

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



**FRAGMENTÁCIA KRAJINY DOPRAVNOU INFRAŠTRUKTÚROU A JEJ
VPLYV NA KOLÍZIE DOPRAVNÝCH PROSTRIEDKOV
S LESNOU ZVEROU**

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Vedúci práce: Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.
Diplomant: Bc. Katarína Pálková

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Katarína Pálková

Ochrana přírody

Název práce

Fragmentácia krajiny dopravnou infraštruktúrou a jej vplyv na kolízie dopravných prostriedkov s lesnou zverou

Název anglicky

Landscape fragmentation and its role in wildlife vehicle collision

Ciele práce

Cieľom diplomovej práce je analýza fragmentácie slovenskej krajiny v kontexte rozvoja dopravnej infraštruktúry a identifikácia problémových miest z hľadiska zvýšeného počtu kolízií dopravných prostriedkov s lesnou zverou.

Metodika

Analýza bude založená na identifikácii tzv. „blackspots“ (lokalít s vysokou koncentráciou kolízií dopravných prostriedkov s lesnou zverou) a následnom detailnom terénnom prieskume týchto lokalít. Ďalej bude skúmaná miera fragmentácie a jej úloha v miere nehodovosti.

Doporučený rozsah práce

cca 50 strán textu

Klíčová slova

bariérový efekt, doprava, nehodovost, životné prostredie

Doporučené zdroje informací

- Ascensao, F., Clevenger, A., Santos-Reis, M., Urbano, P., Jackson, N., 2013. Wildlife–vehicle collision mitigation: Is partial fencing the answer? An agent-based model approach. *Ecological Modelling* 257: 36-43.
- Borkovcová, M., Mrtka, J., Winkler, J., 2012. Factors affecting mortality of vertebrates on the roads in the Czech Republic. *Transportation Research Part D* 17: 66–72.
- Clevenger, A., P., Waltho, N., 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological conservation* 121: 453-464.
- Coffin, W., A., 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15: 396–406.
- Gonser, R., A., Jensen, R., R., Wolf, S., E., 2009. The spatial ecology of deer–vehicle collisions. *Applied Geography* 29: 527–532.
- Keken, Z., Ježek, M., Kušta, T. 2011. Vliv silnic a silniční dopravy na životní prostředí a definování plochy přímého impaktu. *Acta Pruhonicensia*, 99: 183-188.
- Kusta, T., Keken, Z., Jezek, M., Kuta, Z. 2015. Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife-vehicle collisions: a case study in Central Bohemia, Czech Republic. *Transportation Research part D: Transport and Environment* 38: 1-5.
- Kušta, T., Keken, Z., Bartak, V., Hola, M., Jezek, M., Hart, V., Hanzal, V. 2014. The Mortality Patterns of Wildlife–vehicle collisions in the Czech Republic. *North Western Journal of Zoology* 10(2): 393 – 399.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 28. 3. 2018

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 14. 04. 2018

Prehlásenie

Prehlasujem, že som predloženú diplomovú prácu spracovala samostatne pod vedením Ing. Zdenka Kekena, Ph.D., a že som uviedla všetky literárne pramene, z ktorých som čerpala.

V Prahe 18.04.2018

.....

Pod'akovanie

Moje pod'akovanie patrí najmä vedúcemu diplomovej práce Ing. Zdenkovi Kekenovi, Ph.D. za poskytovanie rád a odborné vedenie počas spracovávania tejto práce.

V Prahe 18.04.2018

.....

Abstrakt

Diplomová práca sa zameriava na problematiku fragmentácie krajiny dopravnou infraštruktúrou a jej ekologických dôsledkov, ako je fragmentácia, degradácia a strata biotopov, bariérový efekt, dopravná mortalita voľne žijúcich živočíchov a rôzne typy disturbancií. Diplomová práca identifikuje miesta vysokej koncentrácie výskytu dopravných kolízií s lesnou zverou na komunikáciách nachádzajúcich sa v priľahlej oblasti Národného parku Veľká Fatra na základe údajov o zrážkach z rokov 2012 - 2015, vyhodnocuje incidenciu kolízií z hľadiska dotknutej zveri a spracováva analýzu v kontexte lokalizácie ekologických koridorov európskeho a regionálneho významu s pomocou využitia geografického informačného systému. Celkovo bolo určených šesť lokalít so zvýšenou koncentráciou kolízií dopravných prostriedkov s lesnou zverou, pričom najviac dotknutým druhom v záujmovej oblasti je srnčia zver. Rizikové miesta môžu byť v budúcnosti zabezpečené zmierňujúcimi opatreniami v podobe migračných objektov a týmto môže dôjsť k zvýšeniu bezpečnosti na cestách a ochrane jedincov populácií viacerých druhov voľne žijúcich živočíchov.

Kľúčové slová: fragmentácia, bariérový efekt, lesná zver, kolízie, GIS

Abstract

The diploma thesis focuses on the landscape fragmentation due to transportation infrastructure and its environmental consequences such as fragmentation, degradation and loss of habitats, barrier effect, wildlife-vehicle collisions and disturbance effects. The diploma thesis identifies places of frequent occurrence of wildlife-vehicle collisions on roads located in the adjacent areas of National Park Veľká Fatra based on data on collisions from 2012 to 2015. The thesis assesses the collisions incidence from the point of view of the concerned animals and processes analysis in the context of the location of the european and regional biocorridors using Geographic Information System. Six wildlife-vehicle hotspots were identified, the most affected species is roe deer. Hotspot locations can be secured in the future by mitigation measures, i.e. migratory objects, and this can lead to increased security of traffic and the protection of individual wildlife species.

Keywords: fragmentation, barrier effect, wildlife, road-kills, GIS

Obsah

1. Úvod	1
2. Ciele práce	2
3. Literárna rešerš.....	3
3.1 Fragmentácia krajiny.....	3
3.2 Ekologické dôsledky fragmentácie krajiny dopravnou infraštruktúrou.....	3
3.2.1 Fragmentácia, degradácia a strata biotopov	4
3.2.2 Bariérový efekt.....	8
3.2.3 Dopravné kolízie vozidiel s voľne žijúcimi živočíchmi	8
3.2.3.1 Faktory ovplyvňujúce výskyt dopravných kolízií	10
3.2.4 Disturbancie a vplyv ciest na abiotické zložky životného prostredia.....	10
3.2.5 Cestné koridory.....	11
3.3 Metódy hodnotenia fragmentácie krajiny	12
3.3.1 Metóda stanovenia „effective mesh size“	13
3.3.2 Metóda stanovenia dopravou-nefragmentovaných oblastí (UAT).....	14
3.4 Fragmentácia krajiny v Európe	14
3.5 Ochrana konektivity krajiny a migračná priepustnosť pre veľké cicavce.....	19
3.6 Využitie genetických analýz pri hodnotení konektivity krajiny.....	21
3.7 Zmierňujúce opatrenia.....	22
3.7.1 Zmierňujúce opatrenia na Slovensku.....	24
3.7.2 Alpsko-karpatský koridor	26
4. Stručná charakteristika záujmovej oblasti.....	28
5. Metodika	30
6. Súčasný stav riešenej problematiky	31
6.1 Dopravná mortalita lesnej zveri na Slovensku.....	31
6.2 Projekt Transgreen.....	34
7. Výsledky.....	35
7.1 Celkový počet kolízií lesnej zveri s dopravnými prostriedami podľa typu komunikácie.....	36
7.2 Druh lesnej zveri dotknutý kolíziami s dopravnými prostriedkami	37
7.3 Vyhodnotenie početnosti dopravných kolízií z časového hľadiska.....	39
7.4 Miesta kolízií v rámci analyzovaného územia	41
7.5 Oblasti s vyššou incidenciou dopravných kolízií s lesnou zverou	41

7.6 Rizikové oblasti v súvislosti s lokalizáciou ekologických koridorov (biokoridorov) a ÚSES.....	44
8. Diskusia.....	45
9. Záver a prínos práce.....	48
10. Prehľad literatúry a použitých zdrojov	49
10.1 Odborné zdroje	49
10.2 Legislatívne zdroje.....	54
10.3 Internetové zdroje	54
10.4 Zdroje dát.....	55
11. Zoznam obrázkov, tabuliek a príloh	55
12. Prílohy.....	58

1. Úvod

Za posledných päťdesiat rokov sa hustota dopravnej siete v rámci Európy výrazne zvýšila. Príčina tkvie v snahe o zefektívnenie dopravných spojení i v rozširovaní ľudských sídiel a v urbanizácii. Výsledkom sú značné negatívne vplyvy pôsobiace na krajinu, mnohé z nich sa často objavujú postupne, sú ťažšie pozorovateľné a preukazujú kumulatívne účinky.

Jedným z ekologických dôsledkov fragmentácie krajiny je dopravná mortalita spôsobená kolíziami motorových vozidiel s voľne žijúcimi živočíchmi, ktorá môže v hraničných prípadoch viesť k ohrozeniu životaschopnosti jednotlivých populácií, prípadne môže zhoršiť prosperitu populácií živočíchov. Monitoring dopravných kolízií môže byť v prípade potreby užitočným prostriedkom k lokalizovaniu kritických či rizikových miest. Za účelom zmiernenia negatívnych dopadov fragmentácie krajiny na populácie živočíchov sa využívajú rôzne zmierňujúce opatrenia, pri návrhu ktorých je lokalizovanie kritických miest nevyhnutnosťou.

Na celoštátnej úrovni Slovenskej republiky zatiaľ nie sú zverejnené dostačujúce informácie o takýchto rizikových miestach, riešenie diplomovej práce zameranej na túto problematiku vo vymedzenom území je teda opodstatnené.

V úvodných kapitolách práca rozoberá viaceré aspekty ekologických dôsledkov fragmentácie krajiny, následne sa venuje metódam hodnotenia fragmentácie krajiny, pričom pomocou využitia jednej z týchto metód je v ďalšej kapitole ohodnotená miera fragmentácie krajiny v Európe na úrovni jednotlivých štátov. Osobitná kapitola sa venuje ochrane konektivity a migračnej priepustnosti pre veľké cicavce i s aplikovaním genetických metód pri hodnotení konektivity krajiny. V poslednej kapitole teoretickej časti sa diplomová práca zameriava na zmierňujúce opatrenia (migračné profily, migračné objekty) a uvádza konkrétny príklad úspešne realizovaného projektu Alpsko-karpatského koridoru. Praktická časť diplomovej práce vyhodnocuje analyzované dáta a graficky zobrazuje výsledky obsiahnuté v mapových výstupoch uvedených v prílohách diplomovej práce.

2. Ciele práce

Cieľom diplomovej práce je identifikovať miesta častého výskytu dopravných kolízií s lesnou zverou na komunikáciách nachádzajúcich sa v príľahlej oblasti NP Veľká Fatra na základe údajov o zrážkach z rokov 2012 - 2015, vyhodnotiť incidencie kolízií z viacerých hľadísk (druh dotknutých voľne žijúcich živočíchov, časová súvislosť a pod.) a spracovať analýzy v kontexte lokalizácie ekologických koridorov európskeho a regionálneho významu a v súvislosti s územným systémom ekologickej stability (ÚSES).

Okrem štatistického spracovania vyššie uvedených údajov má diplomová práca za cieľ vypracovať analýzu v prostredí geografického informačného systému (ArcGIS), výsledkom ktorej majú byť mapové výstupy znázorňujúce presné miesta dopravných kolízií, zhľady vysokej koncentrácie výskytu kolízií a vzájomné prepojenie týchto lokalít s biokoridormi a s územným systémom ekologickej stability a taktiež popis jednotlivých lokalít.

Prínosom diplomovej práce je lokalizovanie rizikových miest dopravných kolízií spôsobených lesnou zverou, pričom identifikované miesta môžu byť v budúcnosti zabezpečené zmierňujúcim opatrením v podobe migračného objektu a týmto môže dôjsť k zvýšeniu bezpečnosti na cestách a ochrane jedincov populácií viacerých druhov voľne žijúcich živočíchov.

3. Literárna rešerš

3.1 Fragmentácia krajiny

Fragmentácia krajiny je definovaná ako rozčleňovanie alebo rozdeľovanie prírodných lokalít či súvislých krajinných celkov na menšie izolované jednotky, za súčasného zníženia celkovej rozlohy pôvodného územia, pričom na týchto miestach dochádza k narušeniu ekologických vzťahov rôznymi druhmi bariér. Fragmentácia je dynamický a premenlivý jav, pričom je evidentná najmä v urbanizovaných regiónoch, kedy je dôsledkom prepojení zastavaných plôch lineárnou infraštruktúrou (cesty, železnice a pod.), rozširovaním ľudských sídiel, priemyselných areálov, no samozrejme sa vyskytuje i v menej urbanizovaných oblastiach, keďže dopravnou infraštruktúrou sú prepojované jednotlivé regióny (van der Ree et al.).

Nakoľko výstavba nových dopravných spojení v súčasnosti pokračuje rýchlym tempom, miera fragmentácie sa stále zvyšuje a zostatkové ekologické siete poskytujú stále menšiu a menšiu konektivitu. Dopravná infraštruktúra, intenzifikácia poľnohospodárstva a stále vzrastajúca urbanizácia spolu s výstavbou priemyselných areálov sú považované za hlavné príčiny fragmentácie krajiny (Damarad, Bekker, 2003).

3.2 Ekologické dôsledky fragmentácie krajiny dopravnou infraštruktúrou

K pochopeniu environmentálnych dopadov modernej infraštruktúry na rôzne zložky životného prostredia z pohľadu ekológie je nutné pozrieť sa na túto problematiku komplexne a zahrnúť do úvah viaceré aspekty a taktiež kumulatívne javy; je potrebné vychádzať z empirických dát, ktoré nám pomôžu načrtnúť všeobecné závery a odhadovať modely, ktoré by mohli byť použité aj pre hodnotenie dopadov zámerov a koncepcií na životné prostredie.

Lineárna infraštruktúra je jednou z hlavných príčin fragmentácie, degradácie a straty prírodných habitatov, nakoľko je rozšírená celosvetovo a jej podiel vo všeobecnosti stále stúpa. Ovplyvňuje životné prostredie na viacerých úrovniach, počnúc jednotlivými organizmami, cez populácie voľne žijúcich živočíchov, až po prírodné habitaty, celé prírodné spoločenstvá a ekosystémy (Fahrig, 2003).

Za počiatky výskumu, ktorý sa venuje ekologickým vplyvom ciest a cestnej dopravy možno označiť rok 1925, kedy Dayton Stoner zdokumentoval svoje pozorovania z výskumu dopravných kolízií zapríčinených živočíchmi v štáte Iowa, USA (Stoner, 1925). Neskôr sa pre komplexný výskum ekologických dopadov cestnej infraštruktúry zaužívalo označenie „cestná ekológia“, prvýkrát bol tento termín použitý v Nemecku v roku 1981 („Straßenökologie“; Ellenberg et al.). Od deväťdesiatych rokov sa výskum v tejto oblasti rapídne rozvíjal, publikované boli mnohé štúdie a sympóziá v Európe, Severnej Amerike i Austrálii. O rozvoj tohto odboru sa zaslúžil Forman et al. publikovaním článku s názvom „Roads and their major ecological effects“ v roku 1998, ktorý má v súčasnosti takmer 1500 citácií a neskôr vydaním knihy s názvom „Road Ecology: Science and Solution“ (2002).

Hlavnými cieľmi cestnej ekológie je popísať a kvantifikovať ekologické efekty, ktoré sú spôsobené rôznymi typmi ciest dopravnej infraštruktúry a minimalizovať či kompenzovať negatívne dopady na životnom prostredí a krajine (van der Ree et al., 2011). Vďaka výskumom v tejto oblasti sa podarilo identifikovať mnohé priame i nepriame negatívne dopady pozemných komunikácií na životné prostredie. Medzi najčastejšie primárne ekologické efekty popisované mnohými autormi možno zaradiť fragmentáciu a degradáciu biotopov a s týmto spojenú fragmentáciu populácií viacerých druhov živočíchov na menšie a zraniteľnejšie frakcie; bariérový efekt; zvýšenú mortalitu voľne žijúcich živočíchov spôsobenú dopravnými kolíziami s motorovými vozidlami; disturbancie a znečistenie okolitého prostredia (Seiler, 2001; Jaeger a Fahrig 2004; Roedenbeck, 2007; EEA, FOEN 2011). Spomínané negatívne efekty môžu samostatne alebo v súčinnosti viesť k redukcii populačných veľkostí a tým pádom k vyššiemu riziku vyhynutia populácií. To, ktorý z týchto efektov bude najsilnejší a aká bude odozva druhu na výstavbu cestnej komunikácie a s ňou spojenú premávku závisí od behaviorálnej charakteristiky a ekológie konkrétneho druhu. Nápadným vyhybaním sa vozovke sa zníži priama mortalita živočíchov spôsobená zrážkami, avšak zvýši sa bariérový efekt (Jaeger et al. 2005).

3.2.1 Fragmentácia, degradácia a strata biotopov

Vysoká miera fragmentácie krajiny patrí k jedným z najvýznamnejších problémov, ktoré negatívne ovplyvňujú charakter krajiny a populácie voľne žijúcich

živočíchov. Nakoľko všetky cesty i železnice sú súčasťou siete, pri odhadovaní dopadov fragmentácie na populácie živočíchov treba zohľadňovať možné synergické efekty celej dopravnej siete, údaje z jednej linky dopravnej komunikácie sú preto nepostačujúce. Štúdie venované fragmentácii musia zväčša brať do úvahy areály veľkej rozlohy a taktiež musí analýza prebiehať počas dlhšej časovej periódy.

Narozdiel od fragmentácie zapríčinennej poľnohospodárením či urbanizáciou, kedy je strata biotopov evidentná, pre fragmentáciu habitatov zapríčinenú infraštruktúrou je charakteristické skôr izolovanie jednotlivých lokalít kvôli bariérovému efektu, strata konektivity habitatov a taktiež sprievodné disturbancie v okolí ciest (Seiler, 2001).

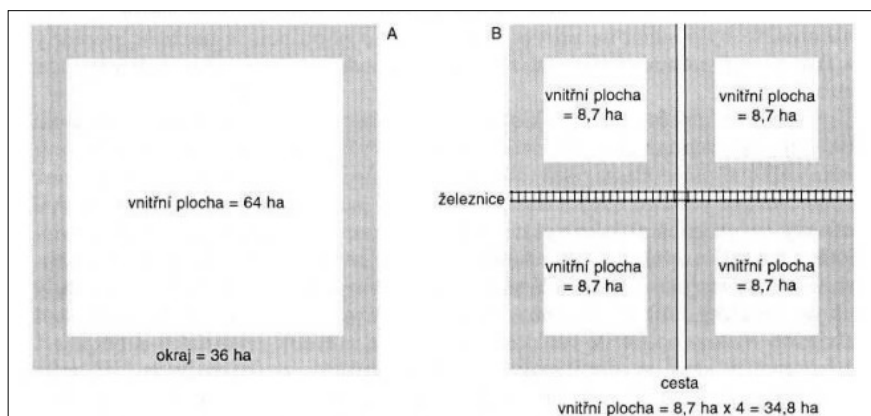
Biologické princípy nepriaznivého pôsobenia fragmentácie na populácie živočíchov vychádzajú zo známej teórie ostrovnej biogeografie (MacArthur, Wilson, 1967) a teórie metapopulácií (Levins, 1969). Teória ostrovnej biogeografie vysvetľuje dynamiku rastlinných a živočíšnych spoločenstiev na ostrovoch v závislosti od veľkosti ostrova a jeho vzdialenosti od pevniny. Na morských ostrovoch a súostroviach boli sledované dynamické procesy kolonizácie a vymierania jednotlivých druhov; čím je ostrov menší, tým sa zvyšuje pravdepodobnosť vyhynutia druhu, vzdialenosť ostrova od pevniny (miera izolovanosti) spoluurčuje intenzitu a úspešnosť kolonizácie. Z uvedeného vyplýva záver, že čím je ostrov väčší a bližšie k pevnine (zdroju), tým by mal byť, podľa teórie ostrovnej biogeografie, druhovo bohatší. Fragmentovaná krajina sa vyznačuje výskytom izolovaných oblastí rôznej miery, v súčasnosti sa tento model často aplikuje na problematiku národných parkov a prírodných rezervácií - pri tomto prístupe považujeme rezervácie za „ostrovy“ stanovišť obklopené narušeným prostredím (Primack et al., 2001).

Pri populačných procesoch prebiehajúcich na úrovni lokálnych populácií dochádza i k migráciám (emigráciám, imigráciám). Súbor týchto vzájomne oddelených lokálnych populácií žijúcich na určitom väčšom území, ktoré navzájom interagujú, možno označiť za metapopuláciu. Jednotlivé lokálne populácie sa líšia svojimi vlastnosťami, odlišným počtom jedincov, populačnou dynamikou, stupňom izolácie a pod. Viac prosperujúce čiastkové populácie, ktoré sú charakterizované dostatočným množstvom potomstva (tzv. zdrojové populácie) sú potom schopné doplniť stavy susedných, menej prosperujúcich populácií (tzv. prepádové „sink“

populácie). Niektoré populácie môžu byť absolútne závislé na „zdrojových“ populáciách, a preto akékoľvek prerušenie týchto tokov by mohlo mať pre danú populáciu vážne následky (zníženie genetickej variability, zníženie „fitnes“ jedincov, redukcia početnosti populácie až vyhynutie). Zníženie genetickej variability populácií je veľkým problémom, nakoľko genetická variabilita je v širšom zmysle základným predpokladom biologickej diverzity, v užšom zmysle je predpokladom schopnosti adaptovať sa na nové podmienky prostredia, schopnosti populácií produkovať plodné potomstvo atď. Malé izolované populácie preto majú vyššiu pravdepodobnosť extinkcie v porovnaní s veľkými populáciami s dostatočným genetickým tokom. Malé populácie sú náchylnejšie k inbrídingu, genetickému driftu a pod., izolované populácie sú náchylnejšie podľahnúť stresovým faktorom a ťažšie sa vyrovnávajú s lokálnymi prírodnými disturbanciami (výkyvy počasia, požiare, ochorenia), majú teda nižšiu odolnosť („resilience“) (EEA, FOEN, 2011).

Prerušenie vzájomnej interakcie medzi subpopuláciami môže byť spôsobené napríklad novou migračnou bariérou (dopravnou komunikáciou), ktorú majú jedinci problém prekonať. Týmto je obmedzená možnosť pohybu (emigrácie, imigrácie, disperzie), ktorá je pre živočíny nepostrádateľná z viacerých dôvodov (prístup ku zdrojom potravy, zničenie stanovišťa, rušenie, výskyt predátorov, rozmnožovanie, lokálne nárasty alebo poklesy početnosti atď.) (Primack et al., 2001).

Ďalším javom súvisiacim s fragmentáciou biotopov je okrajový efekt („edge effect“). Fragmentované stanovišťa majú väčšiu celkovú dĺžku okraja vzhľadom k celkovej ploche územia, rozloha pôvodného nefragmentovaného územia sa týmto dramaticky zmenšuje (obr. č.1).



Obr. č. 1: Hypotetický príklad zmeny rozlohy pôvodného územia o výmere 64 ha (A) a dĺžky ekotonu po fragmentácii infraštruktúrou (B) (Primack et al., 2001).

Pre takéto oblasti sú charakteristické okrajové efekty, tzn. hranice lokality disponujú rozdielnymi podmienkami prostredia v porovnaní s miestom uprostred, ide napríklad o vyššie výkyvy dopadajúceho svetla, rozdiely v teplote, vlhkosti, rýchlosti vetra a pod., spoločenstvá ekotonov sú preto odlišné. Obzvlášť badateľný okrajový efekt je možné pozorovať v lesných ekosystémoch, kedy môže prevládať až stovky metrov od hranice lesa smerom dovnútra biotopu (Primack et al., 2001).

Jednotlivé druhy živočíchov sú k dopadom fragmentácie citlivé rôzne, záleží od konkrétnych podmienok prostredia a konkrétnej populácie. Vo všeobecnosti možno tvrdiť, ako uvádza Anděl et al. (2005), že najviac ovplyvnené druhy, ktoré na fragmentáciu reagujú citlivo, sú druhy s veľkými nárokmi na priestor, druhy s klesajúcou hustotou či druhy s vysokým stupňom ohrozenia, stenoekné druhy a druhy s obmedzenou pohyblivosťou alebo naopak druhy so značnou dennou alebo sezónnou priestorovou dynamikou a druhy migrujúce na veľké vzdialenosti. Tento autor medzi modelové organizmy, ktoré sú obzvlášť ohrozené fragmentáciou, zaraďuje medveďa hnedého (*Ursus arctos*), losa mokrad'ového (*Alces alces*) i sysľa obyčajného (*Spermophilus citellus*), avšak zdôrazňuje individuálne posúdenie situácie konkrétnych ohrozených populácií.

Na otázku, ako veľmi sú habitaty ovplyvňované novými komunikáciami a k akým zmenám dôjde vďaka okrajovému efektu, nie je jednoduché odpovedať, keďže všetko závisí od charakteristiky jednotlivých ciest, od premávky, topografie terénu, hydrologických podmienok, príľahlej vegetácie, senzitivity jednotlivých populácií, miery celkovej disturbance a mnohých ďalších faktorov, ktoré treba pri hľadaní odpovede na túto otázku zohľadniť (Collinge, 2009).

Reh a Seitz (1989) potvrdzujú konkrétnym výskumom zmenu genetickej štruktúry malých lokálnych populácií (zníženie heterozygotity a polymorfizmu a prítomnosť inbrídingu) skokana hnedého (*Rana temporaria*), ktoré nastali po izolovaní tejto populácie infraštruktúrou v istej lokalite juhozápadného regiónu v Nemecku.

Metódam merania a kvantifikácie stupňa fragmentácie sa venuje osobitná kapitola (č. 3.3).

3.2.2 Bariérový efekt

Pozemné komunikácie predstavujú pre voľný pohyb množstva druhov živočíchov významné a často neprekonateľné prekážky, no taktiež môžu mať vplyv na prirodzené prírodné procesy, ako napríklad hydrologické pomery, rozloženie vegetácie a pod. Hlavnými skutočnosťami, ktoré majú podiel na vzniku bariérového efektu sú: 1. vyhýbanie sa živočíchov cestným komunikáciám, 2. disturbancie, ktoré komunikácie spôsobujú a 3. prítomnosť fyzických prekážok, ktoré cesty tvoria.

Miera bariérového efektu je daná kombináciou troch skupín faktorov, ale samozrejme taktiež záleží od toho, aký druh živočícha sledujeme (jeho charakteristika a správanie sa). Prvým faktorom je technické riešenie komunikácie, pričom dôležitými parametrami sú šírka komunikácie a technické prekážky (zvodidlá, ploty, protihlukové clony, priekopy lemujúce cesty, migračné objekty a pod.). Druhým faktorom je intenzita dopravy a tretím faktorom sú doprovodné disturbancie v podobe chemického znečistenia, hluku a vibrácií, osvetlenia a celkového vizuálneho rušenia (Iuell, 2003). Mnoho takýchto bariér neblokuje pohyb živočíchov kompletne, ale značne počet živočíchov, ktoré úspešne prekonajú prekážku v podobe cesty, redukuje.

V prípade, že budú cesty viac priepustné pre živočíchy (napr. odstránením prekážok), bude hrozba demografických zmien v populáciách menšia, avšak na úkor početnejších usmrtení živočíchov vozidlami. Naopak, zamedzením týchto usmrtení blokovaním okrajov vozovky sa zvýši bariérový efekt a problém izolovaných malých populácií. Bariérový efekt ovplyvní populácie viacerých druhov a týka sa väčších areálov v porovnaní s jednotlivými usmrteniami a je potenciálne jedným z najsilnejších negatívnych ekologických dopadov spôsobeným infraštruktúrou. Preto vhodným riešením je práve technické zabezpečenie cestných priepustov, nadchodov či podchodov (Forman, Alexander, 1998).

3.2.3 Dopravné kolízie vozidiel s voľne žijúcimi živočíchmi

Priama úmrtnosť živočíchov na cestách je najzreteľnejším efektom fragmentácie lokalít. Každoročne sú usmrtené milióny živočíchov pri kolíziách s motorovými vozidlami.

Harris a Scheck (1991) identifikovali niekoľko dôvodov, prečo je infraštruktúra spolu s premávkou značným zdrojom mortality voľne žijúcich živočíchov: zákonným dôvodom je predelenie teritórií či migračných trás; živočichy využívajú otvorený pozdĺžny cestný koridor a tým prichádzajú do kontaktu s premávkou; ďalším logickým predpokladom je výskyt mŕtvych zvierat v okolí vozovky, ktoré poskytujú zdroj potravy; a v neposlednom rade je to práve špecifický biotop, ktorý sa nachádza po stranách vozoviek a môže byť atraktívnym habitatom pre niektoré druhy, potiaľto však i „ekologickou pascou“.

Pri uvažovaní o následkoch je potrebné si uvedomiť, že veľké množstvo úmrtí nemusí zákonite viesť k ohrozeniu populácie, ale môže indikovať, že daný druh má vysokú početnosť a/alebo je veľmi rozšírený. Na dopravnú úmrtnosť sú citlivé predovšetkým vzácne druhy lokálnych populácií o nízkej početnosti (napr. veľkí karnivori), ďalším taxónom citlivým na dopravnú úmrtnosť sú druhy, ktoré intenzívne migrujú medzi lokalitami, napr. obojživelníky (predovšetkým počas obdobia rozmnožovania) a rôzne druhy plazov. Úmrtnosť na cestách taktiež závisí od ročného obdobia, teploty, zrážkach, dennej a nočnej dobe a pod. Mnohé živočichy, ktoré sa dostanú do kolízie s vozidlami neumierajú ihneď, ale až po istom čase na následky zranení či šoku. (Dufek et al., 2008).

Litvatis (2008) popisuje tri prístupy, ktorými možno analyzovať kolízie živočíchov s motorovými vozidlami. Princíp prvej metódy spočíva v identifikovaní miest so zvýšeným počtom kolízií, vhodnými vstupnými informáciami okrem údajov o miestach kolízií sú údaje o biotope a okolitých oblastiach týchto „hotspots“ miest, pričom výstupom môže byť vyhodnotenie, ktoré miesta sú pre živočichy atraktívnejšie v porovnaní s inými. Pri druhom prístupe je analyzovaná geografická distribúcia druhov v súvislosti s hustotou cestnej siete a môže odhaliť práve asociácie daných ciest s prítomnosťou alebo absenciou cieľového druhu, prípadne zistiť mieru „road-density threshold“ pre vybranú širšiu lokalitu. Tretia metóda využíva modely predpovedania výskytu kolízií, pričom zohľadňuje informácie o hustote premávky, o etológii druhov a predbežne stanovuje zóny kolízií. Výstupom je v tomto prípade výpočet pravdepodobnosti mortality na konkrétnych úsekoch ciest.

3.2.3.1 Faktory ovplyvňujúce výskyt dopravných kolízií

Počet dopravných kolízií s voľne žijúcimi živočíchmi vo všeobecnosti stúpa s intenzitou premávky, no na druhej strane sprievodné javy príliš intenzívnej premávky naopak odrádzajú živočíchy od priblíženia sa ku ceste a kolízie v týchto prípadoch úmerne nestúpajú; preto možno konštatovať, že záleží od ekológie konkrétneho sledovaného druhu. Ďalej sa môže počet dopravných kolízií zvyšovať s hustotou tej ktorej populácie či so zvýšenou aktivitou živočíchov daného druhu, vo veľkej miere však závisí od vlastností prostredia, okolitých biotopov, migračných trás, vegetácie lemujúcej cestu, no taktiež od faktorov ako je napr. počasie, doba dňa, ročné obdobie a v neposlednom rade od technickej charakteristiky samotnej cesty (šírka vozovky a pod.) a od zmierňujúcich opatrení na cestách (oplotenie, podchody, nadchody, ekoduty atď.) (Seiler, 2001).

Analýzy kolízií voľne žijúcich živočíchov a ich migračných trás vo vzťahu k lineárnej infraštruktúre založené na geografických informačných systémoch sú prostriedkom k lepšiemu porozumeniu tejto problematiky a k navrhovaniu modelov pre hodnotenie vplyvov ciest a následne pre aplikovanie zmierňujúcich opatrení (Gunson et al., 2011).

3.2.4 Disturbancie a vplyv ciest na abiotické zložky životného prostredia

Cestná infraštruktúra spolu s premávkou môže ovplyvňovať abiotické zložky prostredia rôznym spôsobom: geomorfologickými zmenami, zmenou hydrologických pomerov, chemickým znečistením vôd, záberom, znečistením a eróziou pôd, zasoľovaním pôd, znečistením ovzdušia, narušením mikroklimatických pomerov a takisto môže spôsobovať disturbancie v podobe hluku alebo v podobe vizuálneho svetelného narušovania. Intenzita týchto vplyvov varíruje s pozíciou cesty, svažitosťou terénu, pôdnym krytom danej lokality a pod. (Forman, Alexander, 1998).

Doprava kontaminuje prostredie množstvom chemických polutantov. Emisie tvoria látky ako oxid uhoľnatý, oxidy dusíka, oxid siričitý, polycyklické aromatické uhľovodíky (PAH), prchavé organické zlúčeniny. Vozidlá sú zdrojom taktiež ťažkých kovov (napr. olovo, zinok, meď, kadmium) atď. (EEA, 2012).

Hluk zapríčinený premávkou na cestách môže mať na živočíchy negatívny vplyv, obzvlášť na druhy, ktorých prirodzenou súčasťou behaviorálnych prejavov je využívanie zvukov (napr. vtáky) a ovplyvnené sú najmä tie druhy, u ktorých frekvencia zvuku z premávky interferuje s frekvenciou zvuku ich spevu. Vedie to napríklad k tomu, že niektoré druhy vtákov v hlučnom mestskom prostredí spievajú vo vyššej frekvencii, aby tak predišli problémom a „maskovaniu“ zvukov s nízkou frekvenciou, ako uvádza výskum Slabbekoorna a Peeta (2003) uskutočnený v meste Leiden v Holandsku, kedy bol monitorovaný spev sýkorky veľkej (*Parus major*).

Lineárne dopravné infraštruktúra môže ovplyvňovať taktiež mikroklimatické podmienky lokality, napr. meniť rýchlosť a smer vetra, teplotu i relatívnu vlhkosť ovzdušia (prehrievanie vzduchu v blízkosti ciest v letných mesiacoch). Vo všeobecnosti sú okraje vozoviek veternejšie, turbulentnejšie, vzduch je teplejší a suchší a navyše obsahuje množstvo prachových častíc, obzvlášť v prípade nespevnených okrajov vozoviek. Prachové častice nepriaznivo pôsobia na vegetáciu v priľahlých oblastiach ciest, keďže pokrývajú povrch listov rastlín a tým ovplyvňujú fotosyntézu, respiráciu i transpiráciu, čoho výsledkom je znižovanie produktivity rastlín (Farmer, 1993).

3.2.5 Cestné koridory

Povrchy vozoviek, postranné línie ciest a ich priľahlé oblasti v niektorých prípadoch využívajú živočíchy na uľahčenie svojho pohybu, prípadne tieto oblasti poskytujú útočisko niektorým druhom, najmä malým cicavcom či hmyzu (Coffin, 2007). Andrews (1990), Hobbs et al. (1990) popisujú niekoľko dôvodov, pre ktoré niektoré druhy živočíchov využívajú koridor ciest: pohybovanie sa za účelom vyhľadávania potravných zdrojov, rozptyl medzi separovanými populáciami, migrácia na dlhé vzdialenosti a lokálne či globálne šírenie druhov a kolonizácia nových území.

Rastliny a živočíchy, ktoré vedia využiť koridor ciest či cestičiek vo svoj prospech a uľahčujú si tým pohyb či šírenie, sú zväčša generalisti. Tieto druhy sú schopné využiť vysoko variabilné ekologické podmienky charakteristické pre cesty a a ich priľahlé oblasti (Forman, Alexander, 1998). Priestor v blízkosti okrajov a hraníc ciest vedia úspešne využiť na uľahčenie svojho šírenia v krajine. Práve z tohto

dôvodu sú cesty uvádzané ako jeden z hlavných faktorov úspešných invázií exotickéj flóry a fauny (Gelbard, Belnap, 2003).

Rozhrania medzi dvoma typmi biotopov, teda prirodzené okraje alebo ekotony sa prirodzene vyskytujú v krajine. Zabezpečujú heterogenitu prostredia a interakcie medzi organizmami. Eventuálne sú vytvárané i prírodnými disturbanciami, ako napr. požiarom v lese a pod., kedy sa na lokalite vytvorí „medzera“, a zmenené podmienky prostredia (zvýšený dopad slnečných lúčov, prísun živín, znížená kompetícia a pod.) dovoľujú iným druhom kolonizovať lokalitu.

Okraje ciest sú špecifické svojim lineárnym tvarom a dopravnou dynamikou. Je pravdou, že línie poblíž ciest môžu byť vhodným prostredím pre niektoré druhy živočíchov, avšak narozdiel od prirodzene sa vyskytujúcich ekotonov, sú v plnej miere vytvorené človekom. Ekológovia často poznámenávajú nehostinnosť tohto prostredia pre mnoho druhov a jeho negatívne dôsledky pre ekosystémy (Forman et al., 2003).

Vzdialenosť od okraja línie vozovky, v ktorej ešte možno pozorovať negatívne javy pôsobenia dopravy, je v literatúre označovaný ako tzv. „road-effect zone“ - zóna narušenia a je dôležitá z hľadiska prípadných manažmentových opatrení. Táto zóna je typicky niekoľkonásobne širšia ako samotná šírka cesty, je asymetrická vzhľadom na rozdielny terén, svažitosť, prúdenie vetra a pod. Ide o veľmi variabilný fenomén meniaci sa v priestore i čase (Eigenbrod et al., 2009).

3.3 Metódy hodnotenia fragmentácie krajiny

Hustota a konfigurácia cestnej siete ovplyvňuje funkčné vzťahy v rámci ekosystémov v krajine. Existuje viacero metód, ktorými možno fragmentáciu na úrovni krajiny ohodnotiť či merať. Tieto metódy možno rozdeliť do dvoch základných kategórií: metódy stanovujúce číselné indexy fragmentácie a metódy vymedzujúce územie (Anděl et al., 2011).

3.3.1 Metóda stanovenia „effective mesh size“

Medzi kvantitatívne výpočty, ktoré kvantifikujú stupeň fragmentácie určitého územia číselným indexom, možno zaradiť napr. výpočet „degree of landscape division“ (D), „splitting index“ (S), alebo „effective mesh size“ (M_{eff}) (Jaeger, 2000). Posledná menovaná je považovaná za reprezentanta tejto skupiny metód a voľne možno preložiť názov tohto postupu ako stanovenie „efektívnej veľkosti oka“ určitého územia. Všetky tri uvedené metódy sú založené na uvažovaní o pravdepodobnosti, či sa dva živočíchy nachádzajúce sa na rôznych miestach v rámci areálu majú alebo nemajú možnosť stretnúť. Ekvivalentom je určenie pravdepodobnosti, že dva náhodne vybrané konkrétne miesta (body) v regióne (vopred určenom podľa istých kritérií) budú od seba oddelené bariérou. Ako bolo spomínané v predchádzajúcich kapitolách, možnosť (schopnosť) dvoch jedincov populácie sa stretnúť a reprodukovať, spolu s neizolovanosťou a dostatočnou veľkosťou areálu, sú predpokladom životaschopnej populácie.

M_{eff} je teda číselný indikátor fragmentácie krajiny a vychádza z výpočtu pravdepodobnosti, že sa dva jedince náhodne umiestnené do študovaného územia, budú nachádzať na ploche neoddelenej prekážkou. M_{eff} sa vyjadruje v plošných jednotkách, nižšie hodnoty určujú vyššiu mieru fragmentácie. M_{eff} možno vypočítať podľa vzorca:

$$M_{eff} = A_t \cdot C = \frac{1}{A_t} \cdot \sum_{i=1}^n A_i^2$$

pričom C = pravdepodobnosť, že dva náhodne umiestnené body v učitom území nie sú oddelené bariérou; A_i = rozloha jednotlivých izolovaných plôch (km^2); A_t = rozloha celého skúmaného územia (km^2); n = počet čiastkových izolovaných plôch.

Táto metóda je vhodná pri sledovaní časového vývoja a vzájomného porovnávania úrovne fragmentácie rozsiahlych území, nakoľko reaguje i na menšie zmeny v štruktúrach bariér, ktoré vedú k fragmentácii. Výhodou tejto metódy je, že nakoľko plní vedecké, funkčné aj pragmatické požiadavky, môže byť použitá ako environmentálny indikátor fragmentácie biotopov. Informácia o stupni fragmentácie krajiny je relevantná napríklad pri regionálnom územnom plánovaní či pri plánovaní umiestnenia novej dopravnej komunikácie (Jaeger, 2000; Anděl et al., 2005).

3.3.2 Metóda stanovenia dopravou-nefragmentovaných oblastí (UAT)

Princípom metód vymedzujúcich nefragmentované územie je, že sa podľa určitých algoritmov definuje územie, ktoré je považované za nefragmentované a tým pádom hodnotnejšie.

Ukážkovým príkladom tejto metodiky je stanovenie dopravou-nefragmentovaných oblastí (UAT - „unfragmented area by traffic“). V roku 2005 bola Andělom a kol. vypracovaná kompletná metodická príručka, ktorá popisuje hodnotenie fragmentácie krajiny dopravou. Príručka definuje nefragmentované územie ako územie, ktoré spĺňa nasledujúce podmienky: 1. je ohraničené cestami s intenzitou dopravy vyššou ako 1000 vozidiel za deň alebo viacnásobnými koľajnicovými železnicami (t.j. limitná intenzita fragmentačného faktoru); 2. má rozlohu väčšiu ako 100km² (t.j. limitná veľkosť územia). Tieto územia (UAT) sú následne analyzované z hľadiska kvality (hodnota biotopov, hodnotenie bariér a ich priepustnosti, príp. SWOT analýza).

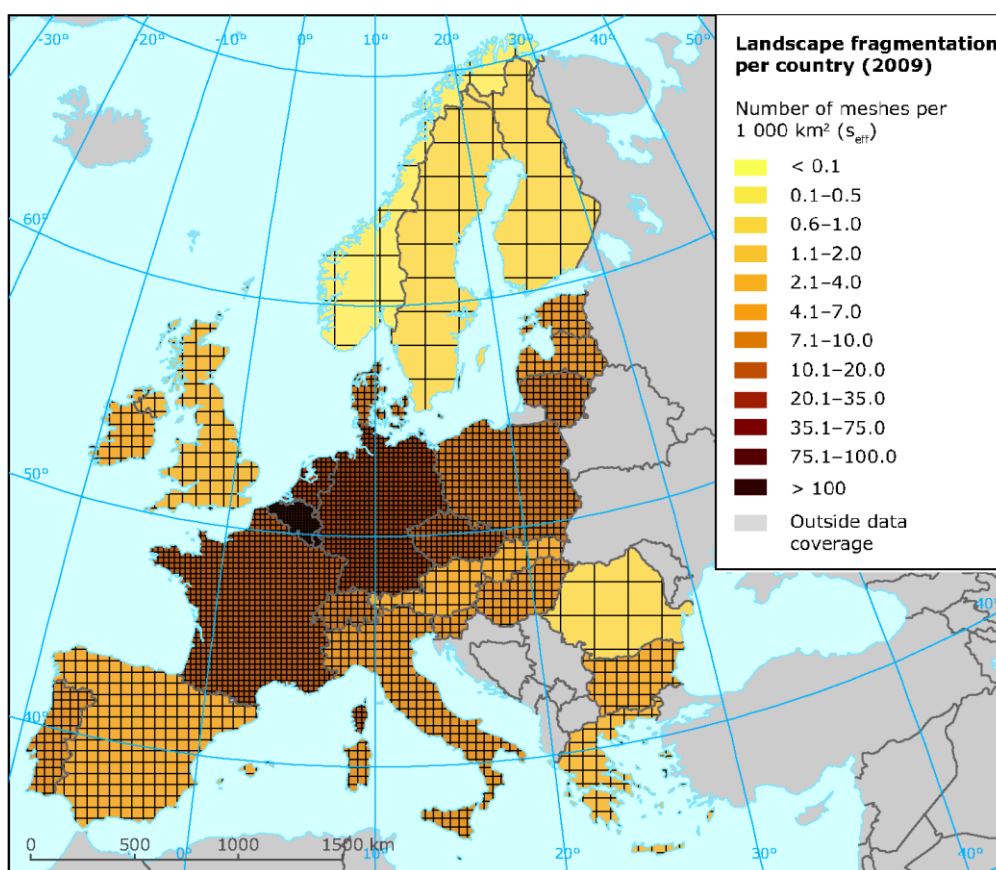
Výhodou tejto metódy je možnosť analýzy v geografických informačných systémoch (GIS), praktickou výhodou je, že vymedzené územie je možné konkrétne konfrontovať s rôznymi zámermi územného plánovania a investičnej prípravy, napr. stanovením rozsahu zásahu pre viacero variánt. Táto metóda nám dovoľuje hodnotiť aktuálny stav fragmentácie krajiny, no taktiež tento stav porovnávať s minulosťou a pomocou prognostických dopravných modelov odhadovať vývoj fragmentácie v budúcnosti. Výsledky z analýz UAT majú dobrú výpovednú hodnotu, podávajú informácie o súčasnej aj potenciálnej hodnote územia a je odporúčané využívať informácie z takýchto analýz pri hodnotení vplyvov koncepcií a zámerov na životné prostredie (Anděl et al., 2005).

3.4 Fragmentácia krajiny v Európe

Jedným z najvýraznejších faktorov prispievajúcich k úbytku biodiverzity v Európe je práve dopravná infraštruktúra a jej negatívne vplyvy na fragmentáciu biotopov. Od roku 1990 sa celková dĺžka diaľnic v Európe (42 207 km) značne zvýšila, v roku 2015 vykazovala dĺžku 75 820 km (Statista, 2015).

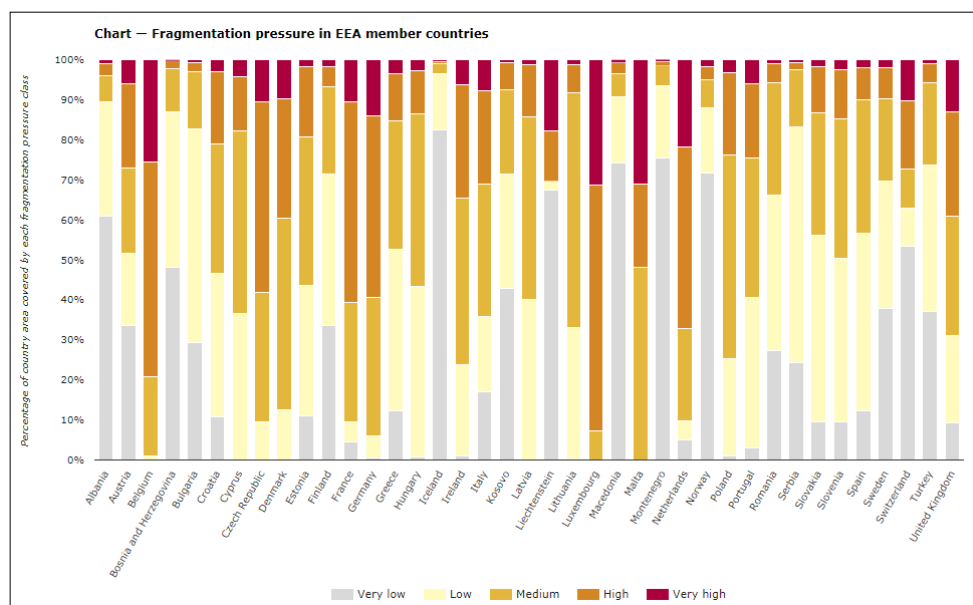
Výpočet zhodnotenia fragmentácie v krajine uvedený v tejto kapitole je založený na metóde „effective mesh size“ spolu s výpočtom „effective mesh density“ (S_{eff}). Pomocou indikátora „effective mesh density“ sa určuje stupeň či miera fragmentácie, teda štrukturálna konektivita, do úvahy sa neberie druho-špecifická konektivita. Fragmentovanú krajinu charakterizuje prítomnosť tzv. „fragmentation geometry“ (FG), pojem FG je definovaný ako prítomnosť nepriepustnej bariéry, resp. súbor všetkých bariér v krajine, v tomto prípade ide o bariéry antropogénne. S_{eff} udáva informáciu o počte nefragmentovaných území („ôk“) na ploche 1000 km², inými slovami, hustotu týchto plôch. Samotné plochy sú ohraňované bariérami FG. Čím viac bariér rozčleňuje krajinu, tým je vyššia hodnota S_{eff} (EEA, 2011).

Európska environmentálna agentúra (EEA, 2011) uskutočnila analýzu hodnotenia miery fragmentácie v Európe v roku 2009. Základnú zjednodušenú predstavu o miere fragmentácie na úrovni štátov zobrazuje obr. č. 2.



Obr. č. 2: Fragmentácia krajiny v Európe (2009) na úrovni štátov vyjadrená hodnotou S_{eff} (EEA, 2011).

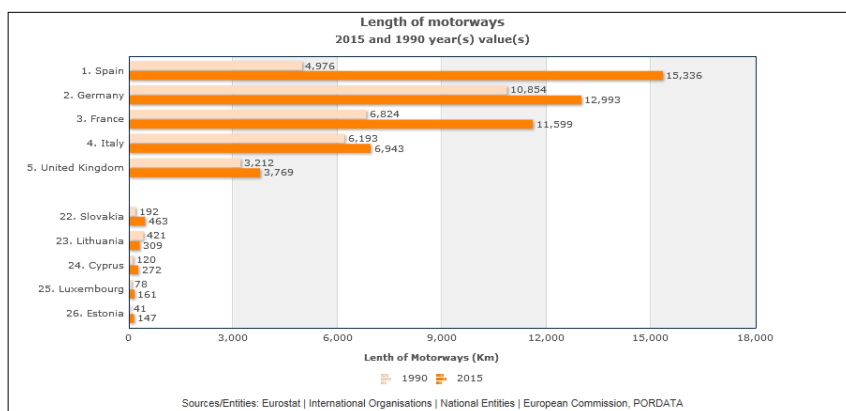
Z výskumu EEA (2018) vyplýva, že najviac fragmentovanú krajinu majú štáty Luxembursko (93% krajiny je vysoko fragmentovaná) a Belgicko (80%), vysoké hodnoty vykazujú aj štáty Holandsko (67%) a Nemecko (60%). Tieto oblasti možno považovať za akési centrum vysokej fragmentácie, nakoľko od týchto štátov všetkými smermi je miera fragmentácie nižšia a spomedzi všetkých analyzovaných štátov má najnižšiu hodnotu Nórsko. Slovensko má pomerne nízku celkovú hodnotu miery fragmentácie, táto hodnota je porovnateľná s Rakúskom.



Obr. č. 3: Fragmentácia krajiny v jednotlivých štátoch (2018). Graf zobrazuje percentuálny podiel rozlohy krajiny, ktorý je fragmentovaný na úrovni 5-tich tried (miera fragmentácie veľmi nízka/nízka/stredná/vysoká/veľmi vysoká). Fragmentačný „tlak“ krajiny reprezentuje hodnota S_{eff} (EEA, 2018).

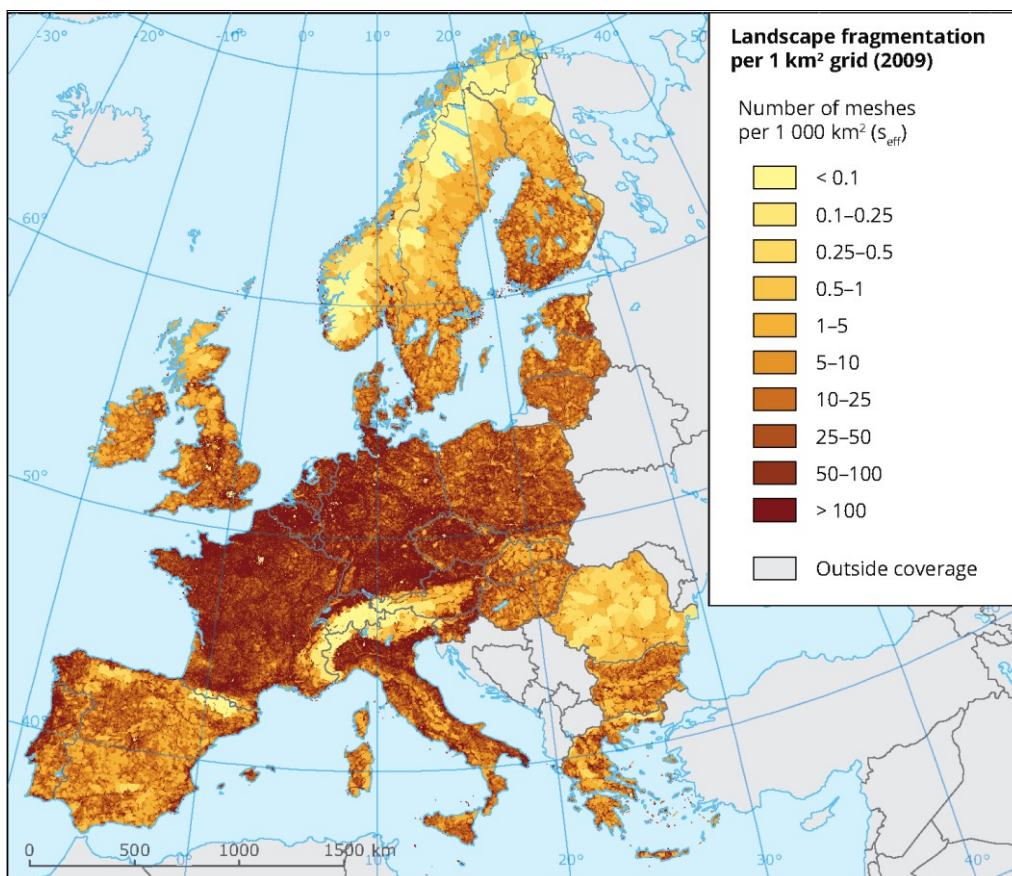
Veľké časti Európy sú vysokofragmentované z dôvodu expanzie sídiel a dopravnej infraštruktúry. Vysoká miera fragmentácie je často lokalizovaná práve v oblastiach rozľahlých urbanizovaných centier a poblíž silných transportných koridorov. Napríklad Nemecko má v súčasnosti sieť diaľnic s celkovou dĺžkou 12993 kilometrov (Pordata, 2015) o výraznej hustote, pričom množstvo prepravených osôb a tovaru v rámci Európy je značné. Vysoký stupeň fragmentácie tejto krajiny vysvetľuje, okrem iného, jej centrálna lokalizácia v Európe, vysoký level industrializácie, nízky počet veľkých topografických prekážok pri konštruovaní dopravnej infraštruktúry a v neposlednom rade ekonomické podmienky krajiny.

Na nasledujúcom grafe (obr. č. 4) je pre porovnanie zobrazená celková dĺžka diaľnic v určitých štátoch v Európe na popredných a posledných priečkach v roku 1990 a po 25-tich rokoch v roku 2015 (Pordata, 2015).



Obr. č. 4: Celková dĺžka diaľnic v určitých štátoch na prvých a posledných priečkach v rokoch 1990 a 2015 (Pordata, 2015).

Na obrázku č. 5 je zobrazená úroveň fragmentácie v 28 analyzovaných krajinách v rastrovom dátovom modeli s rozlíšením 1km^2 .



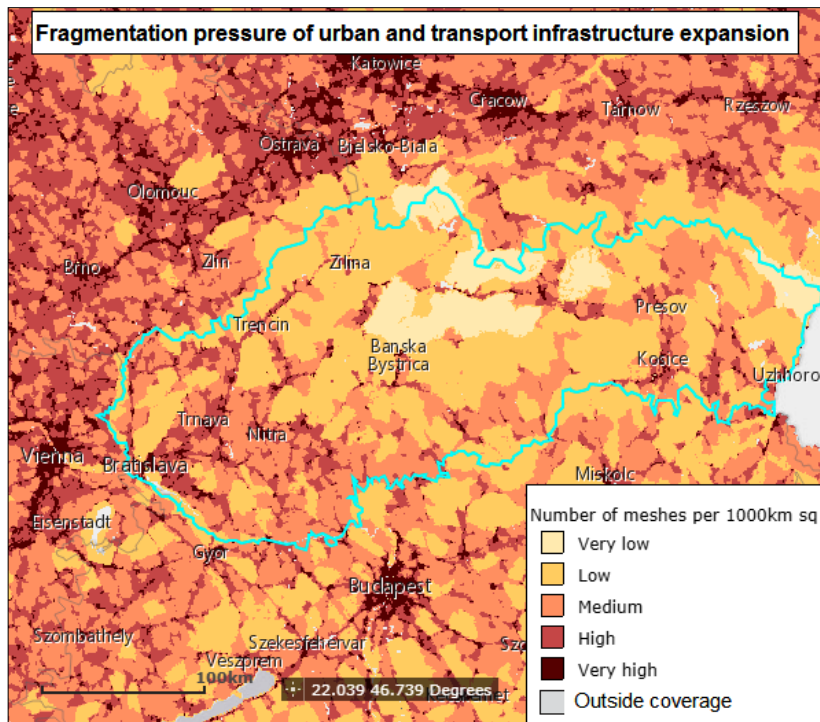
Obr. č. 5: Fragmentácia krajiny v Európe (2009) vyjadrená hodnotou S_{eff} s rozlíšením 1:1km (EEA, 2011).

Fragmentácia krajiny v Európe je daná kombináciou fyzicko-geografických a socioekonomických podmienok. Rozmanitosť a rôznorodosť európskej prírody v mnohých prípadoch podmieňuje sociálny a hospodársky rozvoj krajín, čoho dôkazom je aj rôzna miera osídlenia v rámci Európy (obývané horské údolia v Alpách, husto zaľudnené oblasti veľkomiest či pobrežných nížin na západe Európy, riedko osídlená severná časť Škandinávie a pod.) Na obr. č. 5 možno pozorovať vysoké hodnoty S_{eff} v okolí veľkých mestských aglomerácií a hlavných dopravných uzlov západnej a strednej Európy a severnej časti Talianska, naopak nižšie hodnoty vykazuje severnejšia časť Škandinávie i Rumunsko. Mieru fragmentácie krajiny vo všeobecnosti najviac ovplyvňuje hustota zaľudnenia, sieť dopravných koridorov a s ňou súvisiaca frekvencia pohybu osôb i tovaru, t.j. celkové množstvo cestujúcich pasažierov a množstvo prepraveného tovaru (EEA, 2011).

EEA skúmala mieru fragmentácie aj v súvislosti so socioekonomickými a geofyzickými podmienkami krajín a tiež zohľadňovala relevanciu jednotlivých bariér v krajine, a teda predpoklad znel, že regióny s vyššou populačnou hustotou budú viac fragmentované. Medzi geofyzické podmienky krajiny bol zaradený napr. percentuálny podiel krajiny pokrytý horami či jazerami a medzi socioekonomické podmienky napr. populačná hustota, množstvo cestujúcich pasažierov a množstvo prepraveného tovaru na osobu, pomer HDP/osoba a pod.

Tento „pan-európsky“ model, ktorý zohľadňuje fyzické a socioekonomické faktory preukázal značný vzťah (koreláciu) s veličinou „effective mesh density“ ($R^2=0,46$).

Nasledujúci obrázok č. 6 zobrazuje úroveň fragmentácie na Slovensku (EEA, 2018), vyššiu mieru fragmentácie možno pozorovať najmä v okolí väčších miest na juhozápadnom a východnom Slovensku.



Obr. č. 6: Distribúcia úrovne fragmentácie na Slovensku (2012) rozdelená do piatich tried, ktoré reprezentujú hodnotu S_{eff} . Svetlejšie farby udávajú nižší fragmentačný „tlak“ spôsobený expanziou sídel a dopravnej infraštruktúry (upravené podľa EEA, 2018).

3.5 Ochrana konektivity krajiny a migračná priepustnosť pre veľké cicavce

Zabezpečenie ochrany konektivity krajiny je treba vnímať ako multidisciplinárnu záležitosť, pričom sa dotýka viacerých oborov a oblastí, prelínajú sa tu prvky z ekológie, biogeografie, územného plánovania, geografických informačných systémov, technických odborov a pod.

Koncepcia vychádza zo štúdie Anděla et al. (2005, 2011) a je založená na vymedzení a ochrane troch hierarchicky usporiadaných jednotkách: migračne významných územiach, diaľkových migračných koridorov a migračných trasách. Riešenie problematiky fragmentácie krajiny by malo brať do úvahy všetky druhy živočíchov, ktoré môžu byť bariérovým efektom danej komunikácie významne dotknuté. Z praktického hľadiska metodika podľa Anděla (2011) zoskupuje druhy do siedmych základných kategórií s podobnými vlastnosťami vo vzťahu k migrácií („veľké cicavce“ a druhy najnáročnejšie na parametre migračných objektov; ostatné kopytníky; cicavce strednej veľkosti; obožživelníky, plazy a drobné cicavce; ryby a

ostatné vodné živočíchy; vtáky a netopiere ; spoločenstvá rastlín, bezstavovcov a drobných stavovcov).

Ďalej sa táto kapitola zameriava na kategóriu veľké cicavce. Táto kategória v koncepcii ochrany konektivity krajiny zahŕňa nasledovné modelové živočíchy: medveď hnedý (*Ursus arctos*), rys ostrovis (*Lynx lynx*), vlk dravý (*Canis lupus*), los mokrad'ový (*Alces alces*) a jeleň lesný (*Cervus elaphus*). Tieto organizmy boli vybrané za modelové z viacerých dôvodov, prvým dôvodom je ochrana týchto druhov ako takých (na Slovensku podľa prílohy č. 4 a č. 6 k vyhláske č. 24/2003, ktorou sa vykonáva zákon č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny patria druhy medveď hnedý, rys ostrovid, vlk dravý medzi chránené živočíchy a druhy európskeho významu a los mokrad'ový patrí medzi druhy národného významu), ďalším dôvodom je, že tieto druhy majú značné nároky na voľný pohyb v krajine, na veľkosť a kvalitu domovských okrskov a môžeme ich považovať za reprezentantov lesných ekosystémov. Pri tejto skupine treba brať do úvahy i diaľkovú migráciu nadregionálneho až európskeho formátu. Vzhľadom k ich vysokým ekologickým nárokom je pravdepodobné, že tam, kde bude zaistená priechodnosť krajiny pre veľké cicavce (v podobe konkrétnych migračných objektov), bude dostatočná i pre ostatné druhy lesných živočíchov. Ochranou konektivity krajiny pre veľké cicavce by teda mala byť zabezpečená i konektivita lesných ekosystémov ako celku.

Migračne významné územia sú definované ako územia nutné pre zaistenie dlhodobej existencie populácií záujmových druhov veľkých cicavcov, zahŕňajú teda oblasti stálego výskytu druhov i územia potrebné pre zaistenie migračného prepojenia. Sú považované za nadradenú hierarchickú jednotku a ich funkciou je ochrana konektivity krajiny ako celku. Problematika fragmentácie krajiny v súvislosti s migračne významnými územiaми by mala byť zaradovaná ako jedno z povinných rozhodovacích hľadísk v rámci územného plánovania a investičnej prípravy výstavby komunikácií a tiež by tieto územia mali byť podkladom pre návrhy konkrétnych zmierňujúcich opatrení na cestách.

Diaľkové migračné koridory taktiež zohrávajú úlohu pri dlhodobej udržateľnosti konektivity krajiny. Majú líniový charakter a ich hlavnou funkciou je prepojenie populácií veľkých cicavcov na národnej a stredoeurópskej úrovni. Prepojujú oblasti významné pre trvalý a prechodný výskyt veľkých cicavcov a sú nástrojom pre koordináciu záujmov ochrany prírody a územného rozvoja a taktiež by

mali byť súčasťou podkladov pre konkrétne návrhy zmierňujúcich opatrení na dopravných komunikáciách. Dialľkové migračné koridory teda vedú prevažne cez lesné biotopy, prípadne prírode blízke biotopy a ich sú charakterizované kontinuitou s minimom prerušujúcich bariér. Migračné trasy predstavujú v systéme ochrany konektivity krajiny realizačný stupeň. Ide o konkrétne vymedzené trasy v kritických či problémových miestach migračných koridorov. Na týchto miestach je vhodné uvažovať o realizácii ochranných zmierňujúcich opatrení vedúcich k spriechodneniu prípadných migračných bariér. Migračné trasy by mali slúžiť ako podklad pre realizáciu konkrétnych investičných alebo územných opatrení pre zlepšenie konektivity na lokálnej úrovni (Anděl a kol., 2010).

3.6 Využitie genetických analýz pri hodnotení konektivity krajiny

Genetické analýzy vedia poskytnúť hodnotnú informáciu o distribúcií jednotlivých genotypov v populácií a o vývoji rozloženia populácií na území veľkých areálov v čase. Konkrétnym príkladom je napríklad štúdia Straku et al. (2012), ktorý mapuje populácie medveďa hnedého.

Populácia medveďa hnedého na území pohoria Karpaty bola až do druhej polovice 19. storočia veľká a súvislá, avšak od konca prvej svetovej vojny sa kvôli rôznym činnostiam človeka (lov, odlesňovanie a pod.) populačná veľkosť zredukovala a rozdelila, pričom boli vytvorené dve subpopulácie medveďa hnedého v rámci európskeho kontinentu: väčšia východná subpopulácia rozprestierajúca sa od územia východnej časti Slovenska, cez Ukrajinu až do Rumunska; a menšia západná subpopulácia lokalizovaná na území strednej časti Slovenska (Straka et al., 2012).

Výsledok genetických analýz ukazuje, že tieto dva genetické klastre sú rozdelené do ďalších dvoch skupín: východný klaster bol rozdelený do dvoch subpopulácií: časť východných slovenských Karpát (ES) a rumunskej časti (RO), západný klaster bol rozčlenený na subpopulácie severnej (NS) a centrálnej časti Slovenska (CS), čo je mierne prekvapivé zistenie vzhľadom na ich geografickú blízkosť. Straka a kol. (2012) navrhuje vysvetlenie, že po radikálnom znížení populačnej veľkosti boli medvede západných Karpát, ktoré prežili, separované v dvoch lokalitách - teritórium Malej Fatry a príľahlých území; a teritórium Nízkych Tatier alebo Poľany. Genetický drift viedol ku genetickej divergencii a následne

okolo roku 1932, výsledkom zvýšenia právnej ochrany na Slovensku sa početnosť populácií zvýšila, tieto dve subpopulácie boli upevnené v dvoch geneticky rozdielnych líniah (Find'o, 2007; Straka, 2012).

V súčasnosti sa javí, že hlavnou bariérou medzi týmito dvoma (sub)populáciami medveďa hnedého (NS a CS) je údolie rieky Váh, najmä región Liptova (agrikultúrny región s veľkými plochami pasienkov a limitovanou spojitosťou lesov na oboch stranách doliny), dolina bola navyše rozdelená vodnou nádržou, železnicami, medzinárodnou diaľnicou D1 a osídlením dvoch najväčších miest regiónu - Ružomberok a Liptovský Mikuláš. Všetky tieto faktory môžu mať negatívny vplyv na génový tok medveďa hnedého na Slovensku. Genetický tok medzi populáciami NS a CS bol v súčasnosti zdokumentovaný priamou identifikáciou niekoľkých jedincov CS populácie v NS (10) a naopak (19) (Straka et al., 2012).

3.7 Zmierňujúce opatrenia

Výskumy z cestnej ekológie sa zameriavajú a snažia sa kvantifikovať negatívne vplyvy dopravnej infraštruktúry na jedincov, populácie, spoločensvá živočíchov či celé prírodné ekosystémy, pričom cieľom je tieto negatívne vplyvy minimalizovať či zmierniť, príp. kompenzovať. Možností, ako to dosiahnuť, je viacero a mnohé z takýchto opatrení už sú zavedené vo viacerých krajinách sveta.

Cieľom zmierňujúcich opatrení je, okrem zvýšenia bezpečnosti účastníkov cestnej premávky, zabezpečiť zníženie rizika vyhynutia lokálnych populácií, pričom toto riziko môže vzniknúť dôsledkom izolovania populácií či dopravnej mortality (Klar et al., 2010).

Medzi zmierňujúce opatrenia možno zahrnúť: systém detekcie zvierat, vystríhajúce znamenia pre živočíchov, ktoré by im mali zvýšiť ostražitosť, zmenu v manažmente zóny popri hraniciach ciest, opatrenia vedúce k zníženiu intenzity cestnej prevávky a k zníženiu rýchlosti vozidiel (dopravné značenie), príp. k zvýšeniu viditeľnosti a prehľadnosti na cestách, dočasné uzávierky cestnej komunikácie, protihlukové clony, objekty zabezpečujúce prechod živočíchov cez cesty (ekodukty, nadchody, podchody a pod.), oplotenie ciest, prípadne odstránenie oplotenia, ktoré eventuálne môže viesť k zníženiu bariérového efektu, alebo

oplotenie, ktoré navádza živočíchy k prechodovým objektom, osvetlenie ciest, príp. svetlomety, či rôzne zariadenia s repelentným účinkom na zver (zvukové, pachové), medzi opatrenia možno zaradiť aj celkovú modifikáciu dizajnu ciest, viaduktov, mostov a pod. (Clevenger, Ford, 2010).

Práve objekty zabezpečujúce prechod živočíchov cez cesty (nadchody, mostíky, lanové mosty, podchody, tunely pre obojživelníky, rúry pre druhy z čeľade lasicovité či rôzne rímsové priepusty; spolu s vhodným oplotením) určené na znižovanie a prevenciu mortality voľne žijúcich živočíchov získavajú čím ďalej tým väčšiu pozornosť inštitúcií, ktoré sa venujú výstavbe a prevádzke dopravných komunikácií, pretože spomínané opatrenia zvyšujú konektivitu krajiny bez toho, aby obmedzovali plynulosť či kapacitu cestnej premávky (van der Grift et al., 2013).

V súčasnosti máme vďaka rôznym štúdiám dôkazy, že mnoho druhov voľne žijúcich živočíchov pravidelne využíva takéto objekty a v prípade, že sú vhodne skonštruované a udržiavané, značne redukujú mortalitu živočíchov (Glista et al., 2009).

Pri navrhovaní a konštruovaní objektov križujúcich cesty (nadchodov, podchodov a pod.) určených na zmiernenie mortality živočíchov je nutné si položiť viacero otázok. Zásadným a kľúčovým bodom je správne zvoliť umiestnenie objektov tak, aby plnili svoj účel, ďalej treba zvážiť otázky týkajúce sa technických parametrov (typ, veľkosť, šírka, dĺžka, výška objektov), počtu objektov na určitú dĺžku cesty, a teda či je efektívnejšie postaviť menší počet objektov o veľkých rozmeroch alebo naopak viacero malých objektov, ďalej je dôležitou otázkou, do akej miery je vhodné a prospešné použiť oplotenie ciest, či je opodstatnené využiť "lievikovité" oplotenie, ktoré navádza živočíchy smerom ku ekoduktom a v neposlednom rade je dôležité sa zaoberať aj otázkou, či a ako treba prispôbiť objektom aj okolité prostredie alebo do akej miery sa snažiť eliminovať disturbance v okolí. Aj v tomto prípade treba vnímať každý stavebný počin individuálne, pričom by mal odrážať konkrétne podmienky danej lokality, cieľové skupiny živočíchov a pod. (Ritwinski et al., 2015).

Vopred odhadnúť efektívnosť zmierňujúcich opatrení a predpovedať účinnosť na úrovni populácií či spoločenstiev však nie je jednoduché, nie na všetky zo spomínaných otázok poznáme odpoveď, často chýbajú údaje o porovnaní upraveného miesta a kontrolného miesta, na ktorom nebolo použité zmierňujúce

opatrenie; údaje o populačnej veľkosti (príp. hustote) cieľových druhov pred a po zavedení opatrenia a pod., preto ďalšie experimentálne štúdie týkajúce sa hodnotenia efektivity zmierňujúcich opatrení sú prínosom (Ritwinski et al., 2015).

Účinnosť migračného objektu bude teda výsledkom súčinnosti viacerých parametrov, zjednodušene možno povedať, že ide o parametre ekologické a technické. Výsledky mnohých štúdií ukazujú, že neexistujú žiadne optimálne rozmery objektov, ale že sa vždy jedná o optimálnu kombináciu všetkých relevantných faktorov (umiestnenie, ekologické charakteristiky prostredia a technické charakteristiky daného návrhu) (Anděl et al., 2011).

Vo všeobecnosti možno kategorizovať zmierňujúce opatrenia do dvoch rovín: opatrenia zabráňujúce vzniku nových bariér, kedy sa jedná o neprepojovanie obcí do súvislých komplexov, minimalizáciu výstavby v extravilánoch obcí, neotváranie nových dopravných koridorov v krajine, pričom v tomto prípade dôležitú úlohu zohrávajú celoštátne koncepcie, územné plánovanie a strategické hodnotenie vplyvov na životné prostredie (SEA). Druhou kategóriou sú opatrenia znižujúce bariérový efekt už existujúcich, prípadne plánovaných dopravných komunikácií (Anděl et al., 2011).

Navrhovanie účinných opatrení je zložitou problematikou, keďže treba zohľadniť viacero aspektov: ekologické nároky rôznych druhov živočíchov, technické riešenie komunikácií, proces investičnej prípravy i ekonomické hľadisko. Hodnotným dokumentom sú práve migračné štúdie, ktoré by mali byť podkladom pri investičnej príprave výstavby či rekonštrukcie ciest, a v ktorých by mal byť odborne vyhodnotený bariérový efekt danej komunikácie spolu s návrhmi zmierňujúcich opatrení.

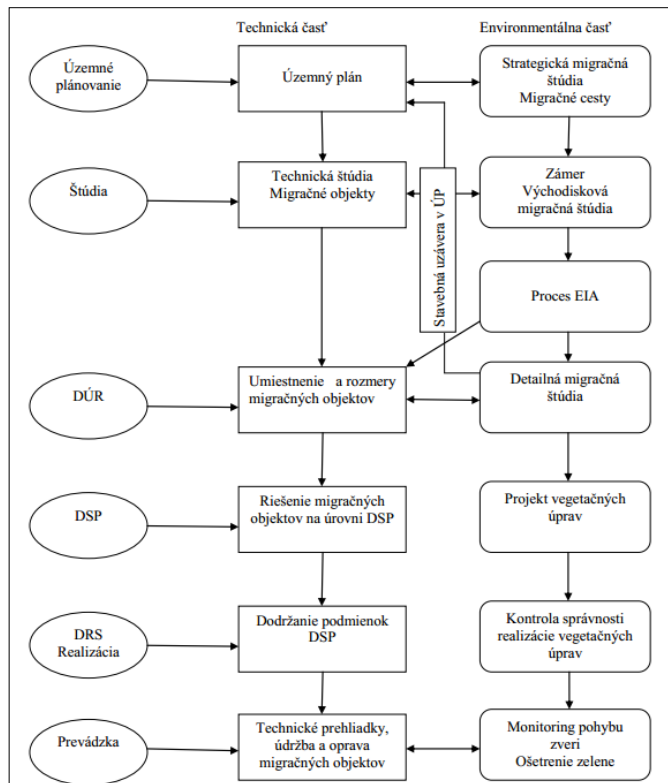
3.7.1 Zmierňujúce opatrenia na Slovensku

Od roku 2013 nadobudol účinnosť technický predpis rezortu (TPR), ktorý bol vydaný Ministerstvom dopravy a výstavby SR: Technické podmienky (TP 04/2013) s názvom Migračné objekty pre voľne žijúce živočíchy - Projektovanie, výstavba, prevádzka a oprava; účelom ktorých je stanoviť postup a rozsah prác pri návrhu migračných objektov počas prípravy jednotlivých stupňov projektovej dokumentácie a určiť základné technické a ekologické parametre navrhovaného projektu.

Technické podmienky slúžia pre projektantov a taktiež pre ekológov spracovávajúcich projektovú dokumentáciu týkajúcu sa procesu hodnotenia vplyvov koncepcií a zámerov na životné prostredie (SEA a EIA).

Hodnotenie priechodnosti cestných komunikácií je obsiahnuté v SEA a EIA dokumentáciách. Cieľom je konkrétne vymedzenie reálnych i potenciálnych migračných koridorov pre veľké, stredne veľké cicavce, šelmy a ostatné živočíchy, vrátane zabezpečenia nadväznosti na siete susedných štátov SR na základe vedeckých poznatkov o rozšírení a charaktere migrácií hodnotených živočíchov. Jadrové územia a hlavné migračné smery sa vymezujú podľa databáz sledovaných druhov živočíchov zo správ národných parkov, chránených krajinných oblastí, poľovníckych organizácií, NATURA 2000, databáz krajinej pokrývky Slovenska (CORINE Land Cover 2006) a pod. Hlavné migračné koridory doposiaľ na Slovensku nie sú vymedzené, ako pomocné podklady pre vymedzenie koridorov slúži napríklad Konceptia územného rozvoja Slovenska, regionálne a miestne územné systémy ekologickej stability (RÚSES, MÚSES) spracované ako súčasť územno-plánovacej dokumentácie (ÚPD) obcí a vyšších územných celkov a podklady a databázy vymedzených koridorov migrácie živočíchov Českej republiky, Poľska a Rakúska nachádzajúcich sa v pohraničných oblastiach Slovenska. Smerovanie koridoru upresňujú napomáhajúce krajinné prvky - chránené územia a ich ochranné pásma, územia európskeho významu (podľa smernice č. 92/43/EHS o ochrane prírodných stanovišť), takisto prvky ÚSES a v neposlednom rade i terénne prieskumy, údaje o ekológii živočíchov, o celkovej štruktúre krajiny širšieho okolia a pod. Výsledkom hodnotenia priepustnosti je východisková migračná štúdia, ktorá zhodnotí celkovú priechodnosť trasy komunikácie a vytipuje základné migračné profily. Hlavným cieľom východiskovej migračnej štúdie je teda riešenie celkovej koncepcie priepustnosti pre voľne žijúce živočíchy na dlhších diaľničných a cestných úsekoch (TP 04/2003).

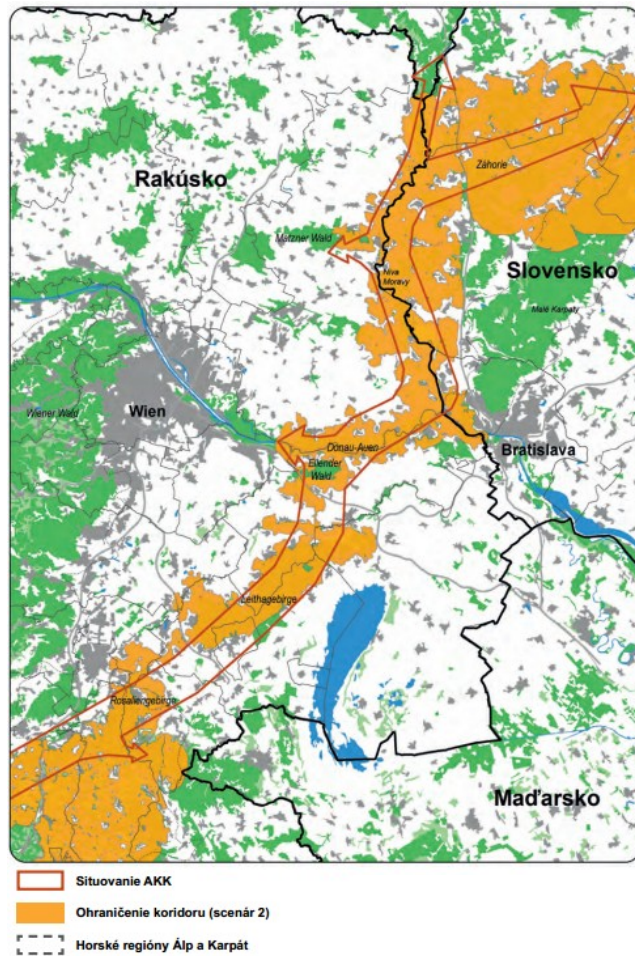
Na obrázku č. 7 je znázornené riešenie problematiky migrácie živočíchov v jednotlivých etapách investičnej prípravy na Slovensku.



Obr. č. 7: Riešenie problematiky migrácie živočíchov v jednotlivých etapách investičnej prípravy na Slovensku. Vysvetlivky: DÚR = dokumentácia pre územné rozhodnutie; DSP = dokumentácia na stavebné povolenie; DSR = dokumentácia na realizáciu stavby; ÚP = územné plánovanie (TP 04/2003, MDVRR).

3.7.2 Alpsko-karpatský koridor

Spojenie medzi východným hrebeňom Álp a západnou časťou Karpát tvorí Alpsko-karpatský koridor nadregionálneho významu. Pozdĺž tejto osi sa pohybuje množstvo druhov, napr. jeleň lesný (*Cervus elaphus*), rys ostrovis (*Lynx lynx*), medveď hnedý (*Ursus arctos*), vlk dravý (*Canis lupus*)) a ďalšie druhy žijúce v lesných ekosystémoch. Počas posledných desaťročí intenzívne využívaná pôda, rozšírenie osídlenia, priemyselné parky a dopravná infraštruktúra postupne prerušujú prepojenie medzi týmito európskymi pohoriami (na Slovensku ide najmä o diaľnicu D2). Zostávajúce zelené ostrovy medzi Alpami a Karpatmi (zväčša lesné oblasti ako sú nivy Dunaja, Moravy a Dyje) stále naznačujú trasu koridoru (obr. č. 8). Tieto interakčné prvky sú časťami širšej ekologickej siete s dôležitými ekologickými funkciami.



Obr. č. 8: Situovanie biokoridoru medzi Alpami a Karpatmi (Suppan, 2012).

Cieľom projektu Alpsko-karpatský koridor (AKK) bolo analyzovať aktuálnu priechodnosť krajiny a identifikovať a zrealizovať potrebné opatrenia v kolíznych bodoch tak, aby bola zachovaná a zlepšená spojitosť a migračná priepustnosť krajiny v osi medzi Alpami a Karpatmi. Opatrenia sa prakticky dotýkajú oblasti dopravnej infraštruktúry (priechody pre zver), územného plánovania (AKK ako súčasť záväzných územných plánov), udržateľného využívania krajiny (oblasť poľnohospodárstva a lesného hospodárstva) a ochrany prírody (chránené územia ako neoddeliteľná súčasť ekologických sietí).

V rokoch 2009 až 2012 sa položili základy ochrany Alpsko-karpatského koridoru, projekt prebiehal v rovine cezhraničnej spolupráce Slovenská republika - Rakúsko, rámcom pre spoločnú implementáciu rôznych opatrení pozdĺž Alpsko-karpatského koridoru v období 2013-2022 je Akčný plán, ktorý vychádza z výsledkov získaných pri práci viacerých partnerov na projekte AKK.

Na Slovensku bola vďaka tomuto projektu vylepšená dopravná sieť vybudovaním ekoduktu ponad diaľnicu D2 (Bratislava – Brno) na úseku pri obci Moravský Svätý Ján (dokončené v roku 2016) (obr. č. 9).



Obr. č. 9: Ekodukt nad diaľnicou D2 pri obci Moravský Svätý Ján - otvorenie. Zdroj: transport.sk, TASR.

4. Stručná charakteristika záujmovej oblasti

Zájomová oblasť tvorí územie vymedzené pre študijné účely a analýzu spracovávanú v rámci diplomovej práce, nejde teda o konkrétnu klasifikovanú územnú jednotku (celok) v rámci Slovenskej republiky.

Študovaná oblasť sa nachádza na území troch krajov SR, najväčšia plocha riešeného územia spadá pod Žilinský kraj, nasleduje Banskobystrický kraj a malá časť územia (cca 21 km komunikácií) sa nachádza na území Prešovského kraja.

Diplomová práca sa primárne zameriava na dopravné komunikácie v priľahlých oblastiach Národného parku (NP) Veľká Fatra (analýzy z dôvodu nedostupnosti dát o počte dopravných kolízií s lesnou zverou nezahŕňajú cestu I. triedy č.14, ktorá sa nachádza na južnej strane NP Veľká Fatra), ďalej je to oblasť na juh od tohto národného parku, ktorú ohraničujú komunikácie spájajúce mestá Turčianske Teplice, Kremnica, Žiar nad Hronom, Zvolen a Banská Bystrica a nakoniec je to úsek cesty vedúci z Ružomberka smerom na východ s bodom končiacim v Poprade, pričom tento úsek ohraničuje severnú časť NP Nízke Tatry.

Národný park Veľká Fatra je situovaný v severozápadnej časti stredného Slovenska, rozprestiera sa v regiónoch Turiec, Liptov a Banská Bystrica, pričom väčšina územia spadá pod Žilinský kraj. Rozloha vlastného územia národného parku je 40 371 hektárov, výmera ochranného pásma (OP) NP tvorí 26 132 hektárov.

Národný park bol vyhlásený v roku 2002, v areáloch národných prírodných rezervácií a prírodných rezervácií je vyhlásený 5. stupeň ochrany, vlastné územie NP spadá pod 3. stupeň ochrany a OP pod 2. stupeň ochrany. Po vstupe do Európskej únie bola Veľká Fatra zaradená do celoeurópskej sústavy chránených území NATURA 2000 ako územie európskeho významu (UEV) a od roku 2010 patrí Veľká Fatra aj medzi chránené vtáčie územia (CHVÚ). Prevažnú časť územia NP a jeho OP pokrývajú lesné porasty (lesnatosť 86%). Najvyšším vrchom je Ostredok (1596 m n.m.).

V rámci diplomovej práce boli analyzované nasledujúce úseky dopravných komunikácií (obr. č. 10), s celkovou dĺžkou 374 km, z toho väčšinu tvoria cesty I. triedy s celkovou dĺžkou 275,5 km - ide o cesty, ktoré majú význam najmä pre medzinárodnú a celoštátnu dopravu (SSC CDB, 2009).

1. diaľnica D1 (Ivachnová - Poprad / 67,2 km),
2. rýchlostná cesta R1 (Zvolen-Rákoš - Banská Bystrica-Sever / 31,3 km),
3. cesta I. triedy č. 65 (Žiar nad Hronom - Vrútky / 66,7 km),
4. cesta I. triedy č. 18 (Vrútky - Poprad / 122,5 km),
5. cesta I. triedy č. 70 (Kraľovany - Dolný Kubín / 18,1 km),
6. cesta I. triedy č. 59 (Banská Bystrica - Dolný Kubín / 68,2 km).



Obr. č. 10: Zaujímavá oblasť nachádzajúca sa v okolí NP Veľká Fatra. Zdroj: Openstreetmap.org.

5. Metodika

Teoretická časť diplomovej práce spočíva v literárnej rešerši týkajúcej sa problematiky fragmentácie krajiny a jej ekologických dôsledkov, venuje sa taktiež metódam hodnotenia miery fragmentácie, zmierňujúcim opatreniam a ďalším témam, ktoré sú teoretickým východiskom pre praktickú časť diplomovej práce a tvoria základ zdrojov vedomostí potrebných pre hlbšiu analýzu problematiky, prípadne pre aplikovanie niektorých opatrení do praxe. Metodika teoretickej časti pozostáva z detailného štúdia dostupnej literatúry, odborných článkov, publikácií, internetových zdrojov a pod., týkajúcich sa vyššie uvedenej problematiky, a vypracovania uceleného prehľadu.

Praktická časť diplomovej práce spracováva dáta o dopravných kolíziách s voľne žijúcimi živočíchmi, ktoré sa udiali na komunikáciách v priľahlej oblasti Národného parku Veľká Fatra v rokoch 2012 - 2015. Uvedené dáta boli poskytnuté Výskumným ústavom dopravným, a.s. (VÚD, a.s.).

Štúdia je rozdelená na dve časti: štatistickú analýzu v tabuľkovej podobe a analýzu v prostredí geografického informačného systému (ArcGIS).

Tabuľková časť analýzy využíva štatistické metódy a vyhodnocuje celkový počet kolízií lesnej zveri s dopravnými prostriedami podľa typu komunikácie, druh lesnej zveri dotknutý kolíziami s dopravnými prostriedkami a početnosť dopravných kolízií z časového hľadiska.

Dáta o dopravných kolíziách obsahovali údaj, na akom úseku cesty (v km) v rámci kilometrovníka sa kolízia udiala. Tieto údaje boli pomocou mapy Cestnej databanky Slovenskej správy ciest (CDB SSC, 2017b) prevedené do GPS súradníc ETRS 1989 a zaznamenané v excelovej tabuľke spolu s údajmi o druhu lesnej zveri, type komunikácií, na ktorých sa kolízie stali a pod., a následne bola táto tabuľka exportovaná do prostredia GIS vo forme atribútovej tabuľky. Ďalej boli za účelom vytvorenia bodovej vrstvy pridané dáta X-ových a Y-ových súradníc a vrstva znovu exportovaná, aby s ňou bolo možné plnohodnotne pracovať. V programe ArcGIS bola teda vytvorená vrstva kolízií, ktorá obsahovala priestorovú informáciu o presnej lokalizácii všetkých kolízií.

Vektorové líniové dáta jednotlivých typov dopravných komunikáciách, bodové dáta miest a polygónové dáta krajov SR boli prevzaté z portálu geofabrik.de, dáta o krajinnej pokrývke Corine 2012 (ktoré poslúžili ako mapový podklad) a taktiež dáta o lokalizácii biokoridorov a GNÚSES zo zobrazovacej online mapovej služby portálu Slovenskej agentúry životného prostredia (SAŽP) Ministerstva životného prostredia (MŽP SR). S využitím nástroja „Kernel density“ bola vytvorená rastrová vrstva zobrazujúca koncentráciu kolízií podľa hustoty (rozloženia) jednotlivých kolízií. Na základe týchto dát bolo vytvorených niekoľko mapových výstupov, ktoré zohľadňovali výsledky štúdia riešenej oblasti.

Všetky vrstvy a výstupy diplomovej práce sú zobrazené v súradniciach ETRS 1989.

6. Súčasný stav riešenej problematiky

6.1 Dopravná mortalita lesnej zveri na Slovensku

Cestná doprava ako súčasť dopravnej infraštruktúry je považovaná za jeden z nosných pilierov pre dosahovanie ekonomického rastu, pre zvyšovanie konkurencieschopnosti a prosperity spoločnosti.

Súčasný stav dopravnej infraštruktúry na Slovensku je charakterizovaný hustou sieťou ciest, avšak s nízkym podielom diaľnic a rýchlostných ciest, tiež s pomerne hustou sieťou železníc. K 1.1.2017 tvorila celková dĺžka cestných komunikácií na Slovensku 18 031 km, z čoho dĺžka diaľnic 463 km, dĺžka rýchlostných ciest 274 km, dĺžka ciest I. triedy 3306 km, dĺžka ciest II. triedy 3611 km, dĺžka ciest III. triedy 10363 km a zvyšnú časť tvoria privádzače (SSC CDB, 2017a).

Zabratie pôdy dopravnou infraštruktúrou v roku 2014 predstavovalo 0,56% (274,5 km²) z celkovej výmery Slovenskej republiky (49 035 km²), pričom najväčší podiel záberu pôdy dopravou infraštruktúrou tvorí cestná doprava s podielom 0,29% (142,2 km²), nasleduje železničná doprava s podielom 0,22% (107,8 km²), podiel leteckej a vodnej dopravy je zanedbateľný (MŽP SR).

Niektoré zdroje uvádzajú konkrétne štatistiky počtu dopravných kolízií s lesnou zverou, napríklad sa jedná o Poľovnícku štatistickú ročenku SR 2016, ktorú spracovalo Národné lesnícke centrum Zvolen. Na obr. č. X sú uvedené celkové škody na zveri spôsobené dopravnými prostriedkami za rok 2016 na území celého Slovenska (obr. č. X) podľa vyššieuvedenej ročenky.

Typ revíru	Druh zveri	Množstvo v ks	Hodnota €
poľov. revíry spolu	Jelenia zver spolu	1 017	1 009 518
	Srnčia zver spolu	5 823	2 902 900
	Danielia zver spolu	207	146 848
	Muflónia zver spolu	20	8 830
	Diviacia zver spolu	579	144 185
	Medveď hnedý	12	32 727
	Vlk dravý	6	12 000
	Rys ostrovid	1	2 656
	Jazvec lesný	106	27 013
	Líška hrdzavá	790	66 927
	Zajac poľný	1 548	231 240
	Bažant spolu	800	34 023
	Iná zver	53	16 965
	Spolu	10 962	4 635 832

Obr. č. 11: Škody na zveri spôsobené dopravnými prostriedkami za rok 2016 (Poľovnícka štatistická ročenka SR, 2016).

Od roku 2008 boli monitorované počty zrazených zvierat cestnou a železničnou dopravou Národným lesníckym centrom Zvolen, ktorý spravuje a dopĺňa databázu národnej poľovníckej štatistiky. Nasledujúce grafy zobrazujú údaje

usmrtenej zveri z poľovníckej štatistiky, avšak do roku 2012 sú zaznamenané výrazné rozdiely v evidencii jednotlivých subjektov (správcovia pozemných komunikácií, orgány ochrany prírody, poľovnícke štatistiky a pod.) (Ligasová, VÚD, a.s., 2017, ex litt.), takže nasledujúca štatistika je orientačná.



Obr. č. 12: Celkový počet dopravou usmrtených veľkých šeliem a voľne žijúcich kopytníkov na Slovensku v rokoch 2008-2012 (Spoločnosť pre karpatskú zver, údaje evidované podľa Poľovníckej štatistiky SR).

Na úrovni sledovania správania sa jedincov konkrétneho druhu v súvislosti s pohybom a prechádzaním cez cesty v istom vymedzenom areáli na Slovensku bola vypracovaná štúdia Skubanovej et al. (2017), ktorá sledovala správanie medveďa hnedého (*Ursus arctos*) pomocou GPS telemetrie. Výsledky štúdie potvrdzujú, že priemerná ročná intenzita premávky prevyšujúca 5000 vozidiel za 24 hodín značne ovplyvňuje a obmedzuje pohyb medveďov. Štúdia na základe získaných dát o dopravnej mortalite medveďa hnedého za roky 2007-2015 vyhodnotila kolízie podľa veku a pohlavia usmrtených medveďov, z hľadiska typu komunikácie, na ktorom dochádza najčastejšie ku kolíziám a podľa najrizikovejšieho času.

Vedecký výskum týkajúci sa identifikácie migračných koridorov niektorých druhov živočíchov zväčša prebieha na lokálnej, príp. regionálnej úrovni v rámci niektorých území na Slovensku, resp. v rámci niektorých projektov. Tejto problematike sa venuje napríklad Findo et al. (2007, 2009) vo svojej publikácii „Brown bear corridors in Slovakia: Identification of critical segments of the main road transportation corridors with wildlife habitats“ (Koridory medveďa hnedého na Slovensku: Určenie kritických úsekov hlavných dopravných ťahov a habitatov zveri).

6.2 Projekt Transgreen

Aktuálne od roku 2017 prebieha v rámci programu Interreg (Danube Transnational Programme) projekt Transgreen. Ide o projekt integrovaného plánovania rozvoja dopravy a zelenej infraštruktúry v dunajsko-karpatskom regióne s ohľadom na potreby ľudí a prírody. Hlavným cieľom je prispieť k rozvoju bezpečnejšej a ekologicky šetrnejšej cestnej a železničnej siete v Karpatoch integrovaním prvkov „zelenej infraštruktúry“ do rozvoja dopravnej infraštruktúry na lokálnej, národnej a medzinárodnej úrovni. Projekt Transgreen združuje organizácie priamo zapojené do tvorby plánov infraštruktúry v oblasti cestnej dopravy a inštitúcie ochrany prírody (na Slovensku je to Štátna ochrana prírody SR, Národná diaľničná spoločnosť, a.s.), výskumné centrá, centrá priestorového plánovania, medzinárodné a národné environmentálne organizácie z viacerých krajín karpatského regiónu - Slovensko, Česká republika, Maďarsko, Rumunsko, Ukrajina, Rakúsko.

Za pilotné územia boli určené štyri lokality: Beskydy/Kysuce (ČR, SR), Miskolc/Košice/Uzhgorod (HU, SR, UA) a dve lokality v Rumunsku (obr. č. 13).



Obr. č. 13: Pilotné územia projektu Transgreen. Zdroj: ŠOP SR.

V rámci projektu by sa mali vypracovať konkrétne návrhy riešení, ktoré znížia negatívne vplyvy dopravných sietí (ciest a železníc) na životné prostredie a navrhnúť vhodné prvky „zelenej infraštruktúry“ tak, aby sa zachovali súvislé ekologické koridory, ktoré zabezpečia bezpečný prechod živočíchov cez cesty a železnice. Vypracuje sa všeobecný súbor opatrení a pravidiel týkajúcich sa integrovaného plánovania dopravných projektov, ktorý sa bude dať využiť a aplikovať v rámci celého karpatského regiónu. Projekt bude zameraný na ekologické koridory pozdĺž cestnej a železničnej Transeurópskej dopravnej siete (TEN-T) v Karpatoch.

Mala by prebehnúť analýza dostupných údajov, analýza postupov pri navrhovaní ekologických koridorov a taktiež analýza legislatívnych a inštitucionálnych nástrojov, ďalej by sa mal vybudovať systém monitoringu dopravnej mortality voľne žijúcich živočíchov a monitoringu zmierňujúcich opatrení (hodnotenie efektívnosti), očakávaným výstupom je modelový zoznam opatrení zameraných na prepojenosť ekologických koridorov s následnou adaptáciou na pilotné územia.

V rámci pilotných území sa bude vykonávať hodnotenie dopadu existujúcej dopravnej infraštruktúry na prírodu (migračné štúdie a pod.) a plánovanej dopravnej infraštruktúry na migráciu veľkých šeliem (ŠOP SR).

7. Výsledky

Údaje o zaevidovaných dopravných kolíziách s lesnou zverou vymedzenej oblasti cestnej siete (tab.č. X) v rámci Slovenskej republiky použité pre praktické výpočty a analýzu poskytol Výskumný ústav dopravný, a.s, Žilina (VÚD, a.s.). Celková dĺžka analyzovaných komunikácií činí 374 km. V niektorých prípadoch kolízií nebol zaevidovaný druh živočícha (ďalej ako „neurčené“), v prípade komunikácie diaľnica D1 nie je vo všetkých prípadoch evidovaný presný úsek cesty (lokalita stretu), preto sú údaje z tejto komunikácie použité iba v tabuľkovej časti analýzy. Údaje dopravných kolízií konkrétnych úsekov ciest sa týkajú rokov 2012 - 2015.

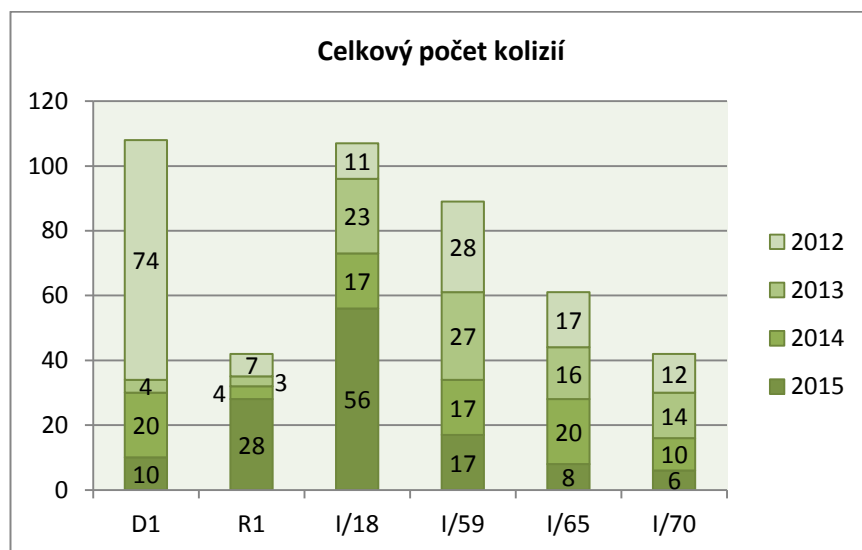
typ komunikácie	identif.	úsek od	úsek po	dĺžka (km)
diaľnica	D1	Ivachnová	Poprad	67,2
rýchlostná cesta	R1	Zvolen-Rákoš	Banská Bystrica-Sever	31,3
cesta I. triedy	I/65	Žiar nad Hronom	Vrútky	66,7
cesta I. triedy	I/18	Vrútky	Poprad	122,5
cesta I. triedy	I/70	Kraľovany	Dolný Kubín	18,1
cesta I. triedy	I/59	Banská Bystrica	Dolný Kubín	68,2

Tab. č. 1: Analyzované úseky ciest v záujmovej oblasti.

7.1 Celkový počet kolízií lesnej zveri s dopravnými prostriedami podľa typu komunikácie

Na jednotlivých komunikáciách došlo k nasledovnému počtu kolízií s voľne žijúcimi živočíchmi (obr. č. 14): v roku 2012 tvoril celkový počet na vybraných úsekoch komunikácií 149 kolízií, v roku 2013 87 kolízií, v roku 2014 88 kolízií a v roku 2015 125 kolízií. Dotknutými zaevidovanými druhmi živočíchov vo všetkých analyzovaných v rokoch 2012 - 2015 je jelenia zver, srnčia zver, diviacia zver, líščia zver, medveď hnedý a menšie cicavce (kuna a jazvec lesný), v roku 2013 prišlo k stretu jedného jedinca druhu rys ostrovid a v roku 2012 i k stretu s vlkom dravým (dva jedince) a k trom stretom s druhom, ktorý obvykle migruje popri vodných tokoch - vydra riečna.

Najviac kolízií (61) v roku 2015 sa udialo na úseku cesty I.triedy č.18 (Vrútky - Poprad). Táto cesta je v západnej časti analyzovaného úseku situovaná v tesnej blízkosti NP Malá Fatra, následne až po Ružomberok je situovaná popri ochrannom pásme NP Veľká Fatra a od Ružomberku hraničí s ochranným pásmom NP Nízke Tatry, pričom istý úsek práve táto komunikácia lemuje ochranné pásmo NP Nízke Tatry. Celkový počet kolízií na úseku tejto cesty činí 112. Ďalší úsek komunikácie, ktorý možno považovať za rizikový vzhľadom k počtu kolízií s voľne žijúcimi živočíchmi, je úsek diaľnice D1, na ktorom sa v roku 2012 prihodilo najviac zrážok spomedzi všetkých analyzovaných úsekov (75 zrážok).



Obr. č. 14: Súhrnný počet zrážok lesnej zveri na jednotlivých úsekoch komunikácií v rokoch 2012 - 2015. Zdroj dát: VÚD, a.s.

Nasledujúca tabuľka (tab. č. 2) zobrazuje počet kolízií na 1 km komunikácie vybranej komunikácie. Celkový počet kolízií na 1 km v študovanej oblasti činí 1,20.

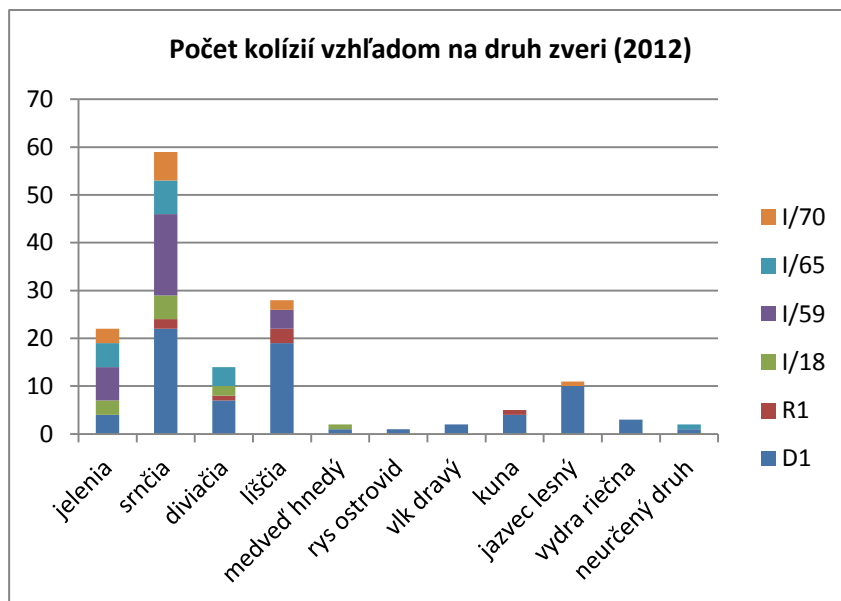
Za najrizikovejšiu oblasť daného územia možno označiť cestu I.triedy č.70 vedúcu z Kraľovian do Dolného Kubína.

cesta	úsek od	úsek po	celková dĺžka	počet kolízií	počet kolízií na 1 km
D1	Ivachnová	Poprad	67,2	108	1,60
R1	Zvolen-Rákoš	Banská Bystrica-Sever	31,3	42	1,34
I/65	Žiar nad Hronom	Vrútky	66,7	107	1,60
I/18	Vrútky	Poprad	122,5	89	0,72
I/70	Kraľovany	Dolný Kubín	18,1	61	3,37
I/59	Banská Bystrica	Dolný Kubín	68,2	42	0,61

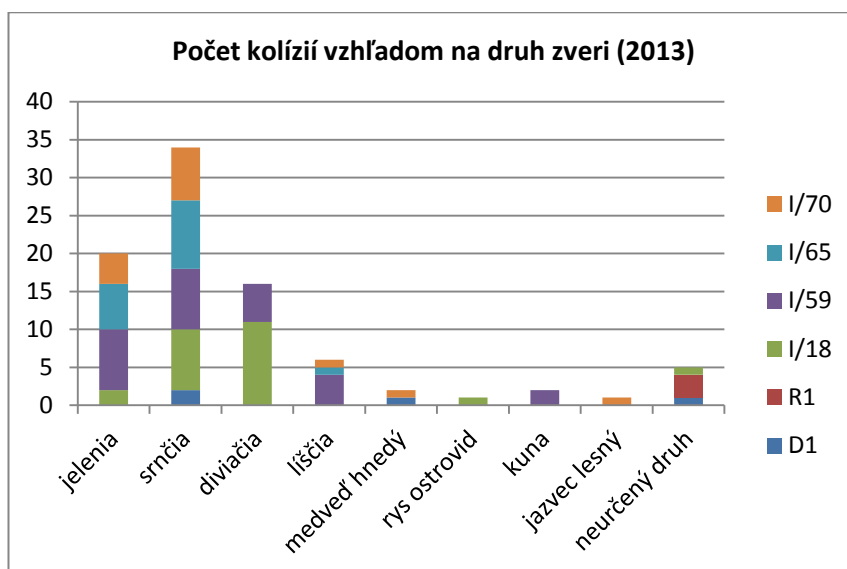
Tab. č. 2: Počet kolízií na 1 km študovaného úseku komunikácie. Zdroj dát: VÚD, a.s.

7.2 Druh lesnej zveri dotknutý kolíziami s dopravnými prostriedkami

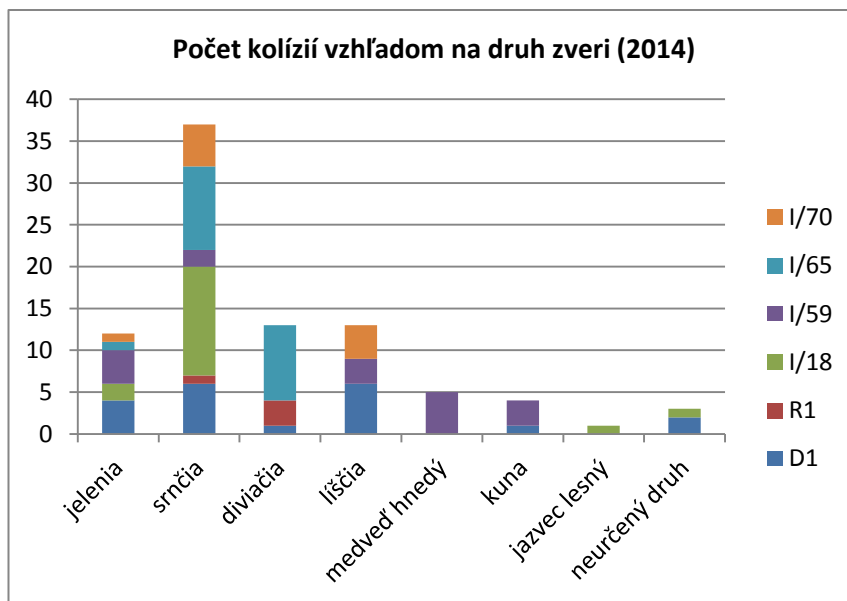
Na nasledujúcich grafoch sú zobrazené zaevidované druhy voľne žijúcich živočíchov, ktoré boli usmrtené stretom s motorovým vozidlom pri dopravných kolíziách v rokoch 2012 - 2015 na vybraných úsekoch ciest. Z grafov (obr.č. 15-18) vyplýva, že najviac dotknutým typom zveri je srnčia zver (celkov počet uhynutých jedincov za dané roky je 201), množstvo usmrtených jedincov jelenej zveri v uvedených rokoch bolo na porovnateľnej úrovni, s výnimkou roku 2014. Ďalším významným dotknutým typom lesnej zveri vzhľadom na celkový počet je diviacia a líščia zver (konkrétne ide o líšku hrdzavú (*Vulpes vulpes*)). V roku 2014 bolo v dôsledku kolízie s vozidlom usmrtených až 5 jedincov medveďa hnedého bližšie neurčeného veku na ceste z Banskej Bystrice do Ružomberka. Celkovo bolo usmrtených 10 jedincov medveďa hnedého, 2 jedince rysa ostrovida a 2 jedince vlka dravého, vzhľadom na ohrozenosť týchto druhov živočíchov je to relatívne vysoký počet.



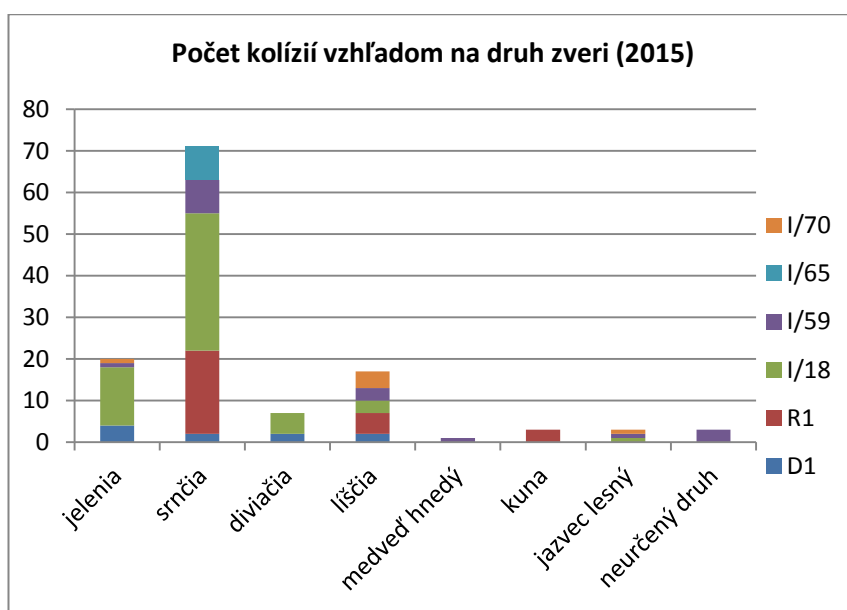
Obr. č. 15: Počet kolízií v roku 2012 podľa typu zveri. Zdroj dát: VÚD, a.s.



Obr. č. 16: Počet kolízií v roku 2013 podľa typu zveri. Zdroj dát: VÚD, a.s.



Obr. č. 17: Počet kolízií v roku 2014 podľa typu zveri. Zdroj dát: VÚD, a.s.



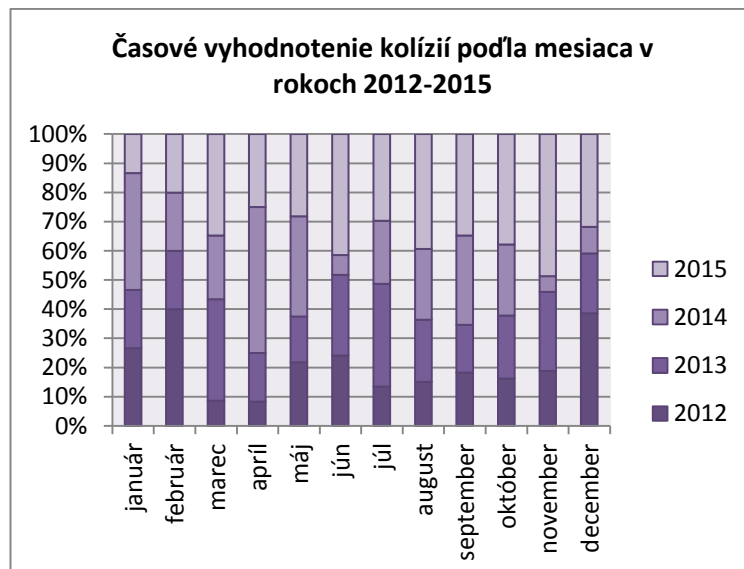
Obr. č. 18: Počet kolízií v roku 2015 podľa typu zveri. Zdroj dát: VÚD, a.s.

7.3 Vyhodnotenie početnosti dopravných kolízií z časového hľadiska

V nasledujúcej kapitole sú vyhodnotené časové údaje o kolíziách, zameriava sa na mesiace v roku, v ktorom sa kolízie často vyskytovali a takisto sa zameriava na hodiny počas dňa, v ktorých sa nehody udiali najčastejšie.

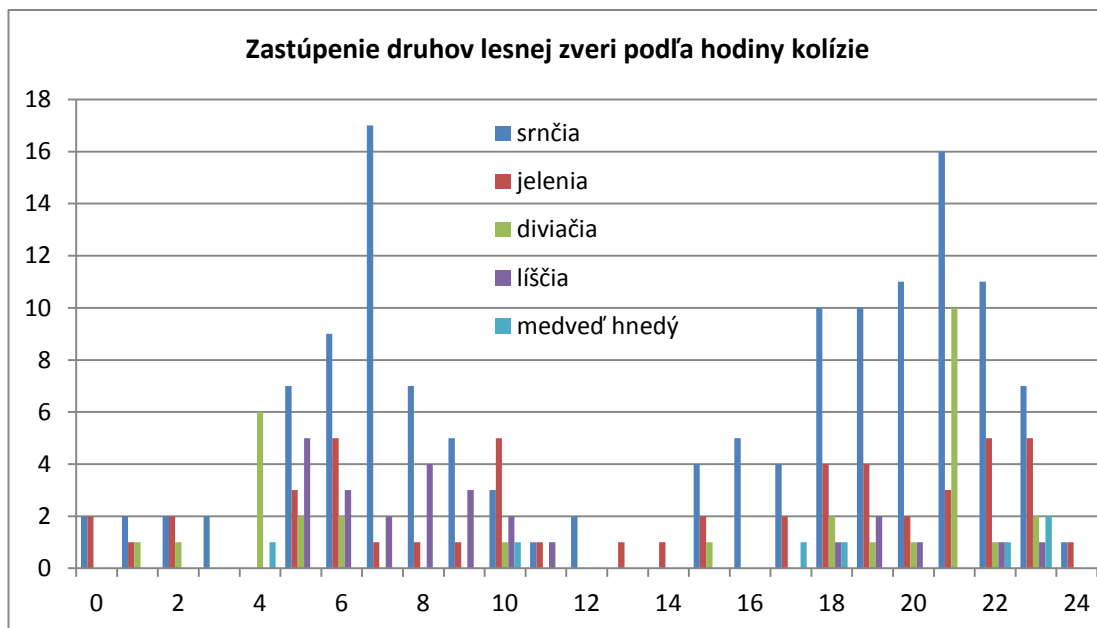
Najviac dopravných kolízií na analyzovaných úsekoch sa prihodilo vždy koncom roka, konkrétne najvyšší počet nehôd sa stal v mesiaci september, následne

v mesiaci december, november, október, júl, august. K najnižšiemu počtu dopravných kolízií s voľne žijúcimi živočíchmi došlo v mesiaci február. Nasledujúca tabuľka (obr. č.19) zobrazuje rozdelenie počtu nehôd podľa mesiaca, v ktorom sa udiali, vzhľadom na jednotlivé roky 2012 - 2015.



Obr. č. 19: Percentuálny podiel rozloženia kolízií podľa mesiaca, v ktorom sa udiali v jednotlivých rokoch. Zdroj dát: VÚD, a.s.

Za najrizikovejšiu dobu počas dňa možno vzhľadom na výsledky analyzovaných kolízií konkrétnych úsekov ciest považovať neskoré večerné hodiny a skoré ranné hodiny. Najviac nehôd z dostupných údajov počas rokov 2012 - 2015 sa udialo o 21. hodine večer, ďalším najčastejším časom je 7. hodina ranná, nasleduje 22. hodina večer, 6. hodina ráno, 18. hodina, 19. hodina, 5. hodina, 23. hodina, 20. hodina. K najnižšiemu počtu nehôd došlo o 14. a 13. hodine poobede a na pravé poludnie. Nasledujúca tabuľka zobrazuje zastúpenie jednotlivých usmrtených druhov lesnej zveri v dôsledku kolízie s motorovým vozidlom podľa toho, o akom čase v rámci dňa sa tieto kolízie udiali.



Obr. č. 20: Zastúpenie druhov lesnej zveri podľa hodiny kolízie. Zdroj dát: VÚD, a.s.

7.4 Miesta kolízií v rámci analyzovaného územia

Nasledujúca analýza, ako bolo spomenuté vyššie, neberie do úvahy úsek komunikácie diaľnice D1, v nasledujúcej tabuľke (obr. č. 3) je uvedený zoznam riešených úsekov ciest.

cesta	úsek od	úsek po	celková dĺžka	počet kolízií	počet kolízií na 1 km
R1	Zvolen-Rákoš	Banská Bystrica-Sever	31,3	42	1,34
I/65	Žiar nad Hronom	Vrútky	66,7	107	1,60
I/18	Vrútky	Poprad	122,5	89	0,72
I/70	Kraľovany	Dolný Kubín	18,1	61	3,37
I/59	Banská Bystrica	Dolný Kubín	68,2	42	0,61

Tab. č. 3: Riešené úseky ciest, ktoré boli analyzované s využitím geografického informačného systému (GIS). Zdroj dát: VÚD, a.s.

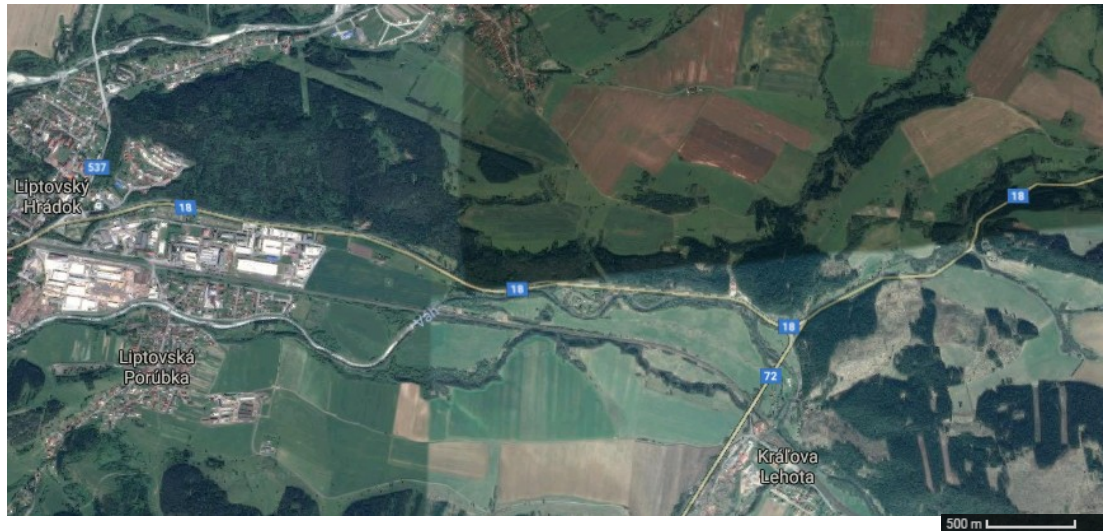
7.5 Oblasti s vyššou incidenciou dopravných kolízií s lesnou zverou

S využitím analýzy v geografickom informačnom systéme (GIS) je možné zo všetkých riešených úsekov ciest určiť oblasti, kde ku stretom lesnej zveri s dopravnými prostriedkami prichádzalo najčastejšie - kde bola koncentrácia dopravných kolízií najvyššia. Mapový výstup (príloha č. 1) zobrazuje všetky

zaznamenané kolízie podľa dostupných informácií na jednotlivých úsekoch ciest, pričom dotknutý typ lesnej zveri je na mape rozdelený do šiestich kategórií: jelenia zver, srnčia zver, líščia zver, diviacia zver, medveď hnedý a rys ostrovid. Príloha č. 2 vyobrazuje na danom území zhluky („Kernel density“) kolízií, pričom výsledkom tejto analýzy vzniklo na území niekoľko miest („hotspots“) s vysokou koncentráciou dopravných kolízií. Takéto lokality sa nachádzajú: 1. južne od Ružomberka na ceste 1. triedy č. 59 smerom na Donovaly po Liptovskú Osadu (lokalita A), 2. na ceste 1. triedy č. 18 za Liptovským Hrádkom smerom na Poprad (lokalita B), 3. v prvej polovici trasy zo Zvolena do Banskej Bystrice na rýchlostnej ceste R1 (lokalita C), 4. v okolí Dolného Kubína smerom južne na Ružomberok (cesta 1. triedy č. 59) (lokalita D) a smerom západne na Kraľovany (cesta 1. triedy č. 70) (lokalita E) a 5. na trase zo Žiaru nad Hronom do Kremnice na ceste 1. triedy č. 65. Uvedené lokality A-E možno porovnať s okolitým terénom a krajinnou pokrývkou na snímkach „ortofoto“ (obr. č. 21 - č. 24).



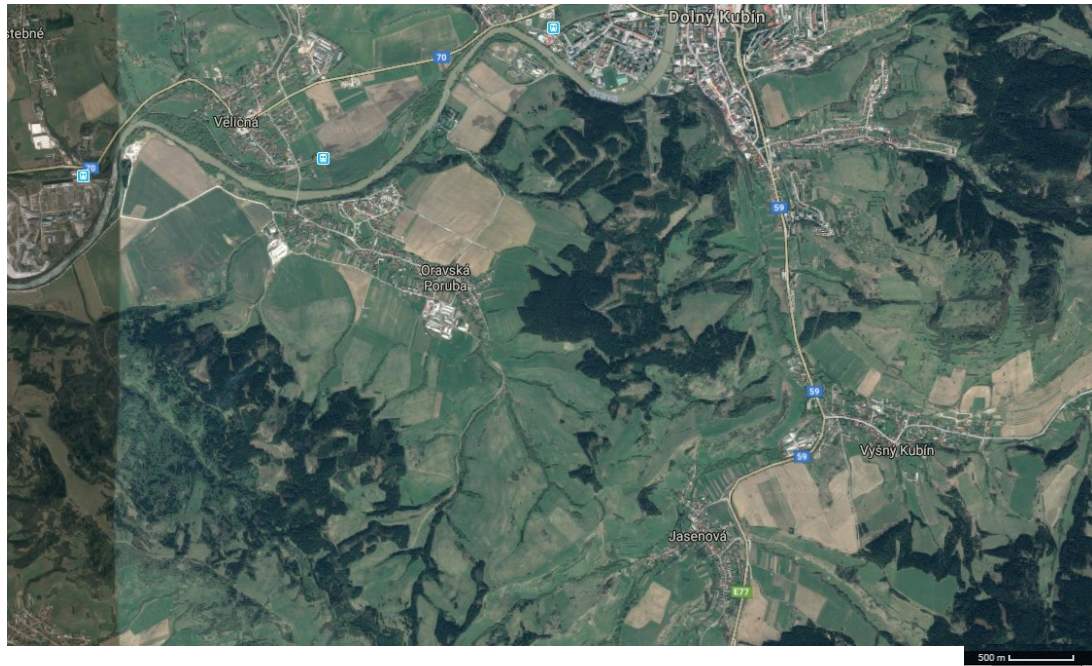
Obr. č. 21: Územie s vysokou koncentráciou dopravných kolízií s lesnou zverou: lokalita A (cesta 1. triedy č.59/E77). Zdroj: VÚD, a.s.; CNES, 2018; Google 2018.



Obr. č. 22: Územie s vysokou koncentráciou dopravných kolízií s lesnou zverou: lokalita B (cesta 1.triedy č.18). Zdroj: VÚD, a.s.; CNES, 2018; Google 2018.



Obr. č. 23: Územie s vysokou koncentráciou dopravných kolízií s lesnou zverou: lokalita C (rýchlostná cesta R1/E77). Zdroj: VÚD, a.s.; CNES, 2018; Google 2018.



Obr. č. 24: Územie s vysokou koncentráciou dopravných kolízií s lesnou zverou: lokalita D (cesta 1. triedy č. 59) a lokalita E (cesta 1. triedy č. 70). Zdroj: VÚD, a.s.; CNES, 2018; Google 2018.

7.6 Rizikové oblasti v súvislosti s lokalizáciou ekologických koridorov (biokoridorov) a ÚSES

Pre účely zisťovania do akej miery sa miesta s vysokým počtom kolízií („hotspots“) križujú s biokoridormi európskeho významu, biokoridormi regionálneho významu a s prvkami Generelu nadregionálneho systému ekologickej stability (GNÚSES) boli vytvorené mapové výstupy. Príloha č. 3 je zobrazuje rizikové oblasti v súvislosti s lokalizáciou biokoridorov európskeho významu. Na tejto mape možno pozorovať križovanie niektorých takýchto miest, evidentným miestom je práve lokalita C (R1; Zvolen-Banská Bystrica) a lokalita v okolí Ružomberka a na trase Dolný Kubín-Kraľovany (lokalita E), no takýchto stretov migračných koridorov s miestami častých zrážok je niekoľko, napríklad i v okolí mesta Vrútky poblíž NP Malá Fatra.

Na podobnom princípe je založený mapový výstup zobrazený v prílohe č. 4, s tým rozdielom, že sa zameriava na biokoridory regionálneho významu. Migračné koridory zväčša prepájajú vymedzené chránené územia (NP Malá Fatra - NP Veľká Fatra; NP Veľká Fatra - NP Nízke Tatry; NP Nízke Tatry - NP Muránska planina a

pod.). Za zreteľné prekryvy biokoridorov s miestami kolízií možno označiť oblasť pri Vrútkach nachádzajúcu sa pri NP Malá Fatra a oblasť pri meste Liptovský Hrádok.

Príloha č. 5 zobrazuje miesta kolízií v kontexte prvkov Generelu nadregionálneho územného systému ekologickej stability (GNÚSES), konkrétne prvkov biocentier (biosférického, provincionálneho a nadregionálneho významu) a terestrických i hydrických biokoridorov.

8. Diskusia

Výsledky práce prinášajú pohľad na to, v akej miere hynú voľne žijúce živočíchy v okolí veľkoplošného chráneného územia. Záujmová lokalita bola vybraná z viacerých dôvodov: jedným z nich je práve lokalizácia uprostred viacerých národných parkov, menovite ide o NP Veľká Fatra nachádzajúci sa uprostred analyzovaných komunikácií, NP Malá Fatra rozprestierajúci sa na severozápade vzhľadom na študované územie a NP Nízke Tatry, susediaci so záujmovým územím i s Veľkou Fatrou z východnej strany, preto bolo predpokladom, že v záujmovej oblasti dochádza k relatívne početným kolíziám dopravných prostriedkov s lesnou zverou na niektorých územiach, ktoré by zodpovedali migračným trasám živočíchov.

Samotný areál nevykazuje príliš veľkú mieru fragmentácie, nakoľko ide o zachovalý prírodný biotop, lesy si udržali prírodný alebo prírode blízky charakter a navyše sa v rámci areálu nachádzajú chránené územia, takže výstavba ďalších komunikácií sa vo veľkej miere neočakáva. Podľa obrázku č. 6 (kapitola 3.4.), ktorý zobrazuje distribúciu úrovne fragmentácie na Slovensku (2012) ohodnotenú podľa indikátora S_{eff} , (ide o informáciu o počte nefragmentovaných plôšok na ploche 1000 km²), väčšina územia na študovanej lokalite spadá do triedy „veľmi nízka“ resp. „nízka“ miera fragmentácie. Zároveň však je potrebné, aby jednotlivé územia národných parkov, príp. chránených krajinných oblastí disponovali konektivitou, a aby bola zabezpečená ekologická priechodnosť voľne žijúcich živočíchov majúcich v týchto a okolitých oblastiach svoje domovské okrsky.

Pre zisťovanie odpovede na otázku, či sú dané areály fragmentáciou a prítomnosťou jednotlivých komunikácií ovplyvnené málo a teda konektivita krajiny je zabezpečená dostatočne, môže práve monitoring dopravných kolízií s lesnou zverou poskytnúť relevantné informácie a v prípade výrazne negatívnych efektov

dopravnej infraštruktúry hľadať možnosti ako tieto vplyvy minimalizovať, ideálne eliminovať.

Práca analyzuje už zmonitorované dopravné kolízie v rokoch 2012 - 2015 na istých úsekoch ciest. Pred rokom 2012 boli údaje o dopravných kolíziách s lesnou zverou monitorované a zaznamenávané nedostatočne, v súčasnosti taktiež nie sú zaznamenané kolízie na všetkých dopravných komunikáciách, ako napríklad spomínaná cesta I. triedy č.14 nachádzajúca sa v tesnej blízkosti južnej hranice NP Veľká Fatra (lemujúca ochranné pásmo tohto NP), ktorá zabezpečuje horský priechod Šturec pri Harmaneckej tisine, alebo cesty I. triedy č. 66 a č. 72 prepájajúce Banskú Bystricu a región Liptov horským priechodom Čertovica, vedúcim cez NP Nízke Tatry. Výsledky tvoriace výstupy v podobe identifikovaných miest s častým výskytom kolízií sú relatívne, z tohto dôvodu môžu byť skreslené, a môžu existovať miesta na Slovensku, kde by bola početnosť kolízií výrazne vyššia a prioritou by bolo riešiť práve takéto miesta. Výsledky práce by bolo vhodné porovnať s podobnými analýzami v rámci mnohých ďalších oblastí na Slovensku a eventuálne i podľa získaných výsledkov aktualizovať lokalizáciu regionálnych migračných koridorov.

Z dostupných údajov je zrejmé, že ani záznamy Dopravnej polície SR neevidujú o aký konkrétny druh zrazenej zveri sa sa v prípadoch kolízií jedná (Projekt Transgreen, záznamy z diskusie, 30.5.2017, ex litt.).

V rámci projektu Transgreen (bližšie kapitola 6.2) sa v súčasnosti plánuje sledovať frekvencia vozidiel a mortality na cestách na niektorých konkrétnych lokalitách na Slovensku, čo môže priniesť komplexnejšie výsledky týkajúce sa tejto problematiky v spojitosti migračných biokoridorov lesnej zveri.

Metodika a postupy použité v praktickej časti diplomovej práce sú prostriedkom k získaniu konkrétnych výsledkov a naplnenia cieľov zadaných v kapitole 2.

S použitím nástrojov geografického informačného systému a priestorovej lokalizácií stretov bolo možné identifikovať rizikové miesta vyššej koncentrácie výskytu kolízií, ktoré je možné podrobne porovnať s krajinnou pokrývkou alebo dostupnými migračnými štúdiami jednotlivých druhov živočíchov (napríklad so

štúdiami Find'a et al. (2007), ktoré sa venujú mapovaniu koridorov medveďa hnedého na Slovensku.

Výsledky časti tabuľkovej analýzy týkajúce sa vyhodnotenia početnosti kolízií z časového hľadiska potvrdzujú predpokladané hypotézy, že najčastejšie dochádza k zrážkam v neskorších večerných hodinách (21. a 22. hodina) a v ranných hodinách (7. a 6. hodina) a v rámci roka počas zimných mesiacov (september, december, november).

Počas nasledujúcich rokov sa však miesta častých výskytov kolízií môžu mierne meniť a odrážať tak konkrétne zmeny podmienok prostredia, preto je nutné vždy reagovať na aktuálnu situáciu v závislosti na biotických a abiotických podmienkach prostredia.

9. Záver a prínos práce

Diplomová práca spracovala tematiku fragmentácie krajiny v súvislosti s dopravnou infraštruktúrou a jej ekologickými dôsledkami, pričom fragmentácia biotopov má v súčasnosti za následok mnohé nepriaznivé vplyvy pôsobiace na populácie voľne žijúcich živočíchov a individuálne jedince viacerých druhov.

Práca sa bližšie zaoberala dopravnou mortalitou lesnej zveri na komunikáciách rýchlostnej cesty a ciest I. triedy, konkrétne v okolí NP Veľka Fatra. Bolo identifikovaných šesť miest so zvýšenou koncentráciou zrážok motorových vozidiel s lesnou zverou, pričom tieto „hotspots“ boli následne študované v kontexte migračných biokoridorov európskeho a regionálneho významu, pričom miera križovania biokoridorov s miestami zrážok bola evidentnejšia v prípade biokoridorov európskeho významu. Za významné miesta križovania bola určená lokalita v okolí Ružomberka, úsek cesty na komunikácii I. triedy č. 18 vedúcej z Dolného Kubína do Ružomberka a lokalita na trase R1 (Zvolen - Banská Bystrica). Ďalej bola zisťovaná miera prepojenia miest kolízií s Generelom nadregionálneho systému ekologickej stability, z dostupných informácií o nehodách s lesnou zverou na vymedzených komunikáciách možno konštatovať miernu súvislosť.

Najvyšší počet kolízií na 1 km ciest študovanej oblasti sa stal na komunikácii vedúcej z Dolného Kubína do Kľačian (cesta I/70). Najviac dotknutým druhom na vymedzenom území je srnčia zver, nasleduje jelenia zver, liščia zver a diviacia zver.

Poznatky o lokalizácii zvýšeného výskytu dopravných kolízií s lesnou zverou možno v budúcnosti využiť pri projektových aktivitách, ktoré by mali za cieľ zmierniť nehodovosť v danej oblasti a zároveň tým redukovať množstvo usmrtených voľne žijúcich živočíchov, ktoré bežne využívajú ekologické koridory pri svojej migrácii a taktiež množstvo usmrtených jedincov chránených druhov živočíchov ako je medveď hnedý, rys ostrovid a vlk dravý. Výsledky môžu taktiež poslúžiť pre rôzne ďalšie migračné štúdie.

Práca mapovala určitú vymedzenú oblasť Slovenska, výsledky podávajú relevantnú informáciu počte a lokalizácii kolízií. Metodika použitá v tejto práci je použiteľná a aplikovateľná i pre ďalšie oblasti na Slovensku, prípadne i pre kompletnú jednotnú analýzu územia na úrovni celého Slovenska.

10. Přehľad literatúry a použitých zdrojov

10.1 Odborné zdroje

Anděl, P., Gorčicová, I., Hlaváč, V., Mika, L., Andělová, H., 2005: Hodnocení fragmentace krajiny dopravou. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 67 s.

Anděl, P., Mináriková, T., Andreas, M., 2010: Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce. Evernia, Liberec, 137 s.

Anděl, P., Belková, H., Gorčicová, I., Hlaváč, V., Libosvár, T., Rozínek, R., Šikula, T., Vojar, J., 2011: Průchodnost silnic a dálnic pro volně žijící živočichy. Evernia, Liberec, 154 s.

Andrews, A. (1990): Fragmentation of Habitat by Roads and Utility Corridors: A Review. *Australian Zoologist* 26, 130-141.

Clevenger, A.P., Ford, A.T., 2010: Wildlife Crossing Structures, Fencing, and Other Highway Design Considerations. In: Beckmann, J.P., Clevenger, A.P., Huijser, M.P., Hilty, J.A. (Eds.): *Safe Passages: Highways, Wildlife, and Habitat Connectivity*. Island Press, Washington, 17-49.

Coffin, A.W., 2007: From Roadkill to Road Ecology: A Review of the Ecological Effects of Roads. *Journal of Transport Geography* 15, 396-406.

Collinge, S.K., 2009: *Ecology of Fragmented Landscape*. JHU Press, USA, 360 s.

Damarad, T., Bekker, G.J., 2003: COST 341 - Habitat Fragmentation due to Transportation: Findings of the COST Action 341. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg.

Dufek, J., Jedlička, J., Adamec, V., 2008: Fragmentace lokalit dopravní infrastrukturou - ekologické efekty a možná řešení v projektu COST 342, Centrum dopravního výskumu, Brno, 5 s.

Eigenbrod, F., Hecnar, S.J., Fahrig, L., 2009: Quantifying the Road-Effect Zone: Threshold Effects of a Motorway on Anuran Population in Ontario, Canada. *Ecology and Society* 14 (1), 24.

Ellenberg, H., Müller, K., Stottele, T., 1981: Straßen-Ökologie: Auswirkungen von Autobahnen und Straßen auf Ökosysteme deutscher Landschaften. *Ökologie und Straße*, 3, 19-122.

EEA - European Environment Agency, Federal Office for the Environment (FOEN), 2011: Landscape fragmentation in Europe. Joint EEA-FOEN report. European Environment Agency, Copenhagen, Federal Office for the Environment, Bern, 92 s.

EEA - European Environment Agency, 2012: The Contribution of Transport to Air Quality. EEA report. European Environment Agency, Copenhagen, 96 s.

Fahrig, 2003: Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34, 487-515.

Fahrig, L., Rytwinski, T., 2009: Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. *Ecology and Society* 14 (1), 21.

Farmer, A.M., 1993: The Effects of Dust on Vegetation – a Review. *Environmental Pollution* 79, 63–75.

Find'o, S., Skuban, M., Koreň, M., 2007: Brown Bear Corridors in Slovakia: Identification of Critical Segments of the Main Road Transportation Corridors with Wildlife Habitats. (Koridory medveďa hnedého na Slovensku: Určenie kritických úsekov hlavných dopravných ťahov a habitatov zveri). Carpathian Wildlife Society, Spoločnosť pre karpatskú zver, Zvolen, 68 s.

Find'o, S., Skuban, M., Fremuth, W., Koreň, M., 2009: Corridors for Large Mammals in Slovakia - Contribution to the Establishment of Trans-european Wildlife Networks. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 41, 271-276.

Forman, R.T.T., Alexander, L.E., 1998: Roads and Their Major Ecological Effects. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 29, 207-231.

Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R.L., Goldman, C.R., Heanue, K., Jones, J.A., Swanson, F.J., Turrentine, T., Winter, T.C., 2003: Road Ecology: Science and Solutions. Island Press, Washington, 504 s.

Gelbard, J.L., Belnap, J., 2003: Roads as Conduits for Exotic Plant Invasions in a Semiarid Landscape. *Conservation Biology* 17, 420–432.

Gunson, K.E., Mountrakis, G., Quackenbush, L.J., 2011: Spatial Wildlife-vehicle Collision Models: A Review of Current Work and its Application to Transport Mitigation Project. *Journal of Environmental Management* 92, 1074-1082.

Harris, L.D., Scheck, J., 1991: From Implications to Applications: the Dispersal Corridor Principle Applied to the Conservation of Biological Diversity. *Nature Conservation 2: The Role of Corridors*, 189–220.

Hobbs, R.J., Hussey, B.M.J., Saunders, D.A., 1990: Nature Conservation: The Role of Corridors. *Journal of Environmental Management* 31, 99-118.

Jaeger, J.A.G., 2000: Landscape Division, Splitting Index, and Effective Mesh Size: New Measures of Landscape Fragmentation. *Landscape Ecology* 15, 115-130.

Jaeger, J.A.G., Fahrig, L., 2004: Effects of Road Fencing on Population Persistence. *Conservation Biology* 18, 1651-1657.

Jaeger, J.A.G., Bowman, J., Brennan, J., Fahrig, L., Bert, D., Bouchard, J., Charbonneau, N., Frank, K., Gruber, B., von Toschanowitz, K.T., 2005: Predicting when Animal Populations Are at Risk from Roads: An Interactive Model of Road Avoidance Behavior. *Ecological Modelling* 185, 329-348.

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, 1-7.

Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlaváč, V., Keller, V.B., Rosell, C., Sangwine, T., Torslov, N., Wandall, B., 2003: Wildlife and Traffic:

A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research, Brussels, 172 s.

Klar, N., Herrmann, M., Kramer-Schadt, S., 2010: Effects and Mitigation of Road Impact on Individual Movement Behavior of Wildcats. *Journal of Wildlife Management* 73, 631-638.

Ligasová G., 2013: Monitorovanie kolízií dopravných prostriedkov so živočíchmi v rámci dopravnej infraštruktúry. VÚD, a. s., Žilina, 116 s.

Ligasová, G., 2015: Riešenie konfliktu dopravnej infraštruktúry a biokoridorov. MDVRR SR, VÚD, a. s., Žilina, 125 s.

Ligasová G. 2017. Monitorovanie a vyhodnotenie kolíznych častí dopravnej infraštruktúry, kde dochádza ku kolízii dopravných prostriedkov so živočíchmi v rámci dopravnej infraštruktúry a vytvorenie agregovanej výstupnej databázy údajov a mapových podkladov potrebných pre znižovanie mortality živočíchov v dôsledku stretov s dopravnými prostriedkami. MDV SR, VÚD, a. s., Žilina, 264 s.

Litvaitis, J.A., Tash, J.P., 2008: An Approach Toward Understanding Wildlife-Vehicle Collisions. *Environmental Management* 42, 688-697.

Primack, R.B., Kindlmann, P., Jersáková, J., 2001: Biologické princípy ochrany prírody. Portál, s.r.o., Praha, 352 s.

Reh, W., Seitz, A. 1989. The Influence of Land Use on the Genetic Structure of Populations of the Common Frog *Rana temporaria*. *Biological Conservation* 54, 239-249.

Ritwinski, T., van der Ree, R., Cunnington, G.M., Fahrig, L., Findlay, C.S., Houlahan, J., Jaeger, J.A.G., Soanes, K., van der Grift, E.A., 2015: Experimental Study Designs to Improve the Evaluation of Road Mitigation Measures for Wildlife. *Journal of Environmental Management* 154, 48-64.

Roedenbeck, I. A., Fahrig, L., Findlay, C.S., Houlahan, J., Jaeger, J.A.G., Klar, N., Kramer-Schadt, S., van der Grift, E.A., 2007: The Rauschholzhausen Agenda for Road Ecology. *Ecology and Society* 12 (1), 11.

Seiler, A., 2001: Ecological Effects of Roads: A review. Department of Conservation Biology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 40s.

Skuban, M., Find'ó, S., Kajba, M., Koreň, M., Chamers, J., Antal, V., 2017: Effects of Roads on Brown Bear Movements and Mortality in Slovakia. *European Journal of Wildlife Research* 63, 82.

Slabbekoorn a Peet, 2003: Slabbekoorn, H., Peet, M., 2003. Ecology: Birds Sing at a Higher Pitch in Urban Areas - Great Tits Hit the High Notes to Ensure that Their Mating Calls Are Heard Above the City's Din. *Nature* 424, 267.

Stoner, D. 1925: The Toll of the Automobile. *Science* 61, 56-58.

Straka, M., Paule, L., Ionescu, O., Štofik, J., Adamec, M., 2012: Microsatellite Diversity and Structure of Carpathian Brown Bears (*Ursus arctos*): Consequences of Human Caused Fragmentation. *Conservation Genetics* 13, 153–164.

Suppan, F., Frey-Roos, F., 2012: Der Alpen-Karpaten Korridor, Ergebnis der Modellierung . In: Egger, G., Janák, M., Schmitz, Z. (Eds.): Akčný plán na ochranu Alpsko-karpatského koridoru. Amt der NÖ Landesregierung, Abt. Naturschutz, Sankt Pölten, 49 s.

van der Grift, E.A., van der Ree, R., Fahrig, L., Findlay, S., Houlahan, J., Jaeger, J.A.G., Klar, N., Madrinan, L.F., Olson, L., 2013: Evaluating the Effectiveness of Road Mitigation Measures. *Biodiversity and Conservation* 22, 425-448.

van der Ree, R., Jaeger, J.A.G., van der Grift, E.A., Clevenger, A.P., 2011: Effects of Roads and Traffic on Wildlife Populations and Landscape Function: Road Ecology is Moving toward Larger Scales. *Ecology and Society* 16 (1), 48.

van der Ree, R., Smith, J.D., Clara, G., 2015: The Ecological Effects of Linear Infrastructure and Traffic: Challenges and Opportunities of Rapid Global Growth. In: van der Ree, R., Smith, J.D., Clara, G. (Eds.): *Handbook of Road Ecology*, Wiley-Blackwell, UK, 552 s.

10.2 Legislatívne zdroje

Zákon č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny, v platnom znení.

Vyhláška MŽP SR č. 24/2003 Z.z., ktorou sa vykonáva zákon č. 543/2002 Z.z.

TP 04/2013: Migračné objekty pre voľne žijúce živočíchy. Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky, Bratislava, 2013, 56 strán.

10.3 Internetové zdroje

EEA - European Environment Agency, 2018: Landscape fragmentation pressure from urban and transport infrastructure expansion (online) [cit.2018.04.02], dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/mobility-and-urbanisation-pressure-on-ecosystems/assessment>

MŽP SR - Ministerstvo životného prostredia SR, 2017: Zabratie pôdy dopravnou infraštruktúrou (online) [cit.2018.04.02], dostupné z: <https://www.enviroportal.sk/indicator/detail?id=941>

Národné lesnícke centrum Zvolen, 2016: Poľovnícka štatistická ročenka SR, 2016 (online) [cit.2018.04.02], dostupné z: <http://www.forestportal.sk/lesne-hospodarstvo/polovnictvo/Documents/Polovnicka%20statisticka%20rocenka%20SR%202016.pdf>

Pordata, Base de Dados Portugal Contemporaneo, 2015: Length of Motorways (online) [cit.2018.04.02], dostupné z: <https://www.pordata.pt>

Spoločnosť pre karpatskú zver, 2012: Zver a doprava (online) [cit.2018.04.02], dostupné z: <http://www.carpathianwildlife.sk/index.php/sk/zver-a-doprava>

SSC CDB - Slovenská správa ciest, Cestná databanka, 2009: Charakteristika a rozdelenie cestnej siete SR (online) [cit.2018.04.02], dostupné z: <http://www.cdb.sk/sk/cestna-siet-SR/Charakteristika-a-rozdelenie.alej>

SSC CDB - Slovenská správa ciest, Cestná databanka, 2017a): Štatistické prehľady (online) [cit.2018.04.02], dostupné z: <http://www.cdb.sk/sk/Vystupy-CDB/Statisticke-prehlady.alej>

SSC CDB - Slovenská správa ciest, Cestná databanka, 2017b): Mapy CBD (online) [cit.2018.04.02], dostupné z: <https://ismcs.cdb.sk/portal/mapviewer/>

Statista, The Statistics Portal, 2015: Total length of motorways in Europe (EU-28) between 1990 and 2015 (online) [cit.2018.04.02], dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/449781/europe-eu-28-timeline-of-total-motorway-length/>

ŠOP SR - Štátna ochrana prírody SR, 2018: Danube Transnational Programme - Transgreen (online) [cit.2018.04.02], dostupné z: <http://www.sopsr.sk/web/index.php?cl=11229>

10.4 Zdroje dát

Geofabrik GmbH Karlsruhe, 2018: Vektorové líniové dáta dopravných komunikácií, vektorové bodové dáta miest, polygónové dáta krajov SR.

Slovenská agentúra Životného prostredia, MŽP SR: Dáta krajinej pokrývky Corine (2012), vektorové dáta biokoridorov a GNÚSES (2018).

Výskumný ústav dopravný, a.s., Žilina, 2013-2017: Dáta kolízií dopravných kolízií s lesnou zverou.

11. Zoznam obrázkov, tabuliek a príloh

Obr. č. 1: Hypotetický príklad zmeny rozlohy pôvodného územia o výmere 64 ha (A) a dĺžky ekotonu po fragmentácii infraštruktúrou (B) (Primack et al., 2001).

Obr. č. 2: Fragmentácia krajiny v Európe (2009) na úrovni štátov vyjadrená hodnotou S_{eff} (EEA, 2011).

Obr. č. 3: Fragmentácia krajiny v jednotlivých štátoch (2018)(EEA, 2018).

Obr. č. 4: Celková dĺžka diaľnic v určitých štátoch na prvých a posledných priečkach v rokoch 1990 a 2015 (Pordata, 2015).

Obr. č. 5: Fragmentácia krajiny v Európe (2009) vyjadrená hodnotou S_{eff} s rozlíšením 1:1km (EEA, 2011).

Obr. č. 6: Distribúcia úrovne fragmentácie na Slovensku (2012) rozdelená do piatich tried, ktoré reprezentujú hodnotu S_{eff} (upravené podľa EEA, 2018).

Obr. č. 7: Riešenie problematiky migrácie živočíchov v jednotlivých etapách investičnej prípravy na Slovensku (TP 04/2003, MDVRR).

Obr. č. 8: Situovanie biokoridoru medzi Alpami a Karpatmi (Suppan, 2012).

Obr. č. 9: Ekodukt nad diaľnicou D2 pri obci Moravský Svätý Ján - otvorenie. Zdroj: transport.sk, TASR.

Obr. č. 10: Zaujmová oblasť nachádzajúca sa v okolí NP Veľká Fatra. Zdroj: Openstreetmap.org.

Obr. č. 11: Škody na zveri spôsobené dopravnými prostriedkami za rok 2016 (Poľovnícka štatistická ročenka SR, 2016).

Obr. č. 12: Celkový počet dopravou usmrtených veľkých šeliem a voľne žijúcich kopytníkov na Slovensku v rokoch 2008-2012 (Spoločnosť pre karpatskú zver, údaje evidované podľa Poľovníckej štatistiky SR).

Obr. č. 13: Pilotné územia projektu Trangreen. Zdroj: ŠOP SR.

Obr. č. 14: Súhrnný počet zrážok lesnej zveri na jednotlivých úsekoch komunikácií v rokoch 2012 - 2015. Zdroj dát: VÚD, a.s.

Obr. č. 15: Počet kolízií v roku 2012 podľa typu zveri. Zdroj dát: VÚD, a.s.

Obr. č. 16: Počet kolízií v roku 2013 podľa typu zveri. Zdroj dát: VÚD, a.s.

Obr. č. 17: Počet kolízií v roku 2014 podľa typu zveri. Zdroj dát: VÚD, a.s.

Obr. č. 18: Počet kolízií v roku 2015 podľa typu zveri. Zdroj dát: VÚD, a.s.

Obr. č. 19: Percentuálny podiel rozloženia polízií podľa mesiaca, v ktorom sa udiali v jednotlivých rokoch. Zdroj dát: VÚD, a.s.

Obr. č. 20: Zastúpenie druhov lesnej zveri podľa hodiny kolízie. Zdroj dát: VÚD, a.s.

Obr. č. 21: Územie s vysokou koncentráciou dopravných kolízií s lesnou zverou: lokalita A (cesta 1. triedy č.59/E77). Zdroj: VÚD, a.s.; CNES, 2018; Google 2018.

Obr. č. 22: Územie s vysokou koncentráciou dopravných kolízií s lesnou zverou: lokalita B (cesta 1. triedy č.18). Zdroj: VÚD, a.s.; CNES, 2018; Google 2018.

Obr. č. 23: Územie s vysokou koncentráciou dopravných kolízií s lesnou zverou: lokalita C (rýchlostná cesta R1/E77). Zdroj: VÚD, a.s.; CNES, 2018; Google 2018.

Obr. č. 24: Územie s vysokou koncentráciou dopravných kolízií s lesnou zverou: lokalita D (cesta 1. triedy č. 59) a lokalita E (cesta 1. triedy č. 70). Zdroj: VÚD, a.s.; CNES, 2018; Google 2018.

Tab. č. 1: Analyzované úseky ciest v záujmovej oblasti.

Tab. č. 2: Počet kolízií na 1 km študovaného úseku komunikácie. Zdroj dát: VÚD, a.s.

Tab. č. 3: Riešené úseky ciest, ktoré boli analyzované s využitím geografického informačného systému (GIS). Zdroj dát: VÚD, a.s.

12. Prílohy