

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Diplomová práce

WVC (Wildlife vehicle collisions) versus stupeň fragmentace krajiny

Autor práce: Bc. Dominika Friedlová

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

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Dominika Friedlová, DiS.

Ochrana přírody

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 incidencí 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

nehoda, silniční ekologie, migrace, zvěř, LU/LC

Doporučené zdroje informací

- A.G.JAEGER, Jochen, René BERTILLER, Christian SCHWICK, Kalin MÜLLER, Charlotte STEINMEIER, Klaus C. EWALD a Jaboury GHAZOU. Implementing Landscape Fragmentation as an Indicator in the Swiss Monitoring System of Sustainable Development (Monet). *Journal of Environmental Management* [online]. 2008
- ANDĚL, Petr, Tereza MINÁRIKOVÁ a Michal ANDREAS, ed. Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce. Liberec: Evernia, 2010. ISBN 978-80-903787-5-9.
- KRÖNERT, Rudolf, Uta STEINHARDT a Martin VOLK, ed. Landscape balance and landscape assessment. Berlin: Springer-Verlag, 2001. ISBN 3-540-67399-7.
- KUŠTA, Tomáš, Zdeněk KEKEN, Miloš JEŽEK, Michaela HOLÁ a Petr ŠMÍD. The effect of traffic intensity and animal activity on probability of ungulate-vehicle collisions in the Czech Republic. *Safety Science*[online]. 2017, 2017(91), 105-113
- LINDENMAYER, David a Joern FISCHER. Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis. Washington, D.C.: Island Press, c2006. ISBN 1-59726-021-5.
- SCHMIEDEL, Inga a Heike CULMSEE. The influence of landscape fragmentation, expressed by the 'Effective Mesh Size Index', on regional patterns of vascular plant species richness in Lower Saxony, Germany. *Landscape and Urban Planning* [online]. 2016
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 08. 12. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením pana Ing. Zdeňka Kekena, Ph.D. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem v průběhu práce čerpala. Tištěná verze práce se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne 11. prosince 2019

Podpis:

Poděkování

Děkuji panu Ing. Zdeňku Kekenovi, Ph.D., za odborné vedení, trpělivost, ochotu, kterou mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval. Dále bych ráda poděkovala všem přátelům, bez jejichž podpory by mé studium bylo o dost těžší a mým dětem a rodině za trpělivost.

Abstrakt

Střet vozidla s divokou zvěří (WVC) je s rostoucí pozemní dopravou stále závaznějším problémem a aktuálním tématem, na které by se měla více zaměřit pozornost všech zúčastněných. Nedochozí pouze k následkům na zvěři, značným ekonomickým škodám ale také ztrátám na lidském zdraví. Zmírňujících a preventivních opatření je sice mnoho, ale je nutná jejich promyšlená, cílená a systematická aplikace. Každý zvířecí druh se vyznačuje velmi specifickým chováním a nelze jednoznačně navrhnout jedno univerzální opatření, které povede ke zmírnění tohoto problému.

Tato diplomová práce má za cíl vyhledat rozdíly mezi fragmentovaným a nefragmentovaným prostředím čtyř regionů České republiky (Jihomoravský, Olomoucký, Zlínský a Moravskoslezský kraj) v kontextu WVC. K samotné identifikaci fragmentace krajiny byla použita metodika UAT polygonů z roku 2013.

V programu ArcGIS byly pomocí analýzy zpracovány údaje UAT polygonů, počty kolizí v letech 2007 až 2014 a dopravní infrastruktury zvolených regionů.

Výsledky práce ukázaly vliv fragmentace krajiny, kdy došlo v rozdělených oblastech k více kolizím s divokou zvěří a to v případě počtu střetů na čtvereční kilometr i na kilometr délky komunikace. Po srovnání s polygony tvořenými dálnicemi a silnicemi I. a II. tříd výsledky potvrdily, že je více kolizí mimo UAT polygony. Celkově se počty střetů se zvěří neustále zvyšují.

Klíčová slova:

Nehoda, silniční ekologie, migrace, zvěř, LU/LC

Abstract

The wildlife-vehicle collision (WVC) is a growing and serious problem, especially due to the growth of ground transportation, which should attract more attention of all concerned. There are not only losses of wildlife animals and considerable economic damage, but also damages to life, body and health. While there are many prevention measures, the sophisticated, targeted and systematic application is necessary. For each animal species is typical a very specific behaviour and it's not possible to suggest one universal arrangement to alleviate this problem.

This diploma thesis wants to find the differences between fragmented and unfragmented environments of four regions of the Czech Republic (Jihomoravský, Olomoucký, Zlínský a Moravskoslezský Region) in the context of WVC. The methodology of UAT polygons from 2013 was used to identify landscape fragmentation itself.

In the ArcGIS program were processed using the analysis UAT polygon data, number of collisions between 2007 and 2014 and transport infrastructure of selected regions.

The results of this thesis shows the impact of landscape fragmentation, as there were more WVC in fragmented areas (in the case of number of clashes per square kilometer and per kilometer of road length). After comparison with the polygons formed by highways and the first and second-class roads, the results confirmed there are more WVC outside UAT polygons. Overall, the number of clashes with beasts is steadily increasing.

Keywords:

Collision, road ecology, migration, wildlife animals, LU/LC

OBSAH

1.	ÚVOD	9
2.	CÍLE PRÁCE	11
3.	LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
3.1	FRAGMENTACE KRAJINY	12
3.1.1	Indikátory fragmentace krajiny	13
3.1.2	Využívání metody stanovení efektivní velikosti ok v zahraničí	15
3.1.3	Hodnocení fragmentace krajiny dopravou.....	18
3.1.4	Analýza fragmentace krajiny z hlediska migrace savců	20
3.2	FUNKCE KRAJINY A MIGRAČNÍ PROPUSTNOST	21
3.2.1	Funkce krajiny	21
3.2.2	Migrační propustnost.....	23
3.3	KOLIZE S LESNÍ ZVĚŘÍ.....	25
3.3.1	Trendy v dopravních kolizích se zvěří	26
3.3.2	Možnosti existence „rizikových zón“	27
3.3.3	Analýzy pravděpodobností kolize s vybranými zvířaty	27
3.4	VLIV FRAGMENTACE KRAJINY NA KOLIZE SE ZVĚŘÍ	29
3.5	MOŽNOSTI SNIŽOVÁNÍ PRAVDĚPODOBNOTI KOLIZÍ SE ZVĚŘÍ	29
4.	METODIKA PRÁCE.....	33
4.1	POPIS OBLASTI	33
4.2	ZPRACOVÁNÍ DAT	33
4.3	ANALÝZA DAT	38
5.	VÝSLEDKY	39
6.	DISKUZE	48
7.	ZÁVĚR.....	53
8.	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	54

1. ÚVOD

Srážky volně žijících živočichů s dopravními prostředky – Wildlife-vehicle collisions (WVC) jsou významným problémem, který se díky rozšiřování dopravní infrastruktury a houstnutí dopravy, každým rokem zhoršuje, a to nejen pro volně žijící zvířata, ale i pro lidi. Silnice i další dopravní stavby s sebou často přinášejí nežádoucí efekt překážky pro zvěř, která pak může zastavit jejich přirozenou migraci při hledání potravy, místa k odpočinku či reprodukci, nebo přímo ohrozit jejich životy. Jen mezi lety 2009 a 2018 došlo k nárůstu počtu střetů automobilu se zvěří o necelých 150%, a to se jedná pouze o nahlášené kolize Policií ČR. Skutečný počet střetů tak může být o mnoho vyšší. Následky střetu s motorovým prostředkem jsou pro zvěř často fatální a následky pro člověka představují v lepším případě značnou ekonomickou ztrátu, v horším pak zranění či smrt. Jen v České republice se roční náklady na opravy vozidel kvůli nehodám se zvěří a zvířaty odhadují na 51 milionů eur (Mrtnka, Borkovcová, 2013) a za rok 2018 bylo z celkového počtu nehod 12,3% střet s lesní zvěří a domácím zvířetem a 4 osoby při tom byly usmrceny (Policie České republiky 2018).

Analýza příčin a důsledků této problematiky je významným a velmi aktuálním tématem. Statistiky nehodovosti se každým rokem zhoršují a hledání možného řešení pro zmírnění a snížení počtu nehod je nezbytné pro udržení současného stavu nebo jeho zlepšení do budoucna. Podle jednotlivých studií patří mezi nejčastější příčiny kolizí zvěře s vozidly pohybová aktivita volně žijících živočichů, hustota obyvatelstva v dané lokalitě, roční období, členitost okolního terénu. Četnost střetů se zvěří také závisí na kategorie komunikace a hustotě provozu. To vytváří míru fragmentace krajiny a ve spojitosti s rostoucí zástavbou snižuje vhodná místa k přebývání zvěře a omezuje migraci (Anděl et al. 2010).

Názory odborníků se neshodují v tom, jak významnou roli hrají jednotlivé, výše zmíněné, faktory při nehodách, a které z nich jsou důležitější. Nejednoznačný názor panuje i ohledně uplatňování jednotlivých opatření vedoucích ke zmírnění problému. Některé zdroje uvádí, že by mělo být kladeno větší úsilí i prostředky do vzdělávacích kampaní, dopravních omezení a varovných signálů pro řidiče. Jiné zdroje naopak

podporují metody, díky kterým by se volně žijící zvěř měla ve větší míře vyhnout pozemním komunikacím například pomocí plotů, odpuzovačů a další.

Do budoucna se předpokládá, že se bude počet nefragmentovaných míst nadále snižovat, následkem čehož se předpokládá další možný nárůst počtu kolizí. Je proto nezbytné se touto problematikou nadále zabývat, přijít s efektivním a jednotným řešením, informovat řidiče a hledat účinné metody, jak zabránit prohlubování tohoto problému.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je využití programu ArcGIS jako metody přístupu k problematice kolizí automobilů s volně žijícími živočichy (WVC) způsobenou fragmentací krajiny. Je potřeba správně identifikovat rozdíly nehodovosti na fragmentovaném a nefragmentovaném území pomocí metodiky UAT polygonů.

Analýza počtu kolizí a fragmentace krajiny bude provedena za období let 2007 až 2014 a UAT polygonů z roku 2013 na území České republiky, konkrétně v Jihomoravském, Olomouckém, Zlínském a Moravskoslezském kraji.

Rozdíl počtu střetů se zvěří ve fragmentovaných oblastech a v UAT polygonech bude možné porovnat na základě získaných dat s místy nehod, pozemními komunikacemi a UAT polygony. Dalším dílčím úkolem bude zjištění případné vazby mezi vnitřní velikostí nefragmentovaného území a počtem kolizí automobilů s volně žijící zvěří. V neposlední řadě pak bude zapotřebí určit, zdali je větší nehodovost na polygonech vymezenými silnicemi I. a II. tříd a dálnicemi, než na silnicích III. třídy v místech UAT polygonů a mimo ně.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Fragmentace krajiny

Lidé svou aktivitou změnili zemi již mnoha způsoby, ale jedním z nejrozšířenějších vlivů člověka na životní prostředí je proces fragmentace, tedy rozdělování přirozených systémů do prostorově izolovaných částí. Fragmentace životního prostředí však nemusí být vždy způsobena jen lidmi, ale také různými procesy jako jsou sesuv půdy, požáry či záplavy. Jak česká, tak i zahraniční literatura uvádí, že pochopení důsledků způsobených lidskými zásahy do krajiny je zásadní výzvou v ekologii (Galvin et al., 2005).

Pojem fragmentace má původ v latinském pojmu *fragmentum*. Ve starověku pojem *fragmentum* představoval štěpení hmotných předmětů, jako bylo dřevo, cihly či například strouhanka. Ve středověké teologii pak pojem představoval štěpení bochníku Ježíšem, který s ním nakrmil tisíce lidí. *Fragmentum* je v současnosti možné vysvětlit jako zlomek, úlomek či štěpení. Fragmentace krajiny tedy představuje její dělení na stále menší části, které pak postupně ztrácejí potenciál k vykonávání původních ekologických funkcí. Fragmentace je problémem především z důvodu postupného snižování kvality přírody (Pankakoski, Vihma, 2017).

Důvodem fragmentace krajiny je přitom nejčastěji urbanizace a zemědělská expanze. Obecně jsou však změny krajiny, způsobené lidmi, děleny na pět hlavních způsobů, a to perforace, disekce, fragmentace, smršťování a přirozený úbytek. (Lindenmayer, Fischer, 2006).

Zatímco někteří zahraniční autoři popisují fragmentaci krajiny a její důsledky jako řešitelný problém, jiní autoři doslova uvádějí, že svět zažívá rozsáhlou krizi. Modifikace krajiny totiž souvisí se ztrátou přírodního prostředí, které je nutné k životu některých živočichů, a fragmentace krajiny je tak jedním z hlavních důvodů jejich vymírání. V nadcházejících desetiletích je přitom ohroženo mnoho různých živočišných druhů (Lindenmayer, Fischer, 2006).

V následujících podkapitolách si tedy přiblížíme indikátory i hodnocení fragmentace krajiny, a to jak z pohledu českých, tak i zahraničních odborníků. V současném světě plném moderní techniky a globalizace je zřejmé, že lidé zasahují do krajiny a přírodního prostředí až příliš a je nutné, aby tyto zásahy byly určitým způsobem regulovány (Galvin et al., 2005).

3.1.1 Indikátory fragmentace krajiny

Problematiku fragmentace krajiny a dopravní infrastruktury, což jsou jedny z nejdůležitějších problémů ochrany přírody, je nezbytné začlenit do rozhodovacích procesů na všech stupních, od celostátních či regionálních koncepcí, až po konkrétní přípravy jednotlivých akcí. Aby však tato problematika mohla být úspěšně zpracována, je nezbytné vytvoření indikátorů, které pomohou při následném rozhodování o fragmentaci krajiny a dalších aktivitách. Indikátory vytvářené k hodnocení fragmentace krajiny však nejsou využívány pouze k ochraně fauny a flóry nebo k pozemkovému plánování, ale různé metody využívají také například různé farmy a zemědělci, kteří požadují přesnou výměru své půdy (Janus et al. 2016).

V nejobecnějším pojetí je však hodnocení fragmentace často vztahováno k velkým savcům, v evropském pojetí jsou to převážně chráněné druhy velkých savců jako rys ostrovid, vlk obecný, los evropský a medvěd hnědý. Tito savci jsou nazýváni takzvanými deštníkovými druhy, neboť splnění určitých ekologických podmínek je pro ně dostatečnou ochranou (Anděl et al., 2010).

Indikátory fragmentace také pracují s pojmem fragmentační bariéry, což jsou liniové či plošné překážky bránící volnému pohybu v krajině. Tuto krajinu rozdělují na několik částí, a jedná se především o osídlení a infrastrukturu, nebo dopravní infrastrukturu, hlavně výstavbu silnic, dálnic a železnic. Indikátory se pak zaměřují především na ochranu krajinného prostoru ve své celistvosti a ochranu průchodnosti krajiny pro jednotlivé druhy živočichů (Fu et al., 2010).

Takzvané fragmentační bariéry se však netýkají pouze rozdělení krajiny a zastavování krajiny infrastrukturou. Zahraniční literatura například pracuje také s pojmem bariérových efektů ve vodních tocích. Různé nepropustné konstrukce jako

výtvoří lidské práce, které se umísťují do vodních toků, také představují překážky ovlivňující přírodní podmínky. Tyto překážky mohou nejen zatarasit cestu vodním živočichům, ale mohou také například měnit tok vody. Bariérový efekt, ať už jako bariéra ve vodních tocích nebo bariéry v krajině, může mít velice negativní důsledky (Pujades et al., 2012).

Metody pro hodnocení fragmentace krajiny jsou buď metody vymezující nefragmentované území, nebo metody stanovující číselné indexy fragmentace. Metody vymezující nefragmentované území definují celistvé území, které si zaslouží zvláštní ochranu. Takto definované území je možné vymezit v mapách a konkrétně je konfrontovat s různými záměry územního plánování. Jedná se například o stanovení nefragmentovaných oblastí dopravou UAT (Unfragmented Area by Traffic). Druhá skupina metod, které stanovují číselné indexy fragmentace, a to na základě pravděpodobnostních modelů. Tyto metody reagují i na menší změny ve strukturách bariér, které vedou k fragmentaci (Anděl et al., 2010).

Důležitým dokumentem, který pracuje s indikátory, je Evropská úmluva o krajině (The European Landscape Convention) Jedná se o strategie několika zemí zaměřené na ochranu, řízení a plánování změn v krajině. Evropská úmluva o krajině je jedním z dokumentů, které říkají, že vývoj dopravní infrastruktury způsobuje roztržitost a izolaci a narušení krajiny. Jsou také vyjmenovány různé negativní účinky roztržitosti krajiny na fungování životního prostředí, mezi nimi zvýšení hluku, znečištění ovzduší, ale také pro nás důležité lineární fragmentační prvky s přímým dopadem na zvěř, a tím je zvýšená úmrtnost ze srážky.

Evropská úmluva o krajině také hovoří o složitosti indikátorů a výpočtů. Například indikátory a měření, které jsou vhodné k analýze fragmentace stanovišť v důsledku rozsáhlého rozšiřování měst, nemusí být vhodné k monitorování fragmentace způsobené výstavbou nové dálnice přes zalesněnou půdu. Dále je vždy nutné zohlednit konkrétní ohrožený živočišný druh, jeho pohybové návyky a podobně. Navíc účinky rozpadu stanovišť na různé druhy mohou nastat v různých časech. Některé druhy reagují na roztržitost velmi rychle, jiné druhy naopak pomaleji. Navzdory omezení a obtížím spojených s interpretací fragmentace krajiny jsou vytvářeny různé konkrétní indikátory. Jedním z nich byl například takzvaný „mesh-

size“ indikátor, volně přeložený jako „metoda stanovení efektivní velikosti ok“. Tato metoda byla aplikovaná ve velkých oblastech Evropy a Kalifornie a byla vyvinuta přímo pro přizpůsobení se měření ve velkých měřítkách a pro různé typy organismů (Llausás, Nogué, 2012).

Metoda je založena na výpočtu pravděpodobnosti, že dva náhodně zvolené body nejsou od sebe odděleny bariérou. Tato metoda vykazuje vynikající výsledky při dlouhodobém hodnocení fragmentace rozsáhlých území (Anděl et al., 2005).

Sledování fragmentace ekosystémů a hodnocení indikátorů provádí nejen Evropská unie a její členské státy, ale také například OSN. OSN je zodpovědná za provádění cílů Úmluvy o biologické rozmanitosti, ke které se přihlásilo zhruba 190 států i Evropská unie. Úmluva požaduje zachování citlivých ekosystémů, ochranu ohrožených rostlinných a živočišných druhů, přičemž fragmentace ekosystémů byla označena za jeden z 22 hlavních ukazatelů, které by měly být sledovány (Britannica Academic, 2018).

3.1.2 Využívání metody stanovení efektivní velikosti ok v zahraničí

Rostoucí potřeba a zájem o využívání indikátorů fragmentace krajiny je stále větší, a také v Evropě je patrný čím dál větší zájem o různé monitorovací systémy udržitelného hospodaření s krajinou. Roztříštěnost krajiny v důsledku dopravní infrastruktury ohrožuje krajinu nejen znečištěním prostředí, ale také snižuje velikost a životaschopnost populace volně žijících živočichů. Jednotlivé země tak přistoupily k přijetí dokumentů, jako je například Monet – Švýcarský monitorovací systém udržitelného rozvoje. Je důležité, aby různé státy spolu sdílely své nápady, a i proto uvádíme příklady ze zahraničí, neboť se může jednat o příklady dobré praxe. Článek zveřejněný v Journal of Environmental Management porovnává čtyři úrovně FG (fragmentační geometrie nebo fragmentační analýzy), z nichž každá má své slabé i silné stránky a nejvhodnější volba FG závisí na cílech studie a celkovém kontextu. Daná studie předkládá údaje o současném stupni fragmentace krajiny pro pět ekoregionů a 26 kantonů ve Švýcarsku. Nejen ve Švýcarsku došlo za posledních padesát let k obrovskému navýšení ploch pozemků, využívaných

k dopravě a v následujících dvaceti letech se předpokládá další rozsáhlé navyšování k tomuto účelu, především na základě nárůstu dopravy při rozšíření Evropské unie, ekonomické globalizace a následného nárůstu obchodu. Jedním z nejnaléhavějších problémů je vzrůstající dopad na volně žijící zvířata. V posledních letech se mnoho švýcarských politických prohlášení týkalo právě fragmentace krajiny dopravní infrastrukturou. Švýcarská federální agentura pro životní prostředí, lesy a krajinu (SAEFL) a Švýcarský federální úřad pro územní rozvoj (ARE) ve své vizi zdůraznily budoucnost švýcarské krajiny a nutnost omezení dopravní struktury a minimalizování bariérových účinků nové i stávající dopravy. Koncepte „Landschaft 2020“ například navrhuje zachování všech souvislých oblastí (oblastí bez silnic první a druhé třídy) přesahující 50 kilometrů čtverečních. Chybí však kvantifikovaná cílová hodnota pro maximální přípustnou míru roztržitosti. Projekt MONET byl zahájen v roce 2000, a to na podnět Švýcarského federálního statistického úřadu (SFSO), Švýcarské agentury pro životní prostředí, lesy a krajinu (SAEFL) a Švýcarského federálního úřadu pro územní rozvoj (ARE). MONET představuje projekt monitorování udržitelného rozvoje s cílem zavedení systému ukazatelů pro udržitelný rozvoj ve Švýcarsku a využívá celkem 163 ukazatelů. MONET také počítá s takzvanou metodou meff (v práci již zmiňovanou jako „metoda stanovení efektivní velikosti ok“). Aplikace meff vyžaduje specifikaci krajinných prvků, které způsobují roztržitost, a definici měřítka (například federálního státu, venkovských oblastí, ekoregionů), nad kterými je třeba určit fragmentaci. Kombinace těchto výběrů definuje fragmentační geometrii. Přestože je možné mezi jednotlivými státy čerpat inspiraci, je nutné zohlednit specifické podmínky každé země. Tato studie například počítá s velkými stupni fragmentace krajiny mezi různými regiony Švýcarska, neboť například Alpské oblasti jsou mnohem méně obydlené než nížiny. Analýzy vybírají prvky krajiny, u kterých bylo prokázáno, že brání pohybu živočišných druhů, a to mimo jiné dálnice, silnice, železnice, oblasti městského rozvoje nebo průmyslové zóny.

Vědecká literatura nabízí různé metody pro kvantifikaci fragmentace krajiny. Metoda meff je často používaná, neboť shrnuje informace o fragmentaci krajiny do jediné hodnoty, kterou lze snadno získat a interpretovat, a má i další výhody. Meff je

vhodná pro porovnávání roztržitosti regionů s rozdílnými plochami. Na příkladu Švýcarska bylo prokázáno, že meff může být užitečně aplikována na analýzy na úrovni státu, pro zajištění komparativních fragmentačních dopadů dopravní infrastruktury a rozšiřování měst. Meff prokázal velké rozdíly mezi jednotlivými regiony, které jsou především dané topografií země (Jaeger et al., 2008).

Podobné studie existují také v německých regionech. Méně často je metoda meff využívána v souvislosti se zkoumáním vlivu fragmentace krajiny na rostliny. V Dolním Sasku tato studie byla realizována na více než tisícovce rostlinných druhů. Aby však bylo možné studovat účinky fragmentace krajiny na biologickou rozmanitost, je důležité vyvinout nové metody hodnocení (Schmiedel, Culmsee, 2016).

V zahraničních člancích dále najdeme studie věnující se dalším indexům a ukazatelům. Jedním z často zmiňovaných je ukazatel v indexu městské biodiverzity CBI, takzvaný City Biodiversity Index nebo také Singapurský index pro biologickou rozmanitost měst. Tento index byl schválen v roce 2009 Úmluvou o biologické rozmanitosti měst. CBI je spojen s monitorováním biodiverzity ve městech, neboť městské populace volně žijících živočichů jsou fragmentací stanovišť negativně ovlivňovány. Bývá omezován například jejich přístup ke zdrojům, tak i k živočišným partnerům, což může mít za následek také ztrátu genetické rozmanitosti. CBI byl tedy vyvinut v Singapuru jako nástroj pro sledování a vyhodnocování stavu biologické rozmanitosti ve městech. CBI představuje více než 20 indikátorů, například indikátor 2 měří propojení přírodních oblastí ve městech. Jedna z běžně používaných metod k posílení městské konektivity spočívá k ochraně či vytváření zelených sítí, které jsou známé pod velmi moderním názvem „zelená infrastruktura“ (Deslauries et al., 2018).

Zelená infrastruktura tedy představuje propojení území přírodními oblastmi, kde tato aktivita může přispět ke zvýšení míry přežití mezi různými skupinami živočichů tím, že umožní pohyb uvnitř a mezi biotopy, a to uprostřed okolní městské infrastruktury. Zelená infrastruktura zdůrazňuje zachování existujících přírodních oblastí. Zelená infrastruktura bývá také definována jako subregionální síť chráněných lokalit,

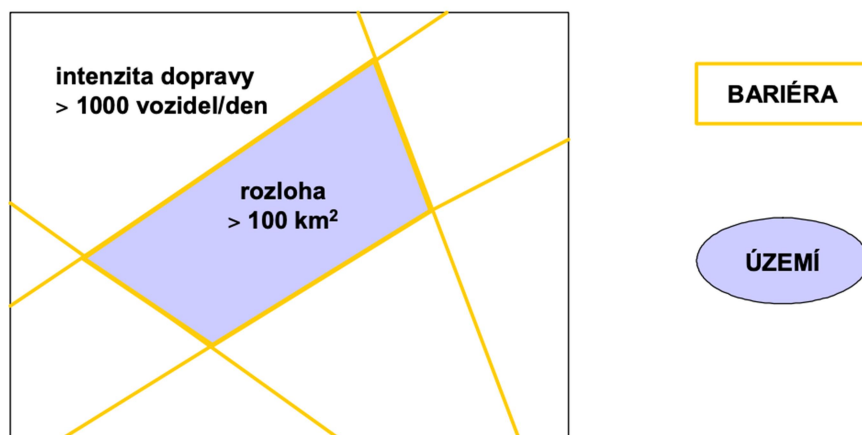
přírodních rezervací a zelených míst, kde spojení těchto oblastí zahrnuje říční koridory, migrační cesty zvěře (Dover, 2015).

Existují však také prostory, které samy o sobě nejsou přírodními oblastmi, avšak mohou poskytovat příležitost pro pohyb druhů. Jedná se například o golfová hřiště, parky nebo botanické zahrady a další. Do letošního roku 2018 testovalo CBI přibližně 20 velkých měst, mezi nimi například Montréal, Londýn nebo Bangkok (Deslauries et al., 2018).

3.1.3 Hodnocení fragmentace krajiny dopravou

V České republice je pak často využíváno hodnocení fragmentace krajiny dopravou. Fragmentace krajiny dopravou je sice v dnešním světě nutným jevem, nicméně také závažným a složitým problémem ochrany přírody. V budoucnu může mít tento jev až katastrofické následky pro flóru, faunu a ekosystémy. Hodnocení fragmentace krajiny dopravou se snaží vyjasnit skutečnosti, které lze jen obtížně exaktně definovat a kvantifikovat. Snaží se zodpovídat otázky, které území je nadměrně fragmentované, jak měřit míru fragmentace, a tak dále. Navržená metodika definuje oblasti, které se považují za dosud nefragmentované a hodnotí jejich kvalitu. K takto vymezeným oblastem, které jsou nazývány jako polygony UAT (obrázek 1), je dále možno přistupovat jako ke konkrétním cenným prvkům v krajině, které je nutné chránit. Polygony UAT se pak často zakreslují do map a konfrontují s různými záměry. UAT polygon může zároveň obsahovat nadlimitní bariéry, což může znamenat další možnou fragmentaci. Je proto důležité vyhodnotit kvalitu UAT po stránce bariér i území, což určí jeho kvalitu, podle které lze posoudit perspektivu do budoucna. Schéma určení kvality biotopů vidíme na obrázku 2. (Anděl et al., 2005).

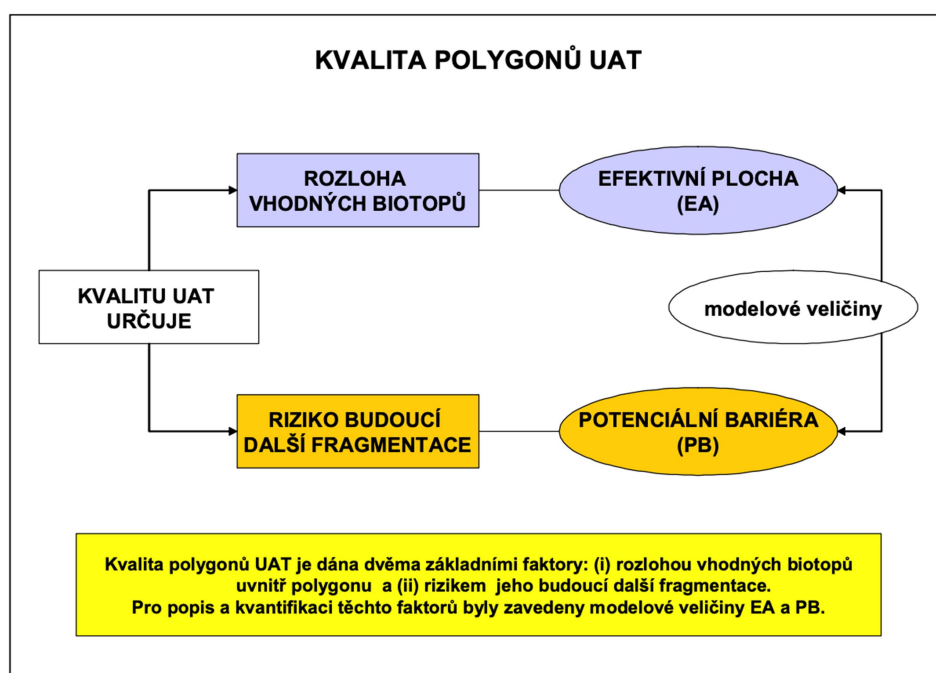
NEFRAGMENTOVANÁ PLOCHA (UAT)



Nefragmentovaná oblast je definována jako území, které splňuje současně tyto podmínky:

- (i) je ohraničeno silnicemi s intenzitou dopravy větší než 1000 vozidel/den, nebo vícekolejnými železnicemi
- (ii) má větší rozlohu než 100 km²

Obrázek 1 Nefragmentovaná plocha UAT (Anděl et al., 2005).



Obrázek 2 Kvalita polygonů UAT (Anděl et al., 2005).

Z hlediska negativních dopadů dopravy jsou za nejčastější označovány tyto:

- Ztráta biotopu neboli stanoviště – představuje zásadní problém především na lokální úrovni.
- Fragmentace biotopu - velký problém v zemích s hustou dopravní sítí jako jsou Holandsko, Německo či Belgie; přestože hustota v České republice je také velká, jde většinou o silnice nižších tříd, které jsou pro zvěř poměrně snadno překonatelné.
- Mortalita – zřejmě nejviditelnější vliv dopravy na zvěř, neboť každý rok jsou na silnicích usmrceny miliony volně žijících zvířat a ještě více jich je zraněno.
- Disturbance a znečištění – jedná se především o chemické znečištění, hluk, osvětlení.

V Evropě je hluk považován za jeden z hlavních faktorů znečišťující životní prostředí. Přestože velcí savci, například srnci obecní, si na hluk dokážou zvyknout poměrně rychle, intenzita hluku výrazně ovlivňuje šířku fragmentační bariéry. Celkový bariérový účinek je dán kombinací uvedených negativních dopadů dopravy, tedy fyzickou nepřekonatelností cesty a intenzitou provozu spolu s mortalitou a disturbancemi (Anděl et al., 2005).

Metody pro hodnocení fragmentace krajiny, které vymezují území, mohou být různé, nicméně využívaným reprezentantem těchto metod je zmíněné stanovení nefragmentovaných oblastí dopravou UAT (Unfragmented Area with Traffic). Pro úspěšné měření je nutné dodržovat dané zásady, a to individuální, expertní, pravděpodobnostní, komplexní přístup. Princip metodiky stanovení nefragmentovaných oblastí také umožňuje provádět rámcovou prognózu dalšího vývoje (Anděl et al., 2005).

3.1.4 Analýza fragmentace krajiny z hlediska migrace savců

Výše popisované metody hodnocení fragmentace krajiny mají různé cíle. Jedním z důležitých cílů je ochrana volně žijících živočichů. Ekologie a ochrana životního prostředí se v posledních letech čím dál častěji zaměřuje na požadavek zachování co největších přírodních či polopřírodních oblastí bez silnic a dálnic. Oblasti nedotčené silnicemi a následným souvisejícím vývojem totiž představují relativně

nenarušené ekosystémy, které jsou pro biologickou rozmanitost velmi přínosné. V důsledku výstavby silničních sítí a expanze lidské činnosti se však plochy bez pozemních komunikací celosvětově stávají spíše vzácnostmi. Roztříštěnost krajiny jako jeden z důsledků lidské činnosti má neblahým vlivem na biodiverzitu (De Montis et al., 2017). Jaeger (2000) považuje tuto skutečnost za důležitý proces, kdy se rozsáhlá přírodní území postupně zmenšují a stávají se izolovanějšími. Plánování nových tras by tedy mělo identifikovat stávající oblast bez silnic a vyhnout se jim, lidé by se měli zaměřit, pokud možno na obnovování a úpravu nefunkčních silnic, vymýšlet různé alternativy, a také vzít v úvahu migraci savců (Selva et al., 2015).

Právě ve velmi zalidněných oblastech, kde je rozšířená infrastruktura, jsou nejvíce patrné nežádoucí účinky fragmentace s ohledem na volně žijící živočichy. Aby populace v těchto místech mohla přetrvat, musí se jedinci přizpůsobit. Přítomnost silnice či dálnice však velmi často vyžaduje celkovou změnu tradičních pohybů divoké zvěře nebo vede dokonce až k nutnosti trvalého opuštění stanoviště (Maehr et al., 2001).

V rámci ochrany migrační propustnosti krajiny je důležité pracovat s pojmy jako dálkové migrační koridory nebo migrační trasy. Blíže si pojmy vysvětlíme v následující kapitole, která se bude věnovat funkci krajiny a migrační propustnosti.

3.2 Funkce krajiny a migrační propustnost

V této kapitole si vysvětlíme funkce krajiny a zaměříme se na migrační propustnost a související pojmy. Přeměna rázu krajiny z drobných útvarů na velké homogenní bloky snižuje celkovou propustnost krajiny, migrační potenciál a způsobuje vyšší pravděpodobnost kolize vozidel s volně žijícími živočichy (Keken et al., 2016)

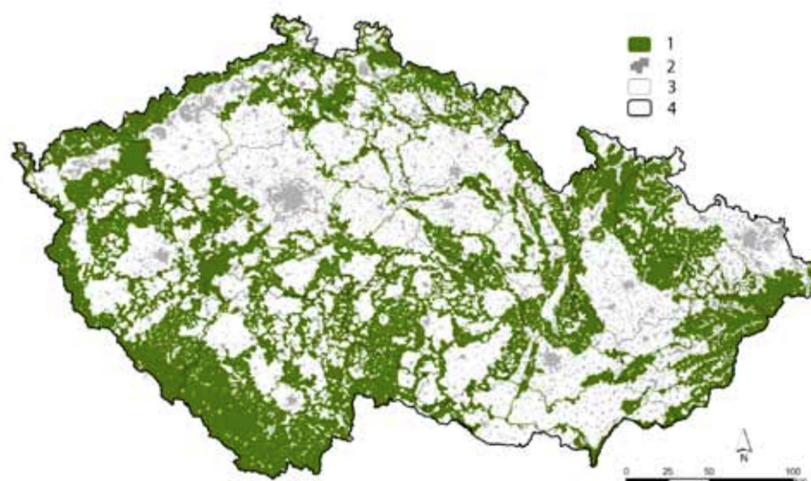
3.2.1 Funkce krajiny

Funkce krajiny je důležitým pojmem v oblasti plánování, krajinné ekologie a environmentálních věd. Funkce krajiny bývá v zahraniční literatuře definována jako interakce mezi prostorovými prvky, interakce mezi ekosystémy, v centrální Evropě bývají v definování funkcí krajiny obsaženy také biologické, morfologické a chemické procesy. Obecný ekologický model územního rozvoje v Nizozemsku

například přirovnává funkci krajiny k možnostem využití přírodního prostředí, tedy je zde kladen důraz na lidské potřeby (Krönert et al., 2001).

Z hlediska pozorování krajinných procesů pak existují dané limity, a to je fakt, že neexistuje dostatek dlouhodobých datových souborů, které by překračovaly několik desetiletí. Existence takových zkoumání a analýz by jistě současným badatelům velmi pomohla, zejména v kontextu globálních klimatických změn. Zahraniční literatura popisuje funkce krajiny obvykle ze dvou hledisek. Jedno hledisko je „biocentrické“, kdy je funkce krajiny definována jako tok energie, materiálů a druhů mezi různými ekosystémy. Tento pohled, uváděný například Formanem a Godronem (1986) představuje procesy, které samy tvoří svou strukturu a ovládají její změny. Druhý pohled je popisován spíše jako „antropocentrický“ a uvádí, že funkcí krajiny je její schopnost udržet či sloužit lidským potřebám (de Groot, 2006). Tento přístup je využíván pro účely plánování a rozhodování, nicméně může vést k nedorozumění funkcí krajiny v jejich původním smyslu. Zahraniční autoři někdy raději pracují s pojmem *funkčnost krajiny*, někdy také označováno jako zdraví krajiny, tedy její schopnost zachovat, využívat a cyklovat životně důležité zdroje jako vodu, půdu a další (Křováková et al., 2015).

Udržitelnost funkcí krajiny zůstává jedním z důležitých, avšak do určité míry nedosažitelných cílů. Ačkoliv bylo v této oblasti celosvětově dosaženo už velkého pokroku, žádná dosud vytvořená vědecká metoda nedokáže úplně udržitelnosti funkcí krajiny dosáhnout. Tato udržitelnost je zkoumána v podmínkách různých zemí, jedna ze studií například vznikla v rámci Moldavské republiky. Existují různé studie zkoumající vztahy mezi městskou konfigurací, dynamikou obyvatelstva (například počtem osídlení) a místní mírou udržitelného rozvoje. Jedním ze závěrů studie v Moldavsku je doporučení zvýšení hustoty obyvatelstva ve stávajících městech a zkrácení dopravního propojení mezi městskými centry. Studie však dodává, že každý region je jedinečný a potřebuje vlastní individuální zhodnocení (Shaker, 2018).



Obrázek 3 Migrační významná území v ČR (Anděl et al., 2010).



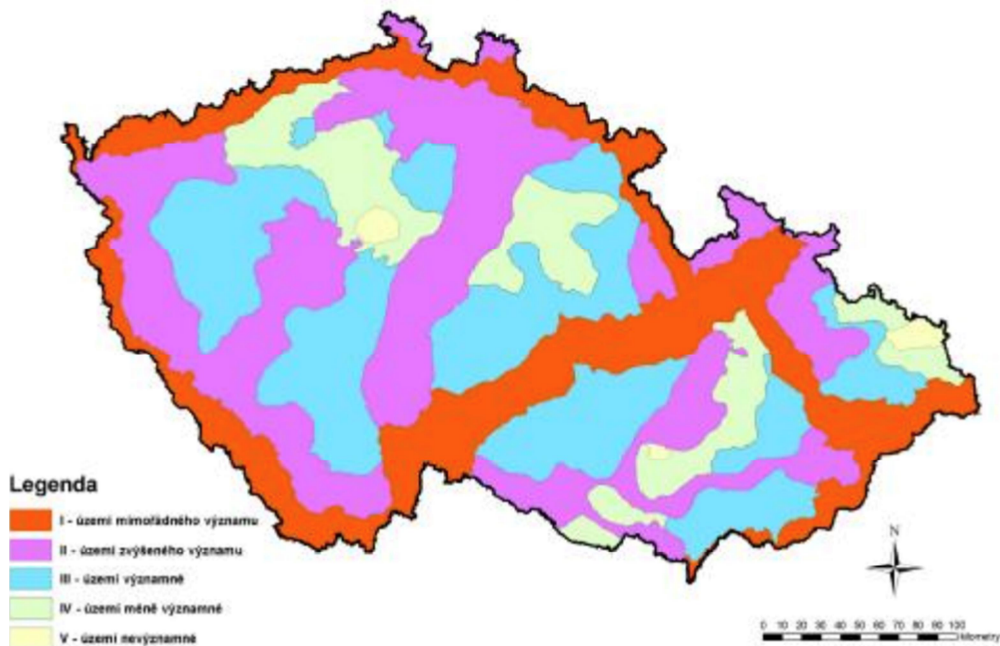
Obrázek 4 Migrační významná území v ČR (Anděl et al., 2010).

3.2.2 Migrační propustnost

Migrační propustnost nebo migrační koridory, to jsou často používané pojmy v souvislosti s fragmentací krajiny a ochranou (nejen) lesní zvěře (obrázek 3 a 4). Při plánování migračních koridorů mohou být použity podklady o výskytu velkých

savců a migrace jednotlivých druhů (obrázek 5), nicméně tento mapový podklad by měl být ověřen například podrobným zoologickým průzkumem (Anděl et al., 2005). Migrační koridory představují trasy, kde se zvěř pohybuje. Migrační propustnost je také často zmiňována v souvislosti takzvané LULCC, obecně změna využívání půdy. Nejen fragmentace krajiny a výstavba infrastruktury, ale i změna využívání půdy nebo její důsledek, a to změna klimatu, může ovlivnit chování zvěře a následně i zvýšit počty dopravních kolizí. Změna využívání půdy probíhá už mnoho staletí. Například v Evropě byly až do roku 1500 velké oblasti západní Evropy částečně vyčleněny pro zemědělství a těžbu dřeva. Až do roku 1800 se poté zemědělství zintenzivňovalo. V roce 2000 nebyla fenoménem LULCC (Land-Uses and Land-Cover Changes) ovlivněna jen malá oblast pouští, centrální amazonské a konžské pánve a Arktida a Antarktida. Musíme si uvědomit, že i pěstování nového druhu plodiny místo původního může ovlivnit chování zvěře, a ta se tak může stát náchylnější ke kolizím (Pielke et al., 2011). Konkrétní prokázané vlivy na kolize se zvěří a možnosti jejich snížení si uvedeme v další kapitole.

Mapa kategorizace území ČR z hlediska výskytu a migrací velkých savců



Obrázek 5 Mapa kategorizace území ČR z hlediska výskytu a migrací velkých savců (Anděl et al., 2005).

3.3 Kolize s lesní zvěří

Srážky dopravních prostředků s lesní zvěří jsou v krajině plné silnic a dálnic čím dál častější záležitostí, a vznikají tak různé studie, které tuto problematiku zkoumají a navrhují řešení. Jedna z velkých studií posledních let byla například provedena ve Španělsku. Studie využila informace o téměř 75 tisících případech, které byly od roku 2006 hlášené španělské policii. Tyto střety se zvěří představovaly necelých 9 % všech hlášených dopravních nehod v zemi. V některých horských oblastech na severu Španělska však kolize se zvěří představovaly 30 až 50 % tamějších hlášených nehod. Celkově tedy byly případy kolize s volně žijícími živočichy velmi nerovnoměrně rozložené po území státu. Jeden z výsledků studie také ukázal, že prase divoké (*Sus scrofa*) a srnec obecný (*Capreolus capreolus*) se podíleli celkem na téměř 95 % hlášených kolizí (Lagos et al., 2012). Divoká prasata pak byla přítomná u většiny nehod, u kterých bylo hlášeno zranění člověka. Zajímavé je, že prase, srnec a jelen jsou ve Španělsku nejčastěji lovenými kopytníky. Celkově pak počet kolizí vozidel na živočišný druh významně koreloval s často lovenými druhy. Počet kolizí, které zahrnovaly velké šelmy, byl malý, nicméně ve většině případů se jednalo o lišku obecnou (*Vulpes vulpes*). Další malé procento nehod obsahovalo některé ohrožené druhy, například medvěda hnědého (*Ursus arctos*) a ryse iberského (*Lynx pardinus*). Ekonomické náklady těchto nehod představovaly celkem 105 milionů eur ročně. Jedná se však o velký problém nejen z ekonomických důvodů, ale především kvůli hrozbám pro zvěř. Studie samozřejmě počítala i se statistickými údaji pro zkoumané Španělsko a Baleárské ostrovy (například počet vozidel v zemi 31 milionů a 50 provincií), takže výsledky se určitě nedají zobecnit na jiné země, neboť každý stát je svým způsobem specifický. Přes některé nedostatky, které zpráva uznává, se jedná o velmi přínosnou studii, která zahrnuje informace porovnávající nehody, intenzitu dopravy, hustotu osídlení, či délku silniční sítě. Pro porovnání kolizí mezi jednotlivými provinciemi byly využity především indexy s ročním průměrem kolizí na 100 tisíc obyvatel, průměrného ročního počtu srážek na 100 kilometrů délky silnice a průměrného ročního počtu kolizí na 100 milionů vozidel (Sáenz de Santa María, Tellería, 2015).

Jedna z dalších studií se věnovala srážkám se zvěří na Kanárských ostrovech, konkrétně na Lanzarote. Ostrovní příroda je navíc specifická v tom, že je více náchylná k zániku, než ta pevninská. Zvířata jsou totiž na ostrovech charakterizovaná malou a izolovanou populací, nízkou mírou reprodukce a vysokým přežíváním dospělých jedinců. Proto je na lidské zásahy ostrovní příroda citlivější. Kanárské ostrovy přitom představují důležitou turistickou destinace, také právě díky svému klimatu, a bohaté fauně a flóře. I zde však v posledních desetiletích došlo k výraznému rozvoji městských oblastí a silničních sítí. K hlavním negativním důsledkům výstavby silnic autoři studie řadí fragmentaci stanovišť, vypouštění toxických plynů a látek jako jsou například oleje, akustické a světelné znečištění nebo nárůst invazivních exotických druhů a bariérové efekty a přímou úmrtnost zvířat v důsledku kolizí s vozidly. K pozitivním důsledkům ale patří například snižování predátorství a poskytování stanovišť pro pěstování ryb. Tato studie počítala s celkem 666 hlášených úmrtí (ptáků i savců) během jednoho roku, přičemž měsíční průměr úmrtí je 0,09 ptáků na kilometr silnic a 0,14 savců na kilometr silnic. Celkově vychází roční průměr na 2,76 obětí na jeden kilometr. Bylo zjištěno, že většina nehod se stala v blízkosti domů a na silnicích s vysokým rychlostním omezením. Velké procento nehod s úmrtím savců se také stalo v oblastech obklopených exotickými keři. Nejčastěji usmrcenými savci zde byli ježek alžírský (*Atelerix algirus*) nebo králik divoký (*Oryctolagus cuniculus*). V létě byla úmrtnost zvěře na silnicích obecně vyšší (Tejera, 2018).

3.3.1 Trendy v dopravních kolizích se zvěří

K trendům ve zkoumané oblasti patří výše zmíněná pozornost, která je tomuto tématu čím dál více věnovaná. Lidé chápou důležitost tohoto tématu a zaměřují se na studie, které by napomohly ke snížení počtu dopravních nehod se střetem se zvěří.

Značně se zvýšily nejen prováděné studie, ale také počet vydaných knih, které se tomuto tématu věnují. K často doporučovaným závěrům přitom patří důležitost omezení rychlosti či objemu provozu (Tejera, 2018).

Současným trendem je budování nových pozemních komunikací metodou šetrnější k životnímu prostředí, což může situaci zlepšit, ale nově vytvořené bariéry budou i tak těžko překonatelné. (Šimonovský, 2010)

3.3.2 Možnosti existence „rizikových zón“

K rizikovým zónám můžeme samozřejmě počítat migrační koridory zvěře, v případě lesní zvěře pak silnice a dálnice, které jsou v blízkosti lesů.

Rizikové zóny také představují oblasti, kde se vyskytují určité druhy zvířat. Některé skupiny zvířat, jako například velcí savci či sovy, jsou totiž ke kolizím s vozidly náchylnější, a to především z důvodu způsobu svého chování (Tejera, 2018).

3.3.3 Analýzy pravděpodobností kolize s vybranými zvířaty

Pravděpodobnost kolize s vybranými zvířaty je pro každý stát specifická. Například v některých horských oblastech na severu Španělska kolize se zvěří představovaly 30 až 50 % tamějších hlášených nehod. Celkově tedy byly případy kolize s volně žijícími živočichy velmi nerovnoměrně rozložené po území státu. Jeden z výsledků studie také ukázal, že prase divoké a srnec obecný se podíleli celkem na téměř 80 % hlášených kolizí (Sáenz de Santa María, Tellería, 2015).

Výše jsme si uvedli, že pravděpodobnost kolize je také vyšší v oblastech se zvýšeným výskytem konkrétních druhů zvířat, které jsou obecně ke střetu náchylnější z důvodu svého specifického chování (Tejera, 2018).

V předchozích řádcích byla uvedena studie věnující se fragmentaci krajiny a hodnocení různých statistických údajů ze známých případů střetu vozidel se zvěří. Dále existují články, které se věnují identifikaci potenciálního rizika srážky divoké zvěře s dopravním prostředkem. Jedná se například o článek pro používání takzvané statistiky vzdálenosti Penrose. Efektivní redukce zkoumaných hrozeb vyžaduje identifikaci proměnných ovlivňujících umístění kolizí a vytvoření prediktivních modelů. Ve zkoumané studii bylo využito modelování vzdálenosti Penrose a 61 potvrzených lokalit s vysokým výskytem mortality zvěře v jižním Illinois v USA. Posuzované proměnné zahrnovaly proměnné související se silnicemi (například objem provozu) a půdou. Oblasti kolizí byly charakteristické například

velkými vzájemně nezávislými zatravněnými oblastmi. Dle očekávání mapování rizik ukázalo, že velká pravděpodobnost kolize byla v oblastech, kde se vyskytuje rys červený (*Lynx rufus*). U rysa iberijského se ukázalo, že u takto malých populací ohrožených druhů volně žijících živočichů může silniční úmrtnost představovat opravdu obrovský problém v následné životaschopnosti druhu. Mimo hrozby pro zvěř je také problémem velká škoda na majetku lidí i na jejich zdraví, přičemž značné škody způsobují ve zkoumaném území například jelenec běloocasý (*Odocoileus virginianus*) nebo los evropský (*Alces alces*). Bylo již popsáno několik metod, které umožňují prediktivní modelování kolizí vozidel se zvířaty a mapování rizika, avšak ke všem je nutná perfektní znalost související oblasti. Prediktivní modely také mají velký potenciál k předvídání kolizních míst a využití v plánování silničních staveb (Kolowski, 2008).

Mnoho odborníků tedy uvádí, že pravděpodobnost kolize se zvěří se zvyšuje s výstavbou infrastruktury, fragmentací krajiny, vysokou omezenou rychlostí či oblastmi výskytu konkrétních druhů lesní zvěře. Zajímavý je ale článek, který tvrdí, že četnost kolizí se zvěří ovlivňuje i fáze měsíce. Fáze měsíce totiž může ovlivňovat nejen viditelnost pro řidiče, ale také vzorce nočních aktivit zvěře. U kopytníků může vyšší noční svítivost zvýšit jejich aktivitu, případně u jiných zvířat může být aktivita snížena, neboť by představovala kořist pro případného predátora. Údaje pro výzkum byly získány z více než 11 tisíců nehod ve španělské oblasti a více než 77 tisíců nehod v New Yorku. Autoři zkoumali vliv měsíce na čtyři vybrané druhy zvěře, představující vysoký podíl na kolizích s dopravními prostředky. Jednalo se o prase divoké, srnce obecného, jelena lesního (*Cervus elaphus*) a jelence běloocasého. Tři ze čtyř přitom byli nejčastěji účastni kolize při úplňku, a to v průběhu celého roku, nicméně během některých měsíců více než u jiných měsíců. Měsíční efekt byl nejsilnější v březnu a říjnu. Pro srnce byla dokonce frekvence kolizí s dopravním prostředkem o více než 71 % větší právě v úplňku, než při novu. Obecně autoři doplňují, že největší vliv na kolizi se zvěří má objem silničního provozu, činnost zvěře a podmínky pro viditelnost řidičů. Vyšší riziko kolize je například za úsvitu či soumraku. U všech čtyř druhů zvěře bylo největší procento kolizí při krátkém období setmění, a poté při úsvitu. Vzhledem k chybějícím výzkumům však zůstává otázka,

do jaké míry ovlivňuje lunární fáze řidiče a do jaké míry způsobuje změnu chování zvířat (Colino-Rabanal, 2018).

3.4 Vliv fragmentace krajiny na kolize se zvěří

Publikace věnující se výzkumu vlivu silnic na populace volně žijících živočichů začali biologové vydávat již v roce 1970. Současně s vývojem ekologie a analýzy krajiny se pozornost věnovaná silniční ekologii obrátila na fragmentaci krajiny a související udržení ekologických procesů (Fu, 2010).

3.5 Možnosti snižování pravděpodobnosti kolizí se zvěří

Počet zvířecích obětí při kolizi s dopravním prostředkem je celosvětově překvapivě velký. Například jen co se týká ptáků, pouze v USA se odhady pohybují mezi 89 až 340 milionů jedinců, což je velmi alarmující číslo. Představme si, jak velký musí být skutečný celosvětový počet obětí všech druhů zvířat (Tejera, 2018).

Současné studie chápou závažnost problémů a začínají se také objevovat možnosti na předcházení střetům se zvěří. K jednomu z doporučených řešení patří omezení rychlosti pro jedoucí vozidla, což je sice plošně v současném uspěchaném světě ne příliš reálné, nicméně jistě by to bylo jedno z řešení alespoň v rizikových zónách (Tejera, 2018).

Často je také doporučované vytváření takzvané zelené infrastruktury a spíše opravování prozatím nefungujících či nevyužívaných silnic, než stavění nových (Deslauries et al., 2018).

Existují také studie, které jako možná řešení snížení kolizí divoké zvěře s vozidly předkládají stavbu více podchodů či oplocení. Celkově se jedná o doporučení více využívat prvky, které sníží dopad na volně žijící zvířata a naopak zvýší bezpečnost jejich i bezpečnost řidičů. K jedné z amerických studií byly například využity kamerové záznamy u několika podchodů pro zvěř. Před zahájením výstavby dálnice bylo zaznamenáno 242 výskytů jelenů běloocasých. Po dokončení dálnice bylo zaznamenáno 2433 podchodů celkem devíti druhů jelenů a 3614 přechodů větších a středních savců. V poměru k počtu sledovaných dní byl podchod jelena

běloocasého celkem 6,7 krát vyšší až po dokončení dálnice, než před zahájením její výstavby. Tento fakt tedy můžeme zobecnit tak, že výstavba infrastruktury donutí volně žijící živočichy ke změně tras a přiblíží je k silnicím, čímž se zvyšuje riziko úmrtnosti. Zajímavý je také fakt, že v rámci oplocených dálničních úseků byla mortalita nejnižší právě v oblasti s podchody. Čím dále se dálnice nacházela od podchodu, tím vyšší byla úmrtnost zvěře. Ironií je, že bylo zaznamenáno více kolizí se zvěří v oblastech částečně oplocených, než zcela neoplocených. Jeleni se totiž velmi často snažili přejít dálnici v místech, kde oplocení končilo. Pokud tedy stavitelé počítají s oplocením, je zcela určitě doporučováno podchodů a mezi nimi souvislého oplocení, nikoliv pouze jednotlivých oplocených úseků. Výzkumy prováděné pro tuto studii probíhaly necelý rok, proto lze výsledky těžko zcela zobecňovat. Prokazatelnější by byly výsledky z dlouhodobějších studií (McCollister, Van Manen, 2010).

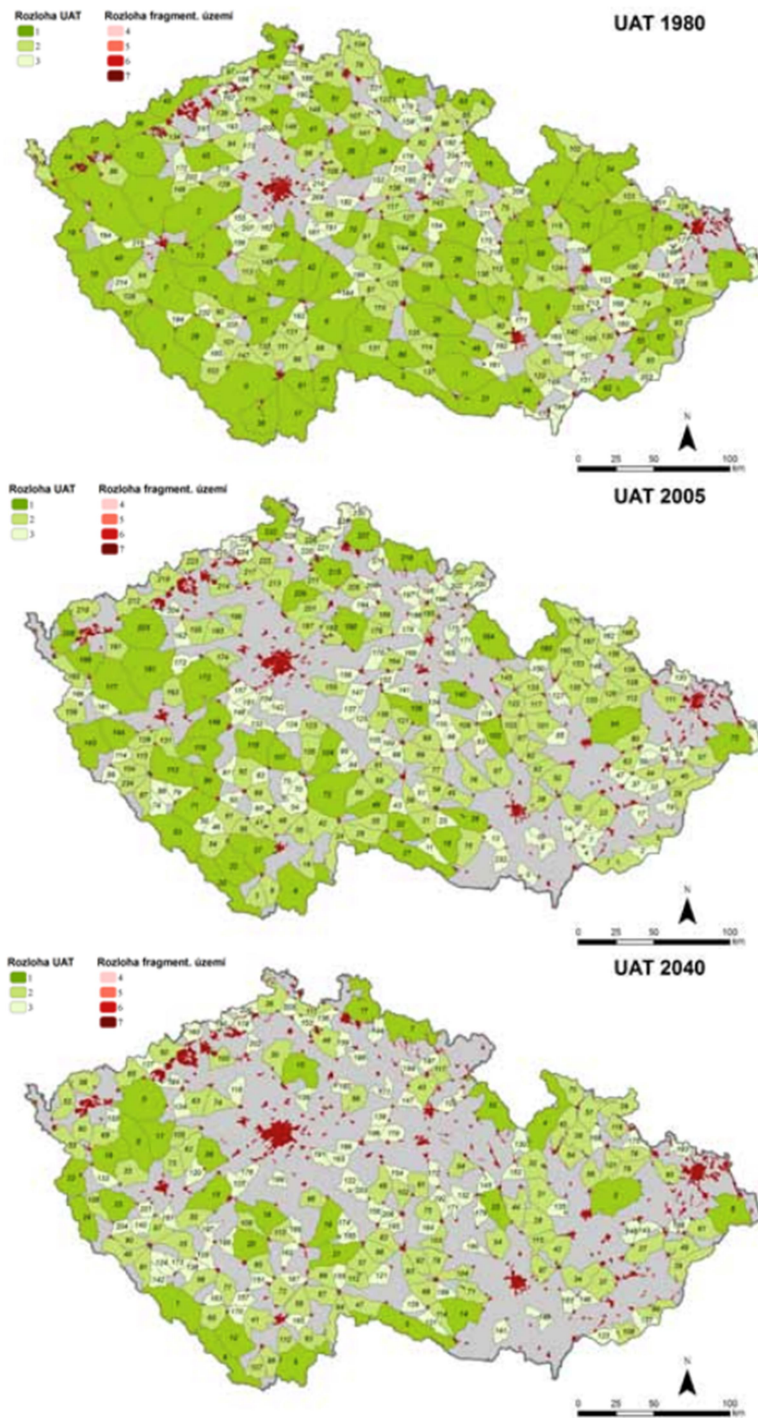
Přínosné jsou však i studie, které prokážou, že nějaký konkrétní prvek či opatření není pro snížení rizika kolize vhodný. Na základě německého experimentu bylo například prokázáno, že vybraná reflexní varovná světla nejsou pro zvěř vhodná a kolizím s dopravním prostředkem účinně nezabraňují. Byly analyzovány srážky divokých zvířat na 151 testovacích místech o délce zhruba 2 kilometry, a to v průběhu 2 let. Mezi testovaným zařízením byly například tmavomodré varovné reflektory od firmy Schilderwerk Beutha Inc. Nebo světle modré reflektory od Beilharz Inc. Již v předcházejících studiích bylo také prokázáno, že ani různé pachové odpuzovače nejsou příliš účinné, částečně z důvodu pozdějšího zvyknutí zvěře na zařízení (Benten, 2018).

V práci jsme zmínili skutečně velký počet zvířecích obětí dopravních nehod, a to vždy v určité oblasti v rámci konkrétních studií. Tato čísla jsou alarmující, a navíc se předpokládá, že počet nehlášených kolizí je třikrát vyšší než počet těch hlášených. Je tedy více než nutné zaměřit se na vlivy působící na kolize zvěře s dopravními prostředky, a také na realizace konkrétních projektů vedoucí ke snižování kolizí (Benten, 2018).

Některé studie se také zabývají kolizemi s konkrétními druhy zvířat. Jedná se například o estonskou studii, která zkoumala časové rozložení nehod v souvislosti

s divokými prasaty, a to sezónní i denní. Analýza byla založena na více než 900 estonských dopravních nehodách v letech 2004 až 2013. Velké množství srážek se vyskytovalo během víkendů, s vrcholem v pátek, což odpovídá vlivu vyššího silničního provozu. Přesto však bylo absolutně nejvyšší riziko kolizí zaznamenáno ve čtvrtek. Četnost kolizí byla také vyšší po západu slunce. Z jednotlivých měsíců byly kolize nejvyšší v říjnu, listopadu a prosinci, tedy v období dlouhých podzimních a zimních nocí, které jsou dlouhé. Uvedené studie jsou velmi přínosné, neboť v každé zemi či regionu mohou přesně údaje umožnit upozornit řidiče na období či úseky vysokého rizika kolize pomocí dočasných varovných značek, bezpečnostní kampaně či mobilní aplikace (Kruuse, 2016).

Existují také české studie, které zkoumají vliv intenzity dopravy a aktivity zvěře na pravděpodobnost kolizí. Jedna z nich, analyzující přes 15 tisíc nehod, se zaměřuje na kopytníky v České republice. Studie přináší zajímavý výsledek, a to fakt, že intenzita dopravy není celoročně a na všech druzích silnic tou nejdůležitější příčinou dopravní kolize, a účinná opatření by měla být navržena podle cyklů činností zvířat, které jsou ovlivněné mimo jiné ročním obdobím, změnou vegetace, dostupností potravy nebo reprodukčním chováním (Kušta, 2017).

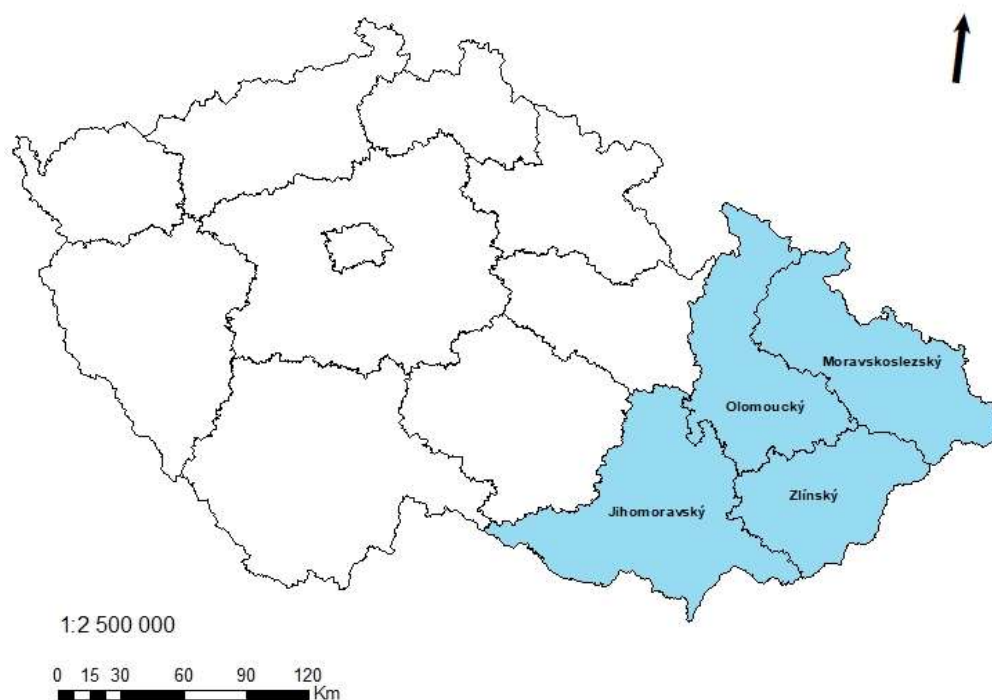


Obrázek 6 Vývoj fragmentace krajiny dopravou UAT - 1980, 2005 a s prognózou 2040 (Anděl et al., 2010)

4. METODIKA PRÁCE

4.1 Popis oblasti

Zájmová oblast se nachází v České republice na území čtyř krajů – Jihomoravském, Olomouckém, Zlínském a Moravskoslezském o celkové rozloze 21 733 km²



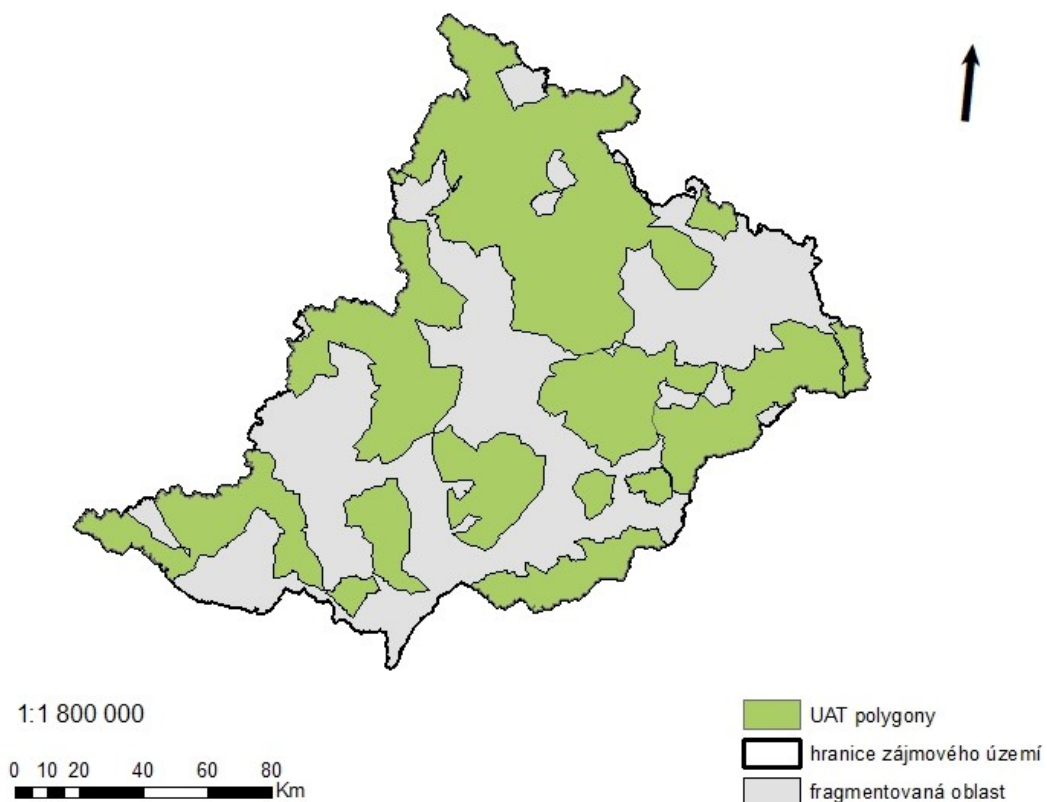
Obrázek 7 Znárodnění čtyř sledovaných krajů (Friedlová).

4.2 Zpracování dat

Data byla zpracována v Geografickém informačním systému GIS v programu ArcMap verze 10.6.2 v souřadnicovém systému S-JTSK Krovak East North.

Jako použité vrstvy byly hranice krajů České republiky z ArcCR, UAT polygony, vrstva pozemních komunikací, vrstva MVÚ ČR, místa kolizí se zvěří z dat Policie ČR.

Polygony UAT byly nejprve zvektorizovány a následně oříznuty pouze na studované území. Vrstva polygonů UAT se dále sjednotila do jedné, aby byla ulehčena práce s polygony v lepší práci s ní pro program ArcMap. V dalších krocích se pracovalo pouze s vrstvou polygonu UAT na analyzovaném území.

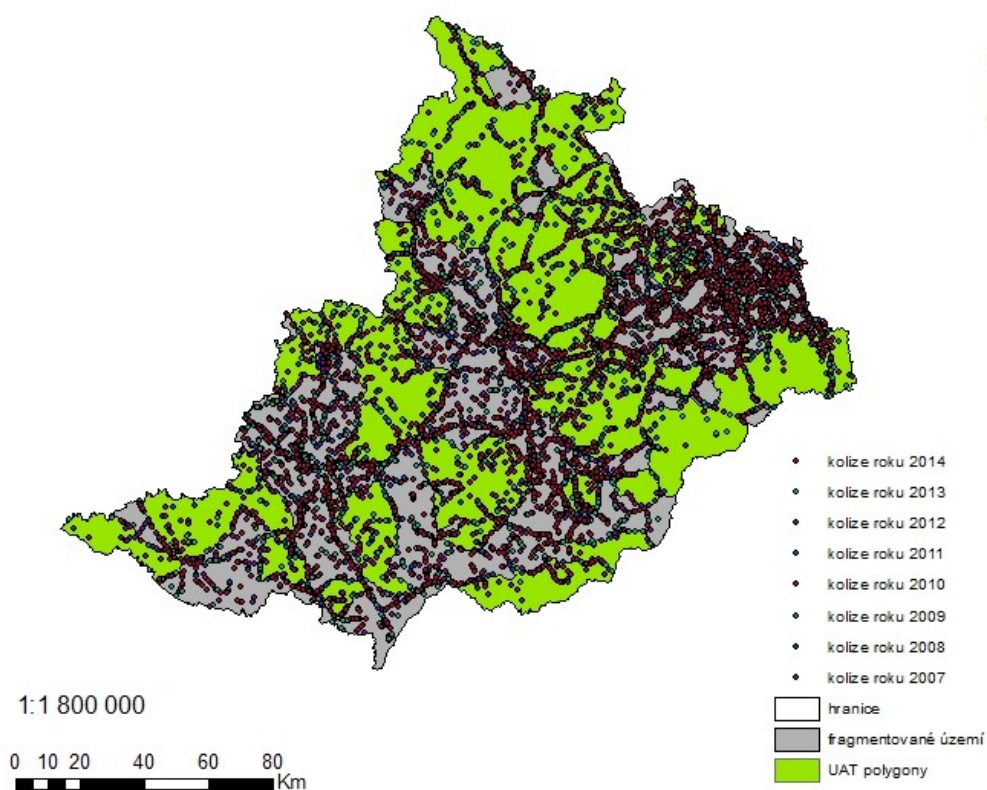


Obrázek 8 Rozdělení území Jihomoravského, Olomouckého, Zlínského a Moravskoslezského kraje na UAT polygony a fragmentované oblasti (Friedlová).

V prvním kroku bylo úkolem správně identifikovat fragmentované a nefragmentované oblasti. Na základě toho mohla být pomocí ArcGIS serveru přidána vrstva UAT polygonů. Na portálu Cenia se nabízela data fragmentace krajiny dopravou pro rok 2005 a její prognóza mezi roky 2013 a 2025. Pro účely této práce byly použity data UAT polygonů pouze za rok 2013. Tato data byla nejbližší

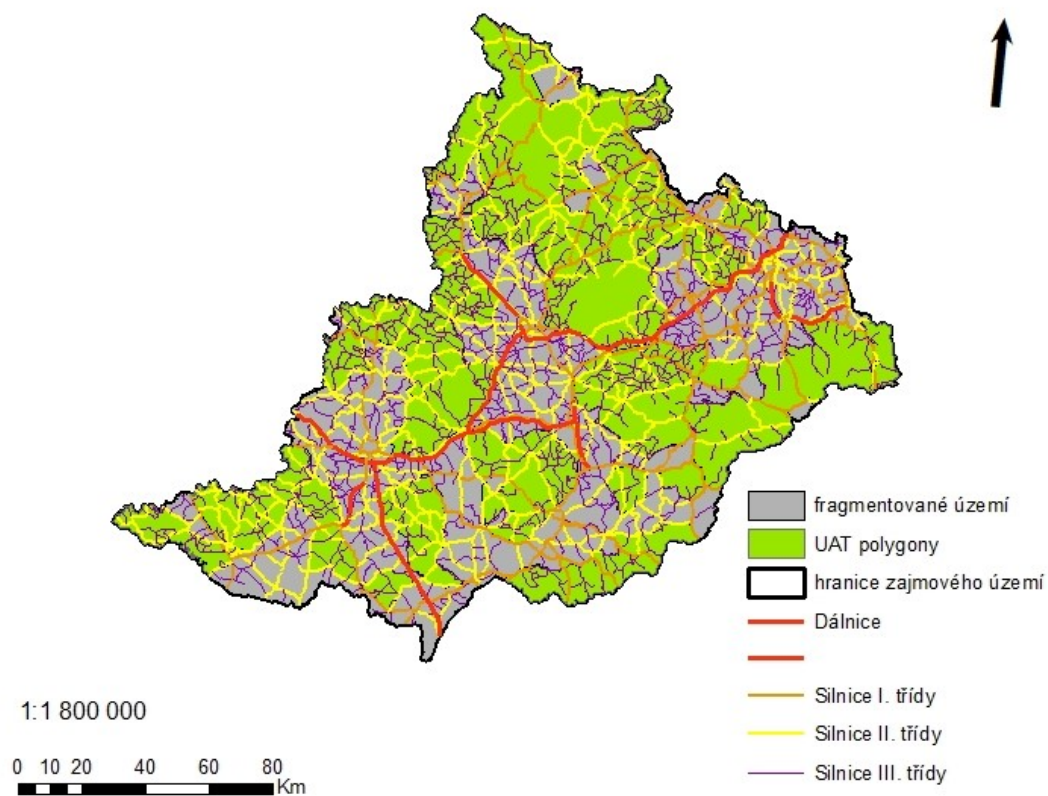
rokům, ze kterých byly získány data střetů vozidel se zvěří. Samotná vrstva byla rastrová a každý polygon byl převeden na vektor potřebný pro další práci a vyhodnocení výsledků.

Data kolizí byla použita z databáze Policie ČR, jedná se o místa kolize se zvěří, ke kterým byla policie zavolána a nehoda evidována. Pro neúplnost byly vybrány pouze roky s kompletními informacemi, tak abychom docílili co nejdelšího možného období, v tomto případě roky 2007 až 2014.



Obrázek 9 Kolize během let 2007 – 2014 na území Jihomoravského, Olomouckého, Zlínského a Moravskoslezského kraje (Friedlová).

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



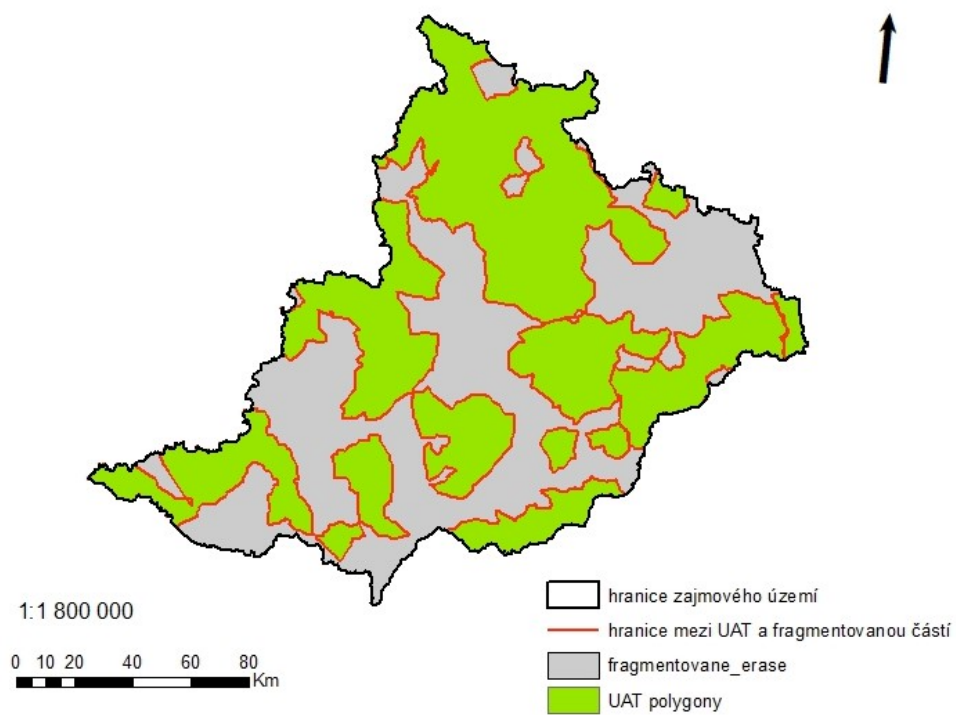
Obrázek 10 Dálnice a silnice I., II., a III. třídy na území Jihomoravského, Olomouckého, Zlínského a Moravskoslezského kraje (Friedlová).

V dalším kroku byla místa kolizí rozdělena do tří skupin:

A) Kolize uvnitř nefragmentované oblasti (UAT polygonech).

B) Kolize ve fragmentované oblasti.

C) Kolize na hranici dvou předchozích oblastí. Tato hranice měří 40 metrů v průměru, takže 20 metrů do obou oblastí – fragmentované i nefragmentované části.



Obrázek 11 UAT polygony, fragmentovaná oblast a hranice mezi nimi na území Jihomoravského, Olomouckého, Zlínského a Moravskoslezského kraje (Friedlová).

4.3 Analýza dat

Prvním krokem bylo srovnání a analýza změn mezi lety 2005 a 2013 v zájmovém území s UAT polygony.

Následně se vektorizovaly UAT polygony, aby se mohla spočítat rozloha jednotlivých segmentů, rozloha fragmentované části i hranic mezi UAT polygony a fragmentovanou oblastí.

Počty nehod pro zkoumané roky i střety v jednotlivých oblastech (fragmentované, nefragmentované i hraniční) se daly spočítat a zjistit po vložení a oříznutí bodů kolizí.

V dalším kroku byly vybrány, oříznuty podle analyzovaného území a spočítány jednotlivé délky silnic I., II., III. třídy a dálnic. Na základě získání všech potřebných informací se daly zjistit počty nehod na kilometr délky pozemní komunikace i počet kolizí na kilometr čtvereční pro zvolené oblasti – fragmentovanou oblast, UAT polygony i hraniční část.

Dalším úkolem bylo vytvoření polygonů, jejichž hranice představovaly silnice I. a II. třídy a dálnice na studovaném území všech čtyř krajů.

Na základě předchozích kroků bylo možno zjistit počet střetů s volně žijící zvěří uvnitř polygonu silnic III. tříd pro fragmentované a nefragmentované oblasti, počet nově vzniklých polygonů pro tyto oblasti i nové polygony pro tento druh komunikace.

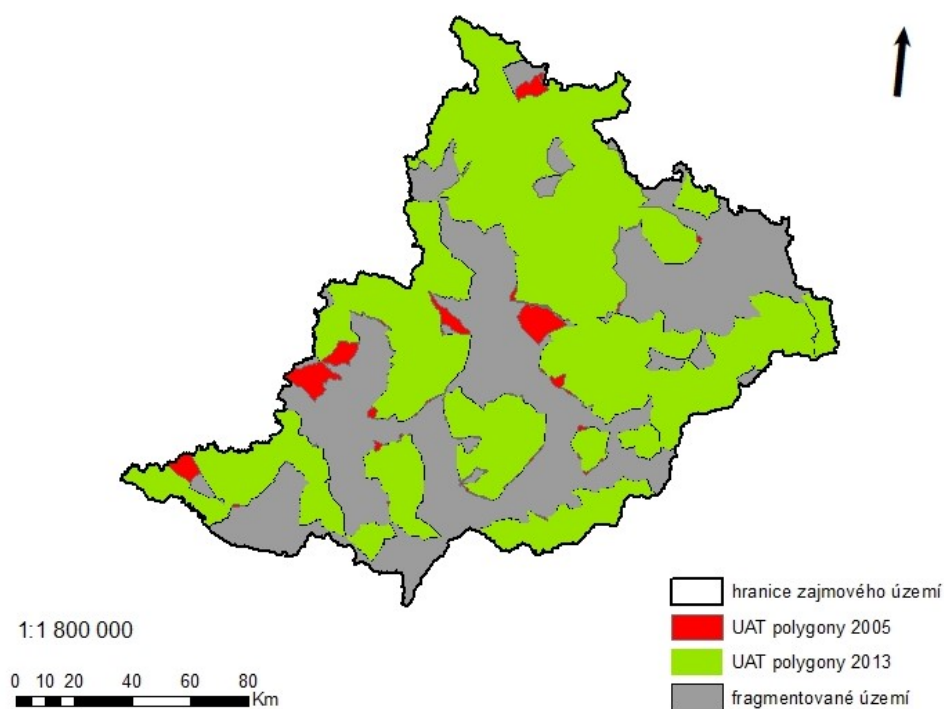
Spočtením samotné rozlohy polygonů se dala spočítat jejich průměrná velikost a po přidání vrstvy kolizí bylo možno zjistit počet kolizí na kilometr čtvereční, četnost střetů na kilometr čtvereční i celkový počet nehod na polygon.

Bylo zapotřebí vyhodnotit UAT polygony z pohledu migračně významných území (MVÚ), které zahrnuje oblasti stálého výskytu velkých savců a prostory potřebné k migraci. Po vyhodnocení výše zmíněného byla zjištěna společná plocha UAT polygonů s MVÚ, procentuální zastoupení MVÚ v polygonech UAT i opačně a celková rozloha v zájmovém území.

5. VÝSLEDKY

Jako první bylo provedeno porovnání UAT polygonů za rok 2005 a 2013, kdy červená místa na mapě označují UAT polygony pro rok 2005, která se do roku nedochovala. Úbytek UAT polygonů ve studovaném území mezi lety 2005 a 2013 činí 600,9 km².

Dalším zjištěným krokem byla rozloha fragmentovaného území a ploch UAT na vybraném území čtyř krajů České republiky.



Obrázek 12 Porovnání UAT polygonů pro rok 2005 a 2013 (Friedlová).

	ROZLOHA V KM ²
PLOCHY UAT	9335 km ²
FRAGMENTOVANÁ PLOCHA	12 398 km ²
CELKOVÁ PLOCHA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	21 733 km ²

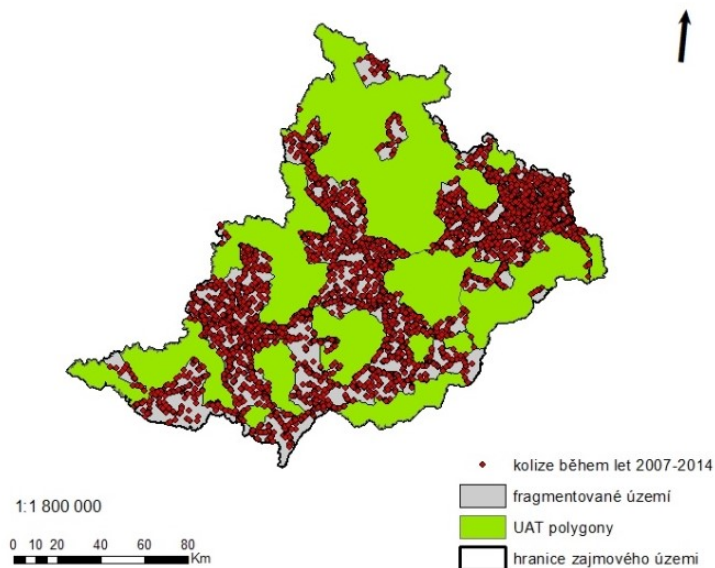
Tabulka 1 Rozloha nefragmentované a fragmentované plochy v zájmovém území (Friedlová).

Bylo zjištěno, že na sledovaném území bylo nejméně nehod v roce 2009, a to celkem 932. Nejvíce nehod se pak událo v roce 2014, kdy se počet střetů vyšplhal až k číslu 2611, tedy skoro trojnásobku z roku 2009. Celkový počet kolizí ve sledovaných krajích za vybrané období dosáhl počtu 14 206.

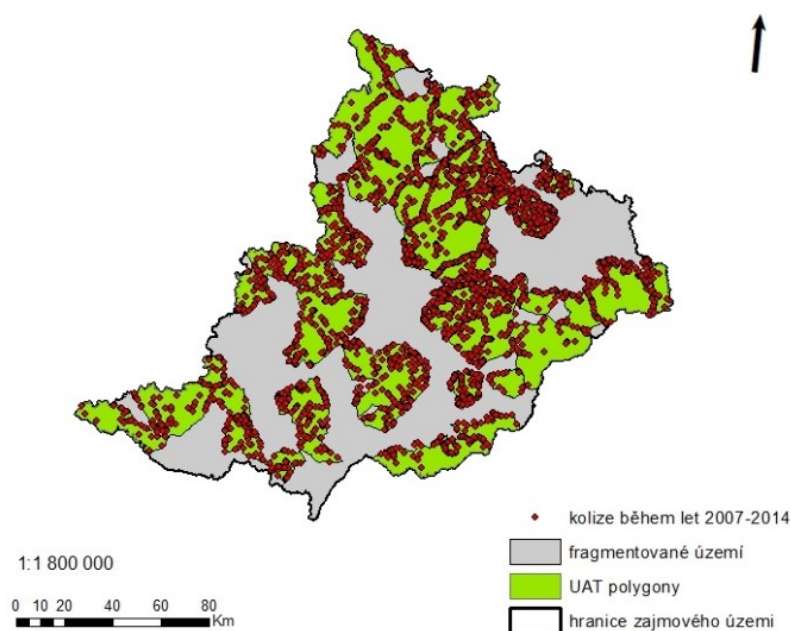


Obrázek 13 Počty kolizí v jednotlivých letech na studovaném území (Friedlová).

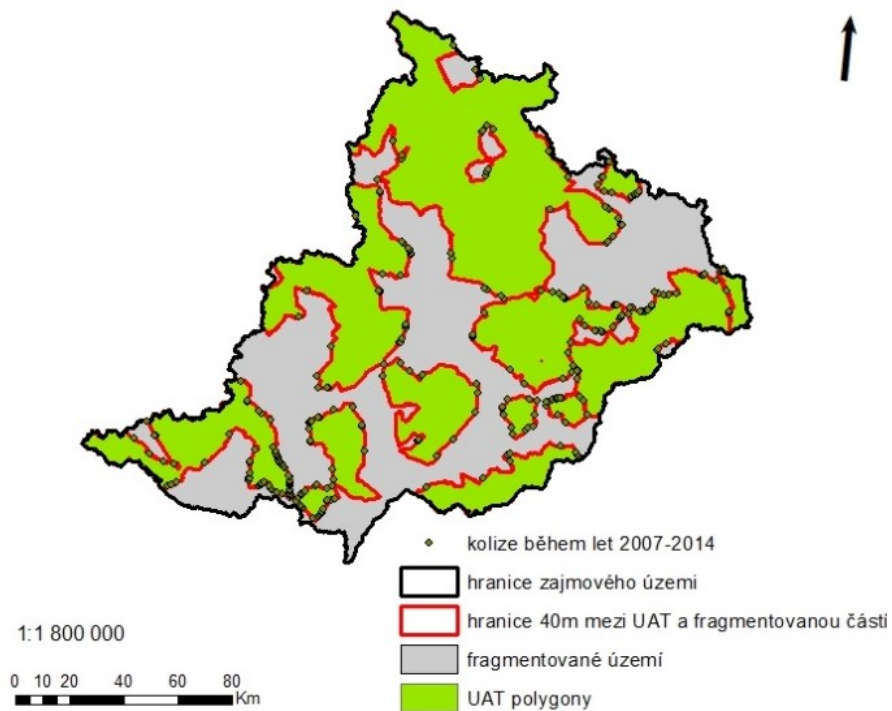
V dalším kroku byly zjištěny a vypočteny kolize pro jednotlivé oblasti – pro fragmentované plochy, pro UAT polygony a pro hranici mezi fragmentovanou plochou a polygony UAT (40m).



Obrázek 14 Kolize během let 2007 až 2014 na fragmentovaném území (Friedlová).



Obrázek 15 Kolize během let 2007 až 2014 v UAT polygonech (Friedlová).



Obrázek 16 Kolize během let 2007 až 2014 na hranici FÚ a UAT polygonech (Friedlová).

Mezi lety 2007 a 2014 se v UAT polygonech stalo 5217 kolizí, na fragmentovaném území 8545 a na hranici těchto území, měřící 40 metrů, se jednalo o 444 střetů.

V následující tabulce jsou rozepsány jednotlivé roky za zkoumané období a počty střetů na zkoumaných územích.

ROK	POLYGONY UAT	HRANICE	FRAGMENTOVANÉ ÚZEMÍ	CELKEM
2007	656	81	1174	1911
2008	664	73	1036	1773
2009	344	30	528	902
2010	369	12	693	1074
2011	445	35	726	1206
2012	777	67	1325	2169
2013	820	72	1298	2190
2014	918	74	1545	2537
CELKEM	4993	444	8325	13762

Tabulka 2 Kolize pro jednotlivé roky 2007-2014 v UAT polygonech, fragmentovaném území a v jejich hranici měřící 40m (Friedlová).

Nejvíce kolizí se událo roku 2014 ve fragmentovaném území a nejméně roku 2010 na hranici fragmentované části a UAT polygonech. V roce 2014 se celkově stalo nejvíce nehod. Naopak obdobím, kdy se událo nejméně nehod byl rok 2009. Pokud bychom vynechali sledovanou oblast hranice mezi UAT polygony a fragmentovaným územím, tak by se shodoval rok 2009 s nejmenším počtem kolizí v polygonech UAT.

Pro další výpočty bylo nezbytné změřit celkovou délku silnic I., II., III. třídy dálnic a na zkoumaném území Jihomoravského, Olomouckého, Zlínského a Moravskoslezského kraje. Největší procentuální zastoupení na tomto území je silnic III. třídy, naopak nejméně dálnic.

TYP KOMUNIKACE	DÉLKA KOMUNIKACE (KM)
Dálnice a rychlostní silnice	406, 28
Silnice I.třídy	1726, 93
Silnice II.třídy	3620, 62
Silnice III.třídy	5731, 06
CELKEM	11484, 89

Tabulka 3 Počet kilometrů jednotlivých typů pozemních komunikací v zájmovém území (Friedlová).

V UAT polygonech je všech silnic dohromady 5 791 km, na fragmentovaném území pak 5 821 km.

Dále mohly proběhnout výpočty kolizí na kilometr délky komunikace a na kilometr čtvereční v UAT polygonech, na fragmentovaném území a na jejich hranici

	PLOCHA KM ²	POČET KOLIZÍ	DÉLKA KOMUNIKACÍ	KOLIZE/KM	KOLIZE/KM ²
UAT POLYGONY	12 398	5217	5791	0,9	0,42
FRAGMENTOVANÁ PLOCHA	9 335	8545	5821	1,47	0,92
HRANICE	101	444	265	1,68	4,39
CELKEM	21 834	14 206	11 877	1,196	0,65

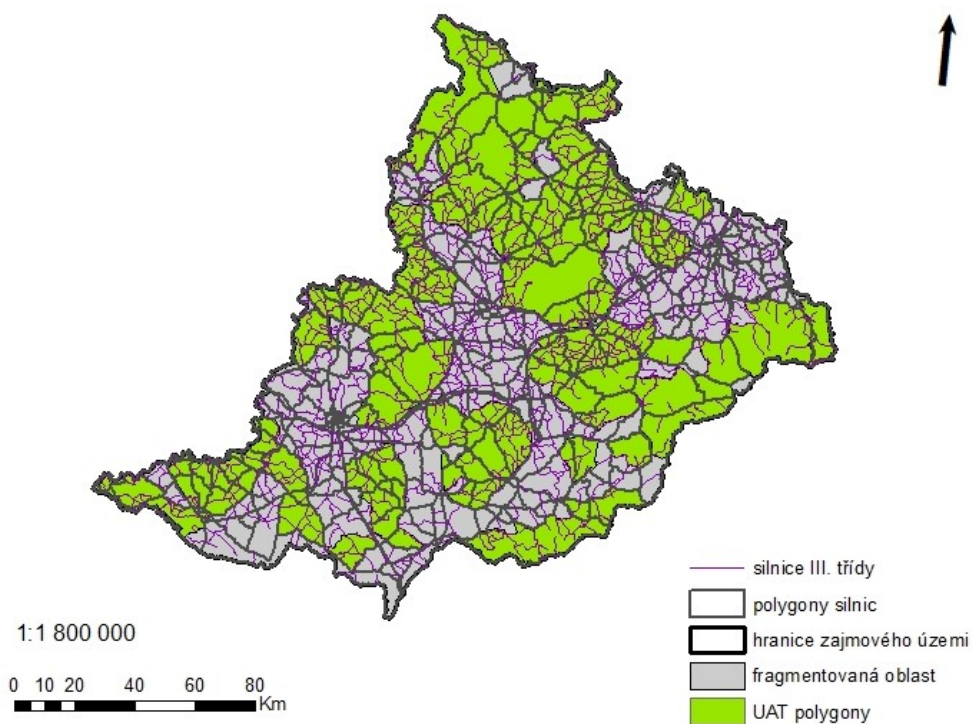
Tabulka 4 Počet kolizí na kilometr délky komunikace a na kilometr čtvereční v zájmovém území během let 2007 až 2014 (Friedlová).

Na zkoumaném území čtyř krajů sice zaujmají UAT polygony větší plochu než fragmentovaná plocha, ale délka komunikací je srovnatelná. Přesto došlo v UAT polygonech pouze k 5217 kolizím oproti fragmentované ploše, kde došlo za stejné období k 8545 střetům, což je o 3328 více.

Přepočet kolizí na kilometr délky komunikace i kilometr čtvereční plochy vyšly v obou případech v neprospěch fragmentované plochy.

Zásadně vyšší hodnota pak vyšla v hraniční oblasti při přepočtu kolize na kilometr čtvereční rozlohy, a to asi 4,5 násobná oproti fragmentované oblasti.

Další analýzy byly provedeny s polygony tvořenými dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy. Silnice III. třídy byly ponechány beze změny.



Obrázek 17 Polygony vytvořené dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy (Friedlová).

Rozdělení silnic III. třídy na zkoumaném území je ve prospěch UAT polygonů, na kterých se nachází 3191 km. Na fragmentované ploše leží 2540 km tohoto typu komunikace.

Nově vzniklé polygony silnic byly rozděleny na ty, které leží na fragmentované ploše a na ty, které se nachází na ploše UAT. Na fragmentované ploše se nachází 385 polygonů, zatímco na ploše UAT 254. Průměrná velikost polygonu ve fragmentované oblasti činí 24 km² a maximální velikost je 561,7 km². Na ploše UAT jde o průměr 49 km² a maximální plochu 364,3 km².

	POČET POLYGONŮ	PRŮM. VELIKOST POLYGONU V KM ²	DÉLKA SILNICE III.TŘÍDY	POČET KOLIZÍ
FRAGMENTOVANÁ OBLAST	385	24	2541	8545
UAT POLYGONY	254	49	3191	5217

Tabulka 5 Základní údaje o polygonech tvořenými dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy (Friedlová).

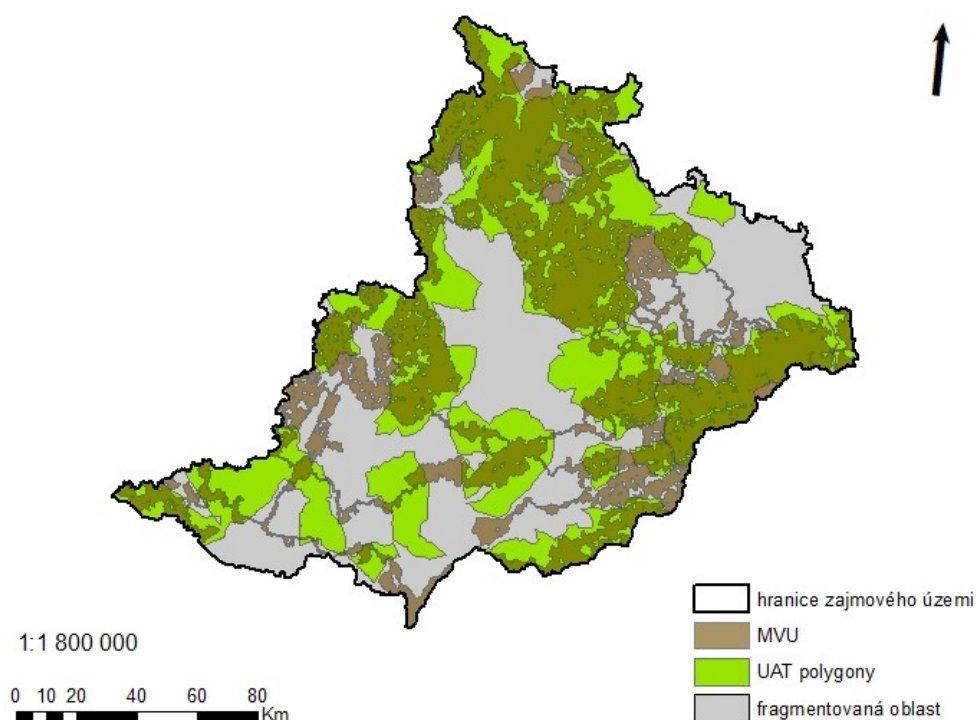
Při porovnání výsledků v tabulce níže, tedy počtu kolizí na kilometr délky komunikace a kolizí na kilometr čtvereční, došlo v obou případech k více střetům ve fragmentované oblasti.

	KOLIZE/KM	KOLIZE/KM ²	KOLIZE/POLYGON
FRAGMENTOVANÁ OBLAST	3,36	0,69	22,19
UAT POLYGONY	1,63	0,56	20,53

Tabulka 6 Porovnání počtu kolizí na kilometr délky komunikace a na kilometr čtvereční ve fragmentované i nefragmentované části (Friedlová).

Celkově vychází více kolizí na km komunikace i km² pro polygon fragmentované oblasti. Vzhledem k většímu počtu fragmentovaných oblastí oproti polygonům překrývající UAT polygony si tento výsledek můžeme ještě ověřit počtem kolizí na polygon, kde se opět ukazuje fragmentovaná oblast jako rizikovější.

Jako poslední bylo potřeba porovnat UAT polygony a MVÚ.



Obrázek 18 UAT polygony, fragmentovaná oblast a MVÚ (Friedlová).

Celková rozloha MVÚ ve studovaném území je 8662 km², což je 39 % rozlohy zájmového území. V porovnání s rozlohou UAT polygonů, které se rozprostírají na 57 % plochy, se jedná o poměrně vyrovnanou situaci.

Plochu UAT polygonů tvoří z 53 % MVÚ. Z pohledu zastoupení UAT polygonů v MVÚ se jedná o 6631 km² plochy, což je po přepočtu 76 %. Z toho je zřejmé, že většina MVÚ se rozprostírá v nefragmentované části, což znamená i vyšší trvalý výskyt druhů a lepší migrační propustnost v těchto částech.

6. DISKUZE

WVC představuje vztah mezi srážkami vozidel a volně žijících živočichů a fragmentací krajiny. Tato diplomová práce se snaží porozumět, analyzovat a vyhodnotit souvislosti mezi pozemní dopravou a prostředím nejen okolo komunikací. Dále je cílem poskytnout data, která by mohla do budoucna posloužit k návrhům případných opatření, která by zmírnila počet i dopady kolizí vozidel se zvěří.

První část práce se věnovala rešerši zahraničních zdrojů. Autoři se shodují na tom, že lidé svou aktivitou změnili zemi již mnoha způsoby, ale jedním z nejrozsáhlejších vlivů člověka na životní prostředí je právě proces fragmentace, tedy dělení krajiny na menší části, které postupně ztrácejí potenciál k vykonávání původních ekologických funkcí. Zjištěné informace o WVC z mnoha odborných výzkumů, ať už z USA, Španělska, Estonska, Německa, ale i České republiky a dalších zemí, je možno rozdělit na několik zásadních částí.

Faktory WVC

Kolize vozidel a volně žijících živočichů (WVC) představuje skutečně závažný problém pro všechny oblasti světa, kde je druhově rozmanitá fauna a rozvinutá silniční doprava. Vliv fragmentace na četnost kolizí dopravních prostředků s volně žijícími živočichy je nesporný. Velký vliv na kolize má však také konkrétní oblast, kde se vyskytují jednotlivé druhy zvířat, neboť velcí savci či sovy jsou ke kolizím náchylnější z důvodu způsobu svého chování. To potvrzuje i srovnání diplomové práce s Rechnerovou (2019), kdy výsledky obou studií, tedy srovnání střetů ve fragmentovaných a nefragmentovaných oblastech, dopadly odlišně, přestože se jedná o sousedící regiony na relativně malém území České republiky. Kolize mohou být dále ovlivněny například ročním obdobím nebo fází měsíce. Ta totiž může ovlivňovat nejen viditelnost pro řidiče, ale také vzorce nočních aktivit zvěře.

V případě konkrétních zkoumaných oblastí rozhoduje členitost terénu, přítomnost stromů a keřů podél silnice, vzdálenost a hustota lesa od komunikace. Všechny zmíněné okolnosti mají společné, že omezují výhled řidiče z vozidla, což nutně nemusí znamenat přizpůsobení rychlosti a zároveň ovlivňují chování volně žijící

zvěře. Tyto faktory mohou vést k pravděpodobnějšímu střetu vozidla s živočichem. Podle studie provedené Bilem et al., (2019), se ukázalo, že každým metrem, kterým se řidič vzdaluje od lesního porostu, se snižuje pravděpodobnost kolize. Výsledkem práce pak byly konkrétní údaje – při vzdálenosti 10, 50 a 100 metrů od lesa představuje snížení rizika srážky o 2,6 %, 12,2 % a 22,9 %. Tato studie je podpořena dalším názorem, kdy redukce vegetace podél silnic napomáhá dřívějšímu zpozorování zvěře, která by mohla v daném místě křížit komunikaci (Kušta et al., 2017).

Fernández (2008) zkoumal význam frekvence provozu a fragmentace krajiny v souvislosti s nehodovostí. Ve výsledcích uvedl, že i když má fragmentované území nižší rozlohu než UAT polygony, vyskytlo se tam více kolizí. Konkrétně se od roku 2007 do roku 2014 stalo 58,38 % nehod mimo polygony UAT. To potvrzuje i náš výsledek, který značí že se 61,05 % střetů ve fragmentované oblasti a 38,95 % nehod v UAT polygonech. Hovoří se tedy, že v souvislosti v WVC je struktura krajiny významnějším ukazatelem, než objem dopravy (Keken et al., 2016).

Střety se zvěří jsou většinou způsobeny kombinací mnoha vlivů. Právě proto je v podstatě nemožné navrhnout jedno univerzální řešení, které by bylo aplikováno na veškeré problematické oblasti po celém světě. Odhaduje se, že pouze 25–60 % nehod je hlášeno a zaznamenáno, takže data nemohou být nikdy přesná. Navíc jsou GPS souřadnice místa střetu zaznamenány pouze v případě, pokud na místo nehody dorazí Policie ČR. Ani data získaná tímto způsobem nejsou přesná a neodráží skutečný stav. Na druhou stranu jsou zaznamenané nehody díky GPS souřadnicím celkem přesné (je nutno započítat odchylky jednotlivých záznamových GPS zařízení) a především díky nim je v dnešní době možné identifikovat kritické oblasti, kde dochází k největšímu počtu střetů se zvěří.

Z kraje sledovaného období, tedy mezi lety 2007 a 2008 sice došlo k poklesu počtu kolizí se zvěří ale od roku 2009 až do roku 2014 se počty nehod neustále zvyšují a předpokládá se, že je tomu tak i nadále po zkoumaném období až do současnosti. Zásadní rozdíl mezi lety 2008 a 2009 je přisuzován především změně legislativy, která určuje, kdy je povinné policii k nehodě přivolat.

UAT Polygony

Na analyzovaném území čtyř regionů je v přepočtu 57 % plochy tvořeno UAT polygony, což je v porovnání s výsledky na celém území České republiky o 13 % méně (Anděl et al., 2005). Ve zkoumaných regionech není tak rozvinutá silniční síť a intenzita dopravy, jako v jiných krajích. Nicméně i ve zkoumaných oblastech se předpokládá, že brzy bude dosaženo limitní hodnoty 1000 vozidel za den a tím dojde k rozdělení UAT polygonů. Na základě provedené simulace se předpokládá další zmenšování ploch UAT polygonů. Jen od roku 2000 do roku 2013 došlo ke zmenšení ploch UAT polygonů o zhruba 5 % a na základě simulace by se do roku 2025 měly UAT polygony zmenšit o dalších 13 %. Ve zmíněných cifrách není započtena výstavba nových úseků silnic a dálnic, což bude mít za následek ještě větší fragmentaci (Anděl et al., 2005).

Z výsledků námi analyzovaných čtyř regionů je zřejmé, že ve fragmentované oblasti dochází k většímu počtu střetů se zvířeti na kilometr silnice i kilometr čtvereční plochy než v nefragmentovaných oblastech. Přestože UAT polygony tvoří větší celky nefragmentovaných ploch, kde je možný volnější pohyb zvířete, tak je výskyt nehod nižší. K opačným výsledkům došla Rechnerová (2019), která zjistila větší nehodovost v UAT polygonech na kilometr čtvereční i kilometr délky v regionech Královehradeckém, Pardubickém a Vysočině. V další studii zabývající se Ústeckým, Libereckým a Středočeským regionem, došel k odlišným výsledkům Fernández (2018), který zjistil, že je ve fragmentované části větší nehodovost na kilometr délky silnice, ale méně na kilometr čtvereční.

Při samotné analýze bylo nejprve potřeba zvektorizovat UAT polygony a poté vyjmout studované území a sjednotit vrstvy. Následně proběhla identifikace fragmentované a nefragmentované části a poté mohla být přidána vrstva UAT polygonů. Zvolená metoda je relativně přesná, nicméně pro detailnější výsledky by bylo zapotřebí pracovat s dalšími proměnnými jako např. struktura krajiny, migrační koridory v jednotlivých krajích, blízkost zastavěných oblastí, územní systém ekologické stability a především pak pracovat s přírodními hranicemi, které volně žijící živočichové respektují.

Návrh řešení

Bezpečnost silničního provozu a ochrana volně žijících živočichů je prioritou a na této skutečnosti je třeba stavět. Existuje mnoho způsobů a nástrojů, jak predikovat riziko střetu vozidla se zvěří. Ať už to jsou nejmodernější údaje o klimatických podmínkách, změnách, využívání půdy nebo vlastnosti komunikací. Je zapotřebí hledat takové nástroje, které by byly efektivní a schopné minimalizovat rizika střetu. Je důležité věnovat pozornost místům, kde zvěř kříží komunikaci za účelem migrace nebo hledání potravy. Po identifikaci těchto míst a míst hotspotů se poznatky mohou dále zahrnout do plánování a výstavby nových komunikací a snížit tak počet nehod – například pomocí oplocení, ekodukty nebo přizpůsobení komunikace (Luell, 2003). Právě hotspoty pak mohou být ideální pro cílenou aplikaci opatření a dalších technických řešení, jakožto místa s malou rozlohou a vysokou koncentrací nehod.

Pro lepší predikci případných kolizí je zapotřebí získat další informace, provádět výzkumy, analýzy i simulace, do kterých je třeba vložit nemalé finanční prostředky. Ty by se ale časem měly vrátit na ušetřených škodách na majetku, životech lidí a samozřejmě zvěře. Právě volně žijící živočichové jsou hlavní neznámou celé problematiky. Je nezbytné nadále zkoumat jednotlivé živočišné druhy, jejich výskyt, migrační návyky, potřeby a další faktory, které zvěř ovlivňují. Přínosné jsou analýzy a studie dokazující naopak neúčinnost některých opatření. Na základě německého experimentu bylo například prokázáno, že vybraná reflexní varovná světla nejsou pro zvěř vhodná a kolizím s dopravním prostředkem účinně nezabraňují. Ušetřené finanční prostředky na neefektivních řešeních se pak mohou vynaložit jinak. Mezi návrhy na zlepšení patří ochrana či vytváření takzvané zelené infrastruktury, omezení rychlosti či objemu provozu. Intenzita dopravy ale není celoročně a na všech druzích silnic tou nejdůležitější příčinou kolizí. Účinná opatření by měla být navržena i podle cyklů činností zvířat, které jsou ovlivněné mimo jiné ročním obdobím, změnou vegetace, dostupností potravy nebo reprodukčním chováním.

Veškeré nabyté poznatky, informace a zkušenosti je do budoucna potřeba zohlednit i při plánování rekonstrukcí pozemních komunikací, a při uzemním plánování výstavby nových úseků, na kterých bude třeba aplikovat opatření na zmírnění kolizí založeném na výše zmíněných skutečnostech a předávat nové postupy a řešení dál.

Je důležité, aby každý stát či region měl i vlastní výzkum, studie a specifická řešení, neboť se vzájemně liší jak infrastruktura a podnebí daného území, tak druhy zvěře, které v dané lokalitě žijí.

7. ZÁVĚR

Po pečlivé analýze střetů vozidel se zvěří ve čtyřech zvolených regionech je zřejmé, že postupující fragmentace krajiny má zásadní negativní vliv na život volně žijících živočichů, jejich migraci, získávání potravy ale i rozmnožování a odpočinek. Z dat Policie ČR bylo podle předpokladu zjištěno, že se mezi lety 2009 až 2014 každoročně zvyšoval počet střetů se zvěří v rámci celé České republiky a zmenšování UAT polygonů je tak aktuální problém, který by se měl komplexně řešit.

Po shrnutí výsledků práce bylo zjištěno, že nehod pro zkoumanou oblast bylo výrazně více ve fragmentovaných oblastech, než v UAT polygonech, a to jak v průměru na kilometru komunikace, tak v průměru na kilometru čtverečním území.

Není bez zajímavosti, že po porovnání výsledků WVC ve fragmentované oblasti a UAT polygonech došla k opačným výsledkům Rechnerová (2019), která analyzovala Královehradecký, Pardubický kraj a Vysočinu. Počet kolizí v rámci jednotlivých regionů v UAT polygonech by tak mohl souviset například s členitostí terénu, kdy byly v této práci zkoumány regiony s vyšším počtem silnic v horských oblastech, na kterých se obecně jezdí pomaleji. Zásadním faktorem může být i zalesnění v okolí silnic, intenzita dopravy a přirozený výskyt zvěře blíže komunikaci. Dalším faktorem může být samotná velikost UAT polygonů, od které by se mohla odvíjet například pozornost zvěře a případný čas na únik před jedoucím vozidlem.

Na základě těchto i dalších podnětů a skutečností by mohly být výsledky podrobeny porovnání, dalšímu zkoumání a analýzám v programu ArcGIS. Samotný problém fragmentace krajiny je dán především každoročním rozšíření sítě pozemních komunikací a zvyšující se intenzitou dopravy a i tato skutečnost by se měla promítnout při budoucím územním plánování, před výstavbou nových silnic v nefragmentovaných oblastech. Výsledky také mohou být použity pro vytipování rizikových míst, na kterých by se mohla přednostně vybudovat protipatření.

8. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

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

Anděl P., Mináriková T., Andreas M., 2010: Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce. Evernia, Liberec, ISBN 978-80-903787-5-9.

Anděl P., Petržílka, L., Gorčicová, I., 2010: Indikátory fragmentace krajiny. Evernia, Liberec, ISBN 978-80-903787-7-3.

Dover J., 2015: Green infrastructure: incorporating plants and enhancing biodiversity in buildings and urban environments. New York. ISBN 978-0-415-52123-9.

Galvin A., Reid S., Behnke H., Hobbs N., 2005: Fragmentation in Semi-Arid and Arid Landscape: Consequences for Human and Natural Systems. Springer, Netherlands, ISBN 978-1-4020-4905-7.

Krönert R., Steinhardt U., Volk M., 2001: Landscape balance and landscape assessment. Springer, New York, ISBN 35-406-7399-7.

Lindenmayer D., Fischer J., 2006: Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis. Island Press, Washington, D.C., ISBN 1-59726-021-5.

Maehr S., Noss F., a Larkin L., 2001: Large mammal restoration: ecological and sociological challenges in the 21st century. Island Press, Washington, DC., ISBN 15-596-3817-6.

Internetové zdroje:

Benten A., Hothorn T., Vor T., Ammer CH., 2018: Wildlife warning reflectors do not mitigate wildlife–vehicle collisions on roads 120: 64-73.

Britannica Academic, 2018: Convention on Biological Diversity, online: <https://academic-eb-com.ezproxy.techlib.cz/levels/collegiate/article/Convention-on-Biological-Diversity/438722> 14.10.2018.

Colino-Rabanal J., Langen A., Peris J., Lizana M., 2018: Ungulate: vehicle collision rates are associated with the phase of the moon. *Biodiversity and Conservation* 27(3): 681–694.

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.

Deslauriers R., Asgary A., Ghazoul J., Jaeger J.A.G., Nazamia N., 2018: Implementing the connectivity of natural areas in cities as an indicator in the City Biodiversity Index (CBI). *Ecological Indicators* 94: 114-115.

Fu W., Liu S., Degloria D., Dong S., Beazley R., 2010: Characterizing the “fragmentation–barrier” effect of road networks on landscape connectivity: A case study in Xishuangbanna, Southwest China. *Landscape and Urban Planning* 95: 122-129.

Iuell B., 2003: Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions, in The XXIInd 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.

Jaeger J.A.G., Bertiller R., Schwick CH., Muller K., Steinmeier CH., Ewald C., Ghazoul J., 2008: Implementing Landscape Fragmentation as an Indicator in the Swiss Monitoring System of Sustainable Development (Monet). *Journal of Environmental Management* 88(4): 737-751.

Janus J., Mika M., Leń P., Siejka M., Tazsakowski J., 2016: A new approach to calculate the land fragmentation indicators taking into account the adjacent plots. *Survey Review* 50: 1-7.

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.

Kolowski M., Nielsen K., 2008: Using Penrose distance to identify potential risk of wildlife–vehicle collisions. *Biological Conservation* 141: 1119-1128.

Kruise M., Enno S., Oja T., 2016: Temporal patterns of wild boar-vehicle collisions in Estonia, at the northern limit of its range. *European Journal of Wildlife Research* 62(6): 787–791.

Křováková K., Semerádová S., Mudrochová M., Skaloš J., 2015: Landscape functions and their change – a review on methodological approaches. *Ecological Engineering* 75: 378-383.

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.

Lagos, L., Picos, J., Valero, E., 2012: Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain. *European Journal of Wildlife Research* 58(4): 661–668.

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

Llausàs A., Nogué J., 2012: Indicators of landscape fragmentation: The case for combining ecological indices and the perceptive approach. *Ecological Indicators* 15: 85-91.

Mccollister M., Van Manen F., 2010: Effectiveness of Wildlife Underpasses and Fencing to Reduce Wildlife-Vehicle Collisions. *Journal of Wildlife Management* 74: 1722-1731.

Mrtka, J., 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(1): 51–54.

Pankakoski T., Vihma A., 2017: Fragmentation in International Law and Global Governance: A Conceptual Inquiry. *Contributions to the History of Concepts* 48.

Pielke R., 2011: Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence. *WIREs Clim Change* 2(6): 828-850.

Pujades E., López A., Carrera J., Vázquez-Suñé E., Jurado A., 2012: Barrier effect of underground structures on aquifers. *Engineering Geology* 145-146: 41-49.

Sáenz de Santa María, A., Tellería J., 2015: Wildlife-vehicle collisions in Spain. *European Journal of Wildlife Research* 61: 399-406.

Selva N., Switalski A., Kreft S., Ibsch P., 2015: Why Keep Areas Road-Free? The Importance of Roadless Areas. *Handbook of Road Ecology* 61(3): 16-26.

Shaker R.B., 2018: Examining sustainable landscape function across the Republic of Moldova. *Habitat International Volume* 72(3): 77-91.

Schmiedel, I., Culmsee H., 2016: The influence of landscape fragmentation, expressed by the 'Effective Mesh Size Index', on regional patterns of vascular plant species richness in Lower Saxony, Germany. *Landscape and Urban Planning* 153: 209-220.

Tejera, G., Beneharo R., Carlos A., Airam R., 2018: Wildlife-vehicle collisions in Lanzarote Biosphere Reserve, Canary Islands. *PLoS One* 13: 77-91.

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, 1.2. 2019.

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>, 4. 2. 2019.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění. Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.

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.

Dagmar Rechnerová, 2019: WVC (Wildlife vehicle collisions) versus stupeň fragmentace krajiny. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 78 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Tabulka 1 Rozloha nefragmentované a fragmentované plochy v zájmovém území (Friedlová).	40
Tabulka 2 Kolize pro jednotlivé roky 2007-2014 v UAT polygonech, fragmentovaném území a v jejich hranici měřící 40m (Friedlová).	43
Tabulka 3 Počet kilometrů jednotlivých typů pozemních komunikací v zájmovém území (Friedlová).	44
Tabulka 4 Počet kolizí na kilometr délky komunikace a na kilometr čtvereční v zájmovém území během let 2007 až 2014 (Friedlová).	44
Tabulka 5 Základní údaje o polygonech tvořenými dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy (Friedlová).	46
Tabulka 6 Porovnání počtu kolizí na kilometr délky komunikace a na kilometr čtvereční ve fragmentované i nefragmentované části (Friedlová).	46
Obrázek 1 Nefragmentovaná plocha UAT (Anděl et al., 2005).	19
Obrázek 2 Kvalita polygonů UAT (Anděl et al., 2005).	19
Obrázek 3 Migrační významná území v ČR (Anděl et al., 2010).	23
Obrázek 4 Migrační významná území v ČR (Anděl et al., 2010).	23
Obrázek 5 Mapa kategorizace území ČR z hlediska výskytu a migrací velkých savců (Anděl et al., 2005).	24
Obrázek 6 Vývoj fragmentace krajiny dopravou UAT - 1980, 2005 a s prognózou 2040 (Anděl et al., 2010).	32
Obrázek 7 Znázornění čtyř sledovaných krajů (Friedlová).	33
Obrázek 8 Rozdělení území Jihomoravského, Olomouckého, Zlínského a Moravskoslezského kraje na UAT polygony a fragmentované oblasti (Friedlová).	34
Obrázek 9 Kolize během let 2007 – 2014 na území Jihomoravského, Olomouckého, Zlínského a Moravskoslezského kraje (Friedlová).	35
Obrázek 10 Dálnice a silnice I., II., a III. třídy na území Jihomoravského, Olomouckého, Zlínského a Moravskoslezského kraje (Friedlová).	36
Obrázek 11 UAT polygony, fragmentovaná oblast a hranice mezi nimi na území Jihomoravského, Olomouckého, Zlínského a Moravskoslezského kraje (Friedlová).	37
Obrázek 12 Porovnání UAT polygonů pro rok 2005 a 2013 (Friedlová).	39
Obrázek 13 Počty kolizí v jednotlivých letech na studovaném území (Friedlová).	40
Obrázek 14 Kolize během let 2007 až 2014 na fragmentovaném území (Friedlová).	41
Obrázek 15 Kolize během let 2007 až 2014 v UAT polygonech (Friedlová).	41
Obrázek 16 Kolize během let 2007 až 2014 na hranici FÚ a UAT polygonech (Friedlová).	42
Obrázek 17 Polygony vytvořené dálnicemi a silnicemi I. a II. třídy (Friedlová).	45
Obrázek 18 UAT polygony, fragmentovaná oblast a MVÚ (Friedlová).	47