

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Diplomová práce

WVC (Wildlife vehicle collisions) versus stupeň fragmentace krajiny

Autor práce: Bc. Dagmar Rechnerová

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.

Konzultant: Ing. Jana Zítková

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Dagmar Rechnerová

Krajinné a pozemkové úpravy

Název práce

WVC (Wildlife vehicle collisions) versus stupeň fragmentace krajiny

Název anglicky

Wildlife vehicle collisions versus level of landscape fragmentation

Cíle práce

Cílem diplomové práce je identifikovat rozdíly v incidenci WVC ve fragmentovaném a nefragmentovaném prostředí dle metodiky UAT (Unfragmented Area by Traffic). Tyto charakterově rozdílné typy území budou následně podrobeny analýzám z hlediska vlivu stupně fragmentace krajiny na míru incidenci WVC.

Metodika

Analýza bude založena na identifikaci nefragmentovaného a fragmentovaného území dle „UAT“. Dále bude zjišťována míra dílčí fragmentace krajiny silnicemi III. třídy, velikost zůstatkové plochy v nefragmentovaném polygonu v území fragmentovaném i nefragmentovaném. V rámci syntézy budou analyzovány vazby mezi vnitřní velikostí nefragmentovaného polygonu a incidencí kolizí dopravních prostředků s lesní zvěří.

Doporučený rozsah práce

cca 50 stran textu + přílohy

Klíčová slova

silniční ekologie, migrace, zvěř, LU/LC

Doporučené zdroje informací

- Anděl P., Gorčicová I., Hlaváč V., Miko L., Andělová H., 2005a: Hodnocení fragmentace krajiny dopravou. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 67.
- Anděl P., Petržílka L., Gorčicová I., 2010b: Indikátory fragmentace krajiny: metodická příručka. Evernia, Liberec: 68.
- Found R. et Boyce M. S., 2011: Predicting deer–vehicle collisions in an urban area. *Journal of Environmental Management* 92: 2486-2493.
- Keken Z., Kušta T., Langer P., Skaloš J., 2016: Landscape structural changes between 1950 and 2012 and their role in wildlife–vehicle collisions in the Czech Republic. *Land Use Policy* 59: 543–556.
- Kušta T., Keken Z., Ježek M., Holá M., Šmíd P., 2017: The effect of traffic intensity and animal activity on probability of ungulate-vehicle collisions in the Czech Republic. *Safety Science* 91: 105-113.
- Rodríguez-Morales B., Díaz-Varela E. R., Marey-Pérez M. F., 2013: Spatiotemporal analysis of vehicle collisions involving wild boar and roe deer in NW Spain. *Accident Analysis and Prevention* 60: 121-133.
- Seiler A., Cederlund G., Jernelid H., Grängstedt P., Ringaby E., 2003: The barrier effect of highway E4 on migratory moose (*Alces alces*) in the High Coast area, Sweden. IENE conference on „Habitat fragmentation due to Transportation infrastructure“.
-

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Konzultant

Ing. Jana Zítková

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Zdeňka Kekeny, Ph.D. a Ing. Jany Zítkové a uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 18. 4. 2019

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Zdeňku Kekenovi, Ph.D., a Ing. Janě Zítkové za odborné vedení, rady a konzultace, které mi pomohly diplomovou práci vypracovat. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří mě během studia provázeli a podporovali.

Abstrakt

Při srážce automobilu s volně žijící zvěří nemusí dojít k následkům jen na zvěři nebo automobilu, ale také na lidském zdraví. Zmírňujících opatření je mnoho a je nutná jejich promyšlená aplikace v krajině a jejich vhodné kombinování. Chování každého druhu je specifické, proto nejde navrhnout univerzální opatření ke zmírnění kolizí. Pravděpodobnost srážky může být ovlivněna několika faktory, jako je například čas, krajinný pokryv, potřeba zvěře migrovat, rozrůstání silniční infrastruktury a s ní související fragmentace krajiny.

Tato práce má za cíl identifikovat rozdíly mezi fragmentovaným a nefragmentovaným prostředím v kontextu incidencí WVC. K identifikaci fragmentace krajiny byla použita metodika UAT polygonů z roku 2013.

Prostřednictvím analýzy v programu ArcGIS byly zpracovány údaje UAT polygonů, počtu kolizí pro rok 2007 - 2014 a dopravní infrastruktury v České republice pro Královéhradecký kraj, Pardubický kraj a Kraj Vysočinu.

V rámci práce byl zjišťován vliv fragmentace na počet WVC. Výsledky ukázaly, že více nehod bylo ve fragmentované části a to jak v přepočtu na kilometr čtvereční, tak i na kilometr délky komunikace. Po srovnání s polygony vytvořenými dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy výsledky potvrdily, že je více kolizí mimo UAT polygony a zároveň se počty nehod neustále zvyšují.

Klíčová slova

Silniční ekologie, migrace, zvěř, LU/LC

Abstract

In a car collision with wildlife, there can be consequences not only on animals or cars, but also on human health. There are many mitigating measures and their coherent application in the landscape and their appropriate combining is necessary. The behaviour of each species is specific, so it is not possible to propose universal measures to mitigate collisions. The probability of a collision may be influenced by several factors, such as time, landscape coverage, the need animal migration, the expansion of road infrastructure and the associated landscape fragmentation.

This work aims to identify the differences between fragmented and non-fragmented environments in the context of WVC incidents. The 2013 UAT Polygon methodology was used to identify landscape fragmentation.

Through analysis in the ArcGIS program, UAT polygon data, the number of collisions for 2007 - 2014 and transport infrastructure in the Czech Republic were processed for the Regions of Hradec Králové, Pardubice and Vysočina.

The effect of fragmentation on the number of WVC was investigated. The results showed that more accidents were in the fragmented part, both per square kilometre and per kilometre of communication. The results have confirmed that there are more and more collisions outside UAT polygons and at the same time the number of accidents continues to increase in comparison with polygons created by motorways as well as I. and II. class roads.

Keywords

Road ecology, migration, wildlife animals, LU/LC

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. CÍLE PRÁCE	11
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
3.1 Rozvoj infrastruktury	12
3.2 Kategorizace pozemních komunikací	13
3.2.1 Dálnice	14
3.2.2 Silnice.....	14
3.2.3 Místní komunikace.....	15
3.2.4 Účelová komunikace	15
3.2.5 Délka silniční sítě.....	15
3.3 Fragmentace krajiny	16
3.3.1 Příčiny fragmentace krajiny	18
3.3.2 Důsledky fragmentace krajiny.....	19
3.3.2.1 Bariérový efekt	21
3.3.2.2 Ostrovní efekt	22
3.3.3 UAT polygony	23
3.4 Migrace.....	25
3.4.1 Migrační koridor.....	26
3.4.2 Migrační objekty	28
3.4.3 Územní systém ekologické stability	30
3.5 Nehodovost automobilů se zvěří na pozemní komunikaci.....	31
3.5.1 Kolize se zvěří	31
3.5.2 Nejvíce ovlivněné druhy.....	31
3.5.3 Období srážek se zvěří.....	32
3.5.4 Hotspoty	33
4. METODIKA PRÁCE.....	35
4.1 Popis studovaného území	35
4.2 Zpracování vstupních dat	35
4.3 Analýza dat.....	39
5. VÝSLEDKY.....	41
6. DISKUSE.....	49
6.1 Možné faktory kolize	49
6.2 Frekventovanost a zastoupení komunikací	50
6.3 Fragmentace dopravou a metoda UAT polygonů.....	51
6.3 Možnosti řešení	52
7. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE	53

8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	54
9. PŘÍLOHY.....	62

1. ÚVOD

Počty nehod na pozemních komunikacích v České republice se během posledních deseti let neustále zvyšují. Mezi lety 2009 a 2018 došlo k nárůstu o necelých 150 %. Zároveň s tím narůstají počty lehce zraněných osob, ale pozitivní informací je, že počty usmrcených a těžce zraněných klesají, což značí vývoj dobrým směrem, kterému ale budeme muset ještě hodně pomoci a věnovat náležitou pozornost. Za rok 2018 bylo z celkového počtu nehod 12,3 % s lesní zvěří a domácím zvířetem a 4 osoby při tom byly usmrceny (Policie České republiky 2018).

Častou příčinou kolize se zvěří je její potřeba migrace. Mezi nejčastější důvody migrace patří hledání potravy, místa k reprodukci či odpočinku. Každý z důvodů má svá specifika a liší se ročním obdobím, měsícem a denní dobou. Postupem času se ale migrační potenciál a s ním i heterogenita redukovaly. Zvěř musela změnit své migrační koridory a to především kvůli bariérám v podobě pozemních komunikací. Expanzí silniční infrastruktury se nejen omezila migrace, ale zvýšil se i počet kolizí. Existuje sice hodně informací a mnoho odborníků se migrací, nejen přes komunikace, zabývá, ale zatím se nepodařilo ustanovit faktor, který je vůči zvěří nejnebezpečnější (Anděl et al. 2005b; Anděl et al. 2010a; Keken et al. 2016).

Četnost kolizí automobilu se zvěří rovněž závisí na kategorii silnic a frekvenci provozu. To také vytváří míru fragmentace krajiny a ve spojitosti s rostoucí zástavbou snižuje vhodná místa k přebývání zvěře a omezuje migraci (Anděl et al. 2010a).

Podle prognóz, které provedl Anděl et al. (2010b), se bude počet nefragmentovaných míst dopravou snižovat a v souvislosti s tím je možný nárůst kolizí. Je proto nutné se nadále touto problematikou zabývat, informovat veřejnost (hlavně řidiče), hledat účinné nástroje k zabránění kolizí automobilů se zvěří a tím snížit počty míst s vysokou koncentrací nehod.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je identifikovat rozdíly v incidenci automobilů s volně žijícími živočichy (WVC) na území fragmentovaném a nefragmentovaném dle metodiky UAT polygonů (Unfragmented Area by Traffic). Následně budou tato dvě území podrobena analýze z hlediska vlivu stupně fragmentace krajiny a zjištěna míra incidencí WVC pomocí programu GIS.

Analýza bude provedena ve třech krajích České republiky – Královéhradeckém kraji, Pardubickém kraji a Kraji Vysočina v letech 2007 až 2014 na UAT polygonech pro rok 2013.

Na základě získaných dat s místy nehod, UAT polygony a pozemními komunikacemi (v našem případě s dálnicemi a silnicemi I., II., a III. třídy) je cílem zjistit, zda je více kolizí v UAT polygonech či fragmentovaných oblastech. Dále je cílem diplomové práce určit, jestli v polygonech vymezenými dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy je více nehod na silnicích III. třídy v místech UAT polygonů či mimo ně. Zároveň je úkolem analyzovat vazbu mezi vnitřní velikostí nefragmentovaného území a počtu kolizí dopravních prostředků se zvěří.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Rozvoj infrastruktury

Pozemní komunikace byly zřizovány primárně k přepravě nákladů a pro propojení jednotlivých oblastí. Budování prvních komunikací, což byly na území českých zemí takzvané stezky, probíhalo vykácením stromů na území lesů. První zmínka je o stezce „Domažlické“ z roku 805 našeho letopočtu (Čihák et al. 2013). Větší rozvoj sítě stezek byl pak za krále Vladislava II. (který vládl v letech 1140 – 1172 (Čapka et Eliška 1998)). Avšak k podstatným změnám došlo ve 13. a 14. století za kolonizace, kdy byly stezky převedeny od strážných hradů k nově založeným městům. S narůstajícím využíváním stezek byly za vlády Karla IV. budovány zemské silnice s šířkou cca 5 metrů, což mělo umožnit větší bezpečnost jízdy a zároveň zlepšit podmínky pro rozvoj obchodu (Čihák et al. 2013). Díky zavedení poštovních linek, kdy byla potřeba větší rychlosti jízdy, došlo v 17. století k systematickému zlepšování zemských silnic. Pak následovalo za panování císaře Karla VI. roku 1726 ustanovení silniční repatriační komise, která měla za úkol zajistit silniční reformu a tím se zásadně změnila výstavba silnic v českých zemích (Lídl 2009).

Byly stavěny hlavní státní silnice, s uplatněním nové konstrukce vozovek, kterých bylo v 18. století 25 v Čechách a 20 na Moravě. Jejich šířka už ale byla cca 9,5 metrů. Díky zavedení systému konkurence vrchnosti a poddaných a zároveň povolení stavovských příspěvků na výstavbu silnic, došlo k výraznému zrychlení tempa budování silnic. To dokládají délky silnic v Čechách, které činily roku 1804 jen 609 kilometrů, roku 1829 to bylo 2 713 kilometrů a roku 1848 už 3 827 kilometrů (Čihák et al. 2013).

Se vzrůstající hustotou dopravy se začala zavádět první pravidla silničního provozu a současně i dopravní značení. Dodržování dopravních předpisů kontrolovala silniční policie zřízená v polovině 19. století (Macek et Uhlíř 1997).

Po vzniku nové republiky roku 1918 byla zapotřebí rozsáhlá výstavba a přestavba silniční sítě. Kvůli nárůstu automobilové dopravy bylo zapotřebí postupně odstranit prašnost vozovek, zvýšit jejich únosnost a zajistit rovinatost. Od 20. let 20. století jsou proto také testovány nové druhy povrchů a to především asfaltové a betonové. To vše bylo možné zajistit také díky vzniku státního silničního fondu (ten byl činný v letech 1927 – 1938) (Čihák et al. 2013; Lídl 2009).

S potřebou rozvoje ekonomiky souviselo i zrychlení dopravy napříč Československem. Proto byly roku 1935 vypracovány první návrhy vedení páteřních silničních komunikací a v roce 1936 se už začalo se stavbou dálkové silnice. Dalším důležitým bodem bylo vydání vládního nařízení č. 372 o česko-slovenských dálnicích ze dne 23. 12. 1938. Tím byl úředně zaveden pojem „dálnice“ a v květnu roku 1939 se začalo s její stavbou (Čihák et al. 2013; Lídí 2009).

Po 2. světové válce bylo zapotřebí napravit škody způsobené válkou na silnicích, kterých bylo v provozu již 54 310 kilometrů. Neustálou snahou bylo zajistit bezprašnost vozovek, což se povedlo u 70 % celkové délky silnic k roku 1970.

V důsledku zákona č. 147/1949 Sb. se staly veškeré silnice státními a podle dopravního významu byly rozděleny do 3 tříd. S narůstající automobilovou dopravou se začaly projevovat obtíže, proto vláda ČSR rozhodla roku 1952 o vypracování státního silničního plánu a zřízení Kanceláře pro státní silniční plán. Tato organizace se v průběhu ještě přejmenovávala až na konečný název Středisko pro rozvoj silnic a dálnic roku 1957. Z tohoto střediska se roku 1967 zřídilo Ředitelství dálnic Praha, které mělo zajistit výstavbu dálnic a zabezpečit pro ně přípravu. Na vymezených tazích se prováděly přestavby silnic a některé z nich i ve čtyř pruhovém uspořádání. Dále se budovaly dálnice, obchvaty měst a obcí, zpřístupňovaly se rekreační oblasti a u silnic vedoucích velkými městy se prováděla úprava pro řešení kapacity i ochrany životního prostředí (Čihák et al. 2013; Prášil 2017).

Po pádu železné opony narostla intenzita dopravy, což vedlo k naplánování výstavby rychlostních silnic, dálnic a výstavbě silnic u západních hranic. V důsledku nedostatku financí a přijetí nových právních předpisů došlo ke zpomalení výstavby méně významných spojů a pozornost se upřela na zlepšení stavu mezinárodních silnic a následně k odstraňování škod po povodních v letech 1997 a 2002. Po vstupu České republiky do Evropské unie se zase pozornost soustředila na přípravu a realizaci transevropské silniční sítě. Spojením několika útvarů vznikla 1. 1. 1997 organizace Ředitelství silnic a dálnic ČR, jejímž úkolem je zajišťovat rozvoj silnic I. třídy a dálnic, údržbu, přestavbu, výstavbu a jejich správu (Čihák et al. 2013; Prášil 2017).

3.2 Kategorizace pozemních komunikací

Působení komunikací na krajinu i jednotlivé přírodní složky krajinné sféry je široké. Stavba a její následné užívání postihuje jak přírodní, tak společenské faktory, kterým je třeba věnovat pozornost, a to jak jednotlivě, tak komplexně. Ve velké míře však záleží na rozsáhlosti stavby a frekvenci užívání (Plánka 2005).

Dle zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích v platném znění se pozemní komunikace dělí do čtyř kategorií:

- dálnice,
- silnice,
- místní komunikace,
- účelová komunikace.

3.2.1 Dálnice

Dálnicí se rozumí, dle § 4 citovaného zákona, pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou a mezinárodní dopravu. Je budována bez úrovnových křížení, se směrově oddělenými jízdními pásy a má oddělená místa napojení pro výjezd a vjezd. Dálnice se dále dělí dle svého určení a dopravního významu na I. a II. třídu. Přístupnost je pouze pro silniční motorová vozidla se stanovenou nejnižší rychlostí.

Vlastníkem je stát, o správu a údržbu se stará ŘSD ČR (Ředitelství silnic a dálnic České republiky) a silničním a správním úřadem je MDČR (Ministerstvo dopravy České republiky) (dopravniinfo.cz 2009).

3.2.2 Silnice

Podle § 5 citovaného zákona silnice tvoří silniční síť, je veřejně přístupná a určená k užití silničními i jinými vozidly a chodci. Dle svého určení a dopravního významu se rozdělují do tří tříd:

- silnice I. třídy, jež je určena hlavně pro dálkovou a mezistátní dopravu,
- silnice II. třídy, jež je určena převážně pro dopravu mezi okresy,
- silnice III. třídy, jež je určena zejména k vzájemnému propojení obcí či jejich napojení na další pozemní komunikace.

Silnice I. třídy může být označena dle právního předpisu za silnici pro motorová vozidla, pokud je vybudována bez úrovnových křížení a s oddělenými místy napojení pro výjezd a vjezd. Jejím vlastníkem je stát, o správu a údržbu se stará krajské SÚS (správa a údržba silnic) či smluvní firmy a silničním správním úřadem je krajský úřad.

Silnice II. a III. třídy vlastní kraj, orgány pro správu a údržbu mají stejnou jako silnice I. třídy, ale silničním a správním úřadem jsou úřady obcí s rozšířenou působností (dopravniinfo.cz 2009).

3.2.3 Místní komunikace

Místní komunikace jsou dle § 6 citovaného zákona veřejně přístupné komunikace, které slouží zejména místní dopravě na území obce. Dále se rozdělují do čtyř tříd dle dopravního významu, stavebně technického vybavení a určení.

- místní komunikace I. třídy,
- místní komunikace II. třídy,
- místní komunikace III. třídy, kterou je obslužná komunikace,
- místní komunikace IV. třídy.

Pouze místní komunikace I. třídy, která splňuje určité podmínky, může být dle zvláštního právního předpisu označena za silnici pro motorová vozidla.

Vlastníkem je město nebo obec, o správu a údržbu se starají technické služby či smluvní firmy a silničním správním úřadem je úřad obcí pověřený výkonem státní správy (dopravniinfo.cz 2009).

3.2.4 Účelová komunikace

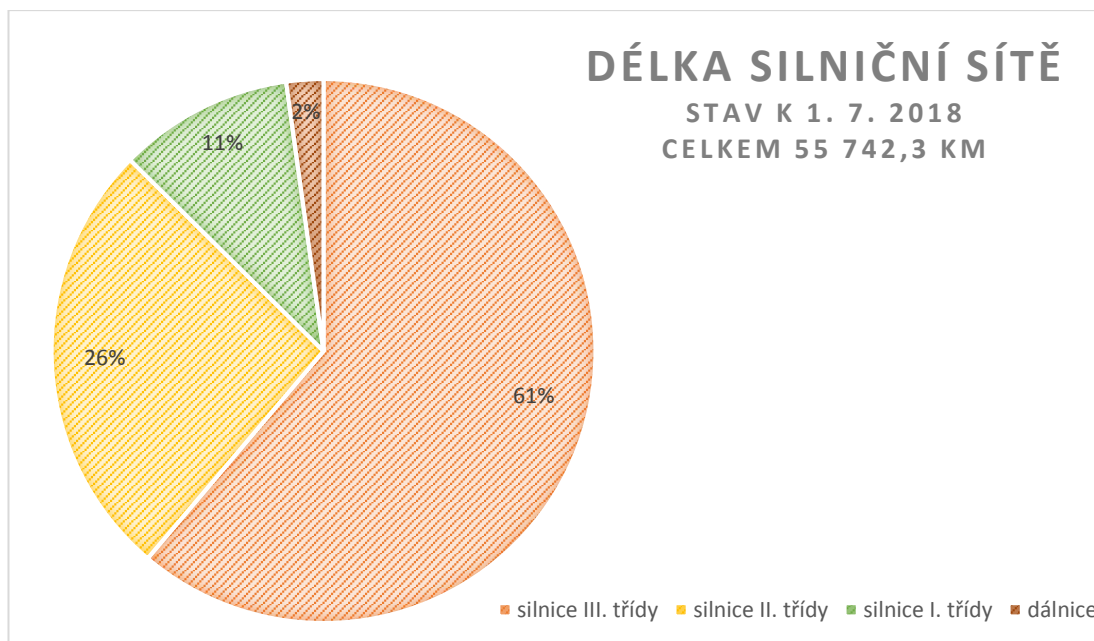
Dle § 7 citovaného zákona je účelová komunikace určená ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků či ke spojení nemovitostí s ostatními komunikacemi nebo k obhospodařování lesních a zemědělských pozemků. Příslušný úřad může po projednání s Policií České republiky omezit veřejný přístup na komunikaci.

Vlastník je privátní nebo veřejná osoba, správu a údržbu zajišťují smluvní firmy a silničním správním úřadem je úřad obcí pověřený výkonem státní správy (dopravniinfo.cz 2009).

3.2.5 Délka silniční sítě

Na území České republiky bylo dle ŘSD k 1. 7. 2018 1 244,19 km dálnic, 5 824,24 km silnic I. třídy, 14 585,43 km silnic II. třídy a 34 088,42 km silnic III. třídy. Celkem tedy délka silniční sítě měřila k uvedenému datu 55 742,28 km.

Nejvíce kilometrů měří tedy silnice III. třídy, které tvoří 61,2 % délky silniční sítě. Dále silnice II. třídy s 26,2 %, silnice I. třídy s 10,4 % a nejméně dálnice, které zabírají pouze 2,2 % délky silniční sítě.



Obrázek 1 Procentuální zastoupení silniční sítě v ČR (ŘSD 2018).

Infrastrukturu silnic České republiky lze považovat za poměrně rozsáhlou ba dokonce v rámci Evropy za jednu z nejhustších. I přesto však neodpovídá reálným potřebám země. Jedním z důvodů je rozsáhlé zastoupení silnic III. třídy, které tvoří 61 % silniční infrastruktury. Oproti tomu dálnice a rychlostní silnice jsou v silniční síti zastoupeny málo, a to i přesto, že spojují důležitá centra a přenášejí největší podíl dopravního výkonu (Keken et al. 2016; OP Doprava 2015).

Zejména ve městech, kde je vysoký počet obyvatel, bude vždy prostor limitován zástavbou intravilánu a ekologickými hledisky (dopravniinfo.cz 2009).

3.3 Fragmentace krajiny

Obecně pojem fragmentace vychází z latinského *fragmentum*, což znamená zlomek či má další významy jako dělení, tříštění, drobení nebo kouskování celku na menší části. V krajině je chápána jako nepříznivý jev, u kterého se fungující spojitý biotop – přírodní stanoviště dělí na menší díly se zhoršenou kvalitou života (Miko et Hošek 2009), a které už nemají plnohodnotné vlastnosti původního celku (Anděl et al. 2005b). V dnešní době se řadí mezi velmi závažné problémy v ochraně životního prostředí, a to zejména ovlivněním okolního prostředí i samotné populace živočichů, které omezuje migraci (Anděl et al. 2010a).

Také De Montis et al. (2017) považují roztržitost krajiny, především kvůli lidské činnosti, za jednu z hlavních příčin, které mají negativní dopad na biodiverzitu.

Fragmentaci popisují jako přeměnu větších částí biotopu v menší fragmenty, které mají tendenci být izolovanější ke svému okolí. Je to převážně patrné v městských oblastech zejména kvůli osídlení a dopravní infrastruktuře, jejichž ekologickým dopadem je ztráta stanovišť, zvýšená ohroženost a izolace flóry a fauny. Proto se zachování kontinuity ekosystémů stalo významným bodem politiky územního plánování.



Obrázek 2 Příklad fragmentace krajiny výstavbou dálnice D11 (nfoto.cz 2017).

Fragmentace zahrnuje propojení problematiké ekologie, technik využívaných v krajině a zkoumání vztahů mezi pokryvem krajiny, krajinným uspořádáním a územním využitím krajiny (Nagendra et al. 2004).

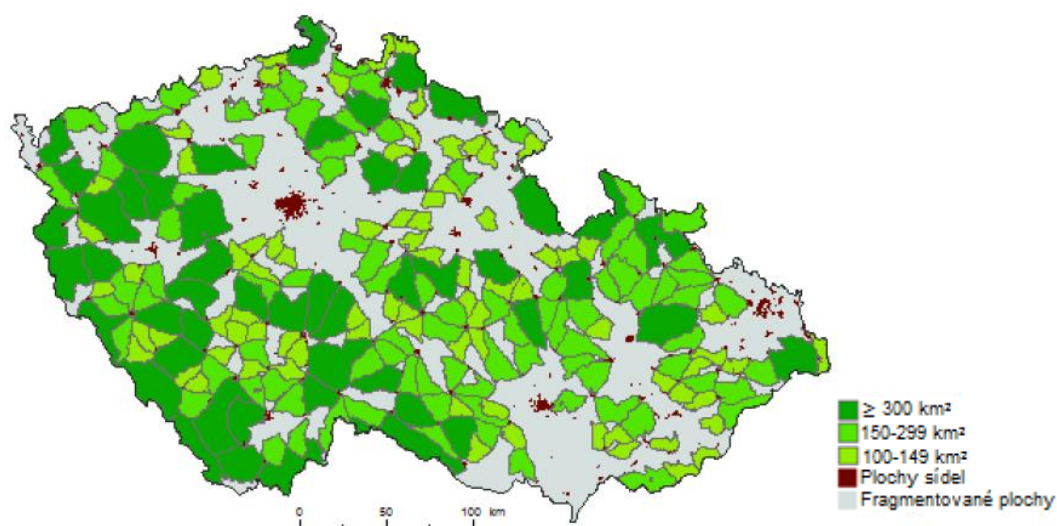
Podle Jaegera (2000) může být roztržitost krajiny důležitým procesem, kde se rozsáhlá přírodní stanoviště stávají menšími a izolovanějšími. V posledních desetiletích ale způsobily lidské potřeby zdrojů planety extrémní dopady na změnu využívání půdy a značnou ztrátu přírodních stanovišť a biodiverzity (Foley et al. 2011), proto se i dopady fragmentace na krajinu v průběhu času mění. To, co dříve mohlo způsobit posílení biodiverzity, dnes kvůli své četnosti může škodit.

Ve Zprávě o životním prostředí České republiky 2017 Čermáková et al. (2017) ale uvádí, že změny od období roku 1990 až do poslední meziroční změny mezi roky 2010 a posledním dostupným rokem hodnocení se trend fragmentace krajiny vyvíjí negativně a není v souladu se stanovenými cíli.

Dle De Montise (2017) je důležitým klíčem pro plánování vhodných strategií ke snížení a přerušení fragmentace krajiny interpretovat propojenost krajiny a fragmentaci krajiny v prostoru a čase.

Fragmentace krajiny je však jev, který provází celou historii lidstva. První a zásadní etapou byla neolitické revoluce, která je spojena se vznikem zemědělství, trvalých sídel a odlesněním rozsáhlých oblastí. A právě zemědělská činnost a výstavba obcí a měst tvoří dosud základní faktor, který krajinu rozdělil na dílčí izolované segmenty. Zásadním problémem ale není fragmentace jako taková, nýbrž otázka její únosné míry (Anděl et al. 2005a).

Na území České republiky je nejvyšší fragmentace krajiny zaznamenána na území Středočeského, Jihomoravského a Moravskoslezského kraje (obr. č. 2). Zároveň jsou tyto kraje řazeny mezi území, kde je nejvyšší úbytek nefragmentovaných ploch v období mezi roky 2005 – 2010 (Mertl et al. 2016).



Obrázek 3 Fragmentace krajiny dopravou v ČR, 2010 (Mertl et al. 2016).

3.3.1 Příčiny fragmentace krajiny

Dle Anděla et al. (2010a) se nejčastěji jedná o faktory sídlení, průmyslové a dopravní.

Příčina fragmentace krajiny, která má největší negativní dopad na krajinu, je stavba antropogenních bariér, která v průběhu let narůstá a stává se čím dál tím více nepropustnou (Anděl et al. 2010a). Jde převážně o dopravní liniovou infrastrukturu, u které však závisí na intenzitě dopravy. Nyní se ale objevuje trend stavět dálnice a silnice co nejvíce šetrné k životnímu prostředí (Šimonovský 2010), což by mohlo přispět ke zlepšení, ale stále to bude bariéra, která bude těžko překonatelná.

Jako další příčina se uvádí územně nekompaktní rozšiřování zastavěných ploch vlivem pokračující urbanizace území (Mertl et al. 2016).

Železnice, dálnice a silnice tedy patří k hlavním faktorům, které způsobují fragmentaci krajiny. Je to hlavně kvůli vysoké dynamice a proměnlivému jevu. Staví se stále nová dopravní infrastruktura a zvyšuje se intenzita dopravy, což má za následek změnu stupně fragmentace krajiny. Není to však jediný faktor. Významný fragmentační vliv má také již zmíněná výstavba sídel v extravilánu, dále průmyslové zóny, intenzivní průmyslové zemědělství, těžba nerostných surovin a další (Anděl et al. 2005a).

Vedle antropogenních bariér stojí také přirozené bariéry. Může jimi být například pohoří, velké řeky a další. Nedochází zde však k náhlému rozšíření jednotlivých lokálních populací. Již při kolonizaci takových území byly respektovány přírodní bariéry i s migračními cestami, kterým se v průběhu dob přizpůsobili (Anděl et al. 2005a).

3.3.2 Důsledky fragmentace krajiny

Počátkem 80. let se nejvíce dbalo při ochraně životního prostředí na zemědělskou půdu. Za každý zabraný hektar musela být náhrada v podobě rekultivované půdy obdobné výměry. Trasy cest tedy vedly spíše mokřady a nivami, které však dnes považujeme za velmi cenné. Při výstavbě nové infrastruktury tedy narážíme na problém, kdy dopad na životní prostředí bude horší ve srovnání se stavem stávajícím. Jde především o zábory půdy a fragmentaci krajiny. Tyto negativní vlivy nejde plně eliminovat, pouze minimalizovat vhodným výškovým a směrovým návrhem trasy (Čihák et al. 2013).

Při výstavbě dopravní infrastruktury, která probíhá převážně v posledním desetiletí, se ale nevyhneme rozdělení a rozparcelování již fungujících celků krajiny, což negativně omezuje a ovlivňuje pohyb druhů uvnitř těchto fragmentů (Anděl et al. 2010a). Přirozený tok genů populací může být vlivem bariér omezen či úplně přerušen (Anděl et al. 2005a). U takto izolovaných populací, kde fragmentace překročí určitou hodnotu, tedy hrozí, především u citlivějších druhů, zánik existence (Hlaváč et al. 2001). Také proto jsou disturbance, lidské zásahy do krajiny či znehodnocení přírodních ekosystémů hlavní příčinou poklesu celosvětové biodiverzity. Dalšími následky může být zábor a odstranění přírodních stanovišť, kontaminace prostředí, šíření invazních druhů, přeměna hydrologické sítě a zvýšení lidské aktivity a přítomnosti v přilehlých oblastech. Zároveň je dobré si uvědomit, že dopravní

infrastruktura definuje a udává vzor krajiny. (Haddad et al. 2015; Hawbaker et al. 2006).

Dle Scolozziho a Genelettiho (2012) je vážným důsledkem nárůstu fragmentace pokles propojenosti v krajině. To potvrzuje i Anděl et al. (2010a) který říká, že rozpadem dříve souvislých přírodních celků jsou druhy nuceni obývat stále menší a izolovanější oblasti, u kterých je často problém s možností komunikace s okolím.

Také se předpokládá, že omezení výběru biotopu bude mít za následek nižší reprodukci a to především tehdy, kdy se na stanovišti vyskytne více druhů. Populace se totiž budou muset spokojit s méně vhodnými stanovišti, kde nebudou mít vhodné podmínky k životu, budou omezeny v pohybu a sníží se tak i jejich fyzická kondice (Langevelde 2015).

Dříve komunikaci umožňovaly přírodní a přírodě blízké biotopy, které plnily funkci spojovacího článku. Ty se však postupně vytrácí a v mnoha případech je jejich návrat či obnovení nemožné. Snahou zpět propojit a obnovit kontinuitu krajiny je realizace ekologických sítí (Anděl et al. 2010a).



Obrázek 4 Remízky pro lepší pohyb živočichů (jiznicechy.ochranaprirody.cz).

Anděl et al. (2010a) se snažili popsat důležitost průchodnosti krajinou, kterou fragmentace omezuje. Zaměřili se především na velké savce, které považují za reprezentanty. Ti mají totiž vysoké ekologické nároky, a pokud bude zajištěna propustnost krajiny pro ně, tak bude dostatečně umožněna i pro ostatní menší druhy a zároveň zajištěna i konektivita ekosystémů jako celku.

Ne všechny překážky se ale dají překonat. Například ochranné oplocení podél komunikací je pro živočichy nepřekonatelnou překážkou a migrace je zde nemožná – tím se vytvoří takzvaný bariérový efekt. Na druhou stranu je ale fragmentace území dopravními cestami z pohledu ekologů větší problém než kolize, při kterých zahynou jednotliví jedinci (Beben 2016).

Existují ale i názory, kde jsou nové dálniční a silniční tahy považovány za přínos pro zlepšení kvality životního prostředí. Zahrnují především kvalitu ovzduší, akustiku a kvalitu povrchových a podzemních vod. Ochrana živé přírody už je individuální otázka, kde je zapotřebí posuzovat jednotlivé případy zvlášť. Můžeme se setkat s projekty, které bezpochyby zkvalitňují možnosti koexistence s živou přírodou či s projekty, které jsou na hranici únosnosti. Mimo samotné technické řešení je možné také využít výhod a možností jednotlivých kompenzačních opatření, se kterými se samotný projekt doplní a může tak přispět k jejich vyšší kvalitě (Čihák et al. 2013).

Musíme mít ale na paměti, že fragmentace je komplexní záležitost, která působí v dlouhodobém časovém měřítku a s více souběžnými vlivy (Haddad et al. 2015).

3.3.2.1 Bariérový efekt

Podle Anděla et al. (2005a) má bariérový efekt komunikace „*takový celkový účinek, že působí v krajině jako bariéra pro pohyb živočichů*“. Je vytvářen u různých typů bariéry pomocí více faktorů, které se mohou různě kombinovat (Romportl et al. 2009).

Bariérový efekt může vznikat tehdy, kdy se zvíře záměrně vyhýbá překážce například proto, že ji nemůže přejít (Fahrig et Rytwinski 2009). Migrační bariéry lze kategorizovat z různých hledisek, které se vzájemně kombinují: odpor bariéry, doba působení a typ objektu s bariérovým efektem v přírodě. V tabulce 1 je znázorněno, jak rozdělit území a kritická místa z hlediska průchodnosti.

Úsek migračního koridoru	Označení	Hodnocení kritického místa z hlediska jeho průchodnosti
Území s bariérami	K1	Území s nepřekonatelnou bariérou (kritické místo)
	K2	Území s významnou bariérou (problémové místo)
	K3	Území s bariérou středního významu
Území průchodné	P	Území průchodné (s malým rušivým vlivem)
	PZ	Území průchodné zcela, bariérový prvek chybí

Tabulka 1 Obecná kategorizace území a kritických míst z hlediska průchodnosti (Fahrig et Rytwinski 2009).

Mezi objekty s bariérovým efektem lze dle Anděla et al. (2010a) zařadit: dálnice a silnice, železnice, vodní plochy a vodní toky, ohradníky a ploty, osídlení a bezlesí. U pozemních komunikací hraje významnou roli několik faktorů, jako je výběr trasy nové komunikace, technické řešení stavby a charakteristika dopravního provozu, které však musí být hodnoceny vždy individuálně dle podmínek lokality.

Pro populace živočichů jsou tak umělé i přírodní bariéry vnímány jako fyzické překážky. Pro velké savce je u překonávání komunikací problém oplocení či vysoká intenzita provozu. Zatímco pro menší živočichy může být i neoplocená nebo málo frekventovaná komunikace velký problém (Dufek et al. 2003). Zároveň Fahrig a Rytwinski (2009) zastávají názor, že málo ohrožení jsou malí savci a ptáci, kteří mají malá teritoria, vyznačují se velkou natalitou a pohybují se na krátké vzdálenosti. Komunikací nemusí být ani závažně ovlivněni a dokáží existovat i mezi několika bariérami, které jim mohou tvořit ochranu před predátory. Dalším druhům, kterým blízkost komunikací může vyhovovat, jsou živočichové, kteří sražené jedince považují za potravu (Ramp et al. 2006).

Naopak druhy, které mají velké teritorium, nízkou natalitu a pohybují se na dlouhé vzdálenosti, jsou nejvíce ohrožené. Mortalitou na silnicích se může výrazně snížit jejich populace (Ramp et al. 2006). Některé ale vysoká intenzita provozu a míra hluku od překonání komunikace odradí (Luell 2003).

Merriam et al. (1989) říká, že většina překážek a vlivů působící bariérovým efektem na živočichy neznemožní překonání komunikace všem jedincům, ale značně sníží počet úspěšných přechodů. Míru únosnosti nezdarů v překonání komunikace a potřebu úspěšných přechodů pro udržení populace v kondici je však těžké určit.

Seiler et al. (2003) se při své studii migrace losů domnívají, že časem bariérový efekt vzrůstá, protože si zvěř postupně na překážku zvyká, považuje ji za přirozenou, přestává ji překonávat a vnímá ji jako hranici svého teritoria.

Možným řešením, jak bariérový efekt zmírnit, jsou migrační objekty, které mohou fragmentované části spojit. Optimální ale je řešit opatření na snížení bariérového efektu hned od počátku projektování pozemních komunikací, kdy se mohou vhodně navrhnout a umístit (Anděl 2005a).

3.3.2.2 Ostrovní efekt

Ostrovní efekt je důsledkem fragmentace krajiny, kdy se biotopy dělí vznikem bariér na menší části, které ztrácí původní funkce a postupně se u nich snižuje kvalita.

Jednotlivé fragmenty, neboli ostrovy, původního stanoviště jsou oddělené plochami nepříznivého prostředí, které mohou organismy vnímat jako bariéry. Tím se dělí nejen krajina, ale také populace. Pro živočichy je pohyb v krajině důležitý kvůli potravě, přemnožení, rušení, zničení životního prostředí, predátorům, rozmnožování a tak dále. Proto výskyt bariér a přerušení migračních toků může mít pro živočichy vážné následky. A právě soubor různých vlivů působící na izolované populace je označován jako ostrovní efekt. U málo početných izolovaných populací pak může docházet vlivem většího výskytu příbuzenského rozmnožování či větší pravděpodobnosti vzniku škodlivých mutací ke genetickým problémům a kolísání počtu jedinců v populaci. Schopnost populací přizpůsobit se a odolat změnám životního prostředí, rušivým vlivům, epidemiím, výkyvům prostředí a klimatu, přírodním katastrofám nebo i přechodně zhoršeným podmínkám se snižuje. Citlivost jednotlivých druhů ke změnám je však odlišná a také záleží na podmínkách, ve kterých se nachází (momentální stav populace, stav prostředí, typ a vlastnosti bariéry...). Obecně jsou ale více ohrožené malé populace, u kterých to může vést až k vymření (Anděl et al. 2005b; Hlaváč et Anděl 2001).

Vlivem následného zvýšení početnosti populace na uměle zmenšené ploše může dojít k populačnímu kolapsu, který vychází z teorie ostrovní biogeografie. Ta říká, že nově vzniklé fragmenty hostí zpočátku více druhů, než jsou schopny zvládnout a dlouhodobě udržet (Anderson et Jenkins 2006).

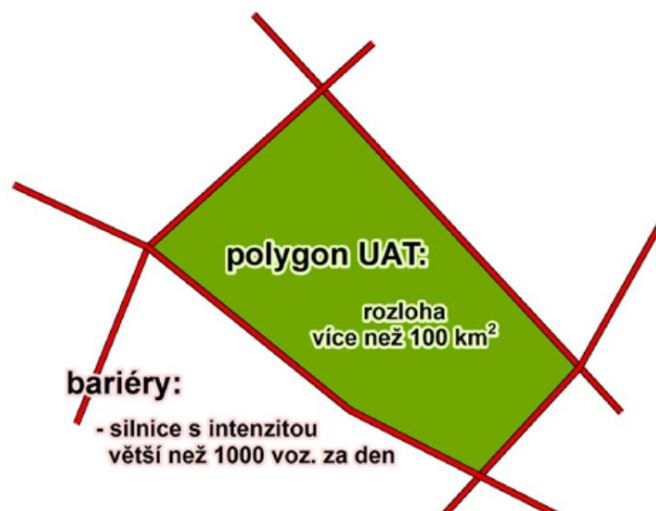
3.3.3 UAT polygony

Podle Anděla et al. (2005a) lze fragmentaci hodnotit dvěma metodami.

- a) Metoda stanovující číselný index fragmentace, kde se kvantifikují stupně fragmentace jednoho území číselným indexem. Tato metoda je vhodná především pro vzájemné porovnání vlivů odlišných variant záměrů a pro sledování časového vývoje.
- b) Metoda vymezující území, při které se vymezí určitá část plochy podle předem definovaných vlastností. Výhodou této metody je, že výstupem je území, které lze mapově vymezit, má charakter jiných limitů používaných v územním plánování (jako například památková rezervace, přírodní rezervace atd.) a lze jej konfrontovat s jinými rozvojovými záměry. Reprezentantem této metody je právě metoda stanovení nefragmentovaných oblastí dopravou (UAT – unfragmented areas with traffic).

UAT polygon, znázorněný na obrázku 3, je tedy část krajiny, která splňuje současně dvě podmínky:

- Je ohraničena silnicemi s roční průměrnou intenzitou dopravy vyšší než 1 000 vozidel za den, nebo vícekolejnými železnicemi,
- má rozlohu větší nebo rovnu 100 km² (Anděl et al. 2010b; Mertl et al. 2016).



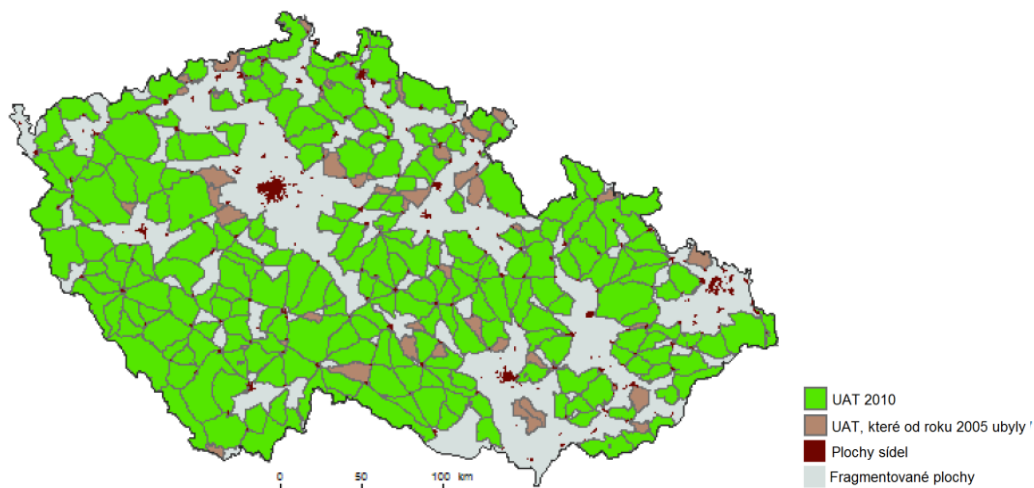
Obrázek 5 Definice nefragmentovaného území dopravou (UAT) (Anděl et al. 2010b).

Uvedené limitní hodnoty jsou základní a nejčastěji používané, ale vzhledem k účelu studie, lze volit i jiné limity, jako například kategorie komunikace (v evropském měřítku) nebo menší limitní velikost polygonů (v lokálním měřítku) (Anděl et al. 2010b).

UAT polygony můžeme chápat jako cenné prvky v krajině, které stojí za to chránit a u kterých je možno navrhnout praktická opatření k zajištění jejich citlivosti. S polygony lze pracovat, jak už bylo řečeno, v územním plánování, v ochraně přírody či při hodnocení investičních záměrů (Anděl et al. 2005a).

Fragmenty označené jako UAT polygony mají určité hranice a je známa jejich rozloha, to ale neurčuje kvalitu prostoru uvnitř polygonu. Proto byla zavedena veličina efektivní plocha EA, která se vypočítá vynásobením celkové plochy všech dílčích ploch biotopu uvnitř UAT a indexem kvality biotopu stanoveným v uzavřeném intervalu. EA reprezentuje plochu, která vyhovuje biotopem i fragmentací a je tedy modelem optimální plochy pro zájmový druh (Anděl et al. 2005b; Anděl et al. 2010b).

V České republice bylo vymezeno celkem 227 polygonů, jejichž rozloha činí cca 70 % rozlohy státu. Zbylé území, jedná se především o hlavní sídelní a průmyslové aglomerace, dosáhlo již příliš vysoké úrovně fragmentace (Anděl et al. 2005b). Na obrázku 4 lze vidět vývoj fragmentace krajiny dopravou v České republice mezi lety 2005 – 2010.



Obrázek 6 UAT 2010 a 2005 – rozdílová mapa (Mertl et al. 2016).

Z praktického hlediska se na polygony můžeme dívat jako na místa s takovými parametry, které vyhovují jak lidem (z rekreačního hlediska), tak živočichům. Je třeba jim dát velký význam, neboť doprava vzhledem ke svému liniovému charakteru a vzhledem ke světelným, hlukovým a chemickým emisím velmi ovlivňuje široký koridor okolní krajiny (Anděl et al. 2005b).

Mezi hlavními možnostmi využití této metody jsou podle Anděla et al. (2005b) dopravní politika, ochrana biodiverzity, prognóza vývoje struktury krajiny v budoucnosti, územní plánování, materiál k podkladům pro celostátní koncepce a pro mezinárodní srovnávání či strategické hodnocení vlivů na životní prostředí.

3.4 Migrace

Begon et al. (1997) ve své publikaci *Ekologie* rozlišuje dva typy pohybů živočichů – disperzi a migraci. Disperzi popisuje jako proces, při kterém odrostlá mláďata opouštějí prostředí svých rodičů a tím se pak nevyskytují společně na jednom místě. Oproti tomu migrace je pohyb většího počtu jedinců jednoho druhu z jednoho místa na druhé. Sem patří sezónní migrace i častější pohyb například za potravou, odpočinkem, rozmnožováním.

Migrace může být také jakási strategie využívání území, kdy někteří jedinci upouštějí od teritoriálního chování a začínají se pohybovat na velké vzdálenosti. Tyto migrace jsou buď náhodné, kdy se jedinci pohybují bez zjevné směrové orientace, nebo naopak pravidelné, kdy se vrací do svých původních okrsků. Jedním ze smyslů migrace je také zabezpečit dostatečnou genetickou výměnu mezi jednotlivými druhy (Anděl et al. 2005a).

Jedním z nejdůležitějších a nejčastějších důvodů k migraci je potrava. Plynulá látková přeměna v tělech živočichů je důležitá především pro růst a zdravotní stav zvěře, který je rozhodující zvláště v období zimy. Při vhodném stravování živiny z potravy zabezpečí správný růst, schopnost reprodukce a správnou funkci orgánů. V dnešních podmínkách, kdy je přístup k přirozené druhové skladbě omezený a kdy může mít zvěř u spásání problém s místem úkrytu či nedostatkem klidu, musí jedinci migrovat i na delší vzdálenosti, než najdou vhodné místo (Zabloudil 2008).

Migrační potenciál byl mezi roky 1950 a 2012 ovlivněn především dvěma faktory – snížením konektivity krajiny kvůli intenzifikaci zemědělství a rostoucímu lidskému tlaku v urbanizaci (Jesen et al. 2014). Tím se zvěři znesnadnil, často znemožnil, volný pohyb v krajině. Avšak migrační potenciál zvěř měla a mít bude. Už po staletí využívá více méně stejnou trasu, a i když ji člověk přetne komunikací, zvěř možná bude zkoušet novou trasu, ale stále bude chodit stejným směrem a s velkou pravděpodobností lidský dopravní koridor přejde. Jiný důvod křížení pozemní komunikace může být následkem vyplašení zvěře, kdy se většinou jedná o bezhlavý úprk, kdy jedinec vnímá okolí méně a tím je to často nebezpečnější, než samotná migrace (Hrouzek et al. 2015).

3.4.1 Migrační koridor

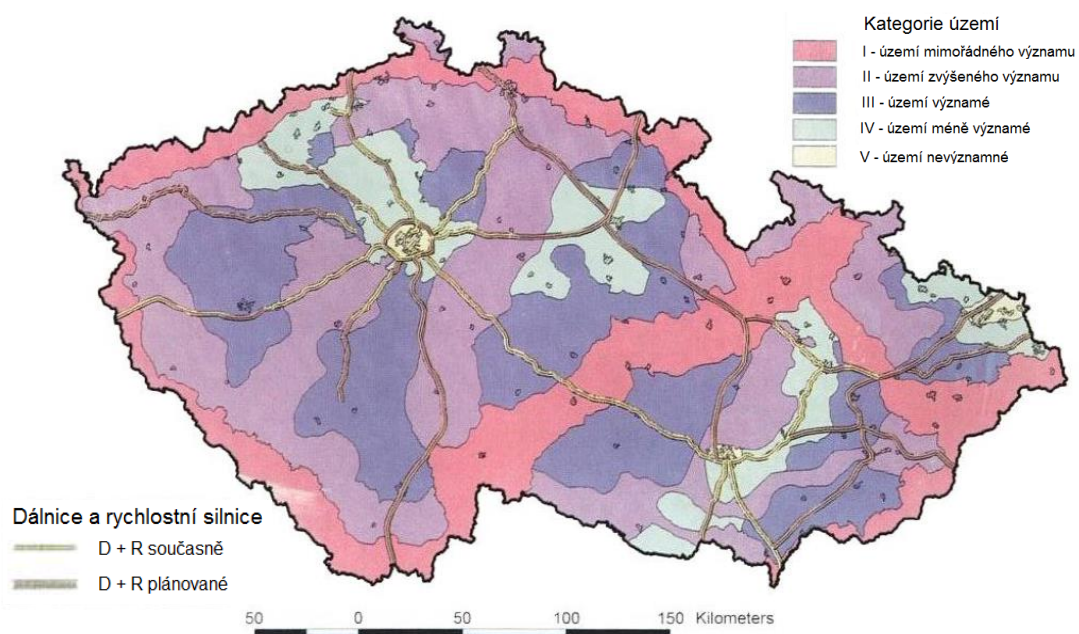
Celkový ráz krajiny České republiky byl ještě roku 1950 tvořen převážně drobnou mozaikou polí a hustou sítí nepravidelných cest. Také díky tomu byla v krajině vysoká míra různorodosti a zvěři byl umožněn migrační potenciál. V porovnání s rokem 2012 se krajina výrazně změnila. Celkový ráz krajiny tvoří velké bloky orných půd nebo lesy. Tím se heterogenita a migrační potenciál velmi redukovaly (Keken et al. 2016).

Přeměnou drobné mozaiky krajiny na velké homogenní bloky se snížily možnosti trasy migračních cest, omezila se propustnost krajiny a zvýšilo se riziko srážek automobilů s migrující zvěří přes komunikaci. V případě české kulturní krajiny byly změny největší v první a druhé fázi kolektivizace. Již po staletí si zvěř tvořila síť

migračních koridorů v otevřené krajině, ale kvůli lidské činnosti v posledních desetiletích se okolí migračních koridorů i samotné migrační trasy drasticky změnily (Keken et al. 2016).

Ve spolupráci Hlaváče a Anděla (2001) byla vyhotovena mapa kategorizace území České republiky podle znalostí prostorových nároků určitých druhů savců, která reprezentuje informace o jejich výskytu a migračních trasách (obr. č. 5). Území bylo rozděleno mezi pět kategorií:

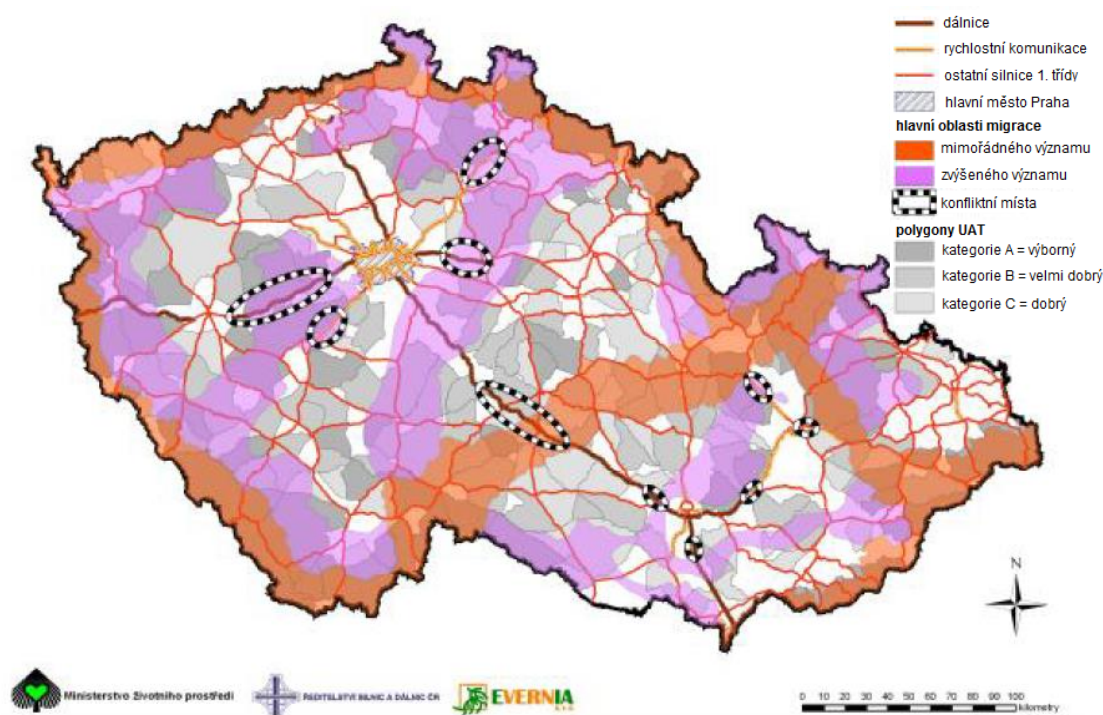
- Území mimořádného významu, které zobrazuje centrální výskyt více druhů ze sledované skupiny savců, nebo oblasti jejich hlavních migrací.
- Území zvýšeného významu, na kterém je současný nebo předpokládaný budoucí výskyt některých ze skupiny.
- Území významné, což jsou zbylé oblasti s periodickým, nepravidelným nebo budoucím výskytem ze sledované skupiny savců, nebo oblasti jejich vedlejších migrací.
- Území méně významné, kde se pravidelně vyskytují pouze dva sledované druhy.
- Území nevýznamné, kde se velké druhy savců nevyskytují a to především velké městské aglomerace.



Obrázek 7 Mapa kategorizace území ČR z hlediska výskytu a migrací velkých savců (Hlaváč et Anděl 2001).

Jako mimořádně významné z pohledu migrační propustnosti jsou oblasti, kde se vyskytují oddělené populace, protože tato místa mohou mít zásadní význam pro jejich trvalou existenci. Za ohrožené území je považováno místo, kde liniová bariéra dělí populace v oblasti jejich centrálního výskytu. V případě, že migrující jedinec narazí na dálnici, může se zachovat následujícími způsoby: změni směr pohybu a opustí okolí dálnice, sleduje dálnici do doby, než nalezne bezpečný průchod nebo přeběhne dálnici vrchem (Hlaváč et Anděl 2001).

Na základě porovnání map, které kategorizují území mimořádného významu a zvýšeného významu České republiky z hlediska důležitosti pro velké savce s polygony UAT se zjistilo, že je zde velmi příznivá shoda mezi hlavními migračními cestami a výskytem a kvalitou UAT (obr. č. 6). Tyto informace mohou být cenné při řešení a nalézání kritických míst s cílem je vyřešit (Anděl et al. 2005a).



Obrázek 8 Kontakt polygonů UAT s oblastmi migrace velkých savců (Anděl et al. 2005a).

3.4.2 Migrační objekty

Obecně lze migrační objekty popsat jako veškeré stavby, které umožní zvěři bezpečný průchod přes pozemní komunikaci. Průchody lze pak dále rozdělit na podchody a nadchody (tab. č. 2). Tyto dva objekty jsou při správném řešení

srovnatelně funkční, takže při projektování záleží hlavně na podmínkách okolního terénu (Hlaváč et Anděl 2001).

Migrační objekty	Podchody	Propustky	Trubní propustky
			Rámový propustek
		Mosty na silnici	Most víceúčelový
			Most speciální
	Most velký, přirozený		
	Nadchody	Mosty přes silnici	Most víceúčelový
			Most speciální
Tunely		Tunel	

Tabulka 2 Klasifikace optimalizačních opatření (Hlaváč et Anděl 2001).

Především by měly odpovídat již funkčním migračním koridorům a vhodnou skladbou vegetace, která může sloužit i jako hluková či vizuální ochrana. Důležité tedy je zajistit dostatečný počet průchodů tam, kde je vysoký výskyt živočichů a vhodně navrhnout objekt pro daný druh (Grilo et al. 2008).

Nadchody, neboli ekodukty, jsou objekty umožňující zvěři přechod přes komunikaci. Možností tvarů ekoduktů je několik, avšak za nejvhodnější je považován hyperbolický tvar, kde je zvěř pozvolně na přechod navedena a šířka ve středu může být užší. Jejich výstavba je ale finančně náročná (Luell 2003).

Oproti tomu podchody jsou zpravidla finančně únosnější, protože jsou většinou méně náročné na výstavbu a zároveň praktičtější z hlediska využití, neboť mohou být využity například pro odvod povrchových vod nebo k průjezdu zemědělských strojů (Grilo et al. 2008).

Existují další doprovodná opatření, která mohou pomoci k nižší mortalitě živočichů na komunikacích. Podle Luella (2003) a Hlaváče s Andělem (2001) se mohou rozdělit na specifická opatření (například oplocení, umělé odpuzovače, varovná značení a systémy, protihlukové stěny, umělé osvětlení) a úpravu biotopu (například odstranění vegetace, výsadba vegetace – živé ploty, výběr druhů rostlin).

3.4.3 Územní systém ekologické stability

Ochrana a vytváření územního systému ekologické stability (ÚSES) je zakotvena v zákonu č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění, kde je ÚSES jedním z nástrojů jak ochranu přírody a krajiny zajistit.

Podle § 3 citovaného zákona je ÚSES vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů v místním, regionálním i nadregionálním měřítku, které udržují přírodní rovnováhu.

Je tvořen biokoridory, biocentry a interakčními prvky, které vytváří ekologickou síť v krajině stejně jako dálkové migrační koridory (DMK) či migračně významná území. Jejich prostorové vztahy jsou důležité z pohledu jejich vzájemných propojení či možnosti společné ochrany. DMK propojují 30 % regionálních a cca 70 % nadregionálních biocenter (obr. č. 7), přesto ale nelze oba systémy ztotožňovat.

ÚSES je zaměřen především na ochranu biotopů (lesních i nelesních), je postaven na odlišných metodických základech a připouští přerušování biokoridorů. Tím se často stává neprůchodný pro řadu živočichů (Anděl et al. 2010a).



Obrázek 9 Dálkové migrační koridory a územní systém ekologické stability (Anděl et al. 2010).

ÚSES je rozsáhlá síť a podle Anděla et al. (2005a) je asi 70 % nadregionálních biocenter uvnitř polygonů UAT a cca 90 % polygonů je v kontaktu s nadregionálními biocentry či biokoridory.

3.5 Nehodovost automobilů se zvěří na pozemní komunikaci

3.5.1 Kolize se zvěří

Jak už bylo zmíněno výše, častou příčinou srážky automobilu se zvěří je především migrace za potravou (Zabloudil 2008). Je to také ovlivněno tím, že tento důvod migrace je velmi častý a při hledání vhodné potravy musí zvěř překonávat různé překážky.

Ze studie, kterou provedl Hrouzek et al. (2015) v Ústeckém kraji, vyplynulo, že téměř polovina kolizí se odehraje do 200 metrů od hranic s obcí. Poznatky vysvětlili tím, že na tomto úseku se často zrychluje či se musí zpomalit, čímž řidiči věnují více pozornosti zobrazované rychlosti na tachometru, než svému okolí.

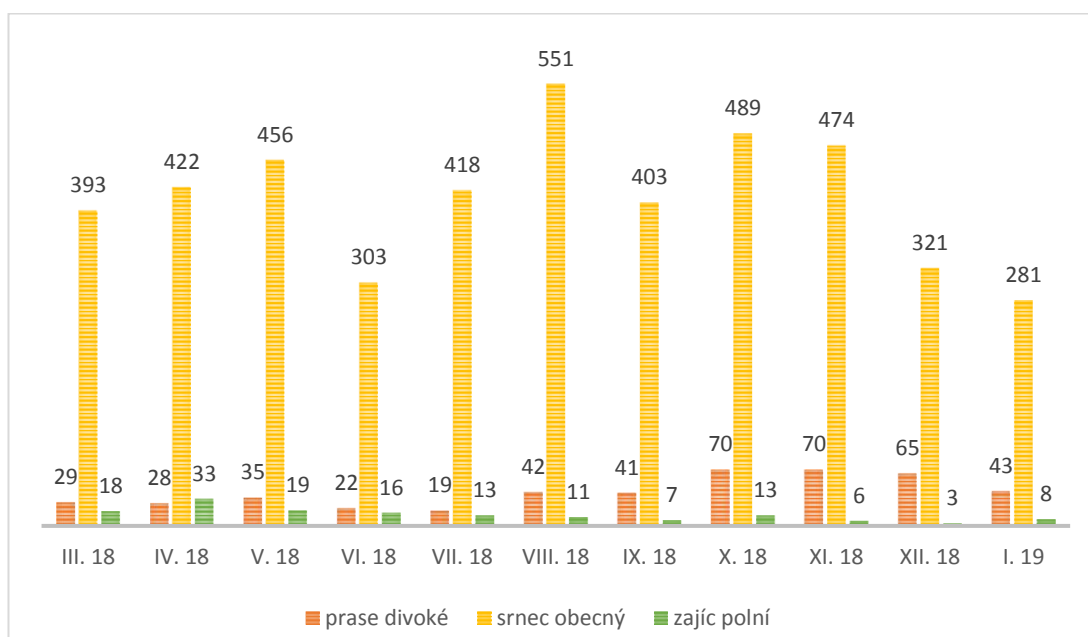
Podle statistik nehodovosti Policie České republiky (2018) bylo v loňském roce celkem 104 764 nehod, z čehož počet srážek s lesní zvěří činil 12 394. Údaje o počtu nehod ale nejsou úplné, neboť jsou zde započítány pouze nehody vyšetřované Policií České republiky, kterou je povinnost zavolat jen když je škoda zjevně vyšší než 100 000 Kč. Pokud není (a nejsou splněny jiné podmínky), povinnost volat Policii odpadá. Z tohoto důvodu se může zdát, že je nejvíce kolizí s kopytníky, pravděpodobně je to ale způsobeno relativně vyšší škodou na majetku (Groot-Bruinderink et Hazebroek 1996). Kvůli nízkým škodám není do databáze zahrnuta menší zvěř, jako například zajíc či ježek, i když kolizí s nimi je hodně (Keken et al. 2016).

3.5.2 Nejvíce ovlivněné druhy

Jednotlivé druhy živočichů jsou různě ovlivněny v odlišných podmínkách. Například pro středně velké a velké druhy živočichů je riziko srážky automobilem vyšší zejména na dvouproutých komunikacích, zatímco pro ptáky a malé savce je vyšší ohrožení na víceproutých komunikacích (Evink et al. 1996; Romin et Bissonette 1996). Zároveň výsledky, které uvedl van Langevelde a Jaarsma (2004), ukazují, že pomaleji se pohybující zvířata jsou náchylnější na kolize než ta pohybující se rychleji.

Další kritérium, které ovlivňuje nehodovost, může být věk nebo pohlaví jedince či roční období a současně jsou více ohroženy ty druhy, které mají větší potřebu migrace (Borkovcová et al. 2012).

V České republice jsou nejčastěji sraženými živočichy při nehodě s vozidlem srnec obecný, zajíc polní, ježek západní/východní a divoké prase (Mrtka et Borkovcová 2013). To potvrzují i data převzatá z internetových stránek srazenazver.cz, kde je patrné, že nevíce hlášených srážek v České republice je se srncem, a to především v měsíci srpnu a říjnu (obr. č. 8).



Obrázek 10 Počet srážek s vybranými živočišnými druhy za rok 2018 (srazenazver.cz).

3.5.3 Období srážek se zvěří

Obecně platí, že zvěř nemá tendenci křížit silnici v době nejvyšší intenzity provozu a raději počká a přejde přes komunikaci až v době nižšího provozu. Nejen intenzita provozu je jedním z hlavních faktorů způsobujících srážky se zvěří. Je zjištěno, že k většímu počtu nehod dojde i při vyšší aktivitě zvířat (Kušta et al. 2017).

Studie o nejrizikovějších místech silnice z pohledu kolizí s volně žijící zvěří, která proběhla v Ústeckém kraji, se mimo jiné zjistilo, že desetina srážek proběhne během měsíce května a téměř čtvrtina spadá na měsíc říjen a listopad. Naopak za nejbezpečnější část roku byly označeny první tři měsíce, což je období, kdy zvěř strádá a je v klidu, neboť šetří energii a omezuje pohyb (Borkovcová et al. 2012).

Jedním z vysvětlení nízkého počtu nehod v zimních měsících na území České republiky jsou poměrně drsné podmínky s častými sněhovými srážkami a mrazy. To ovlivňuje i řidiče, kteří jsou nuceni jet obezřetněji a pomaleji. Dalším faktorem je redukce vegetace podél silnic, což napomáhá dřívějšímu zpozorování zvěře, která by mohla přeběhnout přes silnici (Kušta et al. 2017).

V období tání sněhu však přichází riziko v podobě solných túní, které se vytváří podél silnic posypávaných solí. To je pro zvěř vyhledávací sůl, která poskytuje minerální látky, lákavé, ale z pohledu možných kolizí velmi nebezpečné (Grossman et al. 2009).

Z pohledu kolizí během dne můžeme vymezit dvě fáze – fázi světla od 6 do 18 hodin a fázi tmy od 18 do 6 hodin. Po takovémto rozdělení můžeme vyzorovat až dvě třetiny nehod během fáze tmy. Vysvětlením může být zvýšená aktivita zvěře, delší reakční doba řidičů a zhoršená viditelnost.

Také to souvisí s vrcholem pohybové aktivity živočichů, ke které dochází při východu a západu slunce. Tyto vzorce chování mohou za pravidelnost a cykličnost kolizí (Rodríguez-Morales et al. 2013).

Podle studie Hrouzka et al. (2015) je nejvíce střetů mezi šestou hodinou večerní a půlnocí a to téměř 43 %. Mezi půlnocí a šestou hodinou ranní dojde k necelým 23 % nehod. K téměř 20 % kolizí dojde mezi šestou hodinou ranní a polednem. Nejméně je pak střetů od poledne do šesté hodiny večerní.

Podle statistik se od roku 2011 do roku 2015 téměř zdvojnásobily střety vozidel se zvěří a podle Steinera et al. (2014) je zjištění konkrétních časů kolizí jeden z nejdůležitějších faktorů, které by mohly napomoci k zabránění nebo alespoň k minimalizaci nehod.

3.5.4 Hotspoty

Mnoho jevů ovlivňuje topografie, která popisuje tvar zemského povrchu. Různé povrchové útvary země mohou ovlivnit směr migrace zvěře a mimo jiné ji mohou navést k vozovce a následně vytvořit takzvané hotspoty, neboli místa s vysokým počtem kolizí automobilů se zvěří (Litvaitis et Tash 2008). Tato místa jsou pravděpodobná na silnicích, které vedou podél okraje lesa či travního porostu nebo tyto plochy kříží (Dufek et al. 2003).

To se shoduje i se studii, která se zaměřovala přímo na srážky vozidla s jelenem v urbanizovaném území, ze které vyplývá, že nejvíce hotspotů bylo na místech, kde

vegetace podél silnic byla hustší a vzdálenost od lesního porostu menší (Found et Boyce 2011).

Pohyb zvěře, ať už kvůli potravě, vodě, reprodukci nebo životnímu prostředí je přirozený, musíme ho respektovat a pokud možno jej i pochopit. Různými změnami, ať už přírodními či nikoli, například zalesněním, zatravněním nebo solením silnic mohou některá zvířata soustřeďovat svou činnost poblíž komunikací. Ale lidským vlivem v podobě přetvoření terénu, oplocením, příkopy nebo polními kulturami se zvěř nasměruje přímo k silnici. To pak může vést k přímým střetům a vytvoření dalších hotspotů (Litvaitis et Tash 2008).

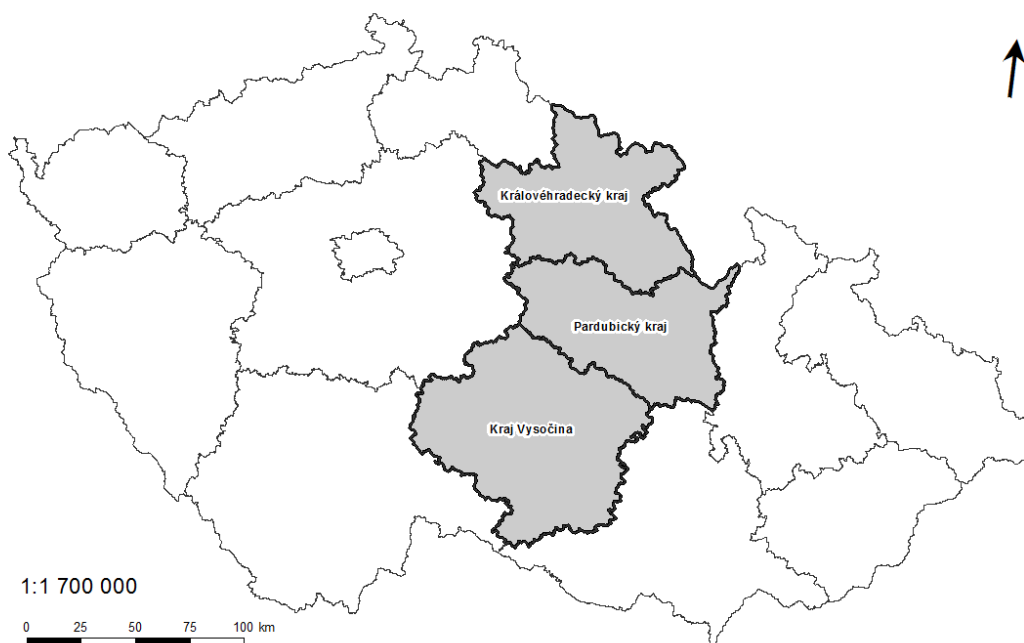
Jedním z možných řešení jak snížit počet hotspotů je zaměřit se na bezpečnost lidí za volantem, což může být jednodušší na pochopení než důsledky úmrtnosti volně žijících živočichů s automobily. Ačkoli i malí živočichové mohou představovat nebezpečí na silnici, je pro řidiče jednodušší přijmout opatření, která zabrání srážce s jiným řidičem (což může mít obdobné následky jako kolize s velkým živočichem), což může mít za následek snížení počtu hotspotů. Je však důležité věnovat pozornost místům, kde zvěř kříží komunikaci. Po identifikaci těchto míst a míst hotspotů se tyto poznatky mohou zahrnout do plánování výstavby nových komunikací a snížit tak počet nehod (například oplocením, ekodukty nebo změnou chování řidiče) (Luell 2003).

Dalšími vhodnými technikami za účelem snížení počtu hotspotů jsou podle Kušty et al. (2014) například pachové repelenty, vhodné dopravní značení, rychlostní omezení, výstražná světla nebo technická opatření na silnicích a v jejich okolí.

4. METODIKA PRÁCE

4.1 Popis studovaného území

Zájmová oblast se nachází v České republice na území tří krajů - Královéhradeckém, Pardubickém a Vysočině. Celková rozloha činí 16 074 km².



Obrázek 11 Znárodnění tří zájmových krajů (Rechnerová).

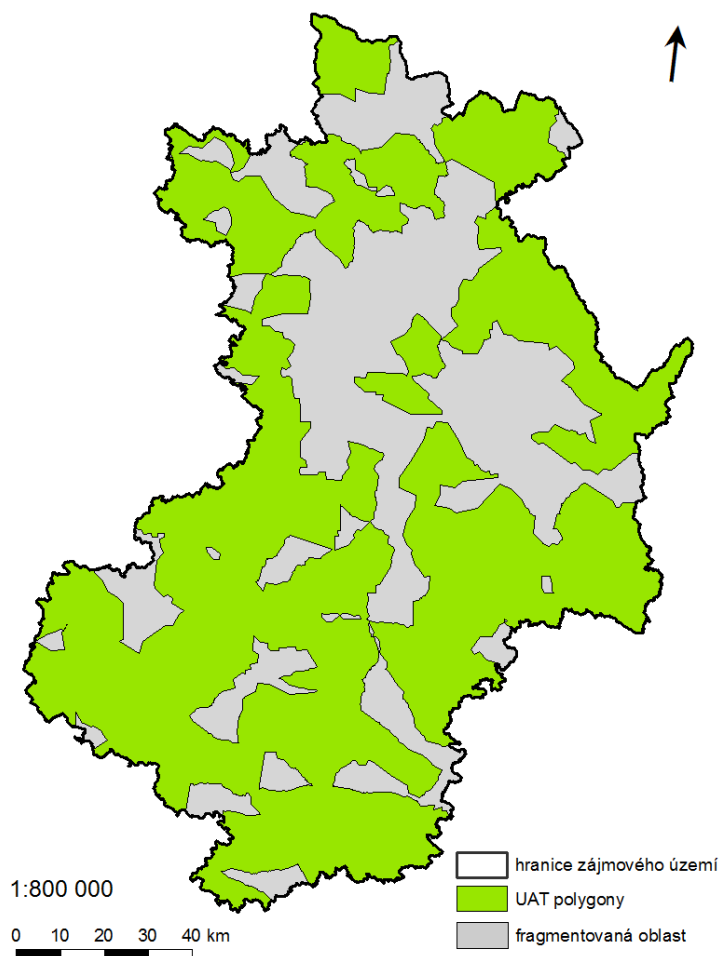
4.2 Zpracování vstupních dat

Veškerá data se zpracovávala Geografickým informačním systémem (GIS) a to konkrétně v ArcMap verze 10.6.1. v souřadnicovém systému S-JTSK Krovak East North.

Hlavními použitými daty byla vrstva ploch hranic krajů České republiky, UAT polygony, místa kolizí se zvěří a pozemní komunikace.

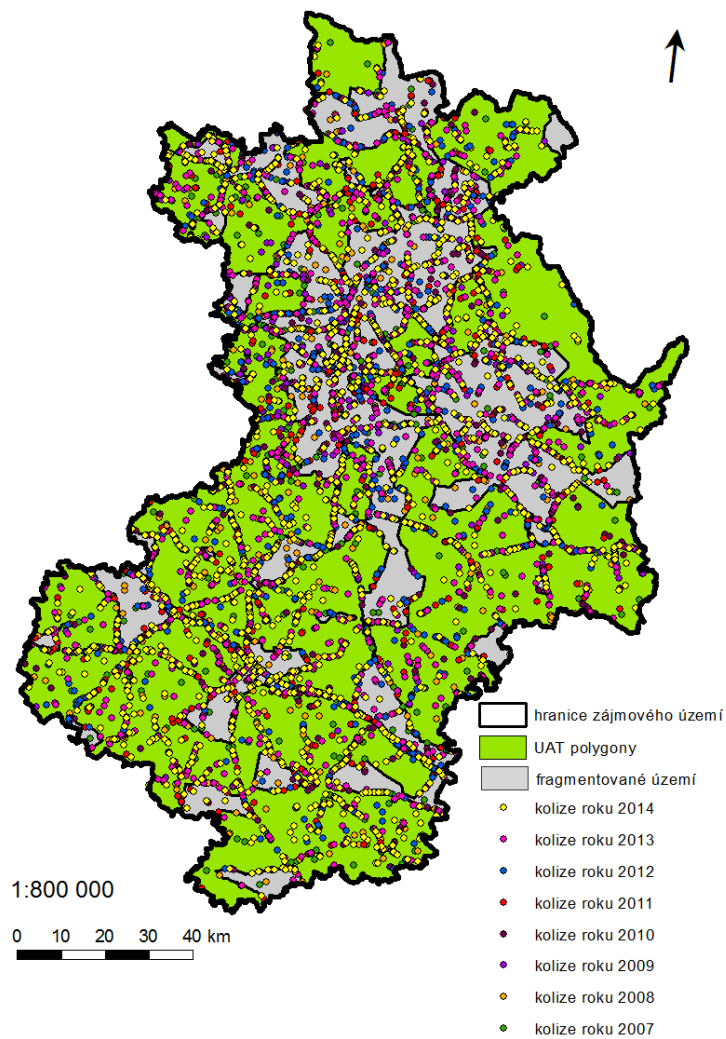
Vektorová vrstva hranic krajů České republiky byla oříznuta pouze na vybrané tři kraje, které byly dále sjednoceny pro lepší práci a snadnější vyhodnocování výsledků. Všechny další funkce pracovaly právě s touto nově vzniklou vrstvou, která obsahuje pouze polygon zájmového území.

Bylo potřeba identifikovat nefragmentované a fragmentované území dle UAT. Vrstva UAT polygonů byla přidána pomocí Arc Gis serveru z portálu Cenia, která nabízí data fragmentace krajiny dopravou pro rok 2005 a její prognózu v letech 2013 a 2025. V práci byly použity data UAT polygonů pouze pro rok 2013, která jsou nejbližší rokům, ze kterých jsou data kolizí. Vrstva byla rastrová a každý polygon byl převeden na vektor, aby se s ním mohlo dále pracovat a vyhodnocovat jednotlivé výsledky.



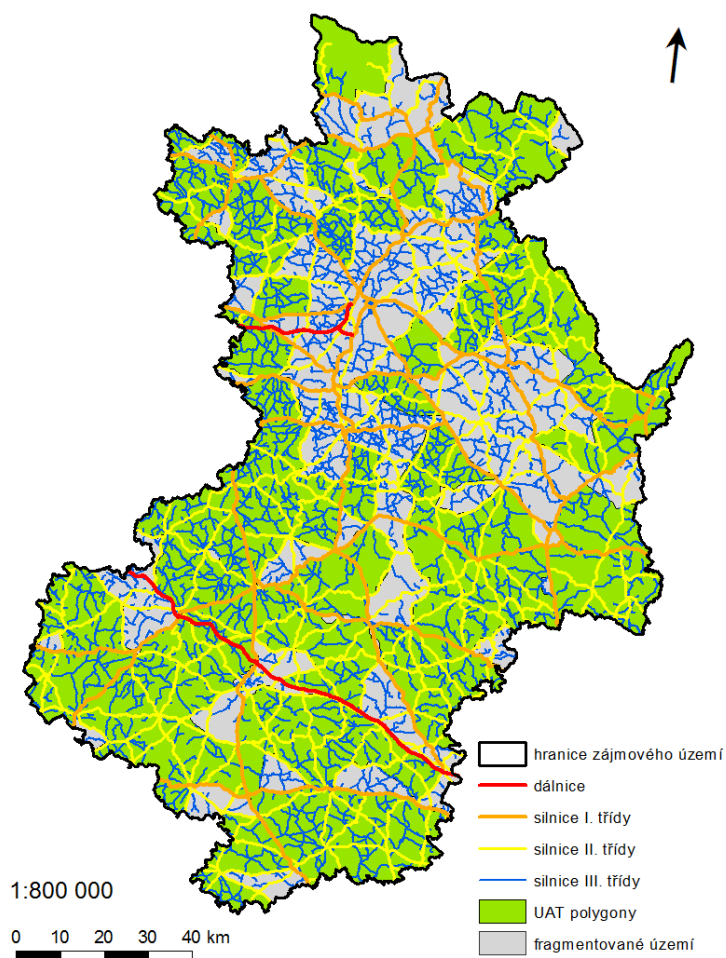
Obrázek 12 Rozdělení území Královéhradeckého kraje, Pardubického kraje a Kraje Vysočiny na UAT polygony a fragmentované oblasti (Rechnerová).

Použitá data kolizí byla převzata od Policie České republiky. Šlo o jednotlivá místa kolizí automobilu se zvěří, ke kterým byla policie zavolána. Vzhledem k rozdílné úplnosti dat v jednotlivých letech, byly proto vybrány roky s nejvíce kompletními informacemi po co možná nejdelší období – tedy roky 2007 až 2014.



Obrázek 13 Kolize během let 2007 - 2014 na území Královéhradeckého kraje, Pardubického kraje a Kraje Vysočiny (Rechnerová).

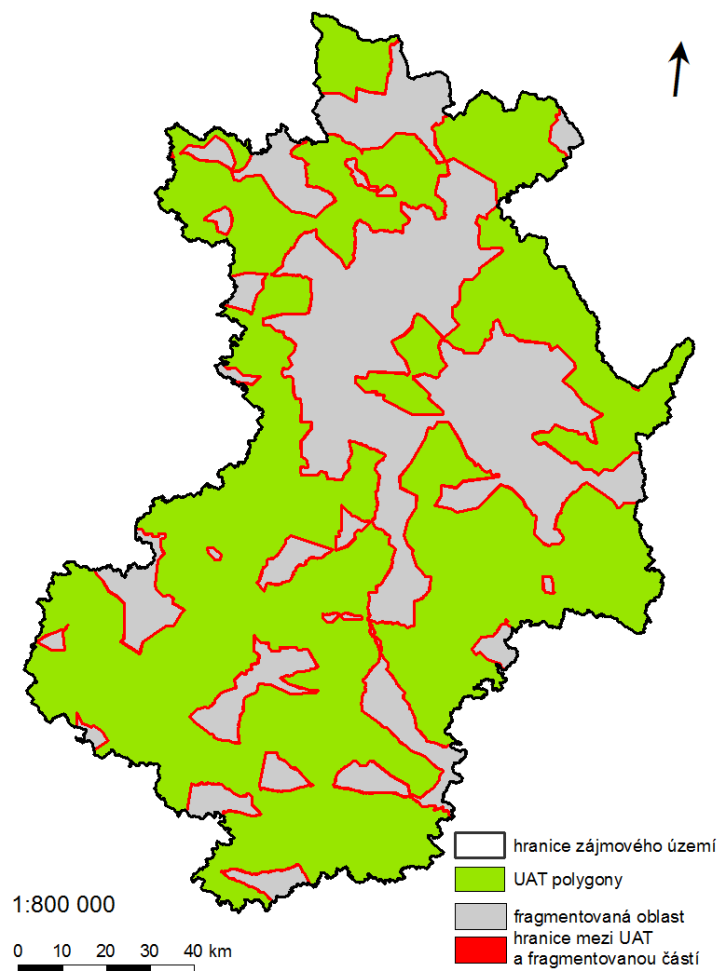
Dále byla potřebná vrstva dálnic a silnic I., II. a III. třídy.



Obrázek 14 Dálnice a silnice I., II., a III. třídy na území Královéhradeckého kraje, Pardubického Kraje a Kraje Vysočiny (Rechnerová).

Následně byla místa kolizí rozdělena do tří skupin:

- Kolize uvnitř UAT polygonů.
- Kolize ve fragmentované oblasti.
- Kolize na hranici dvou předchozích oblastí. Tato hranice měří 40 metrů v průměru, takže zasahuje 20 metrů do fragmentované části a 20 metrů do nefragmentované části.



Obrázek 15 UAT polygony, fragmentovaná oblast a hranice mezi nimi na území Královéhradeckého kraje, Pardubického kraje a Kraje Vysočiny (Rechnerová).

4.3 Analýza dat

Pro představu změn, které se odehrály v zájmovém území s UAT polygony mezi roky 2005 a 2013, bylo provedeno jejich porovnání a vyhodnocení změny v rozloze.

Dále se po vektorizaci UAT polygonů mohla spočítat jejich rozloha i rozloha fragmentované části a hranice mezi nimi.

Vložením a oříznutím bodů kolizí se zjistily počty nehod pro roky 2007 až 2014 a následně se mohly spočítat kolize i pro každou ze tří částí – fragmentovanou, nefragmentovanou a hranici.

Po vybrání potřebných komunikací – dálnic, silnic I., II. a III. třídy, byly tyto oříznuty podle studovaného území a byly propočítány jejich délky. Následně byly všechny potřebné informace zjištěny a mohly se spočítat kolize na kilometr délky komunikace

i kolize na kilometr čtvereční pro UAT polygony, fragmentovanou oblast a hraniční část pro všech osm sledovaných let.

Dalším krokem bylo vytvoření polygonů, jejichž hranici tvoří dálnice a silnice I. a II. třídy.

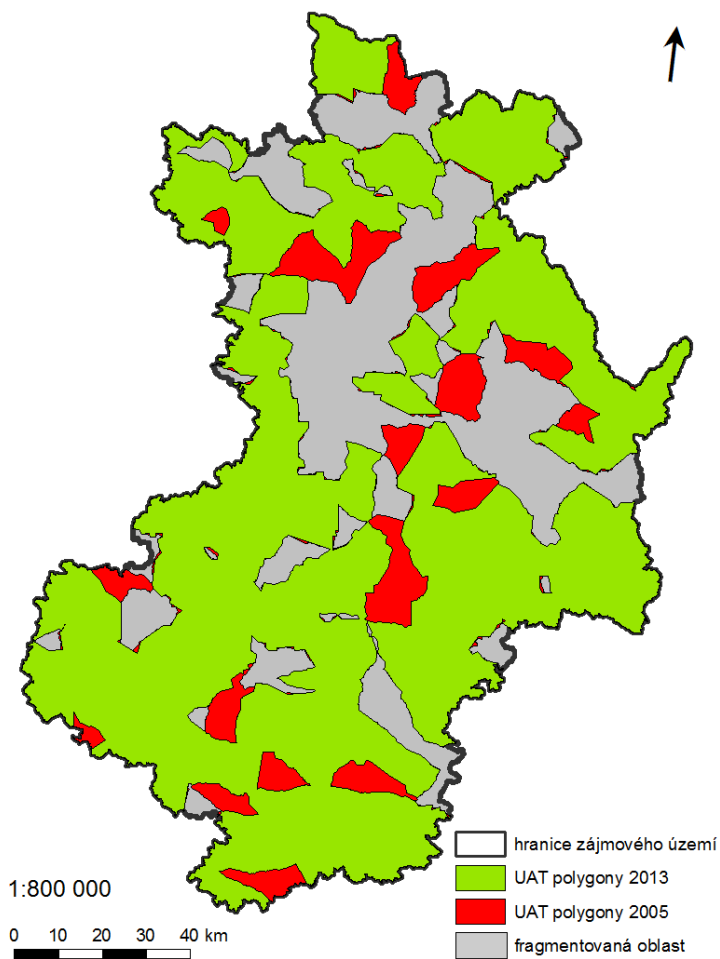
Průnikem byly zjištěny pro každý nově vzniklý polygon délky silnic III. třídy, plochy polygonů a počty kolizí uvnitř polygonu ve fragmentované a nefragmentované části a dále počty nově vzniklých polygonů na těchto dvou částech.

Po spočtení rozlohy polygonů se mohla spočítat jejich průměrná velikost a přidáním vrstvy kolizí byly zjištěny počty nehod na kilometr délky komunikace, nehody na kilometr čtvereční a nehody na polygon.

Posledním krokem bylo zhodnocení UAT polygonů v kontextu migračně významných území (MVÚ) poskytovaných Agenturou ochrany a krajiny ČR, které zahrnují oblasti stálého výskytu velkých savců a prostory potřebné k migraci (jejichž aktualizace proběhla roku 2016). Byla zjišťována rozloha v zájmovém území, společná plocha UAT polygonů s MVÚ a procentuální zastoupení MVÚ v UAT polygonech i zastoupení UAT polygonů v MVÚ.

5. VÝSLEDKY

Nejprve bylo provedeno porovnání UAT polygonů pro rok 2005 a 2013. Červená místa v mapě značí UAT polygony pro rok 2005, která se do roku 2013 nedochovala. Během let 2005 a 2013 ubylo ve studovaném území celkem 1 387,19 km² rozlohy UAT polygonů.



Obrázek 16 Porovnání UAT polygonů pro rok 2005 a 2013 (Rechnerová).

Další zjištěná informace se týkala rozlohy fragmentované a nefragmentované plochy na vybraném území tří krajů České republiky.

	ROZLOHA V KM ²
UAT	10 823,57
FRAGMENTOVANÁ PLOCHA	5 250,22
CELÉ ÚZEMÍ	16 073,79

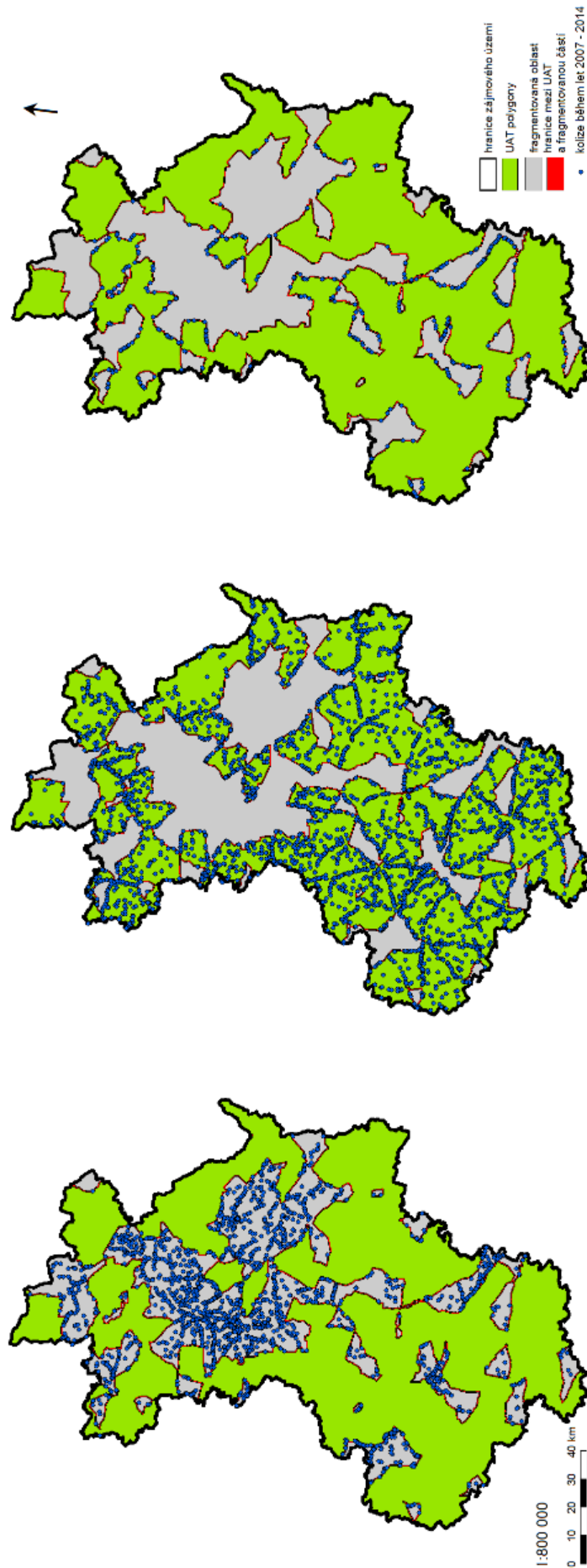
Tabulka 3 Rozloha fragmentovaného a nefragmentovaného území v Královéhradeckém kraji, Pardubickém kraji a Kraji Vysočina (Rechnerová).

Podstatnou informací, ze které se i nadále vycházelo, byl počet kolizí. Nejméně nehod bylo v roce 2009 a to celkem 513. Naopak nejvíce nehod se stalo roku 2014, kdy jejich počet byl více než trojnásobný – 1 605. Celkem se během vybraných let ve třech sledovaných krajích stalo 8 619 kolizí.



Obrázek 17 Počty kolizí v jednotlivých letech na studovaném území (Rechnerová).

Dále byly zjištěny a vypočteny kolize jednotlivě pro tři skupiny. Jednak pro UAT polygony, pro fragmentované plochy a pro hranici těchto dvou území.



Obrázek 18 Kolize během let 2007 až 2014 ve fragmentovaném území, v UAT polygonech a na hranici dvou předchozích (Rechnerová).

Během let 2007 až 2014 se na fragmentovaném území stalo 3 199 kolizí, v UAT polygonech 4 836 a na jejich hranici měřící 40 metrů v průměru 584.

V následující tabulce jsou přehledně vypsány počty kolizí v jednotlivých letech a na jednotlivých územích.

ROK	UAT POLYGON	FRAGMENTOVANÉ ÚZEMÍ	HRANICE	CELKEM
2007	679	475	84	1 238
2008	581	403	74	1 058
2009	264	223	26	513
2010	400	264	62	726
2011	516	359	57	932
2012	612	427	82	1 121
2013	826	507	93	1 426
2014	958	541	106	1 605
CELKEM	4 836	3 199	584	8 619

Tabulka 4 Tabulka kolizí za jednotlivé roky 2007 - 2014 v UAT polygonech, fragmentovaném území a hranici obou předchozích (Rechnerová).

Nejvíce kolizí bylo roku 2014 na území UAT polygonů a naopak nejméně roku 2009 na hranici fragmentované a nefragmentované části. To se shoduje i celkově s roky, kdy bylo na silnicích nejméně, resp. nejvíce kolizí.

Pro další výpočty se změřily délky jednotlivých typů pozemních komunikací, v našem případě pro dálnici, silnici I., II. a III. třídy, které jsou vidět v následující tabulce. Procentuálně je nejvíce kilometrů komunikace na studovaném území v kategorii silnic III. třídy a nejméně kilometrů je dálnic.

TYP KOMUNIKACE	DÉLKA KOMUNIKACE V KM
Dálnice	278,12
Silnice I. třídy	1 344,80
Silnice II. třídy	3 475,66
Silnice III. třídy	7 769,17
CELKEM	12 867,74

Tabulka 5 Počet kilometrů jednotlivých typů pozemní komunikace na vybraném území (Rechnerová).

Dohromady všech silnic v UAT polygonech je 8 571,60 km a na fragmentovaném území 4 296,14 km.

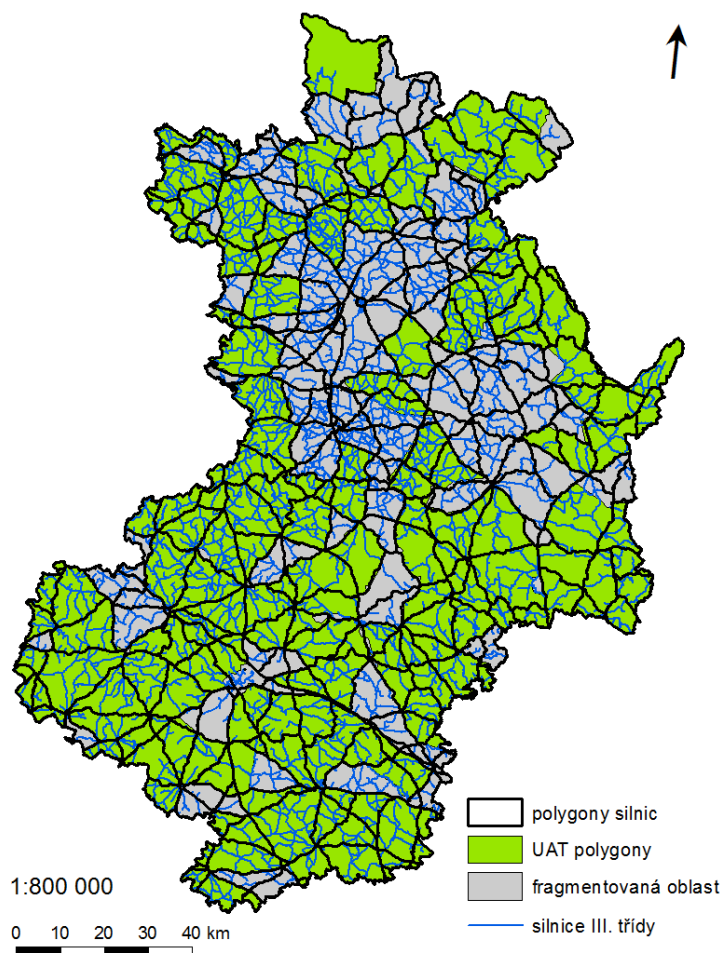
Následně se mohly spočítat kolize na kilometr délky komunikace a na kilometr čtvereční v UAT polygonech, ve fragmentovaném území a na jejich hranici.

	PLOCHA KM ²	POČET KOLIZÍ	DÉLKA KOMUNIKACE	KOLIZE/KM	KOLIZE/KM ²
UAT POLYGON	10 790,67	4 836	8 307,80	0,58	0,45
FRAGMENTOVANÁ PLOCHA	5 217,40	3 199	4 207,35	0,76	0,61
HRANICE	65,72	584	352,60	1,66	8,89
CELKEM	16 073,79	8 619	12 867,75	0,67	0,54

Tabulka 6 Počet kolizí na kilometr délky komunikace a na kilometr čtvereční ve vybraném území během let 2007 až 2014 (Rechnerová).

I přesto, že UAT polygony mají větší rozlohu a více kilometrů komunikace, stalo se tam jen o 1 637 kolizí více, než ve fragmentovaném území. To dokazuje i přepočtení kolizí na kilometr délky komunikace a kilometr čtvereční rozlohy, kde vyšly pro oba případy vyšší hodnoty ve fragmentovaném území než pro UAT polygony. Mnohonásobně vyšší hodnoty však vyšly pro hraniční území mezi fragmentovanou a nefragmentovanou oblastí.

Další analýzy byly provedeny s polygony, jejichž hranice tvoří dálnice a silnice I. a II. třídy. Silnice III. třídy se nechaly beze změny.



Obrázek 19 Polygony vytvořené dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy (Rechnerová).

Téměř tři čtvrtiny délky silnic III. třídy leží na ploše UAT a jedna čtvrtina na fragmentovaném území.

Dále byly tyto nově vzniklé polygony rozděleny na ty, které leží na fragmentované ploše a na ty, které leží mimo fragmentovanou oblast. Bylo zjištěno, že se více polygonů kryje s fragmentovanou plochou. Celkem je 649 polygonů na fragmentovaném území a 636 polygonů na nefragmentovaném území. Průměrná velikost polygonů ve fragmentovaném území je 8 km² a v nefragmentovaném území 17 km². Maximální velikost polygonu ve fragmentované části je 118 km² a mimo fragmentované území 240 km². Délka silnic III. třídy ve fragmentovaném území je 2 539,16 km a na území UAT polygonů 5 230 km, což je skoro dvojnásobek než mimo UAT polygony.

	POČET POLYGONŮ	Ø VELIKOST POLYGONU KM ²	DÉLKA SILNICE III. TŘÍDY	POČET KOLIZÍ
FRAGMENTOVANÁ OBLAST	649	8 km ²	2 539,16 km	3 319
UAT POLYGONY	636	17 km ²	5 230 km	5 300

Tabulka 7 Základní údaje o polygonech tvořenými dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy (Rechnerová).

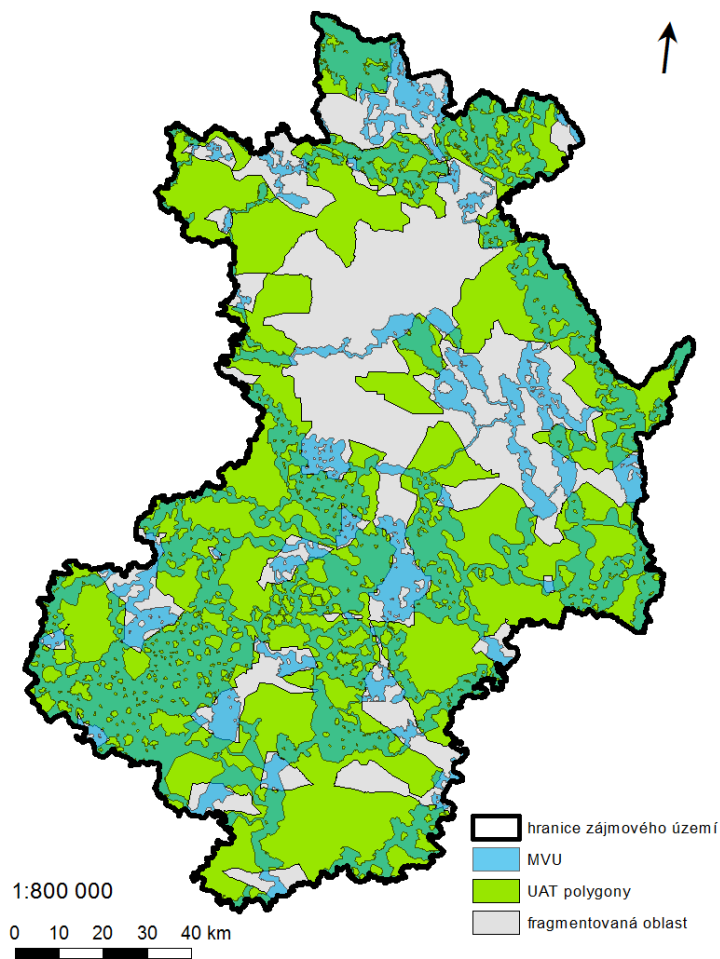
Po porovnání výsledků kolizí na kilometr délky komunikace a kolizí na kilometr čtvereční vyšlo více kolizí v obou případech ve fragmentované oblasti.

	KOLIZE / KM	KOLIZE / KM ²	KOLIZE / POLYGON
FRAGMENTOVANÁ OBLAST	1,30	0,63	5,11
UAT POLYGONY	1,01	0,49	8,33

Tabulka 8 Porovnání počtu kolizí na kilometr délky komunikace a na kilometr čtvereční ve fragmentované i nefragmentované části (Rechnerová).

Celkově sice vychází více kolizí na polygon pro nefragmentovanou oblast, ale vzhledem k jeho větší rozlehlosti oproti polygonům překrývající fragmentovanou oblast je tento údaj zavádějící a proto je relevantnější údaj zobrazující počet kolizí na kilometr čtvereční.

Posledním krokem bylo porovnání UAT polygonů a MVÚ.



Obrázek 20 UAT polygony, fragmentovaná oblast a MVÚ (Rechnerová).

Rozloha MVÚ ve studovaném území je 6 141,10 km², což je v přepočtu 38,2 % rozlohy zájmového území. V porovnání s rozlohou UAT polygonů, které se rozprostírají na 67,4 % plochy, to je poměrně malá část.

Plochu UAT polygonů tvoří ze 42 % MVÚ. Z pohledu zastoupení UAT polygonů v MVÚ je to už 75 %. Z toho je zřejmé, že většina MVÚ se rozprostírá v nefragmentované části, což znamená i vyšší trvalý výskyt druhů a lepší migrační propustnost na těchto místech.

6. DISKUSE

Už v devadesátých letech minulého století byl v mezinárodních vědeckých časopisech použit termín Road Ecology – neboli silniční ekologie. Již v té době byl tento pojem chápán jako disciplína, která se snaží porozumět interakcím mezi dopravou, silnicemi a okolním prostředím v kontextu zjištění účinných opatření, která povedou ke zmírnění dopadů kolizí. Během let se tato disciplína zaměřila především na WVC a na využití území pro pohyb volně žijících živočichů. Zároveň je snaha zahrnout do silniční ekologie, i když druhotně, dopady související s bariérovými účinky a fragmentací stanovišť (Forman et Alexander 1998; van der Ree et al. 2015).

6.1 Možné faktory kolize

WVC představují vážný globální problém. Na faktory kolizí lze pohlížet z několika směrů. Jedním z rozdělů mohou být například faktory náhodné a pravidelné či globální a lokální. Skupina náhodných faktorů je ovlivněna globálně působícími faktory, zatímco druhou skupinu ovlivní místní faktory, které působí na konkrétních místech, jako je například blízkost lesa. Tuto skupinu faktorů lze snadno určit z místní analýzy (Bíl et al. 2019). Seidel et al. (2018) identifikoval několik lokálních faktorů, kterými byly polokryté či uzavřené typy stanovišť, výskyt keřů podél silnic a vzdálenost lesa. Ty totiž umožňují úkryt zvěře a zároveň omezují výhled řidičů, což může vést k častějším kolizím. Konkrétně vzdálenost od lesa byla sledována ve studii provedené Bílem et al. (2019), kde se ukázalo, že každým metrem, kterým se řidič vzdaluje od lesa, se zmenšuje pravděpodobnost srážky. Výsledkem bylo, že vzdálenost od lesa 10, 50 resp. 100 metrů znamená snížení nebezpečí o 2,6 %, 12,2 % resp. 22,9 %.

Studie provedená v Německu zaměřená na srážku vozidla se srncem ukázala, že v blízkosti hotspotů jsou stromy rostoucí mimo les významně hojnější a že by se měl tento faktor brát jako možný ukazatel kolizí (Seidel et al. 2018).

V Anglii zase při zkoumání kolizí s jelenem zjistili, že 44 % všech zaznamenaných nehod spadalo do vzdálenosti 1,6 kilometrů od zástavby (Langbein 2008). Lze se proto domnívat, že v urbanizovaných oblastech bude četnost kolizí vyšší. To ovšem nelze paušalizovat, neboť Valero et al. (2015) píše, že riziko nehody bude v blízkosti frekventovaných silnic nižší, protože relativně vyšší četnost automobilů na silnici znesnadní a odradí zvěř na komunikaci vběhnout.

Významně kolize ovlivňuje frekvence provozu a fragmentovanost krajiny. Ve výsledcích které zjistil Fernández (2018) je vidět, že ačkoli má fragmentované území

dopravou nižší rozlohu než UAT polygony, vyskytlo se tam více kolizí. Od roku 2007 do roku 2014 se 58,38 % nehod stalo mimo polygony UAT. To potvrzují i naše výsledky, které udávají 61,5 % nehod v UAT polygonech a 38,5 % nehod ve fragmentované části.

Struktura krajiny v souvislosti s WVC, by proto mohla být lepším ukazatelem, než objem dopravy (Keken et al. 2016). Oba faktory spolu ale úzce souvisí a proto by bylo zajímavé tato dvě kritéria propojit, v této práci je ale brána v potaz spíše intenzita dopravy.

Kolize mohou být samozřejmě způsobeny kombinací mnoha faktorů, i proto je obtížné a v zásadě nemožné navrhnout jednotná funkční opatření k zabránění WVC. Zároveň ne všechny kolize jsou zaznamenány a odhady ukazují, že pouze 25 až 60 % nehod je hlášeno (Seidel et al. 2018).

Nahlášené nehody jsou většinou s přesným umístěním, a proto není vhodné brát data a určovat nebezpečná místa z neoficiálních zdrojů (Gundoglu 2010). Proto zde byla použita data od Policie ČR, která poskytuje místa kolizí s GPS souřadnicemi.

Během let 2007 a 2008 došlo k poklesu počtu nehod, ale od roku 2009 až do sledovaného roku 2014 se počty neustále zvyšují. Významný rozdíl od roku 2008 do roku 2009 lze vysvětlit změnou podmínek pro hlášení nehod policii.

Data kolizí od policie nejsou ale i tak úplná, protože jde jen o případy, ke kterým byla policie zavolána, takže neodráží skutečný stav nehod. Lze ale předpokládat, že podíl nehlášených kolizí reflektuje počty nehod nahlášených, takže tím nebyly výsledky vážně zkresleny.

I přesto, že je v dnešní době možnost identifikovat nebezpečná místa s větší přesností, není zaručený přesný bod nehody. Nepřesnosti mohou být zapříčiněné odchylkami v každém GPS zařízení a zároveň nemožností identifikovat místo střetu (Bíl et al. 2013).

6.2 Frekventovanost a zastoupení komunikací

Mnoho studií potvrzuje, že ačkoli hlavní tahy dopravní infrastruktury, jako dálnice a silnice I. třídy, tvoří poměrně malé zastoupení veškeré infrastruktury, což se shoduje i našimi výsledky, kde dálnice a silnice I. třídy tvořily 12,6 % z veškerých námi zohledněných komunikací, došlo na nich k většině kolizí (Morelle et al. 2013; Neumann et al. 2012).

To se ale neshoduje s názorem, že by bylo vhodné stávající silnice modernizovat namísto budování silnic nových. Záleží však na kategorii budované či rekonstruované silnice. V případě výstavby silnic nižší kategorie by došlo k větší roztříštěnosti krajiny a tím k větší pravděpodobnosti WVC, ale snížila by se frekvence provozu na hlavních tazích. To by bylo výhodné pro obyvatelstvo, ale ne pro zvěř potřebující migrovat a mít dostatek místa k životu. Pokud by se jednalo o stavbu dálnic a rychlostních komunikací, mohlo by to mít za následek vyšší počet kolizí, které už tak jsou na těchto frekventovaných komunikacích vyšší.

6.3 Fragmentace dopravou a metoda UAT polygonů

Na studovaném území je v přepočtu 67,34 % plochy tvořeno UAT polygony. To je v porovnání s výsledky, které provedl Anděl et al. (2005b) na celém území České republiky méně o 2,66 %. Zároveň studie provedená v Ústeckém, Libereckém a Středočeském kraji zjistila, že pouze 55,12 % plochy tvoří nefragmentované území (Fernández 2018). Jedním z faktorů může být blízkost hlavního města Prahy, kde je jak intenzita dopravy, tak četnost komunikací vyšší. Postupně ale narůstá intenzita dopravy všude a dojde k situaci, kdy přesáhne limitní hodnotu 1 000 vozidel za den a tím dojde k rozdělení UAT polygonů. Bylo provedeno modelování tohoto jevu a vyšla celostátní prognóza vývoje dopravy, z čehož vyšly růstové koeficienty. Po srovnání vyšlo, že od roku 2000 dojde do roku 2013 ke zmenšení plochy UAT polygonů o cca 5 % a do roku 2025 o 13 %. A to vše pouze nárůstem dopravní intenzity, ve které není zahrnuta výstavba nové infrastruktury, což povede k další fragmentaci (Anděl et al. 2005b).

Z výsledků je patrné, že fragmentovaná oblast má vyšší počet kolizí na kilometr i vyšší počet kolizí na kilometr čtvereční oproti nefragmentovaným částem. I přesto, že UAT polygony vytváří větší celky nefragmentovaných ploch a zvěř se zde může volněji pohybovat, je výskyt nehod nižší. K rozdílným výsledkům ale došel Fernández (2018) který zjistil, že v Ústeckém, Libereckém a Středočeském kraji je ve fragmentované části více kolizí na kilometr délky komunikace, ale méně na kilometr čtvereční.

V práci byla použita metoda UAT polygonů kvůli své jednoduchosti, srozumitelnosti a dostupnosti. Jednotlivé UAT polygony musely být ale ručně zvektorizovány, takže se musí počítat s drobnou nepřesností, která ale na počet kolizí v jednotlivých územích není zásadní. UAT polygony jsou také použity i v jiných studiích, ale pracují pouze s frekvencí provozu a velikostí nefragmentované plochy. K detailnější studii by bylo potřeba zkombinovat a pracovat i s jinými faktory, jako je struktura krajiny,

blízkost urbanizovaných oblastí, migrační koridory, územní systém ekologické stability - ÚSES a další. Zároveň se zde braly v potaz pouze politické hranice, konkrétně hranice tří krajů. K lepšímu pochopení míst kolizí by bylo zapotřebí vymezit a pracovat s přirozenými přírodními hranicemi, které jsou zvěřím respektovány.

6.3 Možnosti řešení

Pro lepší odhad nehod automobilů se zvěřím a jejich porozumění je zapotřebí mít více znalostí, které lze získat z výzkumů a studií, které by se i finančně více vyplatily, než hrazení škody účastníkům nehody.

Prioritou je veřejná bezpečnost a ochrana volně žijících živočichů. Proto je důležité hledat nástroje, kterými se budou moci předvídat rizika a to i v globálnějším měřítku. Je už mnoho způsobů, jak určit riziko srážky vozidla se zvěřím, například pomocí údajů o klimatu, využívání půdy, údajů o sklizni, vlastnostech silnice nebo predikovat kolize pomocí hotspotů a míst s nízkým výskytem kolizí. Konkrétně pak hotspoty, jako místa s poměrně malou rozlohou a vysokou koncentrací nehod, jsou ideální pro cílená opatření. Po zdokonalení metody, by bylo možné pomocí GPS informovat řidiče o potenciálním riziku kolize v reálném čase a tím snížit počty nehod (Bíl et al. 2019; Hothorn et al. 2012; Nelli et al. 2018).

Nesmí se zapomínat, že jedním z hlavních subjektů hrajících v tomto celém tématu hlavní roli je zvěř. Je proto nezbytné zkoumat jednotlivé druhy a jejich potřeby. Studie v USA poukázala na to, že nejlépe fungují opatření na zmírnění kolizí založené na chování zvířat a jejich pohybových vzorech (Romin et Bissonette 1996). Je ovšem obtížné odhadnout a předpovědět populační dynamiku a následně její velikost.

Vše také souvisí s krajinným pokryvem, který výskyt zvěře ovlivňuje snad nejvíce. Veškeré poznatky je zapotřebí zohlednit v územním plánování a zároveň napříč státy, protože je to celosvětový problém, který se nejlépe vyřeší vzájemnou spoluprací.

7. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Proces fragmentace krajiny, jakožto dělení ucelených částí přírody na menší plochy, má významný vliv na volně žijící zvířata. Jsou ovlivněna jak bariérovým tak ostrovním efektem, což negativně působí na jejich potřebu migrace, místa k odpočinku, rozmnožování, získávání potravy atd. Hlavní příčinou fragmentace je především liniová dopravní infrastruktura a intenzita dopravy, kvůli kterým se rozloha nefragmentovaných oblastí, takzvaných UAT polygonů, snižuje. Z výsledků této práce nicméně vyplývá, že výstavbou nové dobře navržené pozemní komunikace se sice fragmentace zvýší, taková výstavba ale může život zvířete ovlivnit pozitivně tím, že se sníží počty nehod, které ohrožují zvíř i lidské zdraví.

Bylo provedeno shrnutí výsledků analýzy UAT polygonů, fragmentovaných oblastí dopravou a počtu kolizí v České republice, konkrétně v Královéhradeckém kraji, Pardubickém kraji a Kraji Vysočina. Tyto výsledky ukazují, že po přepočítání na plochu jsou ve srovnání s UAT polygony počty nehod vyšší ve fragmentované oblasti. Zároveň je dle očekávání zřejmé, že počty kolizí automobilů s volně žijícími živočichy se od roku 2009 do roku 2014 neustále zvyšují a hledání opatření k jejich minimalizaci je tedy čím dál relevantnější. Byly vymezeny jednotlivé polygony ohraničené dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy, které mohou umožnit snazší určení oblastí, kde je výskyt kolizí vyšší a věnovat pozornost konkrétním polygonům, ve kterých se mohou aplikovat opatření ke snížení kolizí. Tento problém je nutné řešit, nikoli však jednotlivě, ale naopak komplexně a ve větším měřítku.

Podařilo se zpracovat a vyhotovit mapové dokumenty, na kterých jsou jednotlivé parametry vizualizované a slouží tak pro lepší představu jednotlivých vstupních dat kterými jsou UAT polygony, dálnice, silnice I., II. a III. třídy a místa kolizí automobilu s volně žijícími živočichy.

Pomocí programu ArcGIS byly provedeny analýzy fragmentace krajiny a kolizí, jejich vzájemný vztah a vliv stupně fragmentace na incidence, čímž byly splněny hlavní cíle této práce.

Výsledky mohou být použity jako podklad pro další práce, k dalšímu zhodnocení nebo porovnání. Jsou vhodné jak pro návrhy v územním plánování, při provádění opatření k minimalizaci WVC a vytipování nejrizikovějších míst. Mohou se také vzít v úvahu v kontextu navrhování nové dopravní infrastruktury, následné fragmentaci krajiny a možných následků pro zvíř a jejich migraci.

8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Anděl P., Gorčicová I., Bradáčová L., Andělová H., 2005b: Zhodnocení problematiky migrace živočichů na území Karlovarského kraje. Evernia, Liberec: 13.

Anděl P., Gorčicová I., Hlaváč V., Miko L., Andělová H., 2005a: Hodnocení fragmentace krajiny dopravou. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 67.

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

Anděl P., Petržílka L., Gorčicová I., 2010b: Indikátory fragmentace krajiny: metodická příručka. Evernia, Liberec: 68.

Anderson A. B. et Jenkins C. N., 2006: Applying Nature's Design, Corridors as a Strategy for Biodiversity Conservation. Columbia university Press, New York: 231.

Beben D., 2016: Crossings construction as a method of animal conservation. Transportation Research Procedia 14: 474-483.

Begon M., Harper J. L., Townsend C. R., 1997: Ekologie: jedinci, populace a společenstva. Univerzita Palackého, Olomouc: 949.

Bíl M., Andrášik R., Janoška Z. 2013: Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. Accident Analysis & Prevention 55: 265-273.

Bíl M., Andrášik R., Duřa M., Sedoník J., 2019: On reliable identification of factors influencing wildlife-vehicle collisions along roads. Journal of environmental management 237: 297-304.

Borkovcová M., Mrtka J. et Winkler J., 2012: Factors affecting mortality of vertebrates on the roads in the Czech Republic. Transportation research part D: Transport and Environment 1: 66-72.

Clevenger A. P. et Waltho N., 2000: Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* 14: 47 – 56.

Čapka F. et Eliška J., 1998: Dějiny zemí Koruny české v datech. Libri, Praha: 1056.

Čermáková E., Kochová T., Mertl J., Myšková T., Pokorný J., Rollerová M., Vlčková V., 2017: Zpráva o životním prostředí České republiky 2017. Ministerstvo životního prostředí, Praha: 66.

Čihák M., Vorel V. et al., 2013: Pátevní síť silnic a dálnic v ČR. Agentura Lucie spol. sro, Praha: 164.

De Montis A., Martín B., Ortega E., Ledda A., Serra V., 2017: Landscape fragmentation in Mediterranean Europe: A comparative approach. *Land Use Policy*, 64: 83-94.

Dopravniinfo, 2009: Praha, online: <http://portal.dopravniinfo.cz/centralni-evidence-pozemnich-komunikaci/sit-pozemnich-komunikaci>, cit. 3. 2. 2019.

Dufek J., Jedlička J., Adamec V., 2003: Fragmentace lokalit dopravní infrastrukturou – ekologické efekty a možná řešení v projektu COST 341. Centrum dopravního výzkumu Ministerstva dopravy, Brno.

Evink G. L., Garret P., Zeigler D., Berry J., 1996: Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality. Proceedings of the transportation related wildlife mortality seminar. Dept. of Transportation, Tallahassee, 395.

Fahrig L. et Rytwinski T., 2009: Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. *Ecology and Society* 14, 1, Online: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/>, cit. 6. 2. 2019.

Foley J. A. et al., 2011: Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369): 337.

Found R. et Boyce M. S., 2011: Predicting deer–vehicle collisions in an urban area. *Journal of Environmental Management* 92: 2486-2493.

Forman R. T. T. et Alexander L. E., 1998: Roads and their major ecological effect. *Annual review of ecology and systematics* 29: 207-231.

Grilo C., Bissonette J. A., Santos-Reis M., 2008: Response of carnivores to existing highway culverts and underpasses: implications for road planning and mitigation. *Biodiversity Conservation* 17: 1685 – 1699.

Groot B. et Hazebroek E., 1996: Ungulate Traffic Collisions in Europe. *Conservation Biology* 10: 1059-1067.

Grossman P., Compton C., Igra D., Ronfeldt M., Shahan E., Williamson P., 2009: Teaching practice: A cross-professional perspective. *Teachers College Record* 111(9): 2055-2100.

Gundoglu I.B., 2010.: Applying linear analysis methods to GIS-supported procedures for preventing traffic accidents: Case study of Konya. *Safety Science* 48: 763-769.

Haddad N. M. et al., 2015: Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science advances* 1 (2).

Hawbaker T. J., Radeloff V. C., Clayton M. K., Hammer R. B., Gonzalez-Abraham C. E., 2006: Road development, housing growth, and landscape fragmentation in northern Wisconsin: 1937–1999. *Ecological Applications* 16 (3): 1222-1237.

Hlaváč V. et Anděl P., 2001: Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 51.

Hothorn T., Brandl R., Müller J., 2012: Large-scale model-based assessment of deer-vehicle collision risk. *PLoS One* 7(2): e29510.

Hrouzek K., Havránek F., Plíšek K., Hartych M., 2015: Čím přehlednější, tím horší? *Myslivost* 2: 34.

Iuell B., 2003: Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions, in The XXIIInd PIARC World Road Congress.

Jaeger J.A.G., 2000: Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology* 15 (2): 115–130.

Jesen R. R., Gonser R. A., Joyner C., 2014: Landscape factors that contribute to animal – vehicle collisions in two northern Utah canyons. *Applied Geography* 50: 74 – 79.

Keken Z., Kušta T., Langer P., Skaloš J., 2016: Landscape structural changes between 1950 and 2012 and their role in wildlife–vehicle collisions in the Czech Republic. *Land Use Policy* 59: 543–556.

Kušta T., Keken Z., Barták V., Holá M., Ježek M., Hart V., Hanzal V., 2014: The mortality patterns of wildlife-vehicle collisions in the Czech Republic. *North-Western Journal of Zoology* 10: 393 - 399.

Kušta T., Keken Z., Ježek M., Holá M., Šmíd P., 2017: The effect of traffic intensity and animal activity on probability of ungulate-vehicle collisions in the Czech Republic. *Safety Science* 91: 105-113.

Langbein J., 2008: Deer vehicle collisions in peri-urban areas: a risky life for deer. Presentation to British Deer Society Urban Deer Conference at Linnean Society, London.

Langevelde F., 2015: Modelling the negative effects of landscape fragmentation on habitat selection. *Ecological Informatics* 30: 271-276.

Lídl V., 2009: *Silnice a dálnice v České republice*. Agentura Lucie, Praha.

Litvaitis J. A. et Tash, J. P., 2008: An approach toward understanding wildlife-vehicle collisions. *Environmental Management* 42: 688-697.

Macek P. et Uhlíř L., 1997: *Dějiny policie a četnictva I*. Themis, Praha: 178.

Merriam G., Kozakiewicz M., Tsuchiya E., Hawley K., 1989: Barriers as boundaries for metapopulations and demes of *Peromyscus leucopus* in farm landscapes. *Landscape Ecology* 2: 227–235.

Mertl J., Myšková T., Pernicová H., Pokorný J., Ponocná T., Rollerová M., Vlčková V., 2016: Zpráva o životním prostředí České republiky 2016. Ministerstvo životního prostředí, Praha: 321.

Miko L. et Hošek M., 2009: Příroda a krajina České republiky: Zpráva o stavu 2009. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 102.

Mrtka J. et Borkovcová M., 2013: Estimated mortality of mammals and the costs associated with animal–vehicle collisions on the roads in the Czech Republic. *Transportation research part D: transport and environment* 18: 51-54.

Nagendra H., Munroe D. K., Southworth J., 2004: From pattern to process: landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agriculture, Ecosystems & Environment Volume 10*: 2-3.

Nelli L., Langbein J., Watson P., Putman R., 2018: Mapping risk: Quantifying and predicting the risk of deer-vehicle collisions on major roads in England. *Mammalian Biology* 91: 71-78.

OP Doprava, 2016: Operační program doprava, Praha, online: http://web.opd.cz/wp-content/uploads/2017/01/OPD-2014-2020v_3_0_cs.pdf, cit. 1. 2. 2109.

Pablo García Fernández, 2018: Wildlife-vehicle collisions versus landscape fragmentation. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 78 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

Plánka L., 2005: Mezoklimatické mapování pro projektování, stavbu a provozování pozemních komunikací. *Acta Montanistica Slovaca* 10: 181-191.

Policie České republiky, 2018: online: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>, cit. 19. 2. 2019.

Prášil M., 2017: Padesát let 1967 – 2017. Ředitelství silnic a dálnic ČR, Praha: 244.

Ramp D., Wilson V. K., Croft D. B., 2006: Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. *Biological conservation* 129: 348-359.

Rodríguez-Morales B., Díaz-Varela E. R., Marey-Pérez M. F., 2013: Spatiotemporal analysis of vehicle collisions involving wild boar and roe deer in NW Spain. *Accident Analysis and Prevention* 60: 121-133.

Romin L. A. et Bissonette J. A., 1996: Temporal and spatial distribution of highway mortality of mule deer on newly constructed roads at Jordanelle Reservoir, Utah. *The Great Basin Naturalist* 56: 1–11.

Romportl D., Anděl P., Andreas M., Gorčicová I., Hlaváč V., Mináriková T., Strnad M., Zieglerová A., 2009: Metodika mapování migračních koridorů pro velké savce. Portál ÚSES: ÚSES-zelená páteř krajiny.

Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2018: Přehledy z informačního systému o silniční a dálniční síti ČR, Praha, online: https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/d4f00eed-e6d7-4488-bac4-233113763473/prehledy_2018_7_cr.pdf?MOD=AJPERES, cit. 1. 2. 2019.

Seidel D., Hähn N., Annighöfer P., Benten A., Vor T., Ammer C., 2018: Assessment of roe deer (*Capreolus capreolus* L.)–vehicle accident hotspots with respect to the location of 'trees outside forest' along roadsides. *Applied geography* 93: 76-80.

Seiler A., Cederlund G., Jernelid H., Grängstedt P., Ringaby E., 2003: The barrier effect of highway E4 on migratory moose (*Alces alces*) in the High Coast area, Sweden. IENE conference on „Habitat fragmentation due to Transportation infrastructure“.

Scolozzi R. et Geneletti, D., 2012: Assessing habitat connectivity for land-use planning: a method integrating landscape graphs and Delphi survey. *Journal of Environmental Planning and Management* 55 (6): 813–830.

Srážky se zvěří, 2019: Olomouc, online: <http://srazenazver.cz/cz/user/home/graph/>, cit. 19. 2. 2019.

Steiner W., Leisch F., Hackländer K., 2014: A review on the temporal pattern of deer–vehicle accidents: Impact of seasonal, diurnal and lunar effects in cervids. *Accident Analysis and Prevention* 66: 168-181.

Šimonovský M., 2010: Hustota silniční sítě je jednou z největších v Evropě, v případě dálnic máme co dohánět. Konstrukce, Ostrava, online: <http://www.konstrukce.cz/clanek/hustota-silnicni-site-je-jednou-z-nejvetsich-v-evrope-v-pripade-dalnic-mame-co-dohanet/undefined/%5Bobject%20Object%5D>, cit. 4. 2. 2019.

Valero E., Picos J., Lagos L., Álvarez X., 2015: Corrigendum to: Road and traffic factors correlated to wildlife–vehicle collisions in Galicia (Spain). *Wildlife Research* 42(8): 717-717.

Van Der Ree R., Smith D. J., Grilo C., 2015: *Handbook of road ecology*. John Wiley & Sons, Oxford.

van Langevelde F. et Jaarsma C. F., 2004: Using traffic flow theory to model traffic mortality in mammals. *Landscape Ecology* 19: 895–907.

Zabloudil F., 2008: Vliv doplňkové potravy s ohledem na výživu a škody zvěří. *Myslivost* 5: 46.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

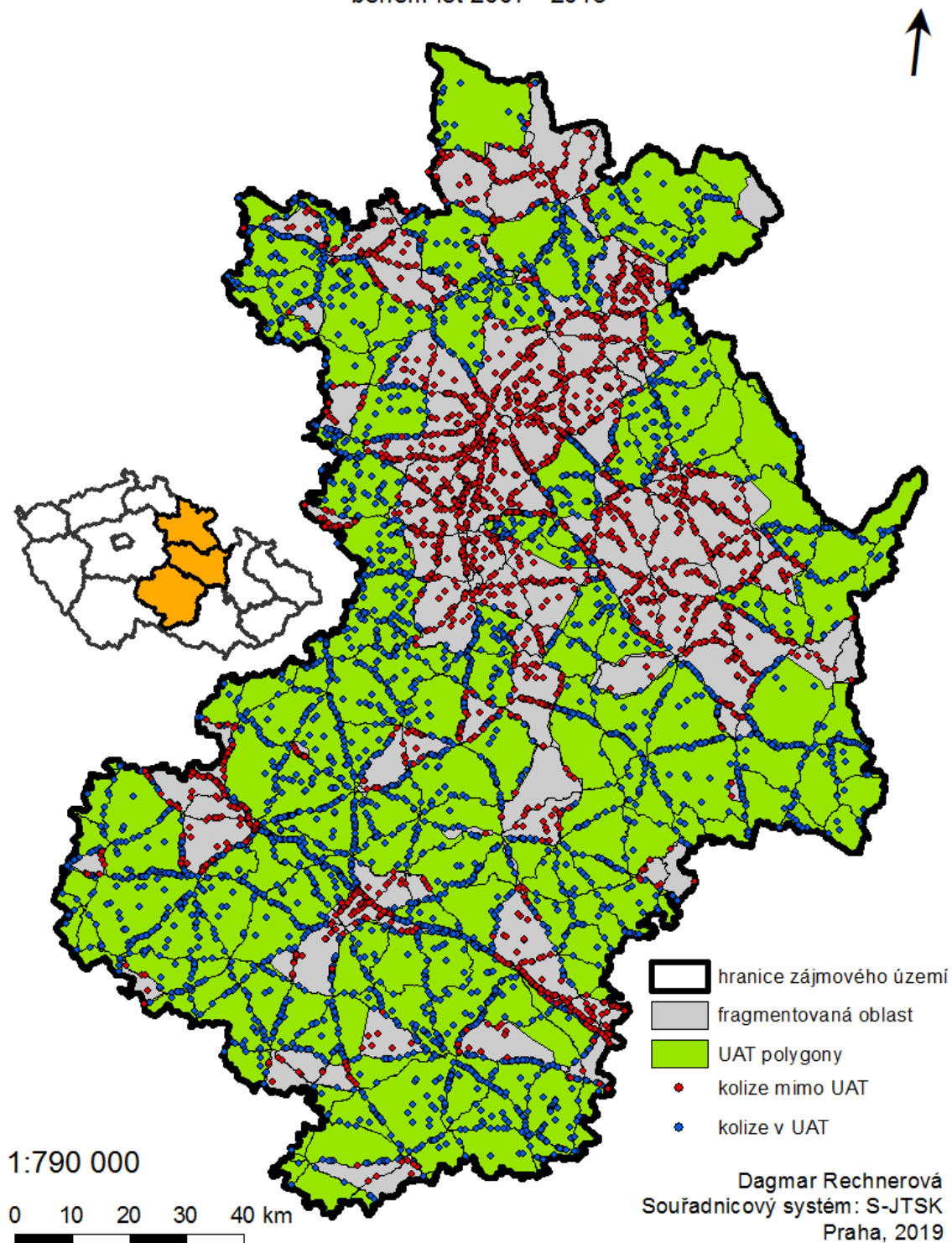
Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Tabulka 1 Obecná kategorizace území a kritických míst z hlediska průchodnosti (Fahrig et Rytwinski 2009).....	21
Tabulka 2 Klasifikace optimalizačních opatření (Hlaváč et Anděl 2001).....	29
Tabulka 3 Rozloha fragmentovaného a nefragmentovaného území v Královéhradeckém kraji, Pardubickém kraji a Kraji Vysočina (Rechnerová).....	42
Tabulka 4 Tabulka kolizí za jednotlivé roky 2007 - 2014 v UAT polygonech, fragmentovaném území a hranici obou předchozích (Rechnerová).....	44
Tabulka 5 Počet kilometrů jednotlivých typů pozemní komunikace na vybraném území (Rechnerová).....	44
Tabulka 6 Počet kolizí na kilometr délky komunikace a na kilometr čtvereční ve vybraném území během let 2007 až 2014 (Rechnerová).	45
Tabulka 7 Základní údaje o polygonech tvořenými dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy (Rechnerová).....	47
Tabulka 8 Porovnání počtu kolizí na kilometr délky komunikace a na kilometr čtvereční ve fragmentované i nefragmentované části (Rechnerová).	47
Obrázek 1 Procentuální zastoupení silniční sítě v ČR (ŘSD 2018).....	16
Obrázek 2 Příklad fragmentace krajiny výstavbou dálnice D11 (nfoto.cz 2017).	17
Obrázek 3 Fragmentace krajiny dopravou v ČR, 2010 (Mertl et al. 2016).....	18
Obrázek 4 Remízky pro lepší pohyb živočichů (jiznicechy.ochranaprirody.cz).....	20
Obrázek 5 Definice nefragmentovaného území dopravou (UAT) (Anděl et al. 2010b).	24
Obrázek 6 UAT 2010 a 2005 – rozdílová mapa (Mertl et al. 2016).....	25
Obrázek 7 Mapa kategorizace území ČR z hlediska výskytu a migrací velkých savců (Hlaváč et Anděl 2001).....	27
Obrázek 8 Kontakt polygonů UAT s oblastmi migrace velkých savců (Anděl et al. 2005a). .	28
Obrázek 9 Dálkové migrační koridory a územní systém ekologické stability (Anděl et al. 2010).	30
Obrázek 10 Počet srážek s vybranými živočišnými druhy za rok 2018 (srazenazver.cz).	32
Obrázek 11 Znázornění tří zájmových krajů (Rechnerová).	35
Obrázek 12 Rozdělení území Královéhradeckého kraje, Pardubického kraje a Kraje Vysočiny na UAT polygony a fragmentované oblasti (Rechnerová).	36
Obrázek 13 Kolize během let 2007 - 2014 na území Královéhradeckého kraje, Pardubického kraje a Kraje Vysočiny (Rechnerová).....	37
Obrázek 14 Dálnice a silnice I., II., a III. třídy na území Královéhradeckého kraje, Pardubického Kraje a Kraje Vysočiny (Rechnerová).	38
Obrázek 15 UAT polygony, fragmentovaná oblast a hranice mezi nimi na území Královéhradeckého kraje, Pardubického kraje a Kraje Vysočiny (Rechnerová).	39
Obrázek 16 Porovnání UAT polygonů pro rok 2005 a 2013 (Rechnerová).	41
Obrázek 17 Počty kolizí v jednotlivých letech na studovaném území (Rechnerová).....	42
Obrázek 18 Kolize během let 2007 až 2014 ve fragmentovaném území, v UAT polygonech a na hranici dvou předchozích (Rechnerová).	43
Obrázek 19 Polygony vytvořené dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy (Rechnerová).	46
Obrázek 20 UAT polygony, fragmentovaná oblast a MVÚ (Rechnerová).....	48

9. PŘÍLOHY

ROZLOŽENÍ KOLIZÍ V UAT POLYGONECH A FRAGMENTOVANÉ OBLASTI na území Královéhradeckého kraje, Pardubického kraje a kraje Vysočina během let 2007 - 2013



PRŮNIK UAT POLYGONŮ A MIGRAČNĚ VÝZNAMNÝCH ÚZEMÍ
na území Královéhradeckého kraje, Pardubického kraje a kraje Vysočina

	ROZLOHA KM ²	ROZLOHA %
ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ	16 073,8	100
UAT POLYGONY	10 823,6	67,4
MVU	6 141,1	38,2
PRŮNIK UAT A MVU	4 606	28,7

