	71,2	21,6	9	34,0
80	74,30	4,9	6,2%	74,3	26,2	12	34,0
44	90,69	4,9	6,6%	69,2	20,0	10	33,0
66	76,39	4,9	6,8%	66,4	16,8	9	32,0
41	69,33	4,9	7,5%	60,5	12,9	9	30,0
47	57,89	4,9	7,8%	57,9	16,4	8	29,0
12	75,26	4,9	7,7%	58,4	28,4	9	28,0
31	79,34	4,9	7,2%	63,1	12,1	15	28,0
288	56,14	4,9	8,2%	54,7	19,2	6	28,0
11	64,72	4,9	7,5%	60,2	14,0	17	27,0
19	58,64	4,9	8,0%	56,1	7,7	13	27,0
21	70,73	4,9	7,8%	58,1	13,6	13	26,0
1 040	2,72	4,9	64,7%	2,7	2,6	3	1,0
1 046	2,97	4,9	62,2%	3,0	3,0	1	1,0
1 137	2,55	4,9	65,7%	2,5	2,5	1	1,0
1 144	4,52	4,9	52,0%	4,5	2,9	2	1,0
1 149	2,16	4,9	69,3%	2,2	2,2	1	1,0
1 208	2,75	4,9	64,0%	2,8	2,8	1	1,0
1 561	2,24	4,9	68,6%	2,2	2,2	1	1,0
1 698	3,69	4,9	57,0%	3,7	2,4	2	1,0
1 704	2,45	4,9	66,6%	2,5	2,5	1	1,0
1 710	3,88	4,9	55,7%	3,9	2,2	2	1,0
1 840	2,90	4,9	62,7%	2,9	2,9	1	1,0
1 848	4,09	4,9	54,6%	4,1	2,5	2	1,0
1 901	2,24	4,9	68,9%	2,2	2,2	2	1,0
2 015	2,97	4,9	62,2%	3,0	3,0	1	1,0
2 026	2,35	4,9	67,5%	2,3	2,3	1	1,0
2 206	2,64	4,9	64,9%	2,6	2,6	1	1,0
28	2,17	4,9	70,1%	2,1	1,4	2	-
94	2,20	4,9	68,9%	2,2	1,2	2	-
120	3,15	4,9	60,8%	3,2	1,9	2	-
Totalt	9 230,4	1 994,4	0,4	7 609,7	2 118	1 827	3 420

Färgkoder: Åtgärdat: röd punkt < 10%, grön punkt > 60%; Passagebehov: röd punkt >5, grön punkt <1; Bakgrundsfärg: nationell skala.

Tabell 13. Urval av de längsta och kortaste järnvägssträckor med beräknade brister i permeabilitet för klövdjur i Sverige. Se tabell 11 för mer information.

Permeabilitetsresultat för älg							
Järnväg (bandel)	Total längd pot. barriär (km)	Längd åtgärdad barriär (km)	% åtgärdad eller utan åtgärdsbehov	Längd briststräckor (km)	Längd största enskilda briststräcka	Antal briststräckor	Summerad passagebehov (antal)
118	161,2	161,2	○ 51,3%	153,1	40,6	7	● 76,0
235	176,9	176,9	○ 55,7%	140,7	39,4	20	● 66,0
124	161,6	161,6	○ 55,7%	128,5	41,3	11	● 64,0
111	126,3	24,7	● 19,5%	101,6	42,1	7	● 51,0
211	122,4	122,4	○ 54,1%	103,9	34,2	9	● 51,0
637	117,1	117,1	○ 52,7%	105,0	19,8	19	● 49,0
113	97,6	97,6	○ 51,5%	92,1	59,3	3	● 47,0
126	101,7	101,7	○ 53,1%	90,0	20,6	8	● 45,0
313	97,0	97,0	○ 56,4%	75,0	19,5	10	● 36,0
129	115,9	115,9	● 61,6%	72,3	13,0	13	● 35,0
326	87,1	87,1	○ 56,3%	67,6	28,9	8	● 33,0
130	85,3	85,3	○ 56,5%	65,8	22,6	8	● 31,0
391	60,9	60,9	○ 50,0%	60,8	16,1	9	● 29,0
627	98,3	98,3	● 60,6%	63,9	7,4	22	● 28,0
137	68,7	68,7	○ 55,7%	54,6	15,8	8	● 27,0
421	76,8	76,8	○ 55,8%	60,9	10,7	17	● 25,0
434	82,8	82,8	● 60,5%	54,0	10,8	19	● 24,0
416	52,5	52,5	○ 51,7%	49,0	10,2	9	● 23,0
431	47,2	47,2	○ 50,0%	47,1	12,0	7	● 23,0
136	65,0	65,0	○ 58,4%	46,4	17,6	6	● 22,0
512	82,0	82,0	● 63,0%	48,1	9,9	14	● 22,0
216	44,8	44,8	○ 51,5%	42,1	31,4	3	● 21,0
611	53,6	53,6	○ 54,0%	45,7	16,0	7	● 21,0
811	65,5	65,5	○ 56,2%	50,9	5,8	22	● 21,0
116	38,7	38,7	○ 50,0%	38,7	38,7	1	● 19,0
492	44,3	44,3	○ 51,0%	42,5	11,7	8	● 19,0
522	64,2	64,2	● 63,8%	36,4	11,1	9	● 19,0
711	51,0	51,0	○ 55,5%	41,0	6,8	11	● 19,0
813	68,6	68,6	○ 56,6%	52,6	6,6	23	● 19,0
215	50,5	50,5	○ 57,8%	36,9	15,4	6	● 18,0
933	8,9	8,9	○ 50,0%	8,9	3,4	4	● 3,0
938	24,7	24,7	● 66,9%	12,2	4,6	9	● 3,0
114	4,9	4,9	○ 50,0%	4,9	4,9	1	● 2,0
323	11,1	11,1	○ 59,3%	7,6	3,1	4	● 2,0
349	10,9	10,9	● 66,6%	5,5	4,2	2	● 2,0
412	8,2	8,2	● 66,7%	4,1	3,5	2	● 2,0
419	15,7	15,7	● 63,2%	9,2	2,9	6	● 2,0
450	6,1	6,1	○ 50,0%	6,1	4,8	2	● 2,0
629	4,1	4,1	○ 50,2%	4,0	4,1	2	● 2,0
656	4,8	4,8	○ 50,0%	4,8	4,8	1	● 2,0
919	7,3	7,3	● 67,3%	3,5	3,5	1	● 2,0
942	3,4	3,4	○ 50,0%	3,4	3,4	1	● 2,0
418	25,0	25,0	● 88,2%	3,3	2,0	4	● 1,0
931	2,3	2,3	○ 49,9%	2,3	2,3	1	● 1,0
960	4,2	4,2	○ 49,9%	4,2	2,4	2	● 1,0
120	1,5	1,5	○ 50,0%	1,5	1,5	1	● -
410	3,3	3,3	● 72,0%	1,3	1,3	1	● -
476	1,1	1,1	● 82,0%	0,2	0,2	2	● -
940	5,2	5,2	● 77,3%	1,5	1,5	1	● -
Totalt	4 434,8	4 333,2	59,0	32,2	1 154	718	1 513

Färgkoder: Åtgärdad: röd punkt < 10%, grön punkt > 60%; Passagebehov: röd punkt > 5, grön punkt < 1; Bakgrundsfärg: nationell skala

Foto: Tobias Lektell (www.lektell.se)



7 Slutsatser

Det är möjligt att med befintlig kunskap och rimliga antaganden bedöma vägars och järnvägars barriärverkan för klövvilt i Sverige och identifiera potentiella brister i permeabiliteten. Bristanalysen bygger på en relativ enkel metod som lätt kan användas i konkreta planerings-sammanhang vid nyinvestering och i översiktlig bedömning av åtgärdsbehoven.

För att metoden ska kunna nå full användning behöver dock uppgifter om potentiella passager och potentiella barriärer uppdateras i takt med att verkligheten förändras, nya broar och vägar anläggs och befintliga uppgraderas.

Metoden visar att åtgärdsbehovet varierar mycket mellan vägar, järnvägar och länen. I regel ligger permeabiliteten för klövvilt relativt låg (runt 25 % på väg, 12 % på järnväg). Hur stort åtgärdsbehovet däremot är beror mycket på hur högt permeabilitetsmålet sätts och vilken skala som tillämpas vid bedömningen. Det är möjligt att en genomsnittlig permeabilitet på t ex 50 % kan vara ekologiskt och ekonomiskt fullt tillräckligt på nationell nivå, medan det är alldeles för lågt i ett enskilt åtgärdsvalsprojekt eller på lokal nivå. Olika permeabilitetsmål kan behöva tillämpas i befintlig infrastruktur och vid nybyggnation.

För gradering av åtgärdsbehoven och prioritering i handlingsplanen behöver därför ytterligare underlag tas fram:

- *en målbild för permeabiliteten måste definieras på relevant skala,*
- *viltolycksstatistiken behöver analyseras rumsligt och olyckshotspots behöver kartläggas,*
- *storskaliga spridningskorridorer för klövdjur behöver kartläggas (eller simuleras i GIS) på nationell och regional nivå.*

På lokal eller regional nivå, t ex inom ett åtgärdsvalsprojekt, är det dessutom avgörande att faktisk kunskap om briststräckor och passager kompletterar de översiktliga resultaten från bristanalysen.

Viktigt är att eventuella åtgärdsplaner stäms av med den kommunala planeringen så att investeringar i t ex planskilda faunapassager kan vara och förbli effektiva.

Referenser

- Almkvist, B., André, T., Ekblom, S. & Rempler, S.A. (1980). Slutrapport Viltolycksprojekt (VIOL). Vägverket TU146:1980-05, Borlänge, Sweden.
- Alves, B.M. (2011). Effect of conventional bridges on deer-vehicle accidents. Master thesis. Swedish University of Agricultural Sciences 2011:17. Uppsala.
- Arrendal, J. & Caruth, E. (2008). Bristanalys klövvilt – Mälardalen. MyraNatur och Ramböll Sverige AB. Rapport till Vägverket 2008-06-03.
- Ascensão, F. & Mira, A. (2007). Factors affecting culvert use by vertebrates along two stretches of road in southern Portugal. *Ecological Research*, 22(1), pp. 57-66.
- Becker, E.F. & Grauvogel, C.A. (1991). Relationship of reduced train speed on moose-train collisions in Alaska. *Alces*, 27, pp. 161-168.
- Bekker, H., Stegehuis, B. & de Vries, H. (2011). Defragmentation measures for the protection of our wildlife heritage. Rijkswaterstaat, Delft, NL.
- Bennett, A.F. (1990). Habitat corridors and the conservation of small mammals in a fragmented forest environment. *Landscape Ecology*, 4, pp. 109-122.
- Bergengren, J. (1999). Vandringshinder & Spridningsbarriärer. Länsstyrelsen i Västernorrlands län, Miljöanalys & Naturvård. Härnösand.
- Bissonette, J.A. & Adair, W. (2008). Restoring habitat permeability to roaded landscapes with isometrically-scaled wildlife crossings. *Biological Conservation*, 141(2), pp. 482--488.
- BMU (2012). Bundesprogramm Wiedervernetzung: Grundlagen – Aktionsfelder – Zusammenarbeit beschlossen vom Bundeskabinett am 29. Februar 2012. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Berlin.
- Bowman, J., Jaeger, J. & Fahrig, L. (2002). Dispersal distance of mammals is proportional to home range size. *Ecology*, 83(7), pp. 2049-2055.
- Bruinderink, G.G., Van Der Sluis, T., Lammertsma, D., Opdam, P. & Pouwels, R. (2003). Designing a coherent ecological network for large mammals in northwestern Europe. *Conservation Biology*, 17(2), pp. 549-557.
- Cain, A.T., Tuovila, V.R., Hewitt, D.G. & Tewes, M.E. (2003). Effects of a highway and mitigation projects on bobcats in Southern Texas. *Biological Conservation*, 114(2), pp. 189-197.
- Cederlund, G. (1983). Home range dynamics and habitat selection by roe deer in a boreal area in central Sweden. *Acta Theriologica*, 28(30), pp. 443-460.
- Cederlund, G. & Liberg, O. (1995). Rådjuret - viltet, ekologin och jakten. Svenska Jägareförbundet. Uppsala.
- Cederlund, G. & Sand, H. (1992). Dispersal of subadult moose in a nonmigratory population. *Canadian Journal of Zoology*, 70(7), pp. 1309-1314.
- Cederlund, G. & Sand, H. (1994). Home-range size in relation to age and sex in moose, 75(4), pp. 1005-1012.
- Child, K.N. & Stuart, K.M. (1987). Vehicle and train collision fatalities of moose: some management and socio-economic considerations. *Swedish Wildlife Research*, Suppl.1, pp. 699-703.
- Clevenger, A.P., Chruszcz, B. & Gunson, K.E. (2001). Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin*, 29(2), pp. 646-653.
- Clevenger, A.P. & Waltho, N. (2000). Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology*, 14(1), pp. 47-56.

- deMaynadier, P.G. & Hunter, M.L. (2000). Road effects on amphibian movements in a forested landscape. *Natural Areas Journal*, 20, pp. 56-65.
- Dodd, N.L., Gagnon, J.W., Boe, S., Manzo, A.L. & Schweinsburg, R.E. (2007). Evaluation of measures to minimize wildlife-vehicle collisions and maintain permeability across highways: State Route 260, Arizona, USA. Final Project Report (2002-2006). (FHWA-AZ-07-540), Arizona Department of Transportation, Arizona Transportation Research Center, and the Federal Highway Administration.
- Erke, A. & Elvik, R. (2006). Effektkatalog for trafikksikkerhetstiltak. Transportøkonomisk institutt, TØI rapport 851/2006. Oslo.
- Forman, R.T.T. (1995). *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Glista, D.J., DeVault, T.L. & DeWoody, J.A. (2009). A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning*, 91, pp. 1-7.
- Guillet, C., Bergström, R. & Cederlund, G. (1996). Size of winter home range of roe deer *Capreolus capreolus* in two forest areas with artificial feeding in Sweden. *Wildlife Biology*, 2, pp. 107-111.
- Gundersen, H. & Andreassen, H.P. (1998). The risk of moose *Alces alces* collision: A predictive logistic model for moose-train accidents. *Wildlife Biology*, 4(2), pp. 103-110.
- Harestad, A.S. & Bunnell, F.L. (1979). Home Range and Body Weight--A Reevaluation. *Ecology*, 60(2), pp. 389-402.
- Helldin, J.O. & Seiler, A. (2002). Viltstängsel längs E4 mellan Gävle och Haparanda: Isoleringseffekter på älg. Rapport till Vägverket, Grimsö forskningsstation, Riddarhyttan.
- Helldin, J.O. & Seiler, A. (2013). An approach to defragmentation in low-contrast landscapes. In: Hlaváč, V. & Jedlička, J. (eds) IENE 2013 Scientific Workshop. Luhacovice, Czech Republic: Nature Conservation Agency of the Czech Republic and Transport Research Centre in cooperation with State Nature Conservancy of the Slovak Republic.
- Helldin, J.O. & Seiler, A. (2015, i arbete). Transportinfrastrukturens påverkan på biologisk mångfald - en konceptuell modell för kommunikation och planering. TRIEKOL rapport i arbete.
- Helldin, J.O., Seiler, A. & Olsson, M. (2010). Vägar och järnvägar: barriärer i landskapet. Triekol rapport, CBM:s skriftserie, 42. Uppsala. <http://media.triekol.se/2013/10/Triekol-CBM-skrift-42.pdf>.
- Helldin, J.O., Seiler, A., Olsson, M., Widen, P. & Geibrink, O. (2006). Älgar och viltstängsel – vad är problemen? *Svensk Jakt*, 8.
- Helldin, J.O., Seiler, A., Widén, P., Olsson, M. & Geibrink, O. (2007). Älgprojektet vid Kalix. Effekter av viltstängsel på vintervandrande älgar. Vägverket Publikation. Vägverket.
- Hels, T. & Buchwald, E. (2001). The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation*, 99(3), pp. 331-340.
- Herrmann, M., Enssle, J., Süsser, M. & Krüger, J.A. (2007). *Der NABU-Bundeswildwegeplan*. NABU-Bundesverband. Bonn.
- Hlavac, V. (2005). Increasing permeability of the Czech road network for large mammals. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 14(2), pp. 175-177.
- Hlavac, V. & Andel, P. (2002). *On the permeability of roads for wildlife: a handbook*. Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic and EVERNIA s.r.o. Liberec.
- Hänel, K. & Reck, H. (2011). Bundesweite Prioriteten zur Wiedervernetzung von Ökosystemen: Die Überwindung strassenbedingter Barrieren. Bundesamt für Naturschutz, BfN, Naturschutz und Biologische Vielfalt Heft 108. Bonn, Bad Godesberg.

- Iuell, B., Bekker, H., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G.L., Hicks, C., Hlavac, V., Keller, J., Le Marie Wandall, B., Rosell Pagès, C., Sangwine, T., Torslov, N. (2003). *Wildlife and Traffic - A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. Prepared by COST 341 - Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure. - Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering division, Delft, The Netherlands.
- Jaeger, J. & Fahrig, L. (2004). Effects of road fencing on population persistence. *Conservation Biology*, 18(6), pp. 1651-1657.
- Jägerbrand, A. (2014). Collisions and accidents with roe deer in Sweden during 10 years (2003-2012). Variation in time, space and costs. VTI Report, 818. Linköping.
- Karlberg, Å. (2008). *Bristanalys Barriärer - Fisk/Utter/Groddjur/Hjortdjur. Vägverket 2008 (Vägverket Region Mitt, internrapport)*.
- Kjellander, P., Hewison, A., Liberg, O., Angibault, J., Bideau, E. & Cargnelutti, B. (2004). Experimental evidence for density-dependence of home-range size in roe deer (*Capreolus capreolus* L.): a comparison of two long-term studies. *Oecologia*, 139(3), pp. 478-485.
- Ledwith, M. & Nordström, K. (2007). *Vägtrafikens barriärpåverkan – fokalart älg. Manual för GIS-verktyg. Teknisk rapport M07/02064, 2007-10-31, Metria, Stockholm.*
- Lennefors, P. (2012). *Brister i transportsystemet fram till 2025 med hänsyn till kapacitet och effektivitet. Trafikverket Rapport, 2011/17304. Borlänge.*
- Lode, T. (2000). Effect of a motorway on mortality and isolation of wildlife populations. *Ambio*, 29(3), pp. 163-166.
- Mader, H.J. (1984). Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation*, 29, pp. 81-96.
- Mader, H.J., Schell, C. & Kornacker, P. (1990). Linear barriers to arthropod movements in the landscape. *Biological Conservation*, 54, pp. 209-222.
- Mata, C., Hervas, I., Herranz, J., Suarez, F. & Malo, J. (2008). Are motorway wildlife passages worth building? Vertebrate use of road-crossing structures on a Spanish motorway. *Journal of Environmental Management*, 88(3), p. 407.
- McRae, B.H., Dickson, B.G., Keitt, T.H. & Shah, V.B. (2008). Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology*, 89(10), pp. 2712--2724.
- Miljödepartementet (2010). *Uppdrag om förstudie om uppbyggandet av grön infrastruktur och framtagande av indikatorer för gynnsam bevarandestatus. Miljödepartementet, Svenska Regeringen, M2010/3407/Na, 2010-08-19. Stockholm.*
- Müller, S. & Berthoud, G. (1997). *Fauna/Traffic Safety - Manual for civil engineers. LAVOC. Lausanne, Switzerland.*
- Ng, C.N., Xie, Y.J. & Yu, X.J. (2013). Integrating landscape connectivity into the evaluation of ecosystem services for biodiversity conservation and its implications for landscape planning. *Applied Geography*, 42(0), pp. 1-12.
- Nicholsen K., Seiler, A., Olsson, M. & Lindqvist, M. (2014). Using Circuit Theory to Rewire Roads for Wildlife. In: *IENE 2014 International Conference on Ecology and Transportation, Programme and Abstracts*. Seiler, A. (ed). 2014, Malmö, Sweden.
- Nilsson, J. (1987). Effekter av viltstängsel. In: *Viltolyckor*. Linköping: Nordiska trafiksäkerhetsrådet, Rapport 45, pp. 65-69.

- Olbrich, P. (1984). Untersuchung der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren under der Eignung von Wilddurchlässen. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 30 pp. 101-116.
- Olsson, M. (2009). Mittbarriärer – en kunskapsöversikt. Triekol rapport, CBM:s skriftserie, 28. Uppsala.
- Olsson, M., Augustsson, E., Seiler, A., Widén, P. & Helldin, J.O. (2010). The barrier effect of twin tracked, non fenced railroads in Sweden. In: Seiler, A. & Puky, M. (eds) IENE 2010 International Conference. Velence, Hungary: Infra Eco Network Europe.
- Olsson, M. & Norin, H. (2010). Faunapassager och gröna korridorer i Europa - Rapport till Trafikverket. EnviroPlanning AB, Göteborg.
- Olsson, M. & Seiler, A. (2015). Railways as barriers for ungulates and medium sized mammals – results of a snow tracking study. in prep.
- Olsson, M. & Widen, P. (2008). Effects of highway fencing and wildlife crossings on moose *Alces alces* movements and space use in southwestern Sweden. *Wildlife Biology*, 14, pp. 111-117.
- Olsson, M.P.O., Widén, P. & Larkin, J.L. (2008). Effectiveness of a highway overpass to promote landscape connectivity and movement of moose and roe deer in Sweden. *Landscape and Urban Planning*, 85(2), pp. 133--139.
- Pfister, H.P., Holzgang, O., Heynen, D., Blant, M., Righetti, A., Berthoud, G., Marchesi, P., Maddalena, T., Müri, H., Wendelspiess, M., Dändliker, G., Mollet, P. & Bornhauser-Sieber, U. (2001). Korridore für Wildtiere in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt 326. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern.
- Righetti, A. & Malli, H. (2004). Einfluss von ungezäunten (Hochleistungs-) Zugstrecken auf Wildtierpopulationen. COST-341 Synthesebericht - PiU GmbH. Bern, CH.
- Rijkswaterstaat (2004). MJPO - Meerjarenprogramma Ontsnippering. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Den Haag, NL.
- Rodriguez, A., Crema, G. & Delibes, M. (1996). Use of non-wildlife passages across a high speed railway by terrestrial vertebrates. *Journal of Applied Ecology*, 33(6), pp. 1527-1540.
- Rondinini, C. & Doncaster, C.P. (2002). Roads as barriers to movement for hedgehogs. *Functional Ecology*, 16(4), pp. 504-509.
- Sand, H. (1996). Life history patterns in female moose (*Alces alces*): The relationship between age, body size, fecundity and environmental conditions. *Oecologia*, 106(2), pp. 212-220.
- Saunders, D.A., Hobbs, R.J., Saunders, D.A. & Hobbs, R.J. (1991). The role of corridors in conservation: what do we know and where do we go? In: *Nature Conservation 2: The role of corridors*. Chipping Norton: Surrey Beatty & Sons, pp. 421-427.
- Schönfeldt, I. (2008). Bristanalys natur och kulturmiljö – Barriärer för Hjortdjur/Utter/Groddjur/Fisk. Vägverket 2008 (Vägverket Region Norr, internrapport).
- Seiler, A. (2004). Trends and spatial patterns in ungulate-vehicle collisions in Sweden. *Wildlife Biology*, 10(4), pp. 301-313.
- Seiler, A. (2005). Predicting locations of moose-vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), pp. 371-382.
- Seiler, A. (2014). Mörkertalet i rapportering av viltolyckor. Transportforum 2014. Linköping: VTI.
- Seiler, A., Cederlund, G., Jernelid, H., Grängstedt, P. & Ringaby, E. (2003). The barrier effect of highway E4 on migratory moose (*Alces alces*) in the High Coast area, Sweden. In: Turcott, E. (ed. IENE 2003 International Conference on "Habitat fragmentation due to transport infrastructure". Brussels: Infra Eco Network Europe (IENE), pp. 1-18.

- Seiler, A. & Eriksson, I.M. (1997). New approaches for ecological consideration in Swedish road planning. In: Canters, K., Piepers, A. & Hendriks-Heersma, A. (eds) Proceedings of the international conference on "Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering" Maastricht & DenHague 1995. Delft, The Netherlands: Ministry of Transport, Public Works and Water Management, pp. 253-264.
- Seiler, A. & Helldin, J.O. (2006). Mortality in wildlife due to transportation. In: Davenport, J. & Davenport, J.L. (eds) The ecology of transportation: managing mobility for the environment. Amsterdam: Kluwer, pp. 165-190.
- Seiler, A., Helldin, J.O., Jansson, G., Andrén, H. & Seiler, C. (2004). Vågar är vandringshinder. In: Skogsvilt 3 - Vilt och Landskap i förändring. Grimsö forskningsstation, SLU, pp. 269-275.
- Seiler, A., Jägerbrand, A.K., Hjærtfors, M., Seiler, C., Folkesson, L., Lindkvist, M., Thorin, M., Hugosson, I. & Dahl, N. (2014). Results from a drivers' questionnaire about wildlife-vehicle accidents in Sweden. In: Proceedings from IENE 2014 International Conference on Ecology and Transportation. Malmö, Sweden.
- Seiler, A. & Olsson, M. (2009). Are non-wildlife passages effective passages for wildlife? ICOET 2009, International Conference on Ecology & Transportation. Duluth, Minnesota: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, pp. 317-331.
- Seiler, A., Olsson, M. & Helldin, J.O. (2011). Klövviltolyckor på järnväg - kunskapsläge, problemanalys och åtgärdsförslag. Trafikverket Publikation, 2011:058. Borlänge.
- Seiler, A., Olsson, M. & Helldin, J.O. (2015). Effectivity of conventional road bridges as wildlife passages. in prep.
- Shepard, D.B., Kuhns, A.R., Dreslik, M.J. & Phillips, C.A. (2008). Roads as barriers to animal movement in fragmented landscapes. *Animal Conservation*, 11, pp. 288-296.
- Skölvig, H. (1979). Viltstängsel - placering, kostnader och drift. Kunskapsläge 1978-12. Vägverket, Utvecklingssektionen TU 1979:1. Borlänge.
- Skölvig, H. (1985). Viltstängsel - olika typers effekt och kostnad. Swedish National Road Administration, Report TU 1985:2. Borlänge, Sweden.
- Spansk, Ö. (1999). Vägtrummor - vandringshinder. Beskrivning av problemet och dess lösning för Vägverket, Region Norr. Vägverket, Region Norr. Luleå.
- Trafikverket (2011). Nationell plan för transportsystemet 2010–2021. Trafikverket Rapport, 2011:067. Borlänge.
- Trafikverket (2012a). Kapitel 6. Trafiksäkerhet. In: Effektsamband för transportsystemet - Fyrstegsprincipen: steg 3 och 4. Borlänge: Trafikverket Rapport.
- Trafikverket (2012b). Krav för vägars och gators utformning. Trafikverket Publikation, 2012:179. Borlänge.
- Trafikverket (2012c). Transportsystemets behov av kapacitetshöjande åtgärder – förslag på lösningar till år 2025 och utblick mot år 2050. Trafikverket, Rapport 2012:100. Borlänge.
- Trafikverket (2013). Åtgärdsvalsstudie Viltpassager E 20 och Västra Stambanan. Laxå kommun och delar av Halls- bergs kommun i Örebro län samt delar av Gullspångs kommun i Västra Götalands län. Thyréns, TRV 2012/49838. Borlänge.
- Trafikverket (2014). Planer för transportsystemet 2014-2025: samlad beskrivning av effekter av förslagen till Nationell plan och länsplaner. Trafikverket, Rapport 2014:039. Borlänge.

- Trocme, M. (2005). The Swiss defragmentation program—reconnecting wildlife corridors between the Alps and Jura: an overview. In: C.L., I., P., G. & K.P., M. (eds) Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, pp. 144-149.
- Trocme, M. (2010). The Swiss defragmentation program – from global planning to design. In: Seiler, A. & Puky, M. (eds) Proceedings of IENE 2010 International Conference, Velence, Hungary, Sep 27 - Oct 01, 2010: Infra Eco Network Europe, <http://www.IENE.info>.
- Trocme, M., Cahill, S., De Vries, J.G., Farall, H., Folkson, L., Fry, G.L., Hicks, C. & Peymen, J. (2003). COST 341 - Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure: The European Review. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- Vägverket (1994). Vägutformning (VGU 1994), Version S-1. Vägverket, Publikation 2001:122. Borlänge.
- Vägverket (2004). Vägars och gators utformning (VGU 2004). Vägverket, Publikation, 2004:80. Borlänge.
- Vägverket (2006a). Vägar för bättre natur, kulturmiljö och friluftsliv. Vägverket, Publikation 2006:163. Borlänge.
- Vägverket (2006b). Vägverkets inriktningsdokument för natur, kulturmiljö och friluftsliv i väghållning. Vägverket, Publikation 2006:164. Borlänge.
- Vägverket (2009). Justerad version av Strategisk plan 2008 - 2017. Vägverket Publikation 2009:56. Borlänge.
- Vägverket & Banverket (2005). Åtgärdsprogram för barriäreffekter av vägar och järnvägar. Vägverket & Banverket, VV Pub 2005:61. Borlänge.
- Voelk, F., Glitzner, I. & Woess, M. (2001). Kostenreduktion bei Gruenbruecken durch deren rationellen Einsatz. Empfehlungen fuer bundesweite Mindeststandards auf Basis der als Wildwechsel angenommenen Ueber- und Unterfuehrungen an Oesterreichs Autobahnen und Schnellstrassen. Oesterreichisches Bundesministerium fuer Verkehr, Innovation und Technologie, BMVIT, Strassenforschung Vorhaben Nr. 3.195. Wien.
- Wahlstrom, L.K. & Liberg, O. (1995). Patterns of Dispersal and Seasonal Migration in Roe Deer (*Capreolus-Capreolus*). *Journal of Zoology*, 235, pp. 455-467.
- Ward, A.L. (1982). Mule deer behaviour in relation to fencing and underpasses on Interstate 80 in Wyoming. *Transportation Research Records*, 859, pp. 8-13.
- Woess, M., Grillmayer, R. & Voelk, F.H. (2002). Green bridges and Wildlife Corridors in Austria. *Zeitschrift fur Jagdwissenschaft*, 48, pp. 25-32.
- Yanes, M., Velasco, J.M. & Suarez, F. (1995). Permeability of roads and railways to vertebrates - the importance of culverts. *Biological Conservation*, 71(3), pp. 217-222.

Tack

Arbetet med bristanalysen finansierades av Trafikverket och genomfördes under flera år inom ramen för forskningsprojektet TRIEKOL (www.triekol.se). Analysen bygger på flera andra projekt som avsåg att utveckla underlag till kriterier och metoder och som redovisas separat. Vi är tacksamma för all hjälp i fältarbete, GIS och datahantering vi har fått under åren samt det input vi fått via möten och workshops med Trafikverket. Föreliggande rapport granskades och förbättrades med värdefulla synpunkter av J-O Helldin (Calluna AB), Ulrika Lundin, Henrik Wahlman och Anders Sjölund (Trafikverket).

Uppdateringen av brodatabasen (granskning och validering av potentiella passager på nationell nivå) leddes av Martin Lagerkvist vid Enetjärn Natur AB under sommaren 2015.

Bilagor (digitalt)

Rapporten och bilagorna kan hämtas i digital format från projektets hemsida:
www.TRIEKOL.se/bristanalys.

Bilagan till metodrapporten innehåller:

1. Brodatabasen (legend)
2. Järnvägar med beräknade permeabilitetsbrister
3. Bilvägar i Sverige med permeabilitetsbrist
4. Genomsnittlig permeabilitet av potentiella barriärer
5. Resultatkarta över barriärer och permeabilitetsbrister
6. Resultatkarta över potentiella vandringshinder
7. Resultatkarta över lämpliga potentiella passager
8. Resultatkartor över permeabilitetsbrister per region

Övriga bilagor kan fås av Trafikverket:

1. Excelfil med effektivitetsvärden för potentiella passager
2. ARC GIS projekt med tillhörande databaser och modellrutiner

Denna rapport ger ett underlag för att analysera vägnätets och järnvägsnätets permeabilitet för klövdjur, identifiera befintliga brister och bedöma behovet av åtgärder som minskar barriäreffekten och trafikdödligheten hos djur. Metoden bygger på en kombination av empiriska studier och teoretiska modeller och utvecklades i första hand för klövdjur (med älg som paraplyart). Potentiella barriärer är sammanhängande större trafikleder där djuren inte kan eller inte ska passera i plan. Befintliga broar kan erbjuda säkra och effektiva planskilda passager åt djuren och därmed åtgärda en viss barriärsträcka. Återstående potentiella barriärer som är längre än 2 km identifieras som permeabilitetsbrister vars åtgärdsbehov värderas utifrån olika ekologiska, trafiksäkerhets och praktiska grunder. Metoden kan även få tillämpning för andra arter eller artgrupper än klövdjur om riktvärdena och bedömningskriterierna anpassas.

Rapporten är framtagen inom forskningsprogrammet TRIEKOL (www.TRIEKOL.se)



Trafikverket, 781 89 Borlänge Besöksadress: Röda vägen 1
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se