

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**

**BLACKSPOTS: FRAGMENTACE KRAJINY A JEJÍ VLIV
NA VYŠŠÍ INCIDENCI KOLIZÍ DOPRAVNÍCH
PROSTŘEDKŮ S LESNÍ ZVĚŘÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE



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

Diplomant: Bc. Anna Helvigová

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Anna Helvigová

Ochrana přírody

Název práce

Blackspots: fragmentace krajiny a její vliv na vyšší incidenci kolizí dopravních prostředků s lesní zvěří

Název anglicky

Blackspots: landscape fragmentation and its influence on higher incidence of wildlife vehicle collisions

Cíle práce

Cílem diplomové práce je identifikovat tzv. "blackspots" za které považujeme místa konfliktů, jež jsou specifická vyšší incidencí kolizí dopravních prostředků s lesní zvěří. Tyto místa budou následně podrobeny analýzám z hlediska vlivu fragmentace krajiny na jejich vzniku.

Metodika

Analýza bude založena na identifikaci "blackspots" a následném detailním terénním průzkumu těchto lokalit. Dále bude zjišťována míra fragmentace, velikost zůstatkové plochy v nefragmentovaném polygonu a míra nehodovosti po obvodu jednotlivých polygonů. 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 a cca 10 stran příloh

Klíčová slova

land use, land cover, GIS, wildlife vehicle collisions, road ecology

Doporučené zdroje informací

- Ascensao, F., Clevenger, A., Santos-Reis, M., Urbano, P., Jackson, N., 2013. Wildlife–vehicle collision mitigation: Is partial fencing the answer? An agent-based model approach. *Ecological Modelling* 257: 36-43.
- Borkovcová, M., Mrtka, J., Winkler, J., 2012. Factors affecting mortality of vertebrates on the roads in the Czech Republic. *Transportation Research Part D* 17: 66–72.
- Clevenger, A., P., Waltho, N., 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological conservation* 121: 453-464.
- Coffin, W., A., 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15: 396–406.
- Gonser, R., A., Jensen, R., R., Wolf, S., E., 2009. The spatial ecology of deer–vehicle collisions. *Applied Geography* 29: 527–532.
- Hlaváč, V., Anděl, P., 2001. Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy. AOPK ČR, Praha.
- Keken, Z., Ježek, M., Kušta, T., 2011. Vliv silnic a silniční dopravy na životní prostředí a definování plochy přímého impaktu. *Acta Pruhonicensiana*, 99: 183-188.
- Kusta, T., Keken, Z., Jezek, M., Kuta, Z., 2015. Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife-vehicle collisions: a case study in Central Bohemia, Czech Republic. *Transportation Research part D: Transport and Environment* 38: 1-5.
- Kušta, T., Keken, Z., Bartak, V., Hola, M., Jezek, M., Hart, V., Hanzal, V., 2014. The Mortality Patterns of Wildlife-vehicle collisions in the Czech Republic. *North Western Journal of Zoology* 10(2): 393 – 399.
-

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2017

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 2. 4. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 10. 04. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Ing. Zdenka Kekena, Ph.D. a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem v průběhu psaní práce čerpala.

V Praze dne 18. 4. 2017

.....

Poděkování

Ráda bych v první řadě poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Zdenku Kekenovi, Ph.D. za poskytování odborných rad, věcných připomínek, ochotu a vstřícný přístup během zpracovávání této práce.

Mé poděkování patří také Ing. Ondřeji Lagnerovi za ochotné jednání a rady při tvorbě mapových analýz a výstupů.

Velké poděkování náleží také celé mé rodině za podporu, trpělivost a povzbuzování, a to nejen po dobu zpracovávání diplomové práce, ale i po dobu celého mého studia.

V Praze dne 18. 4. 2017

.....

Abstrakt

Cílem diplomové práce je popsat příčiny a důsledky fragmentace, která často negativně ovlivňuje populace živočichů. Část této diplomové práce je zaměřena na dopravní infrastrukturu jakožto na jednu z hlavních příčin fragmentace krajiny. Výstavba dopravní sítě je doprovázena spoustou dalších negativních faktorů, jako je například bariérový efekt, zábor stanovišť či znečišťování a rušení v okolí vozovek. V neposlední řadě jsou komunikace také příčinou střetů volně žijících živočichů s vozidly, jelikož vytváří překážky, které živočichům komplikují volný průchod krajinou při jejich krátkodobé a dlouhodobé migraci a denně takto přijdou o život stovky zvířat. Nutno podotknout, že tento problém mnohdy zasahuje i do života lidí, jelikož při těchto střetech může dojít jak k vysokým ztrátám na majetku, tak rovněž však ke zranění nebo dokonce usmrcení člověka. Práce je proto zaměřena především na problematiku kolizí vozidel s volně žijícími živočichy.

Co se týče geografického vymezení studie, je diplomová práce zaměřena specificky na oblast Ústeckého a Libereckého kraje. Práce obsahuje mapové výstupy ze softwaru ArcGIS, v nichž jsou graficky zobrazena místa dopravních nehod s volně žijící zvěří, která se udála ve zmíněných krajích za roky 2010 až 2014. Tato zobrazení pak umožňují grafické znázornění míst, kde dochází k největším koncentracím zkoumaného druhu nehod. Cílem je identifikovat tzv. „*blackspots*“, za které považujeme místa konfliktů, jež jsou specifická vyšší incidencí kolizí dopravních prostředků s lesní zvěří. Tato místa jsou následně podrobeny analýzám z hlediska vlivu fragmentace krajiny na jejich vznik.

Klíčová slova:

Fragmentace, Bariérový efekt, Dopravní kolize, Volně žijící živočichové, Kolize se zvěří, Migrace, Land use, Land cover, Silniční ekologie, Česká republika, Ústecký kraj, Liberecký kraj, GIS

Abstract

The aim of this thesis is to describe the causes and consequences of fragmentation that often negatively affects populations of animals. Part of this thesis is focused on transport infrastructure as one of the main causes of landscape fragmentation. Construction of the transport network is accompanied with creation of many negative factors, such as the barrier effect, annexation of habitats or occurrence of pollution and noise in the surroundings of roadways. At last but not least, the existence of transport infrastructure also causes collisions between wildlife and vehicles, as it creates barriers that complicate the free passage of animals during their short and long-term migration which results in death of hundreds of animals. It should be noted that this problem often affects people's lives too, because those accidents can result in high losses on the property, injuries or even deaths of people. The thesis is therefore focused on the issue of vehicle collisions with wildlife.

Geographically the thesis focuses specifically on the area of Ústí and Liberec Region. The thesis includes map outputs of ArcGIS software, where are graphically displayed site accidents with wildlife that occurred in aforementioned regions during the years from 2010 to 2014. The display then allow a graphical representation of locations where happens the largest concentrations of this kind of accidents. The main goal is to identify so-called "*blackspots*", that are locations which are specific for a higher occurrence of vehicle collisions with wildlife. These locations are then further analyzed in terms of the impact of landscape fragmentation on their creation.

Keywords:

Fragmentation, Barrier effect, Traffic collision, Wild-life animals, Wildlife vehicle collisions, Migration, Land use, Land cover, Road ecology, Czech Republic, Usti Region, Liberec Region, GIS

Obsah

1	Úvod	12
2	Cíle práce	14
3	Literární rešerše	15
3.1	Fragmentace krajiny	15
3.1.1	Příčiny fragmentace	15
3.1.2	Důsledky fragmentace.....	18
3.1.3	Doprava jako příčina fragmentace a její vliv na populace.....	19
3.2	Vztah fragmentace a jednotlivých druhů živočichů	25
3.2.1	Citlivost druhů ve vztahu k fragmentaci	25
3.2.2	Druhy živočichů dotčené fragmentací v rámci ČR.....	28
3.3	Problematika dopravních kolizí se zvěří	31
3.3.1	Obecné dopady dopravních kolizí s živočichy.....	33
3.3.2	Nehodovost v České republice.....	36
3.3.3	Kategorizace dopravních staveb dle vlivu na živočichy	41
3.3.4	Chování živočichů při kontaktu s komunikací.....	44
3.3.5	Dotčené druhy živočichů kolizemi s vozidly v rámci ČR.....	49
3.4	Zmírňující opatření	51
3.5	Využití GIS v otázce dopravních kolizí	53
3.6	Stručná charakteristika zkoumaného území	55
3.6.1	Liberecký kraj	55
3.6.2	Ústecký kraj	56
4	Metodika	57
4.1	Literární rešerše	57
4.2	Studie	57
5	Výsledky a přínos práce.....	59

5.1	Místa a shluky dopravních nehod.....	59
5.1.1	Rok 2010	59
5.1.2	Rok 2011	60
5.1.3	Rok 2012	61
5.1.4	Rok 2013	62
5.1.5	Rok 2014	63
5.1.6	Zastoupení typů komunikací v celkovém počtu dopravních nehod.	64
5.1.7	Oblasti s vyšší incidencí kolizí.....	64
5.2	Velikost fragmentů vs. počet nehod	70
6	Diskuze	73
7	Závěr.....	77
8	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	79
8.1	Tištěné zdroje	79
8.2	Internetové zdroje	83
8.3	Zákony	86
8.4	Zdroje obrázků.....	86
8.5	Zdroje dat.....	87
9	Přílohy	88

Seznam obrázků

Obrázek 1	Příklad fragmentace biotopů v ČR	16
Obrázek 2	Roztříštěnost biotopů v ČR – okolí Prahy – Zbraslav	17
Obrázek 3	Kontakt dopravních staveb se zvěří.....	25
Obrázek 4	Srážka losa evropského v Pošumaví.....	31
Obrázek 5	Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2007	36
Obrázek 6	Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2008	37
Obrázek 7	Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2009	37
Obrázek 8	Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2010	37

Obrázek 9 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2011	38
Obrázek 10 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2012	38
Obrázek 11 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2013	38
Obrázek 12 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2014	39
Obrázek 13 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2015	39
Obrázek 14 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2016	39
Obrázek 15 Podíl nehod s lesní a domácí zvěří z celkového počtu nehod	40
Obrázek 16 Počet usmrčených osob při srážkách s lesní nebo domácí zvěří	40
Obrázek 17 Kontakt železničních staveb se zvěří.....	44
Obrázek 18 Prase divoké v kontaktu s komunikací (východní část Prahy).....	50
Obrázek 19 Příklad ekoduktu.....	51
Obrázek 20 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Ústecký kraj, 2010)	59
Obrázek 21 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Liberecký kraj, 2010)	60
Obrázek 22 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Ústecký kraj, 2011)	60
Obrázek 23 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Liberecký kraj, 2011)	61
Obrázek 24 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Ústecký kraj, 2012)	61
Obrázek 25 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Liberecký kraj, 2012)	62
Obrázek 26 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Ústecký kraj, 2013)	62
Obrázek 27 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Liberecký kraj, 2013)	63
Obrázek 28 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Ústecký kraj, 2014)	63
Obrázek 29 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Liberecký kraj, 2014)	64
Obrázek 30 Zastoupení typů komunikací v celkovém počtu dopravních nehod	64
Obrázek 31 Území se zvýšeným počtem kolizí – okolí Nového Boru (ZM ČR)	65
Obrázek 32 Území se zvýšeným počtem kolizí – okolí Nového Boru (Ortofoto).....	65
Obrázek 33 Území se zvýšeným počtem kolizí – okolí Chrastavy (ZM ČR).....	66
Obrázek 34 Území se zvýšeným počtem kolizí – okolí Chrastavy (Ortofoto)	66
Obrázek 35 Území se zvýšeným počtem kolizí – Česká Lípa-Jestřebí (ZM ČR)	67
Obrázek 36 Území se zvýšeným počtem kolizí – Česká Lípa-Jestřebí (Ortofoto)	68
Obrázek 37 Území se zvýšeným počtem kolizí – D8 (ZM ČR)	69
Obrázek 38 Území se zvýšeným počtem kolizí – D8 (Ortofoto).....	69
Obrázek 39 Fragmenty vytvořené komunikacemi 1. třídy.....	70

Seznam tabulek

Tabulka 1 Velikost fragmentů a hustota silniční sítě uvnitř	70
Tabulka 2 Počet nehod vztažený k ploše a délce vnitřních komunikací (2010)	71
Tabulka 3 Počet nehod vztažený k ploše a délce vnitřních komunikací (2011)	71
Tabulka 4 Počet nehod vztažený k ploše a délce vnitřních komunikací (2012)	72
Tabulka 5 Počet nehod vztažený k ploše a délce vnitřních komunikací (2013)	72
Tabulka 6 Počet nehod vztažený k ploše a délce vnitřních komunikací (2014)	72

Seznam příloh

Příloha 1 Administrativní členění Libereckého kraje	89
Příloha 2 Liberecký kraj – přírodní a urbanizovaná území.....	90
Příloha 3 Administrativní členění Ústeckého kraje	91
Příloha 4 Ústecký kraj – přírodní a urbanizovaná území.....	92
Příloha 5 Místa nehod s volně žijící zvěří a jejich shluky (2010).....	93
Příloha 6 Místa nehod s volně žijící zvěří a jejich shluky (2011).....	94
Příloha 7 Místa nehod s volně žijící zvěří a jejich shluky (2012).....	95
Příloha 8 Místa nehod s volně žijící zvěří a jejich shluky (2013).....	96
Příloha 9 Místa nehod s volně žijící zvěří a jejich shluky (2014).....	97
Příloha 10 Riziková oblast a střet s migračním koridorem – okolí Chrastavy.....	98
Příloha 11 Riziková oblast a střet s migračním koridorem – Česká Lípa-Jestřebí	99
Příloha 12 Riziková oblast a střet s migračním koridorem – Nový Bor-Svor	100
Příloha 13 Riziková oblast a střet s migračním koridorem – okolí dálnice D8	101
Příloha 14 Incidence kolizí v závislosti na velikosti fragmentů (2010).....	102
Příloha 15 Incidence kolizí v závislosti na velikosti fragmentů (2011).....	103
Příloha 16 Incidence kolizí v závislosti na velikosti fragmentů (2012).....	104
Příloha 17 Incidence kolizí v závislosti na velikosti fragmentů (2013).....	105
Příloha 18 Incidence kolizí v závislosti na velikosti fragmentů (2014).....	106

Použité zkratky

AOPK ČR	Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
CDV	Centrum dopravního výzkumu
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
GIS	Geografické informační systémy
CHKO	Chráněná krajinná oblast
MD OPK	Ministerstvo dopravy – odbor pozemních komunikací
MMR ČR	Ministerstvo pro místní rozvoj České republiky
NP	Národní park
ŘSDP	Ředitelství služby dopravní policie
ZM ČR	Základní mapa České republiky

1 Úvod

V posledních desetiletích se rozmáhá výstavba objektů, které mají vliv na celkový ráz krajiny a přeměňují ho, ať už esteticky nebo funkčně. Nejvýznamnějším dopadem výstavby dopravních, průmyslových či zemědělských objektů je tzv. fragmentace krajiny, která rozčleňuje původně celistvé území na stále menší a menší celky. Tento jev patří mezi nejzávažnější a nejsložitější problémy ochrany přírody ve 21. století. Pomocí různých legislativních opatření je snaha chránit celistvost cenných biotopů, protože v opačném případě by mohla fragmentace krajiny mít až katastrofické následky na faunu, floru a ekosystémy celého světa. Kromě negativních vlivů fragmentace na funkčnost ekosystémů je zapotřebí poznamenat také její významný dopad na člověka a jeho život v krajině. Příroda plní funkci místa pro odpočinek a rekreaci, ovlivňuje pocit psychické pohody člověka a také pocit domova. Fragmentovaná krajina často sídlí s dopravními cestami či sídly, které jsou doprovázeny hlukovou a imisní zátěží a tímto se potenciál krajiny vytrácí (Anděl a kol. 2005).

Fragmentace má v současné době mnoho příčin – výstavba nových sídel v extravilánu¹ obcí, průmyslové zóny a jejich rozšiřování, těžba nerostných surovin, intenzivní průmyslové zemědělství, dopravní infrastruktura a podobně. Nejvýznamnější vliv na problematiku fragmentace je přisuzován výstavbě dopravní infrastruktury. Ta je spojena s přetvářením reliéfu krajiny, s mnoha rušivými faktory a chemickými zátěžemi v okolí komunikací a v neposlední řadě také s rizikem dopravních kolizí s volně žijícími živočichy při jejich snaze tyto „bariéry“ překonat.

Střety dopravních prostředků se zvířaty mohou být pro jednotlivé druhy významným zásahem do jejich populace. I když velký počet úmrtí živočichů na silnicích nemusí vždy vést k přímému ohrožení daného druhu, jsou jimi ovlivněny především ti živočichové, kteří mají méně početné lokální populace a hůře se vyrovnávají s těmito výkyvy. Citlivé jsou také pravidelně migrující druhy, ať už z pohledu krátkodobé migrace (například v období rozmnožování, při shánění potravy

¹ Extravilán = nezastavěná část území, která zvnějšku přiléhá k hranici zastavěného území; vytváří souvislý pás kolem tohoto území a bývá plošně větší; do extravilánu se zpravidla zahrnují i osamělé budovy mimo intravilány; do extravilánu zpravidla patří lesy, pole, louky, pastviny apod. (VCFA ČVUT 2014)

a pohybu z místa odpočinku a zpět nebo rozptýl mláďat po jejich odchovu a osamostatnění) či daleké migrace. Denně na silnicích dochází ke stovkám kolizí vozidel se zvěří a denně jsou desítky až stovky jedinců usmrceny.

Tato práce je tedy zaměřena především na dopravní nehody, které byly způsobeny v důsledku střetu s volně žijící zvěří. Kolize s vozidly představují pro živočichy vážné bezpečnostní riziko, které ve většině případů vede ke smrti zvířete. Dopravní nehody se zvěří však hrají důležitou roli také proto, že jejich oběťmi nemusí být ve všech případech pouze zvěř, ale může při nich být ohrožen také lidský život, přičemž nezanedbatelné jsou mnohdy i vysoké ztráty na majetku. Touto problematikou je bezpochyby důležité se zabývat, jelikož se jedná o problém v celosvětovém měřítku týkající se všech velikostí a druhů komunikací, může ohrozit téměř všechny druhy volně žijících živočichů v rámci jejich každodenního pohybu a zároveň postihnout každého z nás, ať jsme řidičem nebo jen spolujezdcem.

2 Cíle práce

V rámci této diplomové práce budu zkoumat především problematiku fragmentace krajiny, která je právě tím nejvýznamnějším nepříznivým jevem vzhledem k okolní krajině a příčinou, která ovlivňuje přírodní prostředí a samotné populace živočichů. V souvislosti s fragmentací přírodního prostředí se zaměřím hlavně na problematiku střetů vozidel s volně žijícími živočichy, které jsou důsledkem rozčleňování krajiny dopravní infrastrukturou.

Pomocí softwaru ArcGIS vytvořím mapové výstupy znázorňující místa střetů dopravních prostředků s živočichy a tedy místa, která jsou nejvíce zatížena touto problematikou. Na základě analýz ve zmíněném softwarovém programu graficky zobrazím dopravní nehody, které se za roky 2010 až 2014 udály na vybraném území, následně vyobrazím shluky těchto nehod, díky čemuž znázorním místa, kde k nehodám dochází nejčastěji a tyto místa detailněji popíšu. V rámci studie budu dále zjišťovat, jak míra fragmentace může ovlivnit incidenci kolizí uvnitř a po obvodu daných fragmentů, které byly utvořeny přítomností komunikací 1. třídy. V rámci celé zmíněné studie se zaměřím na Ústecký a Liberecký kraj.

Přínosem této práce bude bezpochyby grafické znázornění nehodovosti ve zkoumaných oblastech, které obecně může pomoci se v dané problematice lépe zorientovat a na kritických místech případně navrhnout dobrá opatření vedoucí ke zmírnění dopravních nehod s volně žijícími živočichy.

3 Literární rešerše

3.1 Fragmentace krajiny

Fragmentace krajiny je v současné době jedním z nejdůležitějších problémů ochrany životního prostředí (Anděl a kol. 2010), jelikož se jedná o nepříznivý jev, který významně ovlivňuje jak okolní prostředí, tak i samotné populace živočichů. V průběhu posledních desetiletí postupně dochází k rozdělování a rozparcelování fungujících celků krajiny, což nepříznivě ovlivňuje a omezuje pohyb druhů uvnitř těchto fragmentů. Dochází k rozpadu dříve souvislých areálů rozšíření velkého množství druhů živočichů a ti jsou nuceni obývat stále menší a izolovanější oblasti, často bez dostatečné možnosti komunikace s okolím (Anděl a kol. 2010). Osud těchto izolovaných populací se postupně stává nejistým, jelikož dopady fragmentace se při určité hustotě mohou stávat i hlavním faktorem, který ohrozí existenci některých, především těch citlivějších druhů (Hlaváč a kol. 2001).

3.1.1 Příčiny fragmentace

Fragmentace krajiny doprovází lidstvo již od neolitické revoluce, kdy se začalo rozvíjet zemědělství, postupně docházelo k odlesňování rozsáhlých oblastí a byla vytvářena první trvalá sídla. Zemědělská činnost a urbanizace jsou dodnes hlavními faktory rozdělovajícími krajinu. S postupným rozvojem civilizace docházelo také k prohlubování jevů, které fragmentaci zapříčiňují (těžba nerostných surovin, rozvoj průmyslu, rozvoj silniční a železniční dopravy). Může se přitom zdát, že fragmentace krajiny není takovým problémem pro její zdánlivě malý vliv na celkovou podobu krajiny. Jako u všech jevů vycházejících z ekologických principů se ale jedná především o její míru únosnosti (Anděl a kol. 2005).

Fragmentace krajiny může být důsledkem celé řady faktorů, nejčastěji sídelní, průmyslové či dopravní výstavby (Anděl a kol. 2010). Kromě antropogenních staveb do významných bariér ovlivňujících genetický tok a pohyb druhů uvnitř fragmentů lze zařadit také některé přírodní „překážky“, jako například pohoří, vodní toky a plochy, propasti, hluboká údolí apod. Mezi hlavní rizikové faktory, které fragmentaci prohlubují, však v současné době patří (Anděl a kol. 2005):

- průmysl – průmyslové areály, které jsou často situovány mimo stávající intravilány² obcí a měst; areály těžby nerostných surovin;
- zemědělství – chemicky ošetřované rozsáhlé plochy, pastevní areály, oplocené pozemky;
- obytné oblasti a doprovodné infrastruktury – satelitní městečka i individuální obytné stavby; obchodní zóny, které jsou také často situovány mimo stávající intravilány obcí a měst; dopravní infrastruktura doprovázející tyto objekty;
- dopravní infrastruktura – silniční a železniční komunikace;
- produktovody - potrubí přepravující kapalný nebo plynný materiál.

Obrázek 1 Příklad fragmentace biotopů v ČR



Zdroj: Šimová 2016

² Intravilán = vnitřní část obce, která je určena k zástavbě a bydlení (Bezplatná právní poradna 2017)

Obrázek 2 Roztříštěnost biotopů v ČR – okolí Prahy – Zbraslav



Zdroj: Google 2017

Česká republika se v současné době může zařadit mezi státy Evropy s největší hustotou silniční sítě (asi $0,7 \text{ km}/1 \text{ km}^2$), přičemž se ale většinou jedná o silnice nižších kategorií a méně frekventované typy komunikací. Z hlediska dálniční sítě prozatím ve srovnání s ostatními evropskými státy zaostává (v ČR necelých $16 \text{ km}/1 \text{ 000 km}^2$, zatímco ve vyspělých evropských zemích hustota dálniční sítě dosahuje až $55 \text{ km}/1 \text{ 000 km}^2$). Mezi hlavní ambice zde proto patří zrychlení výstavby dálnic a rychlostních komunikací a také modernizace železničních koridorů, což je výrazně ulehčeno možností využívání finančních zdrojů z Evropské unie (Šimonovský 2010). Dle informací odborného časopisu *Dopravní inženýrství* a v něm popisovaných predikcí do roku 2040 by se v budoucnu hustota plánované dálniční sítě měla rovnat téměř dvojnásobku té stávající, tedy až $27,5 \text{ km}/1 \text{ 000 km}^2$. ČR z pohledu dopravní infrastruktury a sídelní výstavby také zaostává ve srovnání s obecnými standardy Evropské unie, lze tedy předpokládat, že se do budoucna bude tento tlak zvyšovat a s ním tedy i další rozšiřování urbanizovaných ploch (Anděl a kol. 2005).

Je však patrné, že nynější příprava a samotná výstavba silnic a dálnic se významně liší od té, která byla praktikována v minulosti, a to především v jejím důrazu na šetrnost k okolnímu prostředí. Některé stavby, které byly realizovány v 70. až 80. letech, by v současné době byly téměř nemyslitelné. Nyní je praktikován

trend stavět silnice a dálnice v maximální míře šetrné k životnímu prostředí a vysoké množství nákladů doprovázející tyto výstavby jsou investovány do souvisejících opatření, například na výstavbu protihlukových bariér, na ochranu povrchových a podzemních vod, na protierozní a vegetační úpravy či na důraz, aby se trasa co nejvíce vyhýbala zástavbě nebo přírodně cenné lokalitě. Tento tlak s sebou však nese i velké zdržení a vyšší ekonomické výdaje na přípravu jednotlivých staveb (Šimonovský 2010).

3.1.2 Důsledky fragmentace

Při všech výše uvedených antropologických zásazích do krajiny dochází k významnému záboru přírodních stanovišť, kontaminaci prostředí a různým rušivým faktorům v okolí staveb. Lidské zásahy, disturbance a znehodnocování přírodních ekosystémů jsou přitom hlavními příčinami poklesu celosvětové biologické rozmanitosti. Zábor a případné následné ničení biotopů obvykle vede k roztržitosti a rozdělování původních stanovišť na menší a izolovanější fragmenty. Ztráta prostoru, zvýšení izolace a v neposlední řadě bezprostřední blízkost místům (hranám jednotlivých fragmentů), které člověk využívá, vede k dlouhodobým změnám ve struktuře a funkci zbývajících netknutých fragmentů (Haddad a kol. 2015).

Ekologové se shodují, že zábor a ničení přírodních biotopů je škodlivým činem z pohledu zachování biologické rozmanitosti, ale zároveň se také často shodují na tom, že nelze přesně určit, do jaké míry je fragmentace sama o sobě na vině. Dle popisu Haddada a kol. (2015) je tato problematika mnohdy ekology vysvětlována například pomocí hypotéz založených na biogeografii oceánských ostrovů, které poskytují teoretický rámec vhodný k pochopení fragmentace a jejího vlivu na přírodní krajinu. Ta je složena z „ostrůvků“ různých přírodních stanovišť, které jsou roztroušeny v celém „moří“ člověkem transformovaného prostředí.

Často je mezi ekology diskutován vzájemný vztah mezi účinky fragmentace na ztrátu přirozeného životního prostředí a zapříčiněný pokles biologické rozmanitosti vzhledem ke snižující se velikosti fragmentu a jeho zvýšené izolaci. Různé pozorovací studie tento spor častokrát ještě prohlubují, jelikož závěry z těchto studií jsou mnohdy zaměřeny pouze na jednotlivé aspekty roztržitosti (například na izolaci, rozhraní fragmentů apod.) a neřeší je jako celek. Výsledky těchto korelačních pozorování

a experimentálních studií však ukazují, že fragmentace je velice komplexní záležitost, která působí několika souběžnými vlivy a v dlouhodobém časovém měřítku (Haddad a kol. 2015).

Jak bylo popisováno výše, fragmentace prostředí vzniká z různých příčin a může mít tedy i rozdílnou podobu. Největší váha z hlediska fragmentace je v současné době přisuzována dopravním stavbám (Hlaváč a kol. 2001). Ty mohou být důvodem pro disturbanci nebo úplné odstranění několika přírodních stanovišť najednou a zároveň mohou být důvodem pro přetvoření přilehlých oblastí či pro přerušování nebo přesměrování ekologických toků. Mohou rozdělovat volně žijící populace živočichů, podporovat šíření invazivních druhů, mohou být důvodem pro přeměnu hydrologické sítě a také mohou napomoci zvýšení lidské přítomnosti a další aktivity v přilehlých oblastech. V neposlední řadě dopravní cesty také definují a udávají vzor krajiny (Hawbaker a kol. 2006).

3.1.3 Doprava jako příčina fragmentace a její vliv na populace

Postupně se rozrůstající dopravní síť představuje překvapivou hranici v ekologii (Forman, Alexander 1998). Komunikace, které jsou ústředním funkčním nástrojem lidské společnosti, vytváří překážky pro bezproblémové migrace zvířat, navíc doprovázené kolizemi a v neposlední řadě způsobují fragmentace biotopů (Jacobson a kol. 2016). Rozšiřování dopravní sítě je samo o sobě specifickou příčinou fragmentace, a to především pro její liniový charakter. Komunikace zvěř často nemůže obejít, a proto (především frekventované pozemní komunikace a komunikace dálničního typu) pro ni představují nepřekonatelnou bariéru. Důsledkem existence významných dopravních cest je tedy kromě fragmentace krajiny také fragmentace populací druhů, které se v zasažené krajině vyskytují. S postupným rozšiřováním husté sítě dálnic a ostatních komunikací v přírodě vznikají navzájem izolované „ostrovy“. Populace těchto izolovaných segmentů se musí vyrovnávat s tzv. ostrovním efektem, neboli vlivy, které mají za následek kolísání početnosti populace (například různé živelné katastrofy, v populaci se rozšiřující epidemie, klimatické výkyvy a podobně) a kterým obtížně odolávají především malé populace, jelikož z dlouhodobého hlediska mohou právě tyto vlivy zapříčinit nedostatečnou genetickou rozmanitost v rámci

populace a to může v nejhorším případě vést i k vymření dané populace (Hlaváč a kol. 2001).

Několik zahraničních studií zaměřených na tuto problematiku shrnulo škodlivé účinky komunikací na populace volně žijících zvířat (např. Clevenger a kol. 2003; Forman a kol. 2003; Seiler a kol. 2006; Roedenbeck a kol. 2007; Fahrig a kol. 2009; Jaeger a kol. 2004). V rámci těchto studií je konstatováno, že prvním škodlivým účinkem je přímá úmrtnost zvěře v důsledku kolizí. Druhým účinkem je role vozovek jako určitých překážek pro přirozený pohyb živočichů a pro omezený přístup ke zdrojům a okolním populacím a jedincům. Třetím účinkem jsou disturbance způsobené hlukem, světly a prašností z vozovek, což vede ke zhoršení kvality okolních stanovišť. Dalšími účinky jsou ztráta stanovišť způsobená lidskými elementy a rozdělení populací živočichů na menší a tím pádem i zranitelnější frakce. Zmíněné účinky mohou působit na populace přímo, to znamená, že ovlivňují ty druhy, které přímo využívají přítomnosti komunikací. Mohou ale na živočichy působit také nepřímě (Lima a kol. 2015) - to by mohlo naznačovat například nepřímé vlivy na kolísání velikosti populací druhů, které jsou potravou pro některé predátory, jejichž populace se vlivem kolizí snižují, což může být příčinou pro populační nerovnováhu v určitém prostředí. Nebo mohou nepřímě působit na populace druhů, které jsou tradiční potravou pro určité predátory. Ti se poté mohou z tohoto důvodu uchýlit k lovu jiných druhů.

V současné době se v Evropě rozlišuje pět základních ekologických efektů fragmentace lokalit dopravní infrastrukturou, které jsou vzájemně propojeny a mohou tedy působit společně (Dufek a kol. 2008). Patří mezi ně bariérový efekt, ztráta lokalit a jejich propojení, rušení a znečištění okolí, biokoridory a lokality podél komunikací a v neposlední řadě střety fauny s vozidly (Anděl a kol. 2005). Celkový bariérový účinek dané komunikace je poté určen kombinací těchto níže uvedených negativních vlivů dopravy, kterými bývá intenzita provozu na komunikaci a s tím spojené disturbance (znečištění a hluk), mortalita živočichů a fyzická nepřekonatelnost vozovky (různá technická řešení na vozovce, například přítomnost plotů, svodidel, příkopů atd.).

3.1.3.1 Bariérový efekt

Bariérový efekt vzniká přítomností komunikace, která působí pro živočichy jako fyzická překážka. Vozovka často pohyb živočichů omezí, nezastaví ho však (v případě, že není oplocená) úplně. Velcí savci komunikaci jako překážku vnímají v případě, je-li oplocena nebo je-li významně frekventovaná. Na malé živočichy (obojživelníky, malé savce, plazy a bezobratlé) působí komunikace výrazněji, jejich pohyb často není překážkou ovlivněn a častěji u nich dochází k přímým srážkám s vozidly až usmrcení (Dufek, Jedlička, Adamec 2008). Na druhou stranu malí živočichové častěji využívají přítomnosti různých propustků, které většinou velcí savci využít nemohou (Hlaváč a kol. 2001).

Fragmentace dopravní infrastrukturou je zásadním problémem v zemích, které mají hustou dopravní síť. Těmi jsou například Německo, Belgie či Holandsko. Celková délka silnic a dálnic v ČR je téměř 56 tisíc kilometrů (GaREP 2017), díky čemuž je ve srovnání s ostatními státy Evropy v popředí, často se však jedná o silnice nižších tříd, které většina živočichů snadno překoná. Naproti tomu hustota sítě dálnic je v ČR ve srovnání s průměrem západoevropských zemí mnohem nižší. To by také ale mohlo znamenat rychlý rozvoj této oblasti v budoucnu (Anděl a kol. 2005).

Šířku fragmentační bariéry však ovlivňuje významně i míra disturbance (především hluk z komunikací). I přes to, že vozovka může být reálně široká cca 20-30 metrů, intenzita hluku může být tak silná a může mít tak silný rušivý efekt, že může bránit výskytu určitých druhů i v řádu stovek metrů v okolí dané vozovky (Anděl a kol. 2005).

3.1.3.2 Ztráta lokalit a jejich propojení

S výstavbou dopravních komunikací dochází k záboru přírodních stanovišť, které jsou tímto narušovány a přetvářeny. Působením izolace a rušením hlukem v oblastech okolo komunikací dochází k nevratným změnám v distribuci fauny (Dufek a kol. 2008), přičemž některé studie dokonce dokazují nižší hustotu druhů v okolí vozovek (Thiel 1985; Mech a kol. 1988; Belden a kol. 1993; Mace a kol. 1996; Mladenoff a kol. 1999). Snížená hustota může být buď důsledkem toho, jak se živočichové vyhýbají těmto lokalitám nebo důsledkem snížení velikosti populace vlivem dopravní úmrtnosti (Fahrig a kol. 1995).

Jedním z významných dopadů v souvislosti se záborem stanovišť je tzv. „*crowding effect*“. V souvislosti s destrukcí okolních biotopů se často zvyšuje početnost populací pohyblivých organismů v původních zbytkových biotopech. Následně po počátečním nárůstu početností zpravidla dochází k populačnímu kolapsu (Noss a kol. 2006). Tento jev vychází z teorie ostrovní biogeografie. Nově vzniklé fragmenty zpočátku hostí početnější populace a obecně více druhů, než jsou schopny hostit a dlouhodobě udržet vzhledem k omezenému prostoru a diverzitě prostředí v těchto fragmentech (Anderson, Jenkins 2006).

Dalším dopadem může být vznik tzv. okrajového efektu. Zásahy do okolního prostředí jsou ohroženy malé fragmenty a úzké linie původních biotopů a vzhledem k jejich malé rozloze už často chybí vnitřní prostředí, které by bylo schopné zajistit vhodné podmínky pro specializovanější a citlivější druhy organismů fungující uvnitř v rámci těchto fragmentů. Zmíněné fragmenty či linie jsou poté tvořeny pouze okrajovými biotopy, a ty jsou díky tomu vystaveny mnoha vlivům - například klimatickým výkyvům (světlo, vlhkost, vítr, teplo), přírodním disturbancím (požáry) či působení člověka (lov, kontaminace, rušení apod.). V okrajových oblastech můžeme nalézt jak běžné druhy se širokou ekologickou valencí (tedy širokým záběrem faktorů prostředí, které je daný organismus schopen snášet, např. široké rozmezí teploty či vlhkosti), tak druhy invazivní, které se zde vyskytují na úkor druhů úzce specializovaných, a tím dochází k postupnému snižování druhové rozmanitosti (Primack a kol. 2001; Anderson, Jenkins 2006; Noss a kol. 2006).

Okrajový efekt má spoustu negativních dopadů, které korespondují s rozdílností mezi prostředím fragmentu a jeho okolím. Zejména v lesním prostředí mohou působit až několik stovek metrů do vnitřku fragmentu. Doprovodným jevem je často tzv. princip ekologické pasti. V tomto případě jsou organismy vnitřku lákány prostředím okrajů, kde jsou následně vystaveny predáčnímu tlaku (Primack a kol. 2001; Anderson, Jenkins 2006; Noss a kol. 2006). Jedná se často o propadové biotopy, kterým by se organismy měly vyhýbat, místo toho je však preferují. Ekologické pasti se vyskytují jak v zachovalé krajině, tak v prostředí ovlivněném člověkem. V rychle se měnícím prostředí však mohou být mnohem běžnější, než bylo předpokládáno. V konečném důsledku pak může existence ekologických pastí vést k vyhynutí místní populace daného druhu (Battin 2004).

Zábor biotopu je ovšem považován za zásadní problém především na lokální úrovni. Na regionální či národní úrovni má větší význam především sídelní výstavba (Anděl a kol. 2005). I ve státech, kde je velice hustá dopravní síť, se celková plocha, která je zastavěna infrastrukturou odhaduje pouze na méně než 5-7 % (Trocme 2003).

3.1.3.3 Rušení a znečištění

V bezprostředním okolí komunikací dochází k rušení hlukem, ke znečištění ovzduší a dalším fyzikálním změnám. Výstavba komunikací má vliv na hustotu půdy, na reliéf krajiny či na hydrologické a mikroklimatické podmínky. Může také omezovat průtok podzemních vod - to ovlivňuje vegetaci, především mokřiny a břehové lokality (Dufek a kol. 2008).

Znečištění vzduchu zapříčiňují zejména výfukové plyny dopravních prostředků, které obsahují okolo 200 polutantů, např. oxid uhelnatý, oxidy dusíku, polyaromatické uhlovodíky, těkavé organické látky. Použití posypové soli na vozovce může být příčinou kontaminace pitné vody či poškození vegetace. Může také zásadně změnit pH v okolních půdách, což zvyšuje mobilitu těžkých kovů a dalších polutantů (Dufek a kol. 2008).

Ovlivnění hlukem z dopravy je závislé především na intenzitě provozu, rychlosti vozidel, ale také na typu vegetace podél komunikací, na reliéfu okolní krajiny a na typu přilehlých lokalit. Většina živočichů však hluk vnímá jako indikátor přítomnosti člověka a oblastem, kde je zvýšená intenzita hluku, se vyhýbají (Dufek a kol. 2008). V Evropě je hluk považován za přední faktor, který „znečišťuje“ životní prostředí, a to především v souvislosti s jeho vlivem na populace hnízdících druhů ptáků. Tato problematika již byla zkoumána v několika evropských zemích mnoha rozsáhlými výzkumy, které byly zaměřeny na vztah hluku z dopravních komunikací a vzdálenosti od komunikace (např. Reijnen a kol. 1995; Brotons, Herrando 2001; Forman a kol. 2002; Bautista a kol. 2004 atd.). Vesměs všechny tyto výzkumy se shodují na negativním vlivu hluku na hnízdění ptáků v bezprostředním okolí komunikací (Anděl a kol. 2005). Míra ovlivnění hlukem ale závisí také na schopnosti adaptace jednotlivých druhů, jelikož, jak uvádí Anděl (2005) ve své publikaci, většina savců si na hluk dokáže rychle zvyknout.

Důležitým faktorem mohou být také vizuální vlivy dopravní infrastruktury. Osvětlení silnic některé druhy živočichů (obojživelníky nebo ptáky) může rušit při rozmnožování. Naopak může lákat hmyz, který přitahuje ptáky nebo další druhy, které se jím živí (Dufek a kol. 2008).

3.1.3.4 Biokoridory a lokality podél komunikací

Vegetace vyskytující se v okolí či přímo podél komunikací může být atraktivním místem pro volně žijící živočichy. I proto je v jejich bezprostřední blízkosti zaznamenáván výskyt plazů, obojživelníků, ptáků a savců, pro které může tato oblast působit jako útočiště či úkryt. Často ji také živočichové využívají jako migrační koridor, který je bohužel dříve nebo později přerušen křižovatkou či jinak urbanizovanou oblastí, díky čemuž jsou zaznamenány případy, kdy se díky těmto koridorům zvěř dostane až do měst. Protínání s infrastrukturou také může vést ke kolizi a následnému usmrcení jedince. Okrajová vegetace vozovek tedy nemůže nahradit přírodní migrační koridory (Dufek a kol. 2008).

3.1.3.5 Střety fauny s vozidly

Nejzásadnějším a nejviditelnějším ekologickým efektem dopravní infrastruktury a narůstající frekvencí dopravy jsou kolize dopravních prostředků s volně žijícími živočichy při jejich snaze přejít komunikace (Dufek a kol. 2008). Každý rok takto dojde k úmrtí miliónů jedinců a ještě více jich je zraněno (Anděl a kol. 2005).

Velký počet úmrtí v rámci jednoho druhu však nemusí vždy vést k přímému ohrožení dané populace, ale může být indikátorem hojnosti a širokého rozšíření druhu. Jak je uvedeno v článku Centra dopravního výzkumu (2008), u běžných druhů živočichů, jako jsou například hlodavci, lišky či běžní pěvci, tvoří dopravní úmrtnost pouze cca 1-4 % celkové úmrtnosti. Na úmrtnost jsou naopak citlivé vzácné druhy živočichů, které nemají příliš početné lokální populace. Z tohoto důvodu je doprava hlavní příčinou úmrtnosti velkého množství ohrožených druhů na Zemi. Citlivé na dopravní úmrtnost jsou také druhy, které pravidelně a intenzivně migrují mezi lokalitami například v období rozmnožování (obojživelníci či několik druhů plazů) (Dufek a kol. 2008).

Úmrtnost živočichů na komunikacích ovlivňují i další faktory, jako například teplota ovzduší, intenzita srážek, roční období nebo denní a noční doba. Kolísání úmrtnosti v průběhu roku může být ovlivněno rozmnožovacím obdobím druhů a následnou péčí o mláďata, poté hledáním nových teritorií subadultními jedinci či sezónní migrací živočichů. Úmrtnost může ovlivňovat také druh a vzhled okolní krajiny (Dufek a kol. 2008). Mezi tyto parametry můžeme zařadit například typ a atraktivitu navazujících biotopů, stáří komunikace, hustotu dopravy, rychlost jedoucích vozidel či různá technická řešení komunikací, jako například jejich šířku nebo přítomnost svodidel (Anděl a kol. 2005).

Obrázek 3 Kontakt dopravních staveb se zvěří



Zdroj: Přerov 2013

3.2 Vztah fragmentace a jednotlivých druhů živočichů

3.2.1 Citlivost druhů ve vztahu k fragmentaci

Každý druh je k dopadům fragmentace citlivý jinak a v rozdílné míře. Dle výzkumů Anděla (2005) a Ministerstva životního prostředí ČR lze uvést, že zpravidla nejvíce postiženou skupinou v souvislosti se ztrátou nebo izolací biotopu jsou druhy

živočichů s omezenou pohyblivostí, druhy s rozsáhlým životním prostorem, dále druhy, které jsou silně závislé na určitém charakteru a typu prostředí (například na zachovalé přírodní prostředí) (Anděl a kol. 2005) a také druhy, pro něž je charakteristická pravidelná či příležitostná migrace (Anděl a kol. 2010).

Protože každý druh vnímá fragmentaci prostředí odlišně, je logické, že rozdílné budou i jeho reakce a způsob adaptace. V přírodě se vyskytují druhy, které se lehce přizpůsobí kterémukoliv prostředí a zásah do krajiny je nijak významně neovlivní a prostředí, které prošlo změnou, bez problému zahrnou do svého domovského teritoria. Tyto nejvíce adaptibilní druhy nazýváme „generalisty“. V našem krajinném prostředí mezi tyto druhy můžeme zařadit například prase divoké (*Sus scrofa*), holuba hřivnáče (*Columba palumbus*) nebo strakapouda velkého (*Dendrocopos major*). Čím více jsou druhy ochotny snížit požadavky na velikost teritoria, tím více mohou zmenšit plochu svého domovského území právě o plochu prostředí dotčeného změnou. I proto se tedy dokázaly výše zmíněné druhy tak dobře adaptovat na přítomnost lidské zástavby i přes to, že jejich původním domovským teritoriem je les, a žijí v současné době v blízkosti člověka bez větších potíží.

Ne všechny druhy však mají takovou schopnost adaptace. Mnoho druhů je vůči fragmentaci silně citlivých a k dobré kvalitě svého života vyžadují co nejcelistvější domácí prostředí. Tyto druhy špatně snáší zásahy do krajiny a tím způsobené narušení celistvosti a klidu v rámci jejich teritoria. Mezi tyto druhy živočichů patří například vlk obecný (*Canis lupus*) nebo tetřev hlušec (*Tetrao urogallus*), který je v zásadě věrný svému domovskému území a fragmentace, která vede k přeměně tohoto území, může být příčinou silného úbytku populace tohoto druhu (Suvorov 2015).

Je však třeba si uvědomit, že fragmentace je pouze jedním z mnoha negativních faktorů, které na krajinné prostředí působí a její konečný vliv je vždy výsledkem kombinace několika různých faktorů (například umělé introdukce druhů či chemizace prostředí). U každého druhu tedy vždy záleží na konkrétních podmínkách, ve kterých se právě nachází - například na stavu využitelného prostředí a typech a vlastnostech bariér, které daný druh omezují nebo na tom, jaký je současný stav dané populace. Ke každému živočišnému druhu a konkrétní situaci je zapotřebí přistupovat

individuálně a je tedy komplikované definovat citlivost druhů k fragmentaci v obecné rovině.

Ze shora uvedeného důvodu je pro hodnocení problematiky fragmentace zapotřebí využít určitého modelového vzoru skupiny organismů, kterou v tomto případě jsou, jak uvádí Anděl (2005), především velcí savci. Ti jsou v krajině dobře viditelní, často migrují na dlouhé vzdálenosti, mají rozsáhlé domovské okrsky a jejich kolize s dopravními prostředky jsou významné rovněž pro člověka a pro celkovou bezpečnost silničního provozu. Také znalosti o biologii velkých savců jsou často hlubší, než o jiných druzích živočichů. Velcí savci mají určité prostorové požadavky, které jsou pro člověka v přijatelných a uchopitelných dimenzích, a to jak z hlediska rozlohy potřebného území k životu (stovky km²), tak z hlediska rozměrových parametrů podchodů a nadchodů u dálnic a silnic. Pokud jsou splněny podmínky pro velké savce, často jsou i automaticky pokryty požadavky dalších, menších živočichů (Anděl a kol. 2005).

Například v letech 2008 – 2010 byl Ministerstvem životního prostředí proveden výzkumný projekt, který se přímo zabýval hodnocením migrační propustnosti krajiny pro velké savce a následnými návrhy ochranných a optimalizačních opatření. Projekt hodnotil problematiku fragmentace krajiny v důsledku bariérového efektu pozemních komunikací a jiných antropogenních staveb pro velké savce a byl zaměřen především na medvěda hnědého (*Ursus arctos*), rysa ostrovida (*Lynx lynx*), vlka obecného (*Canis lupus*), jelena lesního (*Cervus elaphus*) a losa evropského (*Alces alces*). V rámci tohoto projektu byla na území ČR pro velké savce navržena síť migračních koridorů, která navazuje na síť v okolních státech (AOPK ČR 2017). Výše jmenované druhy živočichů byly pro výzkum vybrány především z důvodu potřeby jejich obecné ochrany, jelikož kromě jelena lesního jsou všechny druhy zařazeny mezi zvláště chráněné druhy ve smyslu zákona o ochraně přírody a krajiny (zákon č. 114/1992 Sb.), vlk a medvěd jsou mimo to chráněny také v rámci evropské soustavy Natura 2000 jako tzv. evropsky významné druhy. Tyto druhy živočichů mají také vysoké nároky na volný pohyb v krajině a jejich existence není dlouhodobě udržitelná, pokud v jejich domovském prostředí nebudou funkčně propojeny jednotlivé populace. A konečně tyto druhy lze považovat za určité „reprezentanty“ lesních ekosystémů. Jak již bylo řečeno výše, vzhledem k jejich významným ekologickým nárokům je důležité zajistit propustnost krajiny právě pro

velké savce, díky čemuž bude dostatečná i pro další druhy lesních živočichů. To se odrazí i na konektivitě lesních ekosystémů jako celku (Anděl a kol. 2010).

Co se týče vlivů fragmentace na živočichy v rámci ČR, zde by postupující fragmentace mohla v budoucnu poznamenat možný návrat tří druhů velkých šelem, a to rysa ostrovida (*Lynx lynx*), medvěda hnědého (*Ursus arctos*) a vlka obecného (*Canis lupus*). Tyto šelmy byli v minulosti na našem území vyhubeny lovem a v současné době je zde jejich výskyt opět zaznamenáván, přičemž se jedná o jedince migrující z okolních zemí nebo o jedince z místních malých populací. Pro tyto druhy jsou charakteristické společné ekologické nároky, a to potřeba rozsáhlých lesních oblastí, které nejsou (nebo jsou minimálně) rušeny lidskou přítomností a činností. Dále jsou pro ně typické daleké migrace, které mohou dosahovat desítek, někdy i stovek kilometrů, přičemž jde často o přesun subadultních jedinců, kteří jsou vytlačováni z původně rodičovských okrsků (Anděl a kol. 2010). Dále mezi druhy významně ohrožené fragmentací můžeme zařadit losa evropského (*Alces alces*), ale i sysla obecného (*Spermophilus citellus*). Naopak mezi druhy fragmentací ohrožené v menší míře patří například prase divoké (*Sus scrofa*), veverka obecná (*Sciurus vulgaris*) či srnec obecný (*Capreolus capreolus*) (Anděl a kol. 2005).

3.2.2 Druhy živočichů dotčené fragmentací v rámci ČR

Jak bylo uvedeno v kapitole výše, obecně mezi druhy nejvíce ohrožené fragmentací patří ty, které jsou závislé na velkém domovském okrsku, který ale obývají v relativně nízkých počtech jedinců. Pokud se na potenciální ohrožení fragmentací zaměříme z pohledu velikosti jedinců, savci menších velikostí nejsou sítí vozovek tak významně ovlivněni, a to především proto, že jejich často dostatečně veliké populace obývají konkrétní výseče krajiny, které sítí vozovek vymezila a jsou díky tomu celkově schopné dlouhodobější samostatné existence. Savci drobnějšího vzrůstu navíc mohou lépe nalézt způsob, jak vozovku překonat, a to díky početnému množství různých trubních propustků apod., které jsou pro větší zvěř nevyužitelné. Proto tedy především druhy savců střední (velikost např. vydry a jezevce) a velké velikosti jsou těmi, které jsou nejvíce ohroženy (Hlaváč a kol. 2001).

V rámci ČR mezi nejvýznamněji dotčené (v některých případech až ohrožené) druhy fragmentací patří především vydra říční (*Lutra lutra*), jezevec lesní (*Meles*

meles), kočka divoká (*Felis silvestris*), rys ostrovid (*Lynx lynx*), liška obecná (*Vulpes vulpes*), prase divoké (*Sus scrofa*), vlk obecný (*Canis lupus*), srnec obecný (*Capreolus capreolus*), jelen evropský (*Cervus elaphus*), medvěd hnědý (*Ursus arctos*) či los evropský (*Alces alces*) (Hlaváč a kol. 2001).

Ve všech případech se jedná o původní druhy živočichů obývajících naše území. Na některé z vyjmenovaných druhů fragmentace sice působí, nemá ale zásadní vliv na kolísání početnosti jejich populace. Avšak některé z těchto druhů se v ČR již nevyskytují a byly vyhubeny i před několika staletími, přičemž důvodem jejich vyhubení může být právě i rozpínající se lidská zástavba. (Hlaváč a kol. 2001).

Například vlk obecný byl na území ČR vyhuben na začátku 20. století, a to z důvodu intenzivního a narůstajícího lovu. Znovu se na území našeho státu začal objevovat v ojedinělých případech až po 2. světové válce, přičemž se ve většině případů jednalo o kusy „zatoulané“ z Polska nebo Slovenska, díky tamním snahám o jeho opětovné rozšíření (Anděra a kol. 2004). V současné době je na území Beskyd, CHKO Kokořínsko, Broumovska, Šumavy a Krušných hor po více než 100 letech znovu potvrzen výskyt vlka a především jeho opětovného rozmnožování na území ČR doložené díky záběrům malých vlčat zachycených fotopastmi. Bohužel i v těchto případech se jedinci vlka potýkají s negativními dopady fragmentace. Během let 1990-2004 bylo na území Šumavy nalezeno pět mrtvých vlků, z čehož tři se staly oběťmi dopravních nehod (Hnutí DUHA 2008). Podobný případ byl zaznamenán také v roce 2012, kdy byla u Valašského Meziříčí autem sražena a usmrcena mladá vlčice (Hnutí DUHA 2012). Nejnovějším případem, který souvisí s postupným rozšiřováním tohoto druhu, je srážka vlka na dálnici D1 na Havlíčkobrodsku z března 2017 (Reflex.cz 2017).

Rys ostrovid byl na našem území vyhuben, avšak dnes se opět vyskytuje v několika izolovaných oblastech. Například populace v Beskydech se rozrostla díky omezení jejich lovu na Slovensku. Na Šumavu bylo několik jedinců navraceno v rámci reintrodukce, která proběhla pod záštitou ostravské zoologické zahrady. Na konci 20. století již byla zdejší populace odhadována okolo sta kusů jedinců. V důsledku pytláctví je však problém na území ČR udržet stabilnější populace, proto počet jedinců rysa v současné době opět klesá (Hnutí DUHA 2005). Také v případě rysa byl v roce 2013 zaznamenán případ střetu s vozidlem nedaleko Brna na D1, přičemž

se pravděpodobně jednalo o jedince z šumavsko-bavorsko-rakouské populace, který migroval za účelem vyhledání nového teritoria hlouběji ve vnitrozemí a při své cestě se setkal s největší českou dálnicí (Hnutí DUHA 2013).

Kočka divoká je původní druh, který byl na převážné části území ČR na přelomu 18. a 19. století vyhuben. V současné době se vyskytuje v oblasti jihovýchodní Moravy, přičemž se ve většině případů jedná rovněž pouze o jedince, kteří migrují ze slovenské populace. Podobně na území Šumavy lze vyzpozorovat jedince migrující z oblasti Bavorska díky tamním reintrodukčním programům (Hlaváč a kol. 2001).

Medvěd hnědý byl v Čechách vyhuben v průběhu 18. století, nyní se však u nás opět začíná vyskytovat, a to v důsledku narůstající populace na sousedním Slovensku. Podobný byl na českém území i osud losa evropského, který zde byl vyhuben již ve 12. – 15. století a i u něj byly zaznamenány případy, kdy byli na našem území spatřeni migrující jedinci, v tomto případě v souvislosti s nárůstem populace v Polsku (Hlaváč a kol. 2001). Všichni výše uvedení živočichové patří mezi velice vzácné a nevšední druhy, a proto by měla být v celospolečenském zájmu jejich ochrana a snaha o udržení a další rozšiřování populací na území naší republiky.

Co se týče událostí poslední doby, poměrně čerstvým případem je srážka losa evropského v oblasti Pošumaví z března 2017, kterou nepřežila mladá samice. S ohledem na vzácnost a kritickou ohroženost tohoto druhu se jedná o velice významnou ztrátu jedince z šumavské losí populace, tedy jedné ze dvou hlavních populací vyskytujících se na území Česka (Česká krajina 2010). Ve stejném období došlo také k výše zmíněné srážce vlka obecného, v jeden měsíc tedy hned dvou významných a vzácných druhů. Obě tyto události opět ukazují na problematiku špatné prostupnosti krajiny v ČR, která následně brání přirozenému a bezpečnému průchodu zvěře při jejich migraci (Štěpánek 2017).

Mezi druhy ovlivněné fragmentací na našem území patří i několik nepůvodních druhů, jako například jelen sika (*Cervus nippon*), daněk evropský (*Dama dama*), muflon (*Ovis musimon*), jelenec běloocasý (*Odocoileus virginianus*), paovce hřivnatá (*Ammotragus lervia*), koza bezoárová (*Capra aegagrus*), kamzík horský (*Rupicapra rupicapra*) nebo psík mývalovitý (*Nyctereutes procyonoides*). Plošněji je z těchto druhů zastoupen muflon, jelen sika a daněk. Jejich nároky na průchodnost

v rámci silniční sítě korespondují s těmi, jaké mají původní druhy živočichů odpovídající velikostní kategorie (Hlaváč a kol. 2001). Do specifické kategorie lze zařadit bobra evropského (*Castor fiber*), a to pro jeho rozdílné vnímání, co vlastně představuje migrační bariéru. Díky jeho způsobu života jsou jimi především dlouhé regulované úseky či přehradní zdi, zatímco mosty tak významnou překážkou nejsou (Hlaváč a kol. 2001).

V případě prasete divokého (*Sus scrofa*) a srnce obecného (*Capreolus capreolus*) je sice míra ohrožení fragmentací zanedbatelná, avšak jejich ovlivnění z pohledu dopravních kolizí je významné.

Obrázek 4 Srážka losa evropského v Pošumaví



Zdroj: iDNES.cz 2017

3.3 Problematika dopravních kolizí se zvěří

Z pohledu volně žijících živočichů už jen samotná nezbytnost se komunikacím vyhnout (zejména kvůli hluku, který z vozovek vychází) má velký ekologický dopad. Síť komunikací vytváří bariérový efekt, který dělí jednotlivé populace, a to může mít demografické až genetické následky. Dopravní kolize se zvěří jsou ale především

jedním z hlavních zdrojů úmrtnosti daných druhů, i když málokdy omezí velikost celé populace (Forman, Alexander 1998).

Denně na silnicích dochází ke stovkám střetů vozidel se zvěří a denně jsou desítky až stovky jedinců usmrceny (CDV 2017). Obecně jsou ale naše znalosti o úmrtnosti na silnicích stále relativně chudé (Lima a kol. 2015). Kolize se zvěří však hrají takto důležitou roli také proto, že jejich oběťmi není pouze samotná zvěř, ale může při nich dojít také k přímému ohrožení lidských životů a často i k vysokým ztrátám na majetku (Mrtnka 2013), což ve své publikaci zmínil například také Conover (2002) či Dolbeer a kol. (2012). Dle webových stránek www.sraznazver.cz doposud v rámci ČR neexistuje jednotný celostátní přehled o všech srážkách se zvířaty, o jejich druhovém složení či o místech, kde k těmto kolizím dochází nejčastěji. Proto byla na základě toho vytvořena právě aplikace „*Srážky se zvěří*“, jejíž snahou je sjednotit údaje týkající se kolizí se zvířaty, které evidují například dopravní policie, pojišťovny či myslivecká sdružení. Databáze je průběžně doplňována a údaje do ní mohou přidat také samotní řidiči. Výstupem této aplikace je interaktivní mapa ČR zobrazující údaje o kolizích, které jsou reprezentovány body. Rozšířenou funkcí je například mapa zobrazující shluky jednotlivých kolizí a na základě toho úseky s nejvyšší hustotou srážek (CDV 2017). Přesto, že je tato aplikace jistě prospěšná a smysluplná, jen těžko díky ní bude odhadnut přesný stav tohoto druhu kolizí na vozovkách. Ať už se na tuto problematiku podíváme v celosvětovém měřítku či z pohledu území našeho státu, skutečné číslo počtu kolizí není snadné určit, a to navzdory tomu, že v prováděných statistikách je čerpáno z několika různých zdrojů (jak již bylo uvedeno, například z databází pojišťoven, dopravní policie či mysliveckých sdružení). Ne všichni řidiči totiž srážky se zvěří nahlašují a ne všichni řidiči se domáhají svých práv v případě kolize. Pokud se statistiky řídí počtem nalezených jedinců usmrcené zvěře na vozovkách, toto číslo také nemusí být přesné, jelikož mnoho zraněných zvířat ještě může doputovat daleko od silnice, kde zemřou a tím pádem jejich tělo není nikdy nalezeno (Huijser a kol. 2008).

Obecně jsou v mnoha zemích data o nehodách se zvířaty poskytována především policií, myslivci a dále také samotnými občany. Publikace Heigla a kol. (2016) se zaměřila na porovnání, zda informace o nehodách obdržené od myslivců pochází ze stejných typů oblastí jako ty, které byly nahlášeny občany. Výsledek této analýzy naznačoval patrné rozdíly v informacích z pohledu krajinného pokryvu a typu

silnic. Myslivci mnohem častěji hlásily případy sražení zvěře v oblastech obklopených ornými půdami a také ze silnic 2. třídy. Oproti tomu občané (řidiči, svědci) hlásili většinou případy z městských nebo průmyslových oblastí a ze silnic vyšších tříd či ze sídelních komunikací. Z toho lze vyvodit, že myslivci mají větší tendenci vykazovat údaje především z loveckých oblastí, zatímco ostatní občané nahlašují případy, které zaznamenali v průběhu jejich každodenního života, například na cestě do/ze zaměstnání. Proto je pohled občana, kromě oficiálních dat, důležitým zdrojem informací, díky kterým lze o této problematice získat přehled také v krajině měřítku (Heigl a kol. 2016).

Nejvíce střetů se zvěří je přisuzováno večerním hodinám, a to až do svítání. V tuto dobu je velké množství druhů zvířat mnohem více aktivní, a to například při shánění potravy. Kvůli tmě je obecně složitější si jedince na vozovce všimnout a nehodě včas zabránit. Často je zvěř oslněna světlem z jedoucího vozu a tím přivedena do stresu, na který reaguje v mnoha případech „ztuhnutím“ a následným nehybným postojem na vozovce spíše, než útekem (Pěnčík 2016).

Je potřeba si uvědomit, že denně je sice na silnicích sraženo mnoho živočichů, dopravní nehodu však způsobí pouze někteří z nich. Ve většině případů se jedná o větší savce, mezi nimiž dominují velcí kopytníci, konkrétně prase divoké a srnec obecný. Často se mezi živočichy způsobujícími dopravní nehody objevují také psi, a to především v městských oblastech (CDV 2017). V živočišné říši je však člověk tím tvorem, který byl obdařen ovládním druhé signální soustavy³, a proto pouze on může podobné situace předvídat a dle toho přizpůsobovat své jednání okolnostem. Zvěř jedná na základě instinktu a reaguje bezprostředně, často ovlivněna stresovou povahou celé situace, proto nelze připisovat vinu za případné nehody právě jí (Kollár 2000).

3.3.1 Obecné dopady dopravních kolizí s živočichy

Kolize vozidel s volně žijícími živočichy mohou mít širokou škálu důsledků, a to jak na zvěř, tak na samotné motoristy. I přesto, že lidská zranění či dokonce úmrtí vyplývající z nehod se zvěří jsou poměrně vzácná, i ta se občas dějí a jsou velice

³ Druhá signální soustava = reflex vyvolaný obsahem slova, který se vyskytuje pouze u lidí (Otázky z medicíny 2002)

vážným následkem. Naopak celkem běžnými následky tohoto druhu nehod bývají například poškození vozidla, vedlejší autohavárie, různá emocionální traumata a další méně závažné následky, jako například nehodou zaviněné časové zpoždění a podobně. Tyto nehody mohou také často vyžadovat asistenci různých orgánů, záchranné služby nebo silniční údržbu kvůli potenciálnímu odstranění součástí či usmrčených jedinců zvěře z vozovek. U živočichů kolize představují bezprostřední nebezpečí pro jejich individuální přežití a v případě ohrožených druhů potom pro budoucí přežití celé populace (Huijser a kol. 2008).

3.3.1.1 Dopady na cestující

1. Bezpečností rizika

Jak bylo již uvedeno, pro člověka představují riziko především kolize s velkými hojně rozšířenými živočichy (především velkými kopytníky), mezi které můžeme zařadit například prase divoké či srnce obecného, v městských oblastech často také s domácími zvířaty (CDV 2017). Výzkumy provedené v různých státech (Huijser a kol. 2008), založené na datech o hlášených nehodách se zvěří, ukázaly, že přibližně 4-10 % ze všech hodnocených nehod způsobila právě velká zvířata a měly za následek zranění řidiče či jeho spolucestujících. I když to tato čísla zpočátku nenaznačují, znamená to přibližně 26 000 úrazů ročně připisovaných právě kolizím se zvěří, z čehož malý podíl tvoří i lidská úmrtí. Například americká studie zaměřená na příčiny a dopady kolizí s volně žijícími živočichy odhaduje, že ve Spojených státech ročně následkem kolizemí se zvěří umírá asi 200 lidí, což je asi 0,5 % z celkového počtu smrtelných nehod (Huijser a kol. 2008). V ČR bylo například v roce 2016 zaznamenáno celkem 98 864 dopravních nehod, z toho 10 448 nehod (tedy asi 10,6 %) bylo způsobeno právě srážkou se zvěří. Při těchto nehodách došlo k úmrtí jedné osoby, tedy stejnému počtu úmrtí, jako v roce 2015 (Policie ČR 2016).

2. Přímé finanční dopady

Nejběžnějším přímým nákladem plynoucím z kolizí s volně žijícími živočichy jsou škody na automobilech či dalších typech vozů. Největší dopad mají i v tomto případě kolize s velkými a hmotnějšími živočichy. Platí pravidlo, že čím větší

je velikost a hmotnost zvěře, tím větší škoda může na vozidle vzniknout. Řidiči ale mohou vzniknout i další přímé náklady plynoucími z tohoto druhů kolizí, jako například náklady na odtah vozidla z komunikace, výdaje na lékařskou péči v případě zranění řidiče nebo spolucestujících, případně ušlá mzda z důvodu absence v zaměstnání. Finanční důsledky dopadají také na veřejné instituce, které mají za úkol nehodu prošetřit, případně odstranit její následky z vozovky (tělo zvěře, likvidace součástek z vozidel, opravy na infrastruktuře). Kromě toho mohou mít veřejné orgány také určité finanční ztráty plynoucí z peněžní hodnoty samotné zvěře, například z loveckých a licenčních poplatků či rekreačních atrakcí spojených s prohlížením volně žijících živočichů (Huijser a kol. 2008).

3. Nepřímé dopady na cestující

Kolize vozidel s volně žijícími živočichy mohou mít i mnoho dalších vedlejších dopadů na řidiče a cestující, které již nelze přesně kvantifikovat. Živočichové pohybující se na vozovce mohou zapříčinit vedlejší sekundární nehody, kdy účastníkem nehody může být i vůz, který s živočichem nepřijde do přímého styku. Samotná nehoda potom může vést ke zpoždění cestujících nebo nepřímých účastníků nehody a svědků z důvodu situace na komunikaci. Řidiči si také mohou důsledkem nehody přivodit emocionální trauma, a to z důvodu špatné zkušenosti, z obavy z dalšího nebezpečí při cestování či ze zabití zvířete (Huijser a kol. 2008).

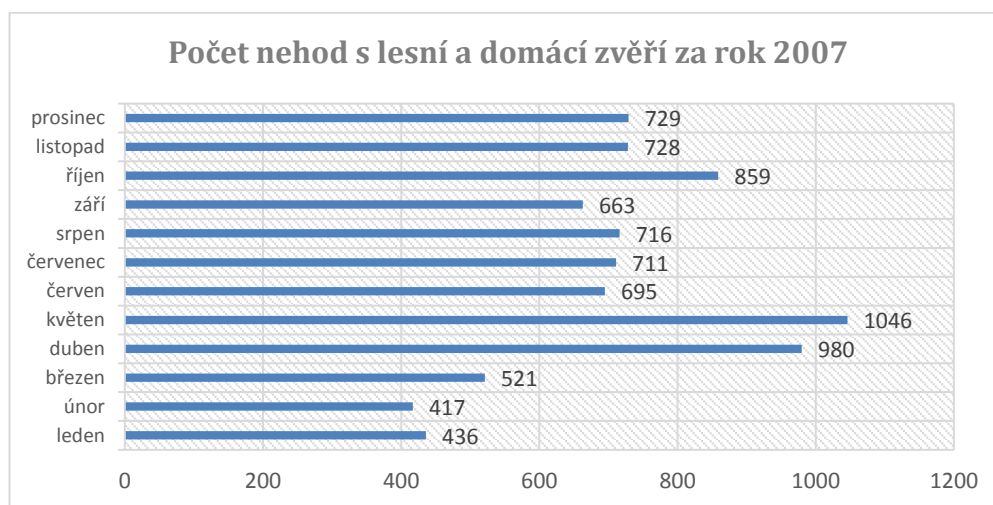
3.3.1.2 Dopady na živočichy

Kolize s vozidly představují pro živočichy vážné bezpečnostní riziko. Ve většině případů vede střet s vozidlem ke smrti zvířete, kdy toto umírá bezprostředně po zasažení nebo krátce po kolizi. Střety s vozidly tedy ovlivňují přežití mnoha jedinců, ale jsou také závažným problémem z hlediska ochrany živočichů, jelikož je tím ovlivněno a ohroženo dlouhodobé přežití místních či regionálních populací, především v kombinaci s dalšími faktory, jako je ztráta přirozeného prostředí v důsledku fragmentace, urbanizace a zemědělství (Huijser a kol. 2008).

3.3.2 Nehodovost v České republice

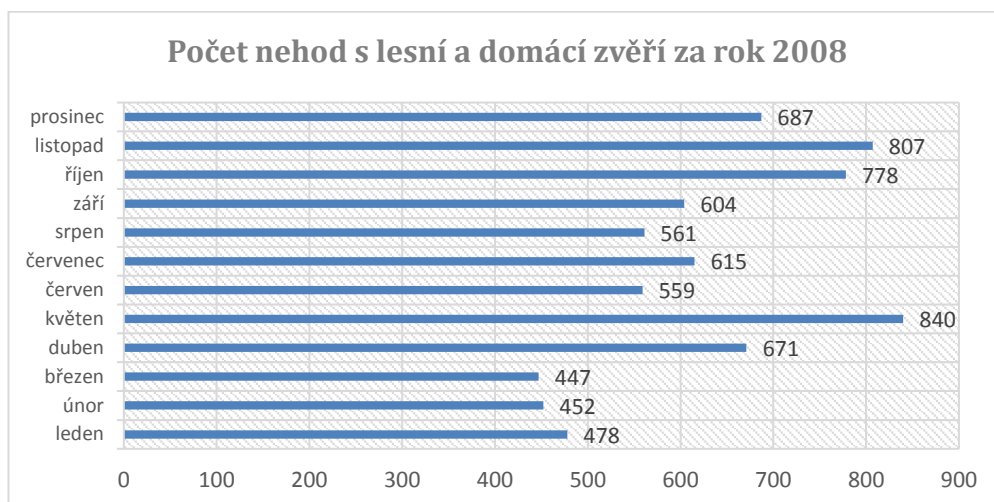
Ředitelství služby dopravní policie (ŘDSP) každoročně informuje o proběhlých dopravních nehodách v materiálu Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR, kde shromažďuje veškerá související data, nehody popisuje dle různých charakterů a vytváří statistiky. Dle těchto informací lze tedy odhadnout alespoň částečný počet srážek s lesní zvěří a jejich podíl z celkového počtu dopravních nehod, které byly za konkrétní rok řešeny. Na webových stránkách Policie ČR jsou dostupné tyto dokumenty a tedy data o nehodovosti za roky 2007 až 2016. Za rok 2017 jsou dostupná zatím pouze data k měsíci lednu. Na základě zmíněných dokumentů z let 2007-2016 byly vytvořeny grafy znázorňující počet nehod zapříčiněných srážkou s lesní nebo domácí zvěří za jednotlivé měsíce a dále graf znázorňující podíl těchto srážek z celkového počtu dopravních nehod za každý rok (ŘDSP 2007-2016):

Obrázek 5 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2007



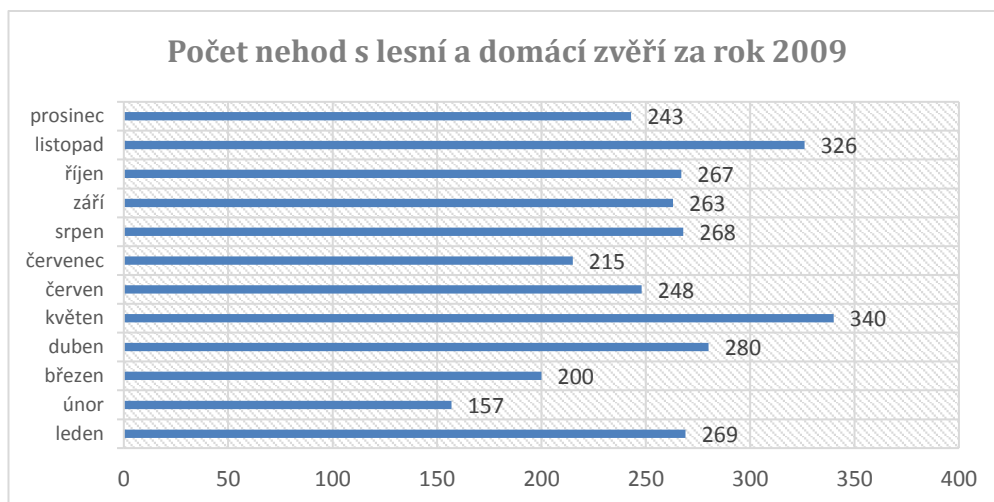
Zdroj: Policie ČR 2007

Obrázek 6 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2008



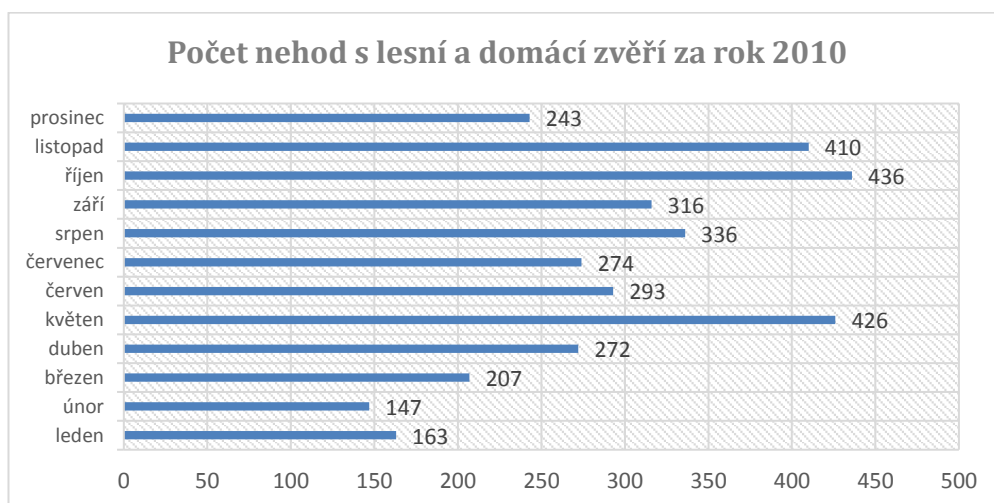
Zdroj: Policie ČR 2008

Obrázek 7 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2009



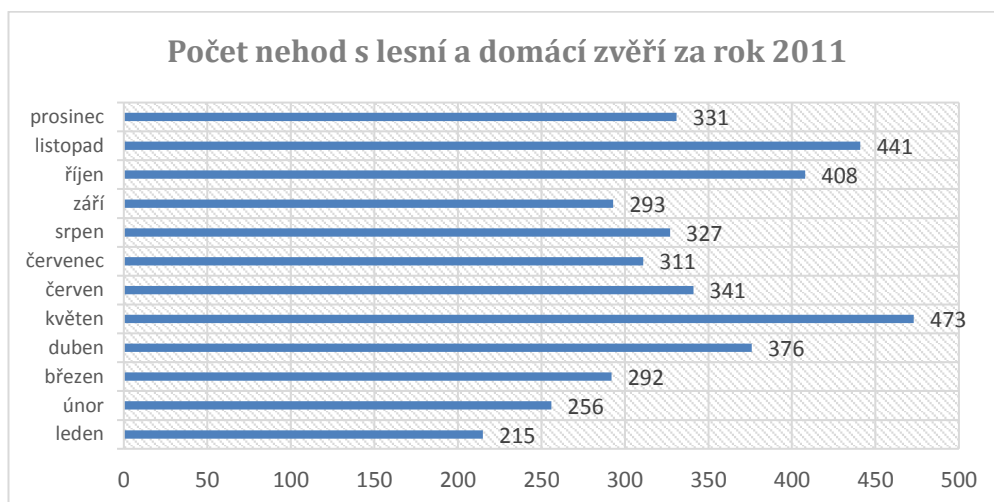
Zdroj: Policie ČR 2009

Obrázek 8 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2010



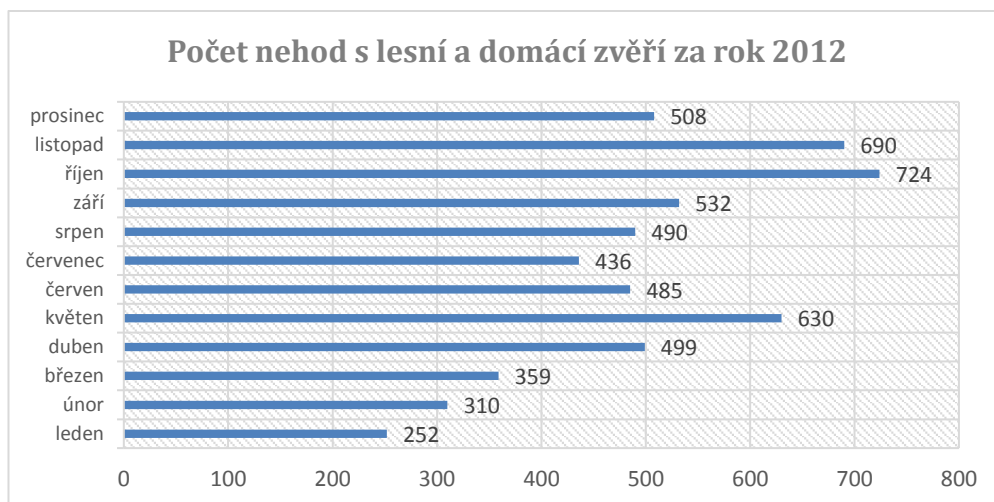
Zdroj: Policie ČR 2010

Obrázek 9 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2011



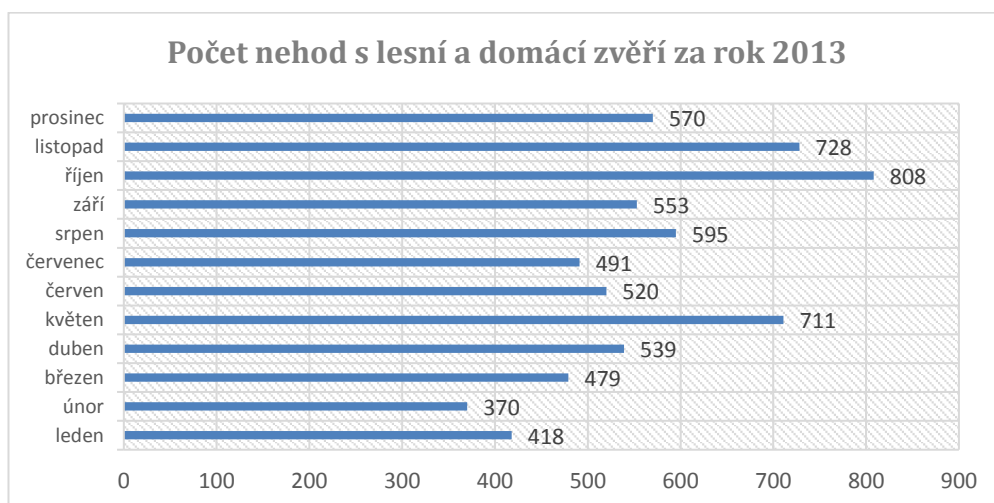
Zdroj: Policie ČR 2011

Obrázek 10 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2012



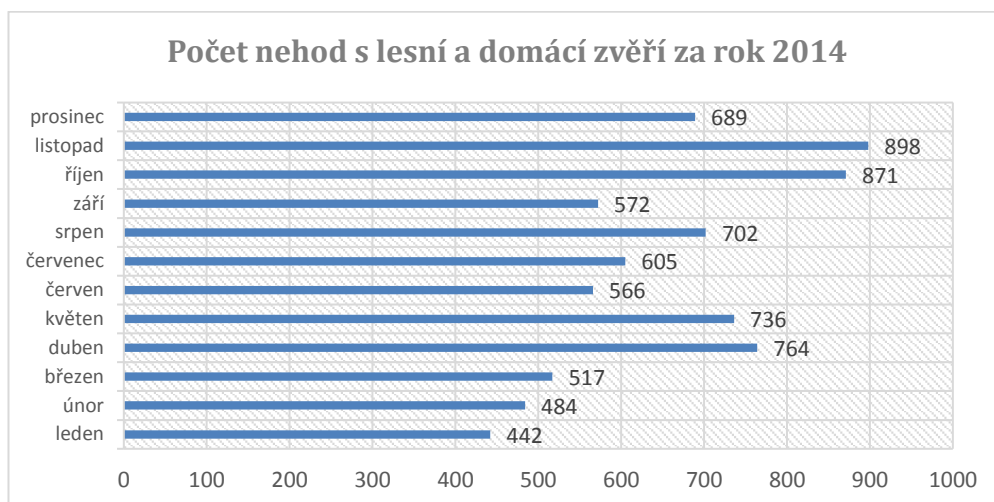
Zdroj: Policie ČR 2012

Obrázek 11 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2013



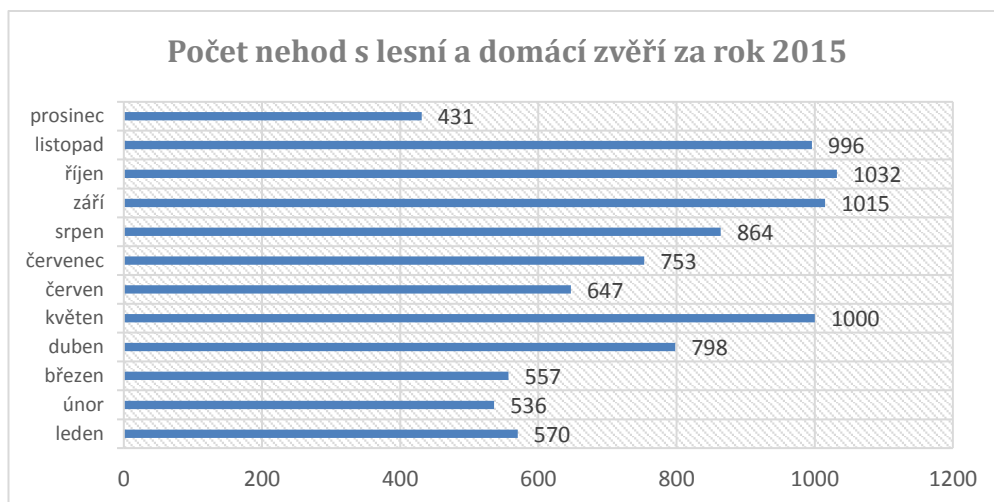
Zdroj: Policie ČR 2013

Obrázek 12 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2014



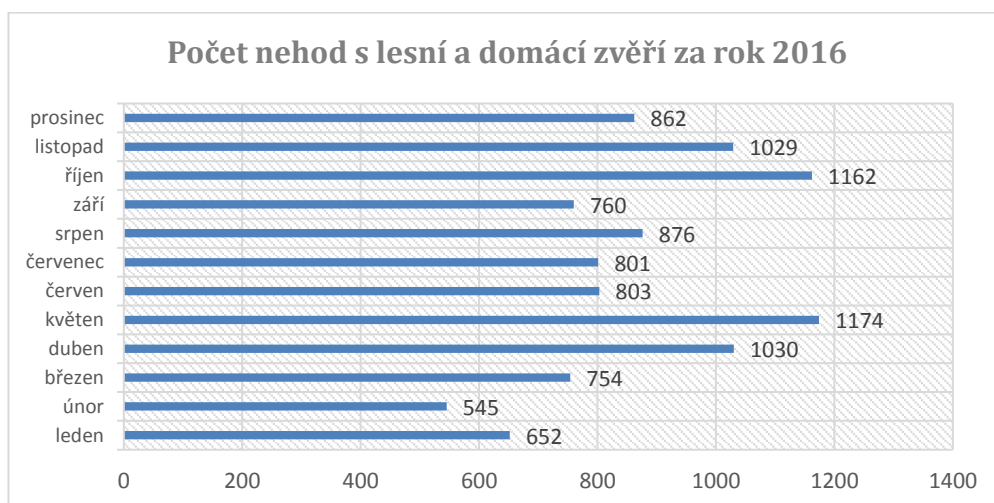
Zdroj: Policie ČR 2014

Obrázek 13 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2015



Zdroj: Policie ČR 2015

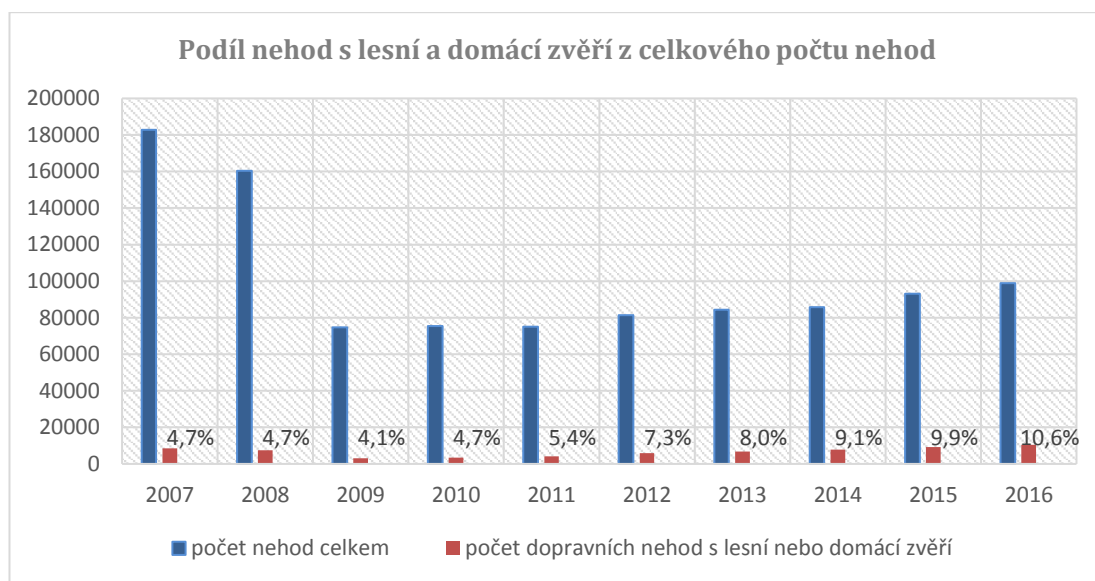
Obrázek 14 Počet nehod s lesní a domácí zvěří za rok 2016



Zdroj: Policie ČR 2016

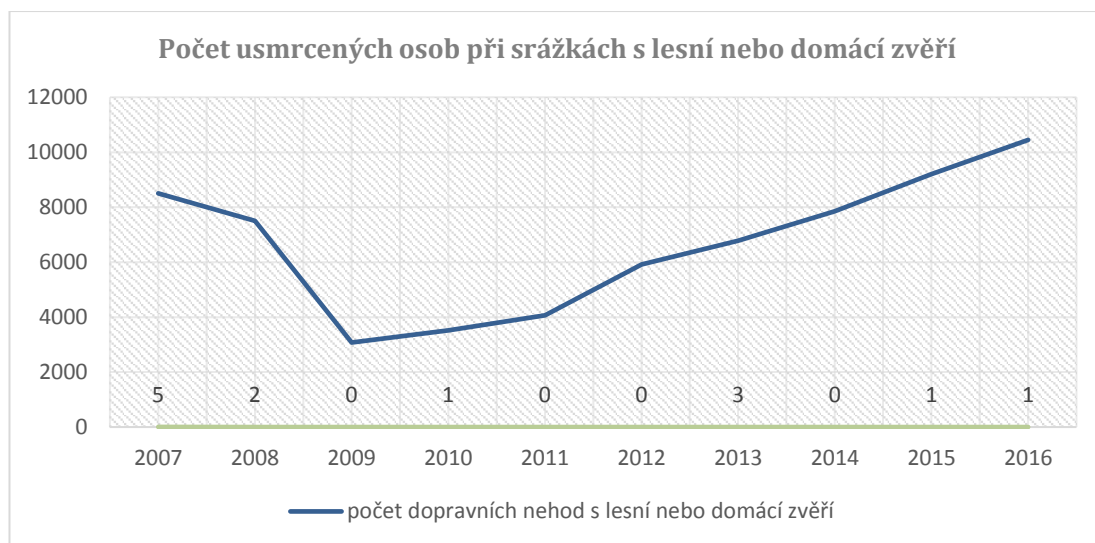
Na základě výše uvedených grafů lze uvést, že zpravidla nejkritičtějšími měsíci z pohledu počtu dopravních nehod jsou jarní a podzimní měsíce, tedy duben až květen a říjen až listopad, které ve většině případů významně překonávají průměr. To může být důsledkem zvýšené migrace zvěře v tomto období, která vzrůstá především z důvodu hledání nových úkrytů a z důvodu páření. V podzimních měsících zvěř také často olizuje posypovou sůl na vozovkách.

Obrázek 15 Podíl nehod s lesní a domácí zvěří z celkového počtu nehod



Zdroj: Policie ČR 2007-2016

Obrázek 16 Počet usmrcených osob při srážkách s lesní nebo domácí zvěří



Zdroj: Policie ČR 2007-2016

Co se týče celkového počtu dopravních nehod za jednotlivé roky, je třeba zmínit, že v roce 2009 došlo k zásadní změně v otázkách ohlašovací povinnosti dopravních nehod. Byl zvýšen limit pro oznamovací povinnost, což znamená, že přesáhne-li po dopravní nehodě škoda na vozidle částku 100 000 Kč, je účastník nehody povinen k dané nehodě zavolat Policii ČR, zatímco do roku 2009 byl tento limit 50 000 Kč. Limit se tedy od roku 2009 zdvojnásobil a dle grafu uvedeného výše je viditelný i rozdíl v celkovém počtu nehod, který je v roce 2009 téměř dvakrát nižší, než v letech předchozích.

Na základě grafu *Podíl nehod s lesní a domácí zvěří z celkového počtu nehod* lze také konstatovat, že podíl dopravních nehod způsobených srážkou s lesní nebo domácí zvěří na celkovém počtu dopravních nehod až do roku 2011 víceméně stagnoval a činil okolo 5%. Od roku 2012 lze zaznamenat vyšší podíl dopravních nehod způsobených srážkou s lesní nebo domácí zvěří se vzrůstající tendencí i v letech následujících. I přesto však nelze opomenout fakt, že data o dopravních nehodách s volně žijícími živočichy nejsou úplná a proto je nelze brát jako definitivní.

Z grafu *Počet usmrcených osob při dopravních nehodách s lesní nebo domácí zvěří* lze vyčíst, že i s rok od roku vzrůstající tendencí počtu dopravních nehod se zvěří je počet usmrcených osob při těchto nehodách velice nízký a od roku 2007 nepřekročil 5 osob. V letech 2009, 2011, 2012 a 2014 nedošlo dokonce k žádné kolizi s následkem úmrtí osob.

3.3.3 Kategorizace dopravních staveb dle vlivu na živočichy

To, jaký bude mít vozovka celkový bariérový efekt na živočichy, je dáno mnoha faktory. Tím nejvýznamnějším je celkové technické řešení vozovky, konkrétně její šíře, výškové vedení (zda je obklopena násypy či zářezy⁴) a zda se v jejím okolí vyskytují například protihlukové stěny, ploty, svodidla a podobně. Druhým významným faktorem je celková intenzita dopravy na vozovce a rychlost jedoucích

⁴ Násyp = zemní těleso/umělá vyvýšenina v terénu vytvořená nasypáním nebo zhutněním materiálu (obvykle zemina, kamení, hlušina)

Zářez = zemní těleso vytvořené vytěžením a odstraněním rostlé zeminy (horniny) do úrovně zemní pláně, terénní nerovnost vytvořená pro zahloubení komunikace

(Kaun, Lehovec 1998)

vozidel. To nejlépe určuje výši rizika střetu vozidla se zvěří v případě jejího výskytu na komunikaci. Skladba a intenzita dopravy (například podíl těžkých nákladních vozidel na komunikaci) také určuje to, jak moc je okolí vozovky zatíženo hlukem a tedy rušeno a disturbováno (Anděl a kol. 2006).

Pokud se blíže zaměříme na řešení komunikací z technického hlediska, můžeme vozovky rozdělit (ve smyslu zákona o pozemních komunikacích č. 13/1997 Sb.) na dálnice, silnice, komunikace místní a komunikace účelové. Dle dopravní intenzity (roční průměr denní intenzity vozidel) můžeme vozovky rozdělit do tří kategorií, a to podle vztahu k migraci zvěře – vozovky s intenzitou nízkou (< 1 000 vozidel/24 hodin), střední (1 000 – 10 000 vozidel/24 hodin) a vysokou (> 10 000 vozidel/24 hodin) (Anděl a kol. 2006).

Vozovky s nízkou intenzitou dopravy zpravidla nebývají dostatečným varováním pro zvěř, která se následně tyto vozovky snaží překonat. To je důvod, proč méně frekventované vozovky často stojí za velkým počtem usmrčených zvířat. Zmírňující opatření proti střetům jsou na těchto vozovkách pouze částečná a obvykle jsou směřována jen na kritické úseky vozovky pro zlepšení celkových viditelnostních podmínek na těchto úsecích, zahrnujících i zvýšení viditelnosti zvěře. Komunikace se střední intenzitou dopravy odrazují zvěř od překonávání těchto vozovek částečně. Zároveň se ale vytváří narušená zóna na obou stranách podél těchto vozovek, která má zpravidla stejnou šířku, jako je šíře dané komunikace. Této zóně se zvěř vyhýbá a během denních pohybů se zde téměř nevyskytuje. Na těchto komunikacích ale také dochází k celkem častým střetům vozidel se zvěří, jelikož její překonání je v mnoha případech pro zvěř možné. Vozovky s vysokou intenzitou dopravy mají ve většině případů na zvěř silný odpudivý účinek. Počet zvířat zabitých na těchto vozovkách je proto relativně malý, jedná se většinou pouze o případy, kdy se zvěř snaží překonat vozovku ve stresové situaci. Zároveň se ale navyšuje také šíře narušené zóny podél obou stran těchto vozovek, a to až na dvojnásobek šíře samotné vozovky. Zvěř se v těchto narušených pásích téměř nevyskytuje a omezuje zde veškerý svůj pohyb. Protože je ale tento typ vozovky pro živočichy nepropustný, má také silný dělicí vliv z pohledu efektu na jejich místní populace (Anděl a kol. 2006).

Například dle americké studie zaměřující se na příčiny a dopady kolizí s volně žijícími živočichy bylo z dat z národních databází o kolizích zjištěno, že 89% všech

kolizí uskutečněných mezi lety 2001 až 2005 bylo na dvouproudových silnicích (Huijser a kol. 2008). Z pohledu americké dopravní situace by toto zjištění mohlo naznačovat, že dopravní kolize s živočichy jsou problémem především ve vzdálených, venkovských oblastech. Dvouproudové silnice se však vyskytují také v oblastech, kde žije mnoho lidí, kteří denně dojíždějí do velkých měst za prací. Proto jsou dvouproudové silnice v těchto místech důležitou dopravní spojkou a tím pádem je kolizemi ohroženo vysoké množství řidičů.

Dle studie Jaegera (2004) však samotná velikost vozovky (pokud nebereme v potaz související objem dopravy na těchto vozovkách) nemá vliv na výši dopravní úmrtnosti. Velikost (šíře) silnice má vliv pouze na míru nepřístupnosti ke zdrojům a okolním populacím, a to především pro ty druhy, které jsou k přítomnosti vozovek zvláště citlivé a vyhýbají se jim.

Kromě silnic a dálnic však přírodní prostředí rozdělují také železnice a i ony ovlivňují bezpečný pohyb živočichů. ČR má velice rozvinutou a hustou síť železnic i silnic, a proto na území našeho státu téměř neexistuje místo, které by jimi z pohledu ohrožení zvěře nebylo ovlivněno. Železnice má oproti silničnímu a dálničnímu tělesu mnohem užší rozměry, a proto živočichům nedělá větší problémy ji překonat. Provoz železnice je ve srovnání s provozem na silnicích a dálnicích také méně intenzivní a živočichové mají většinou dostatečný prostor k tomu ji přejít. Nepřekonatelné nejsou ani hlavní železniční koridory. I tak ale k úmrtí živočichů na železnicích dochází. V konečném důsledku však železnice pro živočichy představují menší problém, než silnice a dálnice. Jejich vliv se může projevit především tam, kde dochází k protínání s dalšími druhy bariér (například vozovkami a sídly) (Anděl a kol. 2010). Ve vztahu k úmrtnosti zvěře je však obecně větší pozornost stále věnována vlivům silnic a dálnic a vlivy železnice zůstávají v dané problematice opomíjeny, přesto však dílčí studie existují. V rámci ČR byla například provedena studie zaměřená na kolize vlaků se srncem (v průběhu roku 2009), kdy byl testován vliv délky traťového úseku, vlaková frekvence na dotčených tratích, relativní množství jedinců srnce a roční období na pravděpodobnost kolizí. Na základě této studie bylo zjištěno, že počet kolizí byl ovlivněn především vlakovou frekvencí, což znamená, že čím více vlaků dotčeným územím projíždí, tím roste pravděpodobnost srážky se zvířetem. Neméně významný vliv má dle této studie také roční období, jelikož k největšímu množství srážek došlo v zimě (resp. v únoru). Důvodem je nízká kvalita a dostupnost potravy a také

přítomnost sněhu – to vše má vliv na pohyb jedinců, kteří musí v tomto období urazit větší vzdálenosti, aby si obstarali jídlo, a hledají oblasti, kde sníh není, nebo je ho málo. Takové oblasti mohou být často právě v okolí silnic nebo železnic (Kušta a kol. 2014).

Kromě výše uvedených dopravních staveb má v obecném měřítku na tento druh kolizí se zvěří vliv také letectví. Například civilní letectví ve Spojených státech vede každoročně ke škodám v řádech milionů (více než 600 milionů dolarů) a více než 200 lidí zde bylo v posledních dvou desetiletích usmrceno v důsledku nárazů s ptáky (Dolbeer a kol. 2012; Richardson a kol. 2000).

Obrázek 17 Kontakt železničních staveb se zvěří



Zdroj: Suvorov 2015

3.3.4 Chování živočichů při kontaktu s komunikací

Jak bylo již řečeno, u většiny druhů živočichů se zpravidla můžeme setkat alespoň s částí jejich populace, která se nesoustředí pouze na stálé domovské okrsky, ale z různých důvodů migruje, a to na kratší i velké vzdálenosti. U většiny druhů není jejich přesný důvod a motiv pro migraci úplně objasněn. Obecně se ale může jednat

například o subadultní jedince, kteří migrují z důvodu vytlačení z jejich domovského okrsku (Hlaváč a kol. 2001), nebo například o migraci plně dospělých jedinců z různých sezónních či teplotních příčin.

Faktem však zůstává, že migrace druhů je zásadním faktorem pro trvalé přežívání populací a jejich prosperitu, a to z několika důvodů. Díky migraci mohou být v rámci populací vyrovnávány výkyvy její početnosti, které byly zapříčiněny například epidemií, živelnou katastrofou nebo pouze zhoršenými podmínkami prostředí. Migrace má také pozitivní vliv na osidlování nových, ztrátových lokalit v případech, kdy jedinci z prosperující populace migrují do míst s izolovanější populací, která by jinak mohla i zaniknout. Případně mohou být nová místa migrující populací objevena a následně osídlena, nebo alespoň přechodně využita pro jejich vhodné podmínky. Jedním z pozitivních důsledků migrace je také udržení genového toku⁵ mezi populacemi a tedy podpora rozmanitosti genofondu populace⁶ (Hlaváč a kol. 2001).

U krátkodobé migrace se obecně jedná většinou o přesuny z důvodu hledání potravy a poté návraty do místa odpočinku nebo i již zmíněný rozptyl mláďat po jejich odchovu a osamostatnění. Právě při tomto druhu migrace jsou živočichové často nejvíce omezováni vozovkami (Hlaváč a kol. 2001).

Zatímco biofyzikální účinky komunikací na živočichy a bezprostřední okolí vozovek jsou hojně studovány a na toto téma je vedeno spoustu výzkumů, znalosti o psychosociálních faktorech komunikací působících na živočichy jsou stále velice řídké (Crawford a kol. 2016). Přitom tyto faktory mnohdy ovlivňují množství střetů, které se na silnicích uskuteční.

Při styku s komunikací může jedinec tuto situaci řešit různými způsoby. Pokud migrace jedince nemá daný konkrétní směr, může jedinec jeho směr pohybu změnit a komunikaci se díky tomu zcela vyhnout. Pokud je však důvod jeho migrace jasně daný a orientovaný, může komunikaci sledovat až do té doby, dokud se nesetká s vhodným a bezpečným průchodem. Třetí možností je, že jedinec komunikaci přejde

⁵ Genový tok = výměna genetického materiálu mezi různými populacemi (Lízal 2013)

⁶ Genofond populace = soubor alel (konkrétních forem genu) pro všechny formy znaků v populaci (BIOMACH, vzdělávací web 2017)

po jejím povrchu (Hlaváč a kol. 2001). Pokud se jedinec rozhodne vozovku přejít, může být zasažen vozidlem či dokonce zabit (Loss a kol. 2014). Často jedinec při své migraci nemusí narazit na bezpečný průchod, který by mohl využít a pouze kopíruje bariéry, které v okolí vozovek jeho průchodu brání (svodidla, ploty apod.), a to až do té chvíle, dokud ho tyto bariéry nedovedou do místa, kde je průchod možný. Jak zmínil Ramp (2005), tyto bariéry mohou mít v těchto případech roli „trychtýře“, který jedince svede do míst, kde jsou tímto vytvořeny rizikové oblasti srážek se zvěří.

Lima a kol. (2015) ve své publikaci řešil reakce zvěře v případě těsné blízkosti vozidla. Je pravděpodobné, že reakce zvěře bude zahrnovat veškeré aspekty jejich antipredační výbavy – to znamená, že využije své obranné a únikové smysly, kdy objeví a identifikuje svého predátora, v tomto případě hrozbu v podobě vozidla. V mnoha případech však může být vozidlo nejprve vnímáno spíše jako velký benigní objekt, než jako hrozba. Za předpokladu, že by zvěř opravdu v případě ohrožení vozidlem využívala především svou antipredační výbavu, je otázkou, jaké reakce by měly druhy v místech, kde se nevyskytuje velké množství rodilých predátorů. V tomto případě by zvěř tuto výbavu mohla postrádat a tím pádem by mohla být zvláště zranitelná vůči kolizím s vozidly. Stejný problém se může týkat také těch druhů, které se potýkají s nízkým rizikem predace z důvodu jejich velikosti těla či obranným dovednostem. Tyto druhy se nemusí rizikovým oblastem vyhýbat, jelikož jednoduše nemají obavu z nových blížících se objektů (Lima a kol. 2015).

Samotná detekce vozidla se nezdá být problémem, a to především v případě zvěře, která má dobrou sluchovou a zrakovou výbavu (sluch hlavně u savců, zrak zase u ptáků). Vyžaduje však přítomnost takových obrazových nebo zvukových podnětů, které odpovídají smyslové schopnosti dotčeného zvířete, a tyto senzorké systémy se mezi jednotlivými druhy podstatně liší. Existují i takové druhy a jedinci, kteří mají percepční schopnosti velmi omezené a nemusí být schopni vozidlo detekovat až do poslední chvíle. Mezi ty mohou patřit například jedinci s vadou zraku či sluchu nebo ti, jejichž percepční schopnosti jsou adaptovány na specifické signály v případě hrozby konkrétního predátora (Lima a kol. 2015). Kromě toho může mít na reakce jedinců vliv také fyzické uspořádání vizuálního systému, které může mnohdy zapříčinit smyslové omezení a tím pádem mít i dopad na včasné odhalení jedoucích vozidel (např. u ptáků) (Martin 2011). Obecně lze říci, že zde funguje přímá úměra, kdy s větší velikostí těla jedinců se mnohdy zvětšuje velikost oka. Díky tomu větší

druhy mohou být schopni detekovat přijíždějící vozidlo lépe a z větší vzdálenosti, než druhy malé (Blackwell a kol. 2009).

Důležitým faktorem je také prostředí, kde je zvěř nucena vůz detekovat a pozadí přijíždějícího vozidla. Zde hraje roli kontrast mezi vozidlem a jeho pozadím – logicky, čím větší je kontrast mezi objekty, tím větší je šance vozidlo včas detekovat. Obecně, pokud ekologické podmínky (například spektrální vlastnosti světla) vedou k vyššímu kontrastu mezi objekty, jedinci tak mají i větší šanci ulovit kořist či naopak detekovat predátora (Macedonia a kol. 2009). Ta samá teorie se dá aplikovat i na detekce vozidel na komunikacích (Lima a kol. 2015).

Na základě studie S. L. Jacobsona a kol. (2016) proběhl výzkum, který se zabýval objemem provozu na komunikacích a jeho účinkem na populace volně žijících živočichů a jejich pohyb. Tato studie se pokusila objem provozu na vozovce využít jako nástroj, který by mohl pomoci předvídat bariérový účinek komunikace a potenciální úmrtnost zvěře a poskytnout tak zároveň včasné varování. V rámci této studie byly sestaveny čtyři skupiny druhů dle jejich reakcí na situace, kdy jsou ohroženy provozem na vozovce. První skupinou byla skupina nereagujících, do které byli autory zahrnuti především mnozí bezobratlí, některé druhy žab, želv, hadů a sov. Druhy spadající do této skupiny se ve většině případů komunikaci snaží přejít bez ohledu na objem provozu i v případě, kdy jsou jím ohroženi. Druhou skupinou byly tzv. „pausers“ - tento název dostala skupina pro charakteristické zastavení druhů tváří v tvář nebezpečí, tzn. bezprostředně na vozovce, díky čemuž je u nich vysoká pravděpodobnost střetů s vozidly se zvyšující se intenzitou dopravy. Byli do ni zahrnuti například skunci, urzoni, vačice, klokani, jiné druhy obojživelníků, hadů a želv nespádající do první kategorie. U skupiny nereagujících a u „pausers“ jsou proto komunikace především faktorem způsobujícím úmrtnost. Třetí skupinou byly tzv. „speeders“, kteří se před hrozícím nebezpečím snaží utéci, ale nejsou toho schopni tak úspěšně se zvyšující se intenzitou dopravy. Tato skupina je dopravou odrazena již při střední intenzitě hluku. Mezi tyto živočichy patří například kopytníci. Čtvrtou skupinou jsou druhy vyhýbající se dopravě i při jejich relativně nízkých objemech. Ti čelí nižší úmrtnosti než předešlé kategorie. Sem byli autory zařazeni například medvědi, pumy a některé druhy netopýrů. U „speeders“ a vyhýbajících se druhů komunikace působí spíše jako faktor tvořící bariérový účinek, než jako faktor zvyšující úmrtnost (Jacobson a kol. 2016).

To, jak a v jaké míře zvěř komunikace překonává je problematika, která souvisí jak s bezpečností silničního provozu, tak i s ochranou jednotlivých populací živočichů právě před důsledky fragmentace a případnými riziky jejich střetů s dopravními prostředky a způsobenými haváriemi (Hlaváč a kol. 2001). Protože každoročně dojde na komunikacích k úmrtí či vážnému zranění několika milionů jedinců (Anděl a kol. 2005), úmrtnost zvěře způsobená dopravními kolizemi může být silným zásahem do celé populace daného druhu, především pak druhů vzácných, které nemají příliš početné populace. Proto doprava může být i jednou z hlavních příčin vymření velkého množství ohrožených druhů na Zemi (Dufek a kol. 2008).

Pokud by při přebíhání vozovky zvěří docházelo k úspěšným přechodům, byl by zároveň eliminován bariérový efekt, který dopravní cesty pomáhají vytvářet. Každý druh má však rozdílnou schopnost vozovku překonat. Jak je uvedeno například v Metodickém pokynu pro zjišťování průchodnosti (Hlaváč a kol. 2001), při výzkumu prováděném za příznivých sněhových podmínek bylo zjištěno, že liška vozovku přebíhá často a především v nočních hodinách, zároveň s vysokou úspěšností. Srnčí zvěř se přes noc k vozovkám přibližuje, a to až ke krajnici, k přeběhnutí však dochází méně často (stresové situace apod.). Schopnost úspěšně překonat komunikaci je obecně nízká u přežvýkavců, naopak většina šelem je vozovku schopna úspěšně přeběhnout. Zde tvoří výjimku pouze pomalu pohybující se šelmy, jako je například jezevec či vydra (Hlaváč a kol. 2001).

Na četnost výskytu přebíhání komunikací zvěří má vliv velké množství faktorů. Mezi ty nejvýznamnější patří charakter krajiny v okolí komunikace a koncentrace zvěře v jejím okolí, dále například nivelita komunikace⁷ ve vztahu k okolnímu terénu – zvěř ve většině případů vbíhá na vozovku tam, kde je nivelita komunikace na úrovni okolního terénu a nejsou tedy podél vozovky viditelné násypy či zářezy. Dále četnost přebíhání vozovek ovlivňuje přítomnost svodidel na komunikacích – zvěř logicky méně vbíhá na vozovku v místech, kde jsou přítomna svodidla, především potom srnčí zvěř se málokdy snaží takové překážky překonat. Důležitým faktorem je také oplocení komunikace (především v případě dálnic)

⁷ Nivelita komunikace = pomyslná čára, která znázorňuje výškové poměry a sklon dané komunikace (Kaun, Lehovec 1998)

a „stáří“ komunikace, jelikož v případě novějších staveb dochází k přebíhání vozovek výrazně častěji (Hlaváč a kol. 2001).

3.3.5 Dotčené druhy živočichů kolizemi s vozidly v rámci ČR

K tématu sražené zvěře a její celkové mortality na silnicích bylo v roce 2013 pod záštitou časopisu Myslivost provedeno dotazníkové šetření, které mělo vyhodnotit množství sražené zvěře na českých silnicích. Dotazník mohl v průběhu roku 2011 vyplnit každý řidič v papírové i elektronické podobě a v rámci šetření byl dotazován na počet najetých kilometrů na silnicích ČR za posledních pět let a zároveň na zvířata, která v tomto období srazil, a to včetně případů, kdy toto zvíře nezůstalo bezprostředně po kolizi ležet na silnici a z vozovky odešlo. Řidiči do dotazníku nezahrnovali případy, kdy pouze viděli již přjetou zvěř ležet na vozovce, jelikož se šetření týkalo pouze osobních zkušeností se srážkou (Mrtka 2013).

Výstupem tohoto dotazníkového šetření bylo celkem 1 121 zaznamenaných případů sražení různých druhů zvěře. Z tohoto celkového počtu bylo mezi sraženou zvěří 770 savců, 318 ptáků a 13 obojživelníků či plazů. Nejčastěji byly hlášeny srážky se zajícem polním (téměř 20 % všech případů), srncem obecným, ale také s kočkou domácí. V menší míře potom s bažantem obecným, kunou, prasetem divokým, liškou obecnou, psem, jezevcem lesním či velkými býložravci, jako je jelen evropský, daněk skvrnitý a muflon. Z výsledků získaných výpočty bylo zjištěno, že nejvyšší předpokládané roční ztráty na silnicích v celé ČR se týkají zajíce polního (asi 144 000 jedinců), srnce obecného (asi 129 000 jedinců) a kočky domácí (asi 98 000 jedinců). U bažanta obecného byly zjištěny předpokládané roční ztráty asi ve výši 39 000 jedinců. U kuny, lišky obecné a prasete divokého byly zjištěny ztráty mezi 17 000 a 19 000 jedinci. U psa domácího, jezevce lesního, káněte a velkých býložravců potom mezi 6 000 a 10 000 jedinci (Mrtka 2013).

U srnce obecného byly dle vyjádření Ing. Mrtky zmíněné výsledky překvapující, jelikož se u tohoto druhu původně předpokládala mnohem nižší mortalita. Tyto předpoklady se opíraly o poznatky, které byly zjištěny z pěších pochůzek v okolí silnic, při kterých však nemohou být zjištěny případy, kdy srnec neumírá bezprostředně po srážce, ale odejde z komunikace a uhynie později. To může být důsledkem větší velikosti srnce a skutečnosti, že ke smrti dojde například až na

následky vnitřního zranění. V tomto případě byly výsledky dotazníku nápomocné, jelikož tyto informace mohou zaznamenat právě pouze řidiči, kteří s takovou srážkou mají osobní zkušenost. Naopak u menších druhů zvěře nemusí řidič snadno druh identifikovat a výsledky tak mohou být zkreslené. Pozorování mortality menších druhů zvěře je tedy pravděpodobně průkaznější při pěších pochůzkách. Z výsledků dotazníku bylo také například zjištěno, že v případě zajíce polního, jezevce lesního, srnce obecného a kuny může mortalita na silnicích výrazně převýšit lov těchto druhů zvěře (Mrtka 2013).

V případě prasete divokého byla zjištěna relativně nízká mortalita, a to i přes velké rozšíření tohoto druhu v urbanizovaných oblastech a jeho znatelného přemnožení za posledních několik desítek let (Mrtka 2013). To může být dáno například jeho vysokou inteligencí, kdy si jedinci pamatují místa, kde jim v minulosti hrozilo nebezpečí. Prase divoké se velmi snadno adaptuje na okolní podmínky a má vysokou schopnost reprodukce. Člověk tomuto druhu nevědomky vytváří podmínky, za kterých se mu daří, a proto se jeho populace rozrůstají, a to i na periferiích velkých měst. V poslední době je známo několik případů, kdy došlo k přímému střetu člověka s prasetem i v obydlených oblastech či k napadání psů prasaty. Pohyb této zvěře v urbanizovaných oblastech je problémem i z hlediska dopravních kolizí z důvodu jeho častého výskytu na silnicích a dálnicích.

Obrázek 18 Prase divoké v kontaktu s komunikací (východní část Prahy)



Zdroj: youtube.com

3.4 Zmírňující opatření

Co se týče jednotlivých negativních dopadů fragmentace na přírodní prostředí a s tím souvisejícího bariérového efektu, je možné ho zmírnit pomocí různých doprovodných opatření. V místech křížení bariéry, kde je předpokládán nebo je již potvrzen migrační tlak živočichů, je zapotřebí provést úpravy projektů navržených mostních objektů a vytvořit tak například přírodě blízké podmostí, které do okolní krajiny svým vzhledem zapadne. Často se tedy dbá na způsob vytvoření takového průchodu, při jehož úpravě se nebude příliš zasahovat například do přírodního charakteru koryta, do převáděných vodních toků, do hlinitého podmostí s výskytem kamení či větví, což může sloužit jako úkryt pro drobné živočichy nebo do okolí, které přirozeně navádí živočichy do podmostí (například oplocení či výsadba dřevin).

Druhou možností je výstavba ekoduktů, speciálních migračních objektů, které zachovávají spojitost mezi ekosystémy obnovou původního terénu a vegetace na povrchu ekoduktu. Tento typ opatření je při přechodu přes komunikaci využitelný širším spektrem druhů živočichů, především těch, pro které je přirozenější přecházet vozovku vrchem (například z důvodu obavy z tmavých a úzkých podchodů či z důvodu velikosti propustků, která nemusí vyhovovat savcům větších rozměrů) (Libosvár 2009).

Obrázek 19 Příklad ekoduktu



Zdroj: Správy.Pravda.sk

Konstrukční řešení a rozměry výše zmíněných objektů jsou základními parametry, které následně rozhodují o jejich funkčnosti. Jedná se o variabilní otázku, která je vždy závislá na místních podmínkách a je tedy potřeba přistupovat ke každému objektu individuálně. Stejně důležitými faktory jsou také tzv. faktory pohody, mezi které lze zařadit například charakter bezprostředního okolí objektu a komplexní řešení daného objektu. Je důležité, aby v okolí byly minimalizovány rušivé vlivy z provozu na komunikaci a zvěř se tak v těchto místech cítila bezpečně a mohla migrační profil v klidu využít. Konkrétně se jedná o několik významných vlivů, na které je potřeba brát zřetel při výstavbě těchto objektů. V první řadě je důležité zaměřit se na optické vjemy v objektu, přičemž by zvěř při jeho průchodu měla mít co největší smyslový kontakt s přirozeným okolím, především vegetací, a naopak co nejmenší se samotným tělesem komunikace. Proto je důležité dbát především na vegetační úpravu daných objektů. Dále je podstatné dbát na charakter povrchu, po kterém se zvěř pohybuje při průchodu objektem, kdy je nejvhodnější přirozený travnatý povrch či půda bez porostu. Naopak nevhodným a nepřirozeným povrchem jsou betonové a asfaltové plochy nebo povrch zasypaný šterčkem či oblázky, které navíc při pohybu zvěře mohou způsobit hluk a zvěř tak může sama sebe vyplašit. Je také zapotřebí minimalizovat osvětlení v těchto objektech plynoucí z reflektorů automobilů. V neposlední řadě tyto objekty vyžadují minimalizaci hlukové zátěže z okolního provozu vozidel (Anděl a kol. 2006).

Spousta živočichů také při svém každodenním pohybu mezi fragmenty využívá tzv. biotopové koridory, kterými mohou být například pruhy vegetace podél řek, liniové remízky, větrolamy apod. Zvěř tyto oblasti využívá díky jejich podobnosti s domovským prostředím, a proto je k těmto vegetačním strukturám často přihlíženo při krajinných úpravách (Suvorov 2015).

Migrace zvěře je především projev biologického systému a je ovlivněna velkým množstvím faktorů. Proto má příprava migračních objektů pravděpodobnostní charakter a je založena na odhadech (Anděl a kol. 2006).

Další možností, jak snížit počet nehod se zvěří, je přímo modifikovat chování volně žijících živočichů. Toho lze docílit například ovlivněním druhového složení vegetace, která sousedí se silnicemi nebo zavedením odrazek a zrcadel do rizikových míst podél vozovek (Hlaváč a kol. 2001). V ČR již také proběhlo testování pachových

repelentů, které by zvěř měly upozornit na nebezpečí, zvýšit jeho ostražitost, případně mu úplně zabránit průchodu přes vozovku. Tyto repelenty často obsahují směs pachů připomínající člověka (např. lidský pot), predátora nebo spáleniště a na základě informací myslivců tato opatření fungují a daří se díky nim snižovat počet dopravních nehod se zvěří. Různé typy repelentů byly testovány na rizikových úsecích silnic na Pardubicku a střety vozidel na těchto vozovkách se snížily, se srnčí zvěří až o 83 %, se zajíci téměř o 86 % a s liškami o 50 % (Havránek a kol. 2011). Kušta (2015) se ve své studii zabývá účinností pachových repelentů na snižování úmrtnosti zvěře v důsledku střetů na vybraných vozovkách a železničních tratích v rámci ČR. Na základě dvouletého výzkumu byla zjištěna vysoká účinnost repelentů, které byly příčinou snížení počtu nehod a také měly významný vliv na snížení nákladů škod způsobených v rámci těchto nehod, a to až o 37%. Záleží ale na správné volbě typu repelentu a také na ročním období, jelikož v zimních obdobích je funkčnost repelentů obecně snížena (Kuşta a kol. 2015).

3.5 Využití GIS v otázce dopravních kolizí

Geografické informační systémy (GIS) jsou v současné době nepostradatelné v mnoha oblastech, nevyjímaje oblast dopravy i ochrany životního prostředí. GIS lze využít v oblasti ochrany přírody, kdy je například možné sledovat rozmístění stanovišť rostlin a živočichů, pomocí GPS sledovat ohrožené druhy a dále studovat souvislosti mezi podmínkami okolí a jejich výskytem. GIS rovněž umožňuje sledovat změnu prostředí v průběhu času či vyhodnocovat efektivitu různých zavedených opatření a jejich vliv na zlepšení životního prostředí (ARCDATA PRAHA, 2017).

Software GIS lze využít i v oblasti dopravy, neboť v něm lze lépe graficky znázornit síť dopravní infrastruktury (možnost správy a modelování dopravní infrastruktury), monitorovat aktuální dopravní situaci či lokalizovat případné nehody (možnost monitoringu sjízdnosti vozovek a uzavírek). Může také pomoci při analýzách dopravní obslužnosti v jednotlivých krajích (ARCDATA PRAHA, 2017).

Obecně je dopravní nehoda prostorový jev, na kterém lze taktéž studovat vlastnosti z pohledu technologie GIS a pomocí toho hledat další způsoby vyhodnocování dopravní nehodovosti (Vlčková, Hrubeš 2015). K tomu, aby bylo

možné využít technologie GIS jako systémového nástroje pro modelování dopravní nehodovosti, je nutné do ní promítnout několik systémových segmentů. V první řadě se jedná o prostorově orientovaná data, tzv. geodata. To jsou data vázaná na konkrétní místo v prostoru, která lokalizují vybraný územní jev. Tato data jsou pořízena z terénních šetření, v tomto případě tedy například při šetření určité dopravní nehody na určitém místě. V další řadě se jedná o prostorové informace, tzv. geoinformace. To jsou geodata obohacena o další vlastnosti a charakteristiky, které o tyto přidané hodnoty původně pořízená geodata rozšiřují. V neposlední řadě je to samotná prostorová znalost prostředí, tzv. geoznalost, díky níž lze propojit relace mezi jednotlivými geodaty a geoinformacemi. Toto propojení lze provést datově i prostorově, tedy vyobrazením vztahu vzdálenosti v prostoru (Vlčková 2011). V konečném důsledku využití technologie GIS v otázce dopravní nehodovosti může vést ke kvalitnějšímu vyhodnocování reálných příčin vzniku dopravních nehod a využití shlukových analýz může navíc odhalit vnitřní propojenost faktorů. Pozitivem je také konečná grafická vizualizace výstupů, které díky tomu lze snadněji interpretovat (Vlčková, Hrubeš 2015).

GIS lze využít pro analýzy faktorů ovlivňujících kolize vozidel s volně žijícími živočichy zaměřené na druhově specifickou úmrtnost na komunikacích klasifikací prostorových modelů (Slater 2002). Tyto analýzy mohou pomoci ilustrovat vztahy krajinného prostředí a silničních překážek (např. vodní bariéry, ploty či svodidla) s místy s vysokou mortalitou obratlovců, která je zapříčiněna právě kolizemi s vozidly (Glista a kol. 2008). Jak uvedl Ramp (2005) ve své výše zmiňované publikaci, právě díky komplexnímu náhledu z prostředí GIS bylo možné vypořádat, že uvedené překážky umístěné podél silnic, mohou často fungovat jako „trychtýř“, který druhy pokoušející se přejít komunikace svádí do míst bez podobných překážek a tím mohou být vytvářena tzv. „hotspots“, kde se střety se zvířeti soustřeďují do určitých lokalit. Tyto analýzy pomáhají porozumět, kde k takovým střetům může dojít (Boitet a kol. 2014) a mohou být nápomocné například při plánování, výstavbách či úpravách komunikací.

V prostředí ArcGIS lze také například analyzovat časoprostorové změny a zkoumat změny prostředí a jejich vliv na konkrétní faktory. V tomto případě se dají využít letecké snímky, umožňující zachycení změny krajiny v čase. Tento způsob výzkumu byl využit například ve studii Kekena (2016), ve které byly zkoumány

časoprostorové změny ve struktuře krajiny ČR za roky 1950 až 2012 a jejich vliv na výskyt dopravních střetů s volně žijícími živočichy. Tato studie dokázala, že historický vhléd do struktury krajiny a jejího postupného vývoje může být například i z pohledu vývoje dopravní infrastruktury velice užitečný a efektivní nástroj. Tento lze využít při navrhování opatření, které by mohly vést k prevenci nebo minimalizaci dopravních nehod se zvěří, kdy se lze inspirovat stavem krajiny v dřívějších dobách a obnovovat přirozená nebo přírodě blízká stanoviště (Keken a kol. 2016).

3.6 Stručná charakteristika zkoumaného území

3.6.1 Liberecký kraj

Liberecký kraj je ve srovnání s ostatními kraji ČR svou rozlohou 3 163,4 km² nejmenší. Tvoří ho celkem čtyři okresy, a to Liberec, Jablonec nad Nisou, Česká Lípa a Semily. Reliéf Libereckého kraje je převážně hornatý.

Nachází se zde několik turisticky exponovaných míst, a to například Máchovo jezero, Ještěd a různé další historické památky. V tomto kraji se navíc nachází několik významných chráněných oblastí, a to CHKO Lužické hory, CHKO Jizerské hory, část CHKO Kokořínsko, západní část CHKO Český ráj a rovněž západní část Krkonošského NP (MMR ČR 2012).

Na území Libereckého kraje se nachází téměř 2 500 km silnic. Z toho 18 km silnic je rychlostních, 329 km mají silnice 1. třídy a asi 2 100 km mají krajské silnice 2. a 3. třídy (Doprava v Libereckém kraji 2007). Dále zde leží dva významné dálniční tahy z Prahy k hranicím s Německem. Prodloužení dálnice vedoucí z Prahy přes město Liberec až na státní hranici umožnilo napojení na německou dálniční síť (MMR ČR 2012). Rozložení zdejší silniční sítě je víceméně rovnoměrné a koreluje s celkovou výměrou sídelních jednotek a strukturou osídlení. Významně nižší hustota silniční sítě je v méně zalidněných oblastech nebo v horských oblastech, kterými jsou například Jizerské hory či Vojenský újezd Ralsko. Z pohledu porovnání hustoty silniční sítě v jednotlivých okresech Libereckého kraje má nejvyšší hustotu sítě okres Jablonec nad Nisou, který je zároveň nejlidnatější a to i přesto, že velkou část tohoto okresu zaujímají právě horské oblasti Jizerských hor. Naopak nejnižší hustota silniční sítě je v okrese Česká Lípa, který je také tím nejméně lidnatým okresem.

Co se týče intenzity silniční dopravy v Libereckém kraji, nejvyšší dopravní intenzita je na silnicích 1. třídy. Tento nárůst dopravy je mimo jiné také způsoben vstupem ČR do EU. Členství ČR v EU také z důvodu zrušení celních kontrol podpořilo změny v provozu mezinárodní těžké dopravy po silnicích v ČR, přičemž intenzita nákladní dopravy po celé silniční i dálniční síti ČR byla navýšena, nevyjímaje Liberecký kraj, ve kterém se tato skutečnost dotkla téměř všech silnic (Doprava v Libereckém kraji 2007). Mapa administrativního členění Libereckého kraje je přílohou č. 1 a mapa dopravní sítě je součástí přílohy č. 2 této práce.

3.6.2 Ústecký kraj

Ústecký kraj je tvořen celkem sedmi okresy - Ústí nad Labem, Louny, Litoměřice, Most, Teplice, Chomutov a Děčín. Jeho správním centrem je město Ústí nad Labem, kde se vyskytuje jeden z největších železničních uzlů v ČR a také největší říční přístav na řece Labe. Celkově je oblast tohoto kraje pověstná pro její průmyslový charakter, který doprovází zdejší těžba uhlí a i přes současný útlum těžby zůstává životní prostředí tohoto kraje ve značně poškozeném stavu.

V severní části Ústeckého kraje se rozkládají Krušné hory, na jejich jižní části potom vrchy Českého středohoří. I přes průmyslový charakter kraje se zde vyskytuje několik významných krajinných oblastí, a to NP České Švýcarsko (navazující na německý NP Saské Švýcarsko), CHKO České středohoří a CHKO Labské pískovce. Právě díky NP České Švýcarsko je zde poměrně rozvinut turistický ruch zaměřený na jedinečné pískovcové útvary (např. Pravčická brána), které se zde vyskytují. Mezi turistické cíle ale patří i Městské památkové rezervace v Úštěku, Litoměřicích, Žatci, Kadani a především v Terezíně.

Pro kraj je významné jeho sousedství s Německem a silné dopravní vazby na EU jak silniční, tak i železniční a vodní dopravy (MMR ČR 2012). Délka dopravní infrastruktury v Ústeckém kraji je 4 197,7 km (k roku 2013). Celkovou délkou zde převládají silnice 3. třídy, nejmenší část území zaujímají rychlostní komunikace (Komínek 2013). Krajem prochází také část dálnice D8, která byla zprovozněna teprve na konci roku 2016 a dálnice 2. třídy D7. Neméně významné jsou pro kraj rozsáhlé železniční trasy. Mapa administrativního členění Ústeckého kraje je přílohou č. 3 a mapa dopravní sítě je součástí přílohy č. 4 této práce.

4 Metodika

4.1 Literární rešerše

První kapitola této práce je úvodem do celé dále řešené problematiky. V druhé kapitole jsou popsány cíle, kterých bych jako autor práce chtěla dosáhnout. Třetí kapitola je zaměřena na samotnou problematiku fragmentace krajiny, která je příčinou mnoha negativních jevů, které z fragmentace vychází a které ovlivňují krajinné prostředí a populace obývající dotčená stanoviště. Druhá část zmíněné kapitoly se proto blíže zaměřuje na tyto vlivy, konkrétně na střety vozidel s volně žijícími živočichy a je zde popsána jejich četnost, obecné dopady, kategorizace vozovek, které mohou různými způsoby zvěř ovlivňovat a v neposlední řadě také vztah živočichů ke kolizím a jejich reakce a chování při bezprostřední hrozbě střetu s vozidlem. Poté jsou zde nastíněny možnosti, jak se pokusit zamezit volnému průchodu zvěře přes komunikace a popsány různé typy opatření, které lze na vozovkách aplikovat. Dále se kapitola zaměřuje na geografické informační systémy, které budou využity v praktické části práce a jejich možné využití v rámci řešené problematiky. V kapitole jsou rovněž charakterizovány oblasti, na které je praktická studie blíže zaměřena, a to území Ústeckého a Libereckého kraje.

4.2 Studie

V praktické části této diplomové práce jsou zpracována data o počtu dopravních nehod na konkrétních silnicích ČR, která poskytla Dopravní policie ČR. Tato data byla exportována do prostředí softwarového programu ArcGIS, kde je s nimi dále zacházeno jako s prostorovými daty, respektive s body označujícími místa nehod, a to za roky 2010 až 2014. Na základě těchto dat je vytvořeno několik mapových listů, které zobrazují přesné umístění nehod, a zároveň lze díky nim určit typ silnice, kde se daná nehoda udála. Dále jsou vytvořeny mapové listy zobrazující shluky dopravních nehod - to znamená, že mapové výstupy zobrazují místa, kde k dopravním nehodám za každý daný rok došlo nejčastěji.

Další částí praktické studie je analýza poměrového rozložení dopravních nehod a velikosti fragmentů, v nichž k daným nehodám došlo v letech 2010 až 2014. Analýza je založena na identifikaci tzv. *"blackspots"*, neboli významných shluků, kde se

dopravní nehody s volně žijícími živočichy koncentrují v největším množství. Shluky jsou zjišťovány ve zmiňovaném softwarovém programu ArcGIS pomocí funkce *Kernel density*. Nejvýznamnější oblasti shluků jsou detailně popsány.

V rámci analýzy je dále zjišťována míra fragmentace, velikost zůstatkové plochy v nefragmentovaném polygonu a míra nehodovosti po obvodu a uvnitř jednotlivých polygonů, a to v závislosti na míře hustoty komunikací uvnitř těchto fragmentů. Zmíněná analýza je zaměřena na fragmenty, které vznikly přítomností komunikací 1. třídy. Tyto fragmenty jsou v programu ArcGIS vytvořeny pomocí funkce *Feature to polygon*.

Na základě poskytnutých dat od Dopravní policie ČR jsou v ArcGIS sečteny všechny dopravní nehody s volně žijící zvěří, ke kterým došlo po obvodu a uvnitř zkoumaných fragmentů. Z příslušných atributových tabulek v ArcGIS je zjištěna velikost řešených fragmentů a celková délka všech komunikací, které se ve fragmentech vyskytují. V programu Microsoft Excel jsou data využita k dalším výpočtům, a to například k výpočtu hustoty komunikací na 1 km² těchto fragmentů. Na základě získaných údajů je následně vypočtena četnost kolizí se zvěří na 1 km² fragmentu a na 1 km délky komunikace. Údaje jsou následně graficky zpracovány v prostředí ArcGIS, v rámci kterého jsou vytvořeny vypovídající mapové výstupy, které pomohou se v situaci lépe zorientovat a odhadnout tak potřebný výsledek.

5 Výsledky a přínos práce

5.1 Místa a shluky dopravních nehod

Data k níže uvedeným praktickým výpočtům a analýzám poskytla Dopravní policie ČR, přičemž se jedná o záznamy o dopravních nehodách, které se uskutečnily na území ČR v letech 2000 až 2014. Tato práce se blíže zaměřuje pouze na data z Ústeckého a Libereckého kraje z období let 2010 až 2014.

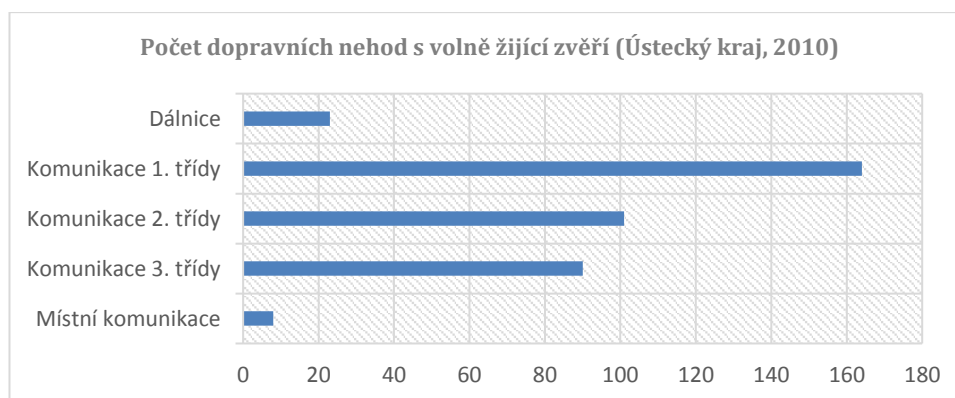
Všechna data o dopravních nehodách obsahují taktéž prostorovou informaci, proto lze pomocí softwarového programu ArcGIS určit jejich umístění. Lze zároveň identifikovat komunikaci, na které se daná dopravní nehoda udála. Typy komunikací byly dle Dopravní policie ČR rozděleny na místní komunikace, komunikace 3. třídy, komunikace 2. třídy, komunikace 1. třídy a dálnice. Rychlostní komunikace dle tohoto rozdělení spadají mezi komunikace 1. třídy.

5.1.1 Rok 2010

Příslušná mapa – příloha č. 5.

V roce 2010 je dle dostupných informací zaznamenáno na území Ústeckého kraje celkem 386 dopravních nehod s volně žijící zvěří. Nejvíce nehod se v tomto roce událo na komunikacích 1. třídy, nejméně na místních komunikacích. Nejvyšší koncentrace dopravních nehod za dané časové období je dle mapy viditelná na Ústecku na území dálnice D8.

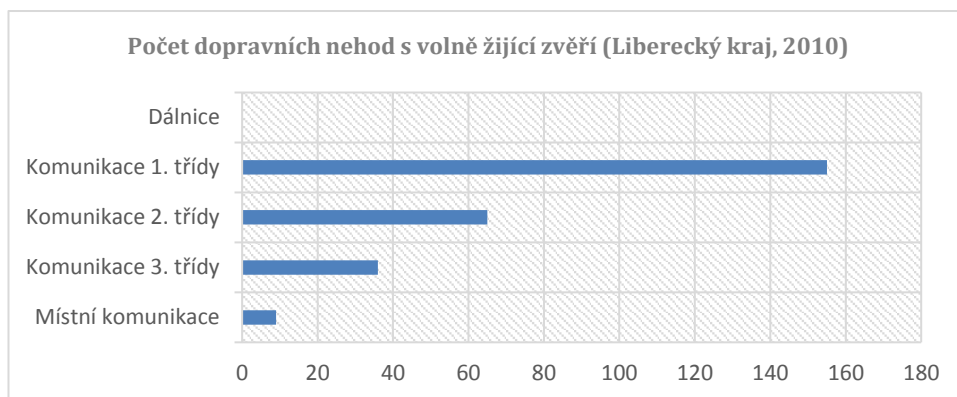
Obrázek 20 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Ústecký kraj, 2010)



Zdroj: Policie ČR 2010

Na území Libereckého kraje se událo celkem 265 nehod, nejvíce na komunikacích 1. třídy, nejméně na území dálnice D10, kde nedošlo v tomto období k žádné nehodě způsobené zvěří. Nejvyšší koncentrace nehod za tento rok je na území okresu Česká Lípa, konkrétně na silnici 1. třídy vedoucí přes území Nového Boru a dále v okrese Liberec, konkrétně na silnici 1. třídy na území města Chrastava a na rychlostní komunikaci (R35) v Liberci.

Obrázek 21 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Liberecký kraj, 2010)



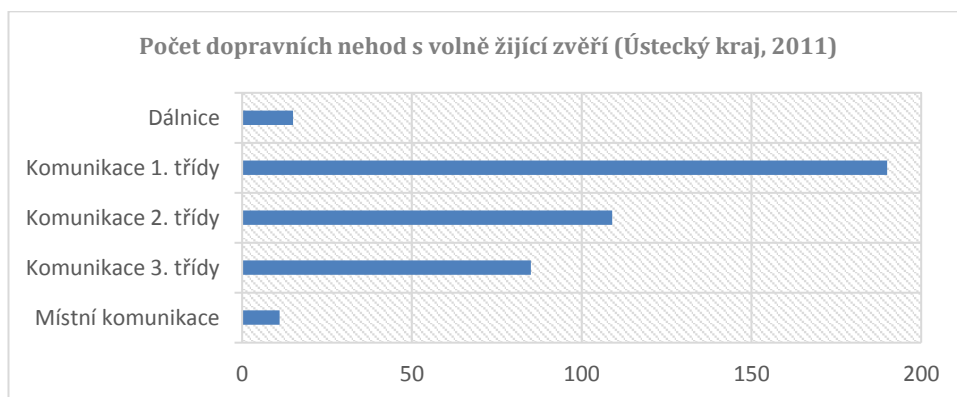
Zdroj: Policie ČR 2010

5.1.2 Rok 2011

Příslušná mapa – příloha č. 6.

Za rok 2011 je v Ústeckém kraji evidováno dohromady 410 nehod. Nejvíce nehod se událo na komunikacích 1. třídy, nejméně na místních komunikacích a dálnici D8. Nejvyšší koncentrace nehod je však zaznamenána na území dálnice D8 v okrese Ústí nad Labem a přilehlých komunikacích 1. třídy. Zvýšená koncentrace je zdatelná také na dálnici D8 v oblasti Litoměřic.

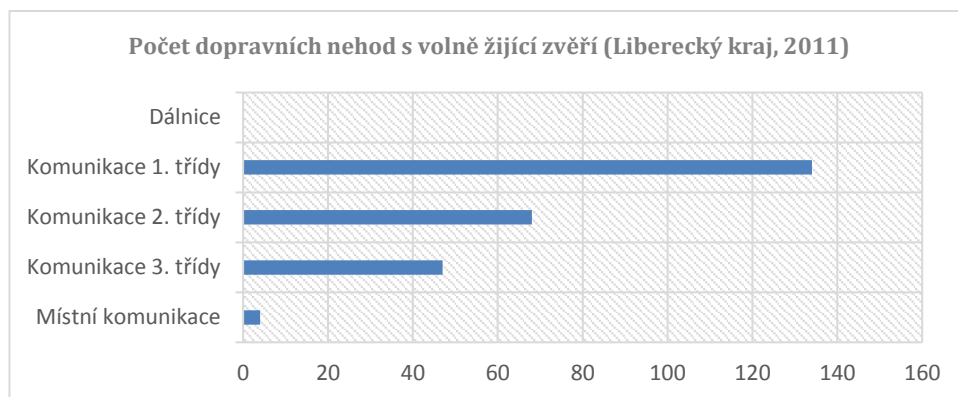
Obrázek 22 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Ústecký kraj, 2011)



Zdroj: Policie ČR 2011

V Libereckém kraji je zaznamenáno celkem 253 dopravních nehod, nejvíce na komunikacích 1. třídy, nejméně na místních komunikacích a dálnici D10, kde nedošlo k žádné nehodě způsobené zvěří. Zvýšenou koncentraci nehod lze zaznamenat na komunikacích 1. třídy, a to opět na území Nového Boru a dále na území České Lípy a přilehlých obcí Sosnová, Zahrádky a Jestřebí (okres Česká Lípa). Nejvyšší koncentrace nehod je však zřejmá opět na silnici 1. třídy vedoucí přes Chrastavu.

Obrázek 23 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Liberecký kraj, 2011)



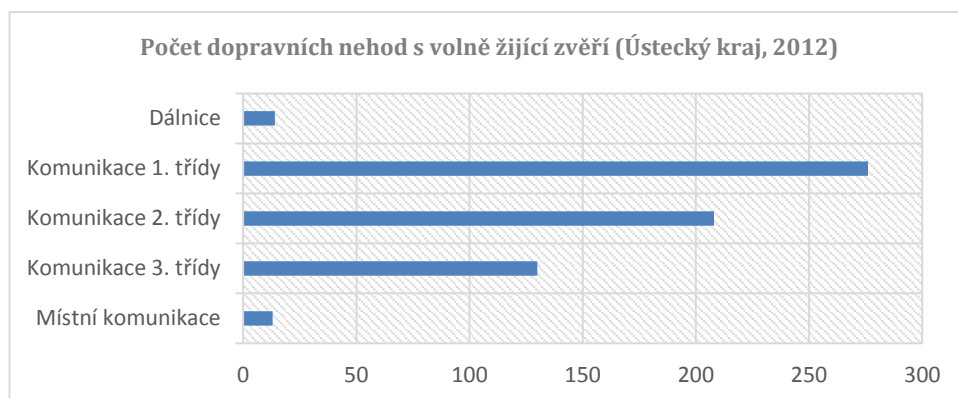
Zdroj: Policie ČR 2011

5.1.3 Rok 2012

Příslušná mapa – příloha č. 7.

V Ústeckém kraji se v roce 2012 událo dohromady 641 dopravních nehod s volně žijící zvěří, nejvíce na komunikacích 1. třídy, nejméně na místních komunikacích a dálnici D8. Nejvyšší koncentrace je však zaznamenána opět na území dálnice D8 a především na ní přilehlé silnici 1. třídy (okolí obce Telnice).

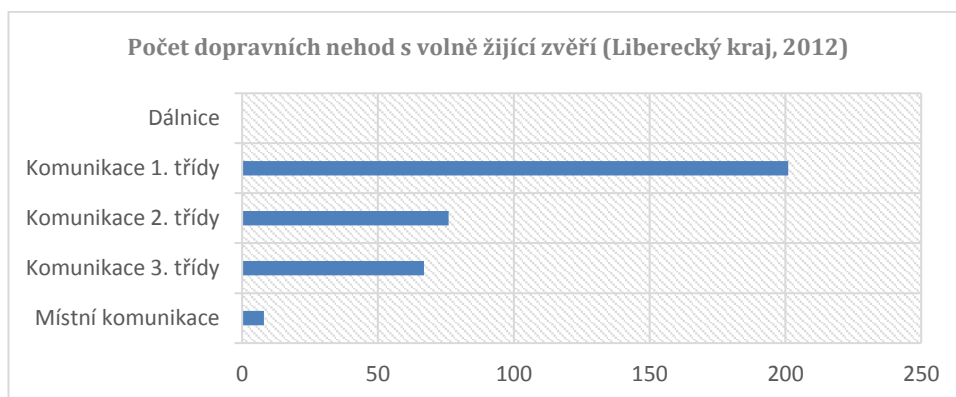
Obrázek 24 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Ústecký kraj, 2012)



Zdroj: Policie ČR 2012

Na území Libereckého kraje je evidováno celkem 352 nehod, nejvíce na komunikacích 1. třídy, nejméně na místních komunikacích a dálnici D10, kde ani v tomto roce nedošlo k žádné dopravní nehodě způsobené zvěří. Nejvyšší koncentrace je opět zaznamenána na území silnic 1. třídy, které prochází Novým Borem, Českou Lípou a obcemi Sosnová, Zahradky a Jestřebí a Chrastavou.

Obrázek 25 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Liberecký kraj, 2012)



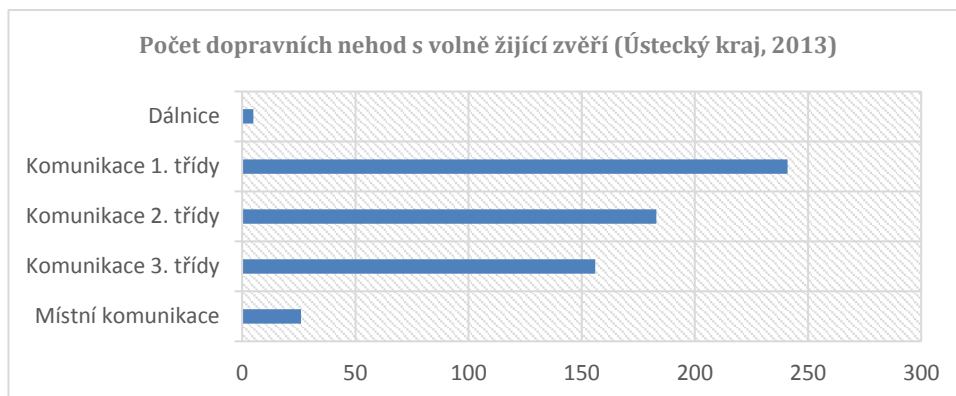
Zdroj: Policie ČR 2012

5.1.4 Rok 2013

Příslušná mapa – příloha č. 8.

Na území Ústeckého kraje je zaznamenáno dohromady 611 dopravních nehod způsobených volně žijící zvěří, nejvíce na komunikacích 1. třídy, nejméně na dálnici D8. Nejvyšší koncentrace nehod je zdatelná však opět na dálnici D8 a přilehlé silnice 1. třídy, a to až do obce Chlumec. Vyšší koncentraci lze zaznamenat také na silnicích 1. třídy vedoucích přes Chomutov.

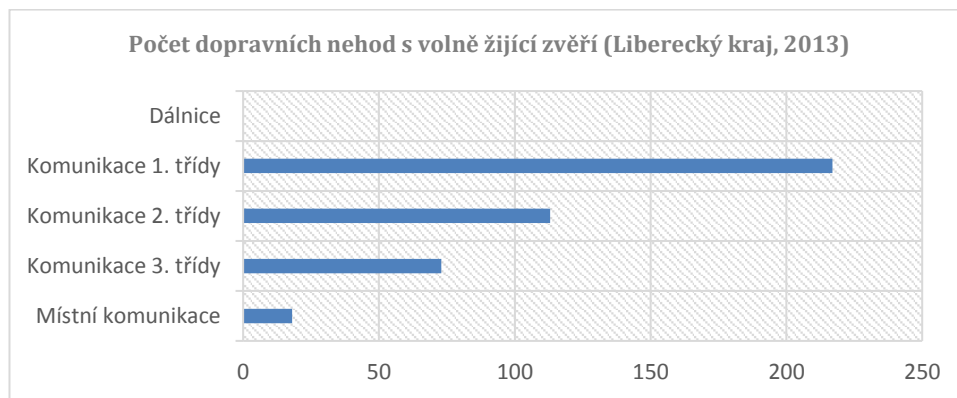
Obrázek 26 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Ústecký kraj, 2013)



Zdroj: Policie ČR 2013

V Libereckém kraji se v roce 2013 událo celkem 421 nehod, nejvíce na komunikacích 1. třídy, na dálnici D10 opět nedošlo k žádné nehodě tohoto typu. Vyšší koncentraci nehod lze zaznamenat na stejných místech jako předešlé roky, tedy na silnicích 1. třídy vedoucích přes území Nového Boru, České Lípy a Chrastavy.

Obrázek 27 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Liberecký kraj, 2013)

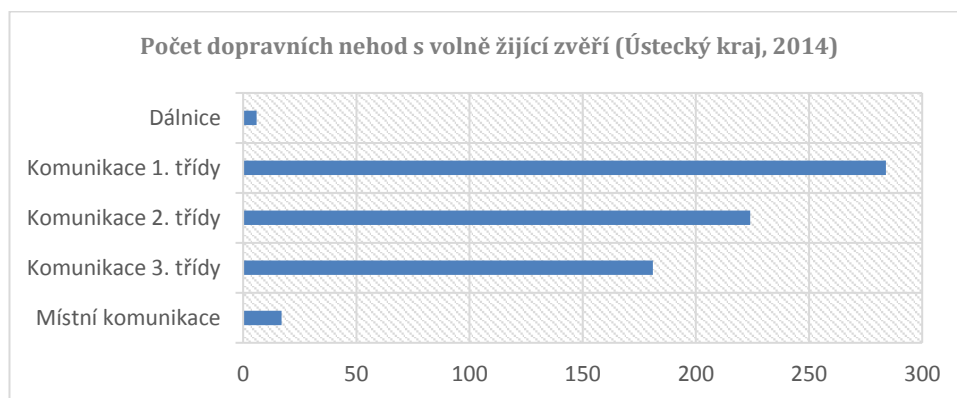


Zdroj: Policie ČR 2013

5.1.5 Rok 2014

V roce 2014 je na území Ústeckého kraje evidováno 713 dopravních nehod způsobených volně žijící zvěří, nejvíce na komunikacích 1. třídy, nejméně na dálnici D8. Nejvyšší koncentrace je opět zřejmá na území dálnice D8 a přilehlé silnici 1. třídy.

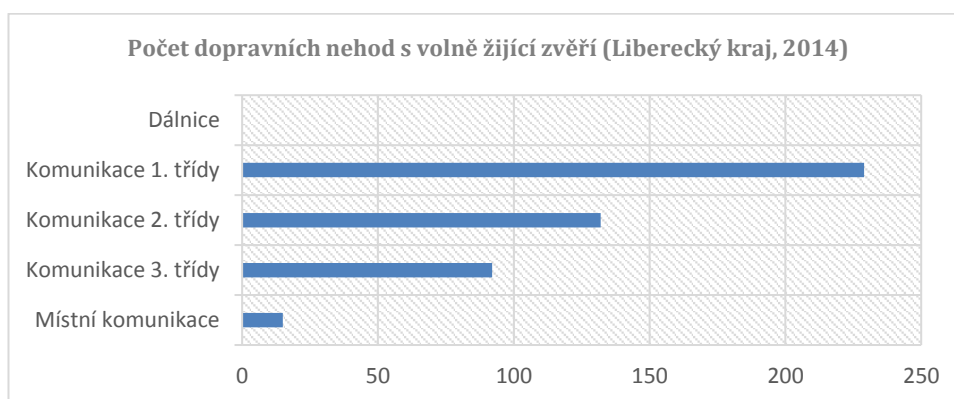
Obrázek 28 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Ústecký kraj, 2014)



Zdroj: Policie ČR 2014

V Libereckém kraji se událo celkem 468 nehod, nejvíce na komunikacích 1. třídy, nejméně na dálnici D10, kde ani v roce 2014 nedošlo k žádné nehodě způsobené volně žijící zvěří. Nejvyšší koncentrace nehod je opět na silnicích 1. třídy vedoucích přes území Nového Boru, České Lípy a Chrastavy.

Obrázek 29 Počet dopravních nehod s volně žijící zvěří (Liberecký kraj, 2014)

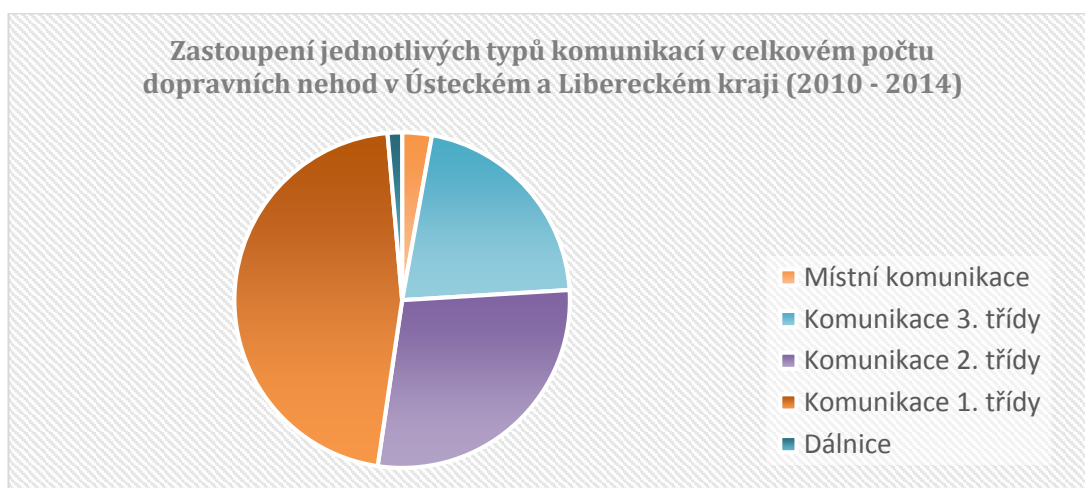


Zdroj: Policie ČR 2014

5.1.6 Zastoupení typů komunikací v celkovém počtu dopravních nehod

Dle uvedených grafů lze konstatovat, že nejvíce dopravních nehod zaviněných volně žijící zvěří se událo na komunikacích 1. třídy.

Obrázek 30 Zastoupení typů komunikací v celkovém počtu dopravních nehod



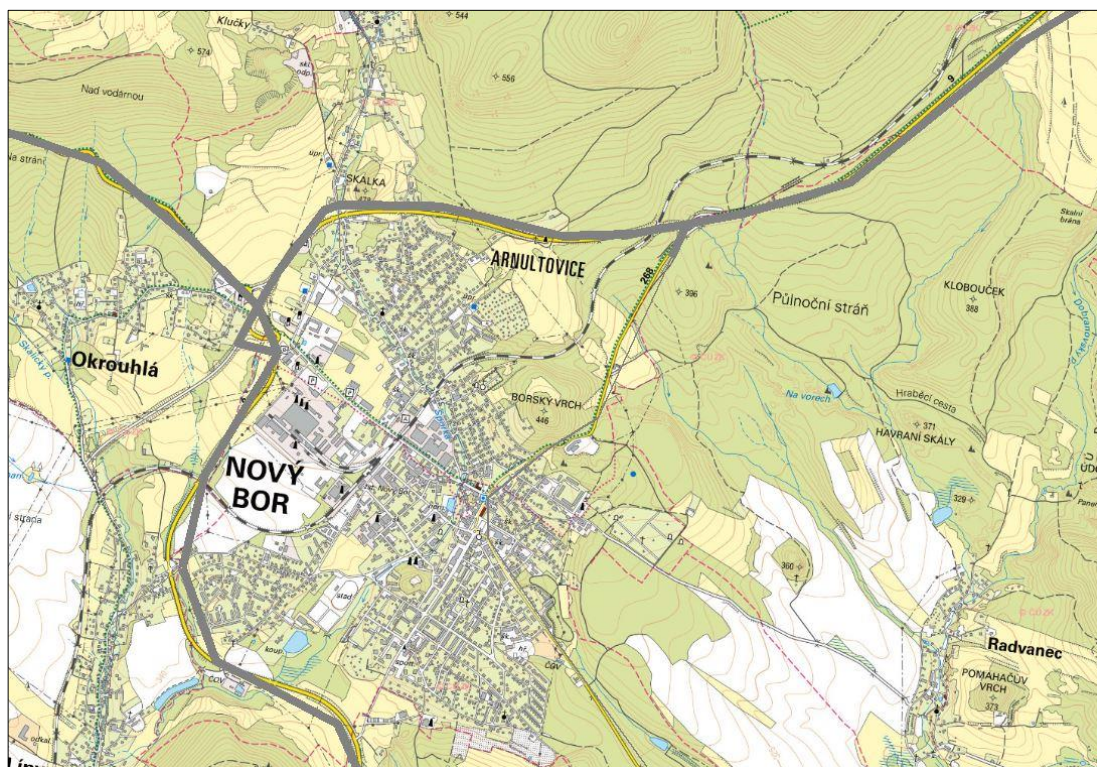
Zdroj: Policie ČR 2010-2014

5.1.7 Oblasti s vyšší incidencí kolizí

Za všechny zkoumané roky lze v rámci Ústeckého a Libereckého kraje vytipovat několik jednotlivých oblastí, kde k dopravním nehodám s volně žijící zvěří dochází nejčastěji a dle příloh č. 5-9 je zde znatelná největší koncentrace těchto nehod.

V severozápadní části Libereckého kraje se jedná o komunikaci 1. třídy, která prochází územím měst a obcí Nový Bor, Okrouhlá, Arnultovice a Svor a zároveň o komunikaci vedoucí ze západně položeného Kamenického Šenova.

Obrázek 31 Území se zvýšeným počtem kolizí – okolí Nového Boru (ZM ČR)



Zdroj: ZM ČR, 2014

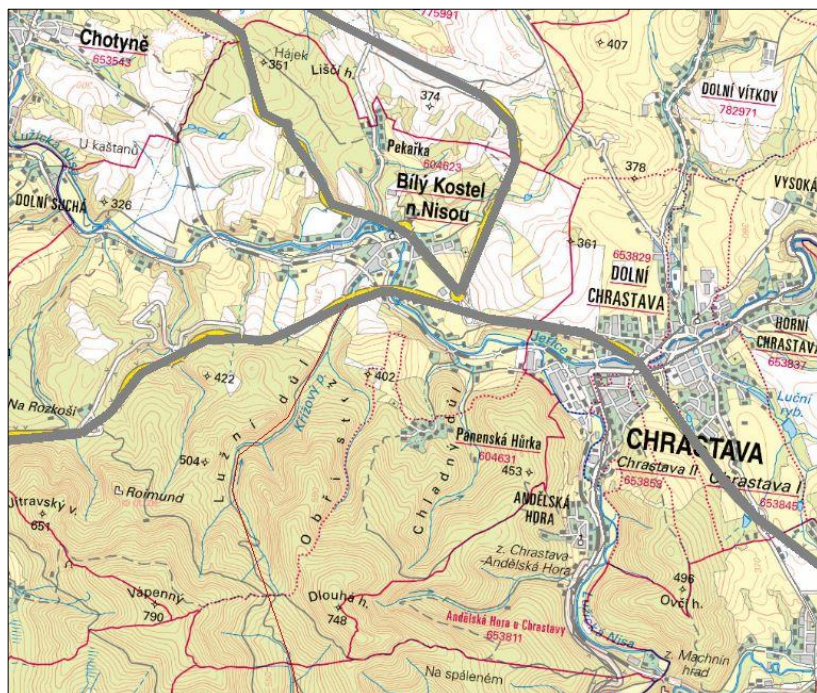
Obrázek 32 Území se zvýšeným počtem kolizí – okolí Nového Boru (Ortofoto)



Zdroj: Ortofotomapa ČR, 2014

Za rizikovou oblast lze považovat také komunikaci 1. třídy (severní část Libereckého kraje), vedoucí z Chrastavy směrem na západ a zároveň vozovky, které jsou na zmíněnou komunikaci napojeny křižovatkou a tvoří tak jeden ucelený fragment.

Obrázek 33 Území se zvýšeným počtem kolizí – okolí Chrastavy (ZM ČR)



Zdroj: ZM ČR, 2014

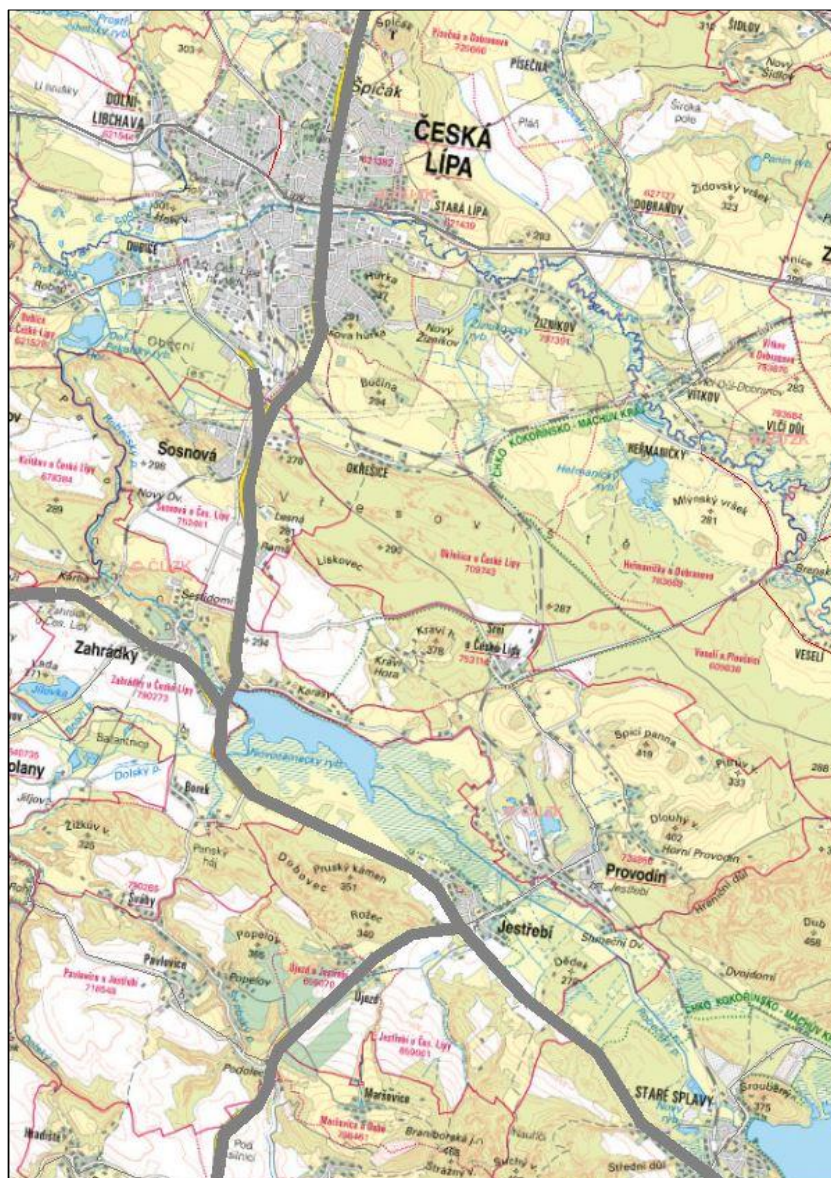
Obrázek 34 Území se zvýšeným počtem kolizí – okolí Chrastavy (Ortofoto)



Zdroj: Ortofotomapa ČR, 2014

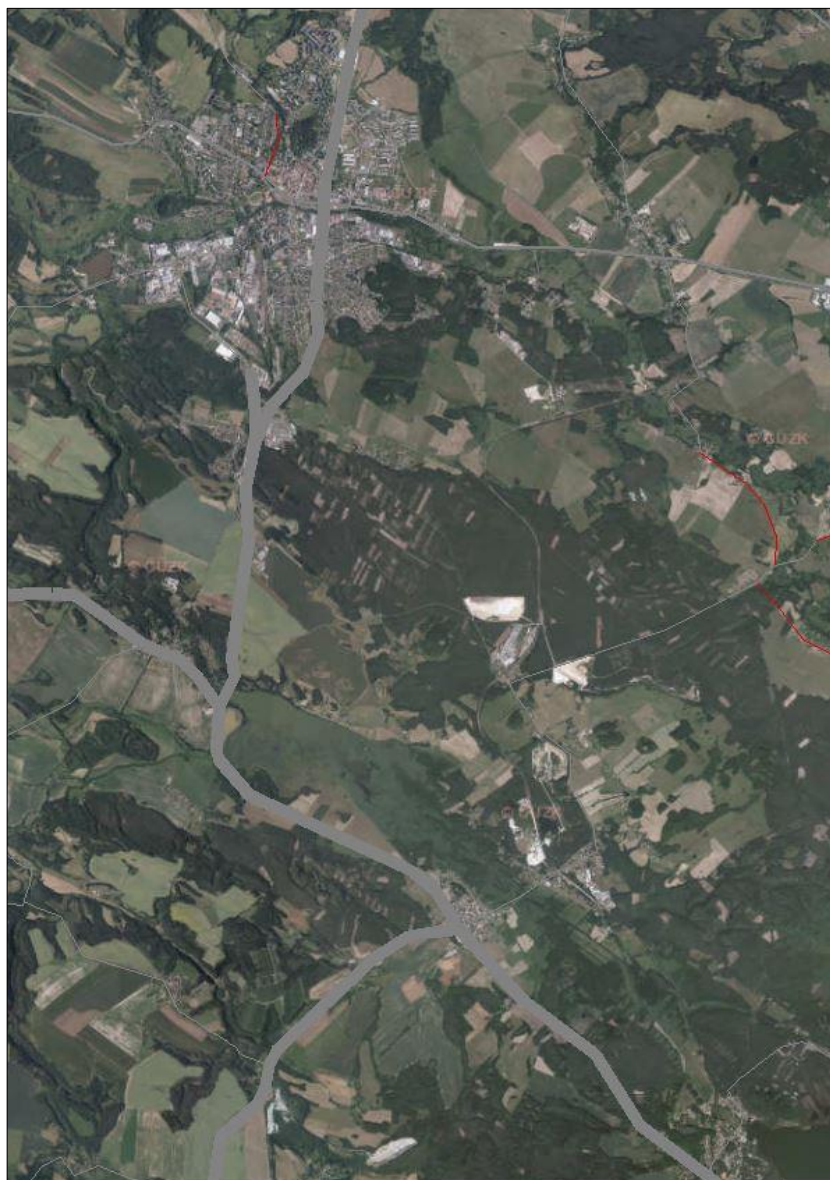
Další rizikovou oblastí je komunikace 1. třídy (jihozápad Libereckého kraje) procházející městem Česká Lípa směrem na jih přes obce Sosnová, Zahrádky a Jestřebí.

Obrázek 35 Území se zvýšeným počtem kolizí – Česká Lípa-Jestřebí (ZM ČR)



Zdroj: ZM ČR, 2014

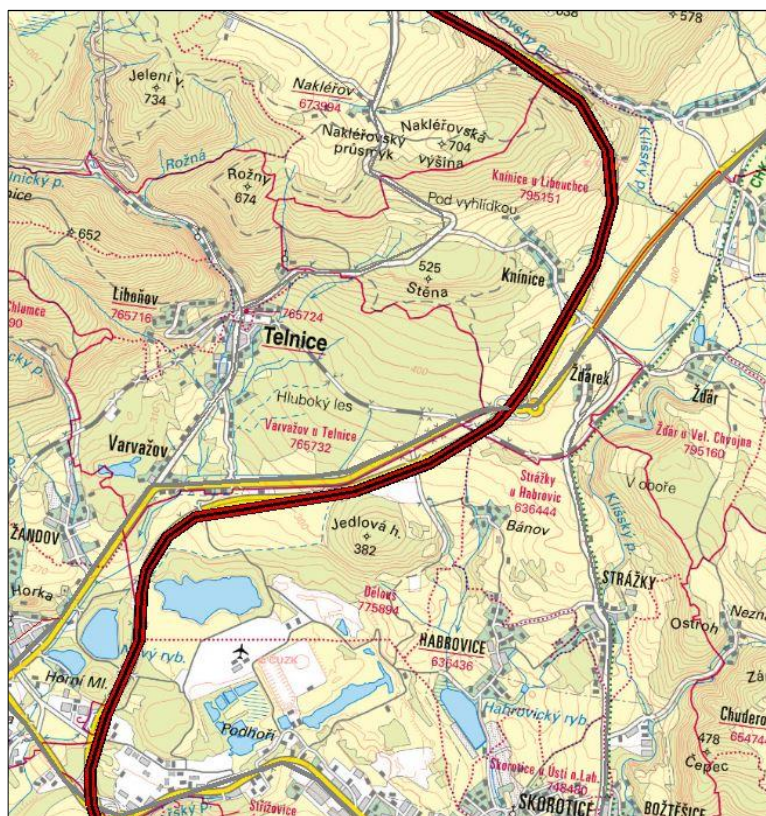
Obrázek 36 Území se zvýšeným počtem kolizí – Česká Lípa-Jestřebí (Ortofoto)



Zdroj: Ortofotomapa ČR, 2014

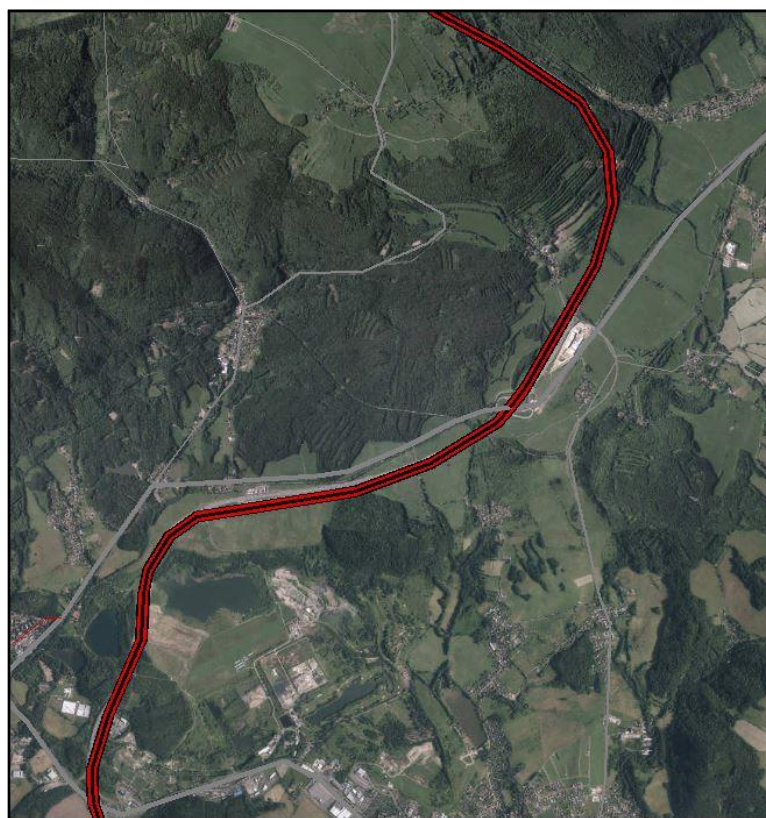
V Ústeckém kraji je takovým rizikovým územím potom oblast dálnice D8 a souběžné komunikace 1. třídy, které leží mezi obcemi Telnice, Habrovice a Chlumec.

Obrázek 37 Území se zvýšeným počtem kolizí – D8 (ZM ČR)



Zdroj: ZM ČR, 2014

Obrázek 38 Území se zvýšeným počtem kolizí – D8 (Ortofoto)

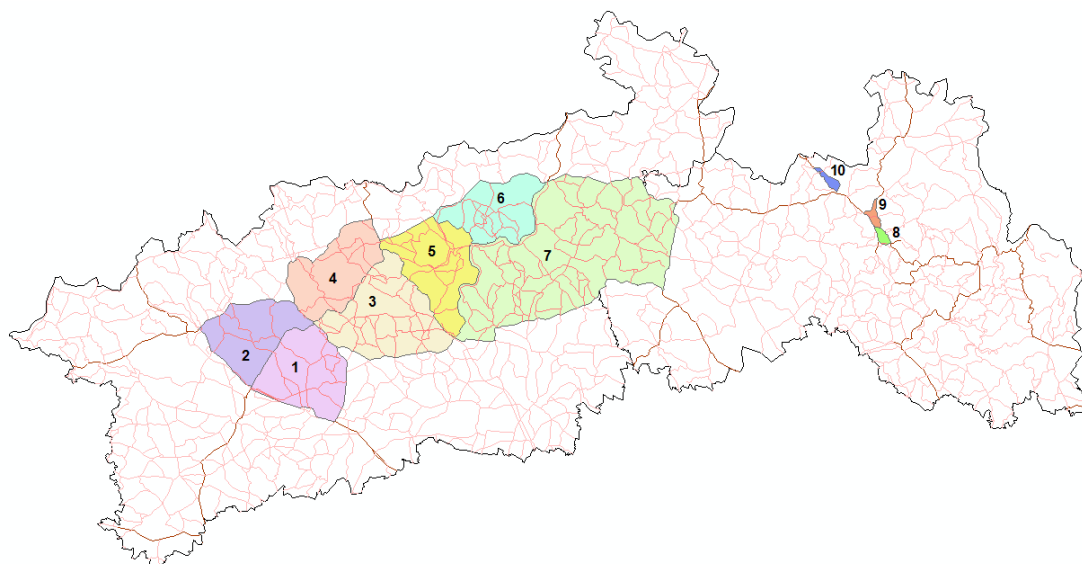


Zdroj: Ortofotomapa ČR, 2014

5.2 Velikost fragmentů vs. počet nehod

V rámci řešeného území bylo v prostředí softwaru ArcGIS stanoveno celkem 10 ucelených fragmentů vytvořených všemi komunikacemi 1. třídy, které se v rámci Libereckého a Ústeckého kraje vyskytují.

Obrázek 39 Fragменты vytvořené komunikacemi 1. třídy



Zdroj: ArcGIS 10.3

Pro každý fragment byla stanovena velikost jeho plochy a vypočtena hustota silniční sítě v rámci každého fragmentu (na 1 km²).

Tabulka 1 Velikost fragmentů a hustota silniční sítě uvnitř

fragment	velikost fragmentu (km ²)	délka vnitřní silniční sítě (km)	hustota vnitřní silniční sítě / 1 km ²
1	183,18	83,40	0,46
2	159,07	47,25	0,30
3	250,96	145,08	0,58
4	172,02	67,34	0,39
5	183,49	104,99	0,57
6	147,80	75,18	0,51
7	680,97	412,20	0,61
8	5,15	1,10	0,21
9	6,14	2,15	0,35
10	5,75	0,58	0,10

Zdroj: ArcGIS, 10.3, Excel 2013

Za roky 2010 až 2014 byl spočten počet nehod, k nimž došlo v rámci každého fragmentu, a to po obvodu i uvnitř. Všechny získané hodnoty byly dále využity k výpočtu několika dalších údajů, jako počet dopravních nehod na 1 km² plochy každého fragmentu či počet nehod na 1 km délky komunikací uvnitř fragmentů.

Tabulka 2 Počet nehod vztahený k ploše a délce vnitřních komunikací (2010)

2010					
fragment	počet nehod po obvodu	počet nehod uvnitř	počet nehod celkem	počet nehod na 1 km ²	počet nehod uvnitř fragmentu na 1 km délky vnitřní komunikace
1	29	1	30	0,16	0,01
2	20	12	32	0,20	0,25
3	37	7	44	0,18	0,05
4	21	13	34	0,20	0,19
5	33	15	48	0,26	0,14
6	16	8	24	0,16	0,11
7	38	30	68	0,10	0,07
8	0	0	0	0,00	0,00
9	2	0	2	0,33	0,00
10	4	0	4	0,70	0,00

Zdroj: ArcGIS, 10.3, Excel 2013

Tabulka 3 Počet nehod vztahený k ploše a délce vnitřních komunikací (2011)

2011					
fragment	počet nehod po obvodu	počet nehod uvnitř	počet nehod celkem	počet nehod na 1 km ²	počet nehod uvnitř fragmentu na 1 km délky vnitřní komunikace
1	29	1	30	0,16	0,01
2	20	12	32	0,20	0,25
3	37	7	44	0,18	0,05
4	21	13	34	0,20	0,19
5	33	15	48	0,26	0,14
6	16	8	24	0,16	0,11
7	38	30	68	0,10	0,07
8	0	0	0	0,00	0,00
9	2	0	2	0,33	0,00
10	4	0	4	0,70	0,00

Zdroj: ArcGIS, 10.3, Excel 2013

Tabulka 4 Počet nehod vztážený k ploše a délce vnitřních komunikací (2012)

2012					
fragment	počet nehod po obvodu	počet nehod uvnitř	počet nehod celkem	počet nehod na 1 km ²	počet nehod uvnitř fragmentu na 1 km délky vnitřní komunikace
1	27	9	36	0,20	0,11
2	22	13	35	0,22	0,28
3	53	10	63	0,25	0,07
4	33	33	66	0,38	0,49
5	41	9	50	0,27	0,09
6	30	14	44	0,30	0,19
7	54	52	106	0,16	0,13
8	1	1	2	0,39	0,91
9	2	0	2	0,33	0,00
10	4	0	4	0,70	0,00

Zdroj: ArcGIS, 10.3, Excel 2013

Tabulka 5 Počet nehod vztážený k ploše a délce vnitřních komunikací (2013)

2013					
fragment	počet nehod po obvodu	počet nehod uvnitř	počet nehod celkem	počet nehod na 1 km ²	počet nehod uvnitř fragmentu na 1 km délky vnitřní komunikace
1	32	7	39	0,21	0,11
2	21	9	30	0,19	0,08
3	50	10	60	0,24	0,19
4	23	26	49	0,28	0,07
5	30	26	56	0,31	0,39
6	26	8	34	0,23	0,25
7	73	56	129	0,19	0,11
8	3	0	3	0,58	0,14
9	3	0	3	0,49	0,00
10	5	0	5	0,87	0,00

Zdroj: ArcGIS, 10.3, Excel 2013

Tabulka 6 Počet nehod vztážený k ploše a délce vnitřních komunikací (2014)

2014					
fragment	počet nehod po obvodu	počet nehod uvnitř	počet nehod celkem	počet nehod na 1 km ²	počet nehod uvnitř fragmentu na 1 km délky vnitřní komunikace
1	37	14	51	0,28	0,17
2	38	17	55	0,35	0,36
3	40	21	61	0,24	0,14
4	33	18	51	0,30	0,27
5	38	33	71	0,39	0,31
6	34	8	42	0,28	0,11
7	71	60	131	0,19	0,15
8	1	1	2	0,39	0,91
9	4	1	5	0,81	0,46
10	5	3	8	1,39	5,21

Zdroj: ArcGIS, 10.3, Excel 2013

6 Diskuze

Dle grafů vytvořených na základě dat o umístění dopravních nehod s volně žijícími živočichy lze konstatovat, že většina dopravních nehod tohoto typu se udála na komunikacích 1. tříd (kam jsou dle dat Dopravní policie ČR zařazeny i rychlostní komunikace). Lze však vyvrátit, že by tato skutečnost byla důsledkem toho, že silnice tohoto typu by z pohledu délky zaujímaly v rámci Ústeckého a Libereckého kraje největší část. V porovnání s ostatními typy komunikací je součet délky komunikací 1. třídy průměrný (asi 784 km), zatímco součet délky komunikací 2. třídy je téměř dvojnásobný (asi 1 336 km) a součet délky všech komunikací 3. třídy téměř čtyřnásobný (asi 2 846 km) (ArcČR 500 2016). Vyšší incidence kolizí však na komunikacích 1. třídy a rychlostních komunikacích může být důsledkem obecně větší informovanosti o kolizích na komunikacích tohoto druhu. Protože se jedná o vozovky vyššího významu, jejich stav může být hlouběji monitorován, a proto i Policie ČR může zaznamenat větší množství kolizí, než na vozovkách nižších tříd, které mnohdy nespojují větší města a nejsou ani významněji frekventovány. Oproti tomu komunikace 1. třídy a rychlostní komunikace jsou často důležitou dopravní spojkou a jsou tedy častěji a pravidelně řidiči využívány při jejich každodenní migraci (například do zaměstnání a zpět domů). To může být příčinou obecně vyšší ohroženosti řidičů na těchto vozovkách (Huijser a kol. 2008). Naopak malý počet dopravních nehod na dálnicích a místních komunikacích může být důsledkem menší celkové délky těchto komunikací v rámci Ústeckého a Libereckého kraje (místní komunikace asi 427 km, dálnice asi 84 km) (ArcČR 500 2016).

Dle příloh č. 5 až 9 lze určit oblasti, které jsou oproti jiným komunikacím incidencí dopravních kolizí s volně žijící zvěří více zatíženy. Například v souvislosti s nehodami na komunikacích v oblasti dálnice D8 v okolí Chlumce, Telnice a Habrovic (obrázek č. 37 a 38) si lze povšimnout, že zde dálnice D8 a k ní přilehlá silnice 1. třídy tvoří malý fragment. Při migraci (v bezlesém prostoru) má zde proto jedinec před sebou hned dvě bariéry, které musí překonat. To ve spojení s vysokou frekventovaností těchto vozovek může vést k vyššímu riziku, že se jedinec střetne s vozidlem. Ten samý důvod může mít také větší četnost kolizí na území v okolí Chrastavy (obrázek č. 33 a 34), kde taktéž komunikace 1. třídy tvoří menší fragment. Oblast zdejších komunikací se mimo jiné kříží také s pro zvěř významnými dálkovými migračními koridory (AOPK ČR 2011). Ty byly vymezeny v rámci projektu VaV

Ministerstva životního prostředí „Vyhodnocení migrační propustnosti krajiny pro velké savce a návrh ochranných a optimalizačních opatření“ pod záštitou Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví v.v.i., dále EVERNIA s.r.o. a Agenturou ochrany přírody a krajiny. Byly vymezeny proto, aby určovaly trasy, které zajišťují průchodnost na velké vzdálenosti. V místě těchto koridorů je třeba regulovat vytipované rizikové oblasti, kde dochází k přerušení koridorů, zajišťovat bezpečné překonávání bariér a do budoucna chránit před další zástavbou (Anděl 2011). Mezi rizikové oblasti patří například právě i oblast v okolí Chrastavy a v místě střetu s komunikací se vyskytuje jedno z nejslabších míst zdejších koridorů (příloha č. 10). Zmíněný koridor je v úseku, kde místní čtyřproudá komunikace se svodidly přechází v dvouproudovou, a to bez žádných doprovodných technických opatření. Vozovka je zde vedena ve svahu a v bezprostřední blízkosti komunikace je vzrostlý les. Jedná se o zásadní místo, kde zvěř přechází z Ještědského hřebene do Lužických hor (Anděl 2010). Ke křížení s migračním koridorem dochází i v oblasti v okolí České Lípy (Zahrádky – Jestřebí, obrázek č. 35 a 36), kde je problematickým místem přechod velmi frekventované silnice I/9 (příloha č. 11). Vozovka je v pásu bezlesí, a to bez svodidel i jiného oplocení. Také na silnici 1. třídy vedoucí z Nového Boru směrem do Svoru se vozovka setkává s jedním z migračních koridorů (příloha č. 12). Vozovka je v místě průchodu taktéž bez svodidel a oplocení. Se stejným vzorem se setkáváme i u již zmiňované dálnice D8 (příloha č. 13). Zde tvoří problematický úsek hned několik bariér. Koridor zde kromě podchodu pod frekventovanou dálnicí a silnicí I/13 (bez svodidel a jiných zábran) překonává ještě rozsáhlé bezlesí a kříží se navíc s vozovkou lokálního významu a s železniční tratí (Anděl 2010). I v rámci této studie bylo tedy potvrzeno, že silnice jsou překážkou pro mnoho druhů živočichů, především potom pro druhy vázané na lesní stanoviště (Fahrig a kol. 2009; Forman a kol. 1998) či pro další, které se ve svém každodenním životě potýkají s migrací. Místa, kde se komunikace střetává s významnými stávajícími či potenciálními oblastmi propojujícími jednotlivá stanoviště, mají nejvyšší frekvenci úmrtnosti volně žijících živočichů (Wanmo a kol. 2016). Pravidelný monitoring těchto míst může pomoci identifikovat rizikové oblasti a zavést různá opatření, ať už se jedná o funkční nadjezdy a podjezdy, ekodukty, oplocení okolo vozovek, svodidla či alespoň o výstražná upozornění pro řidiče na zónu se zvýšeným výskytem volně žijících

živočichů nebo regulace povolené rychlosti vozidel v těchto místech, zpomalovacích prahů a podobně.

Využití studií zaměřených na porovnávání velikosti prostorových jednotek a jejich tvarů k tomu, aby dle nich byla realizována zmírňující opatření, je prozatím velice sporadické (Grilo a kol. 2016). Tato studie se pokusila o analýzu, v rámci které bylo zjišťováno, jak míra fragmentace a velikost zůstatkové plochy v nefragmentovaném polygonu může ovlivnit míru nehodovosti po obvodu a uvnitř jednotlivých fragmentů, a to v závislosti na míře hustoty komunikací uvnitř daných fragmentů. Bylo vytvořeno několik mapových výstupů (přílohy č. 14 až 18), které porovnávají stav mezi lety 2010 až 2014 v deseti ucelených fragmentech, které vznikly na území Libereckého a Ústeckého kraje přítomností komunikací 1. třídy.

Na základě vytvořených map lze konstatovat, že na území větších fragmentů mnohdy dochází k nižšímu počtu dopravních nehod na 1 km², není to ale pravidlem. Lze však říci, že mezi lety 2010 až 2014 byla zachována víceméně stejná bilance dopravních nehod na 1 km² v rámci každého fragmentu. Nejvyšší počet dopravních nehod s volně žijící zvěří na 1 km² byl za všechny sledované roky zjištěn u fragmentu č. 10 (obr. č. 39), tedy u fragmentu, kde se vyskytuje výše popisovaný střet komunikace 1. třídy s významným migračním koridorem a zároveň významná oblast shluku dopravních kolizí, která byla v rámci této práce popisována (oblast v okolí Chrastavy viz výše). V rámci této studie bylo zjištěno, že mezi velikostí daného fragmentu a počtem nehod neexistuje přímá úměra. Tato informace tedy potvrzuje fakt, že vždy záleží především na místních podmínkách daného území. Tyto výsledky vesměs korespondují se studií Grilo (2016), která řešila vliv velikosti a tvaru plošek na incidenci dopravních nehod s malými obratlovci. Ani v rámci této studie nebyl zjištěn významný vliv toho, jakou má fragment podobu, oproti tomu, jaké místní podmínky ve fragmentu panují.

Vzájemné porovnání fragmentů může pomoci určit, které území se zdá být nejrizikovějším a s těmito informacemi je zapotřebí dále pracovat v lokálnějších a detailnějším měřítku. Četnost dopravních kolizí je ovlivněna spoustou podmínek, které lze podchytit právě pouze na místní úrovni či dokonce zvlášť pro každou komunikaci. Takovým faktorem může být například objem provozu na dané vozovce (Iuell a kol. 2003). I to však závisí na podobě a konkrétních podmínkách každé

komunikace, jelikož v některých případech zvěř může frekventované vozovky vnímat jako významnější bariéru, než ty méně frekventované (Beckmann a kol. 2010). Dalším významným faktorem může být také typ stanoviště v okolí dané komunikace. Na základě studie Kušty a kol. (2014) sice žádný významný vliv typu stanovišť zjištěn nebyl, výstupem studie Recorbeta a kol. (1985) byl však zvýšený vliv lesních ekosystémů v okolí vozovek, který doprovází vyšší incidenci srážek se zvěří. V rámci studie Müllera a kol. (1997) bylo zjištěno, že na početnost tohoto druhu kolizí má vliv otevřená krajina, kterou zvěř musí při své cestě překonat, zároveň byl zjištěn nižší počet dopravních nehod v lesních oblastech. Výsledky studií zaměřených na tuto problematiku se tedy často liší.

Na základě této studie lze navíc podotknout, že velký vliv na incidenci kolizí se zvěří má napojení vozovek na významné migrační koridory, kterým je proto zapotřebí věnovat o to významnější pozornost. V této problematice je určitou výhodou již výše zmiňovaná mapa migračních koridorů a rizikových a kritických oblastí, kde se koridory setkávají s bariérami různých typů, která byla zpracována v rámci projektu „Vyhodnocení migrační propustnosti krajiny pro velké savce a návrh ochranných a optimalizačních opatření“ (Anděl 2011).

7 Závěr

Tato práce byla zpracována s úmyslem zhodnotit stav Ústeckého a Libereckého kraje z pohledu fragmentace a jejího možného ovlivnění incidence dopravních kolizí s volně žijícími živočichy. Veškeré otázky, které byly položeny v rámci definování cílů této diplomové práce, byly zodpovězeny.

Dopravní nehody se zvěří jsou důsledkem členění volné krajiny dopravní infrastrukturou, jejíž vliv v současné době stále nabývá na významu a stává se tím nejsilnějším faktorem rozčleňujícím přírodní prostředí na osamocené fragmenty. Proces fragmentace obecně negativně působí na populace zvěře žijící v těchto fragmentech. Populace druhů jsou tak ovlivňovány například z pohledu biologického, a to především pro sníženou šanci volného genetického toku mezi jednotlivými populacemi a tím spojenými následky. Populace se musí v rámci fragmentace vyrovnávat také například s tzv. okrajovým efektem, neboli výsledkem stále se snižující velikosti plochy vnitřního území fragmentu, který mohou jedinci v klidu obývat. Především jsou však živočichové nuceni se při svých každodenních přesunech potýkat s přítomností vozovek a hrozbami, které pro ně z této skutečnosti plynou. Každý druh na dané situace reaguje jiným způsobem, všechny hrozící srážky s vozidlem jsou však potenciálním nebezpečím jak pro samotné zvíře, tak pro řidiče, kteří dopravním nehodám čelí.

Četnost a rozmístění dopravních nehod s volně žijící zvěří je závislé na mnoha podmínkách v krajině. Mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující frekvenci této problematiky patří například typ komunikací, což je mnohdy spojeno s rozdílným objemem dopravy. Zvěř je nejvíce ohrožena při styku s komunikacemi 1. třídy a rychlostními komunikacemi, kde je objem dopravy ve většině případů největší, a to protože tento typ vozovek často funguje jako spojka mezi významnějšími městy a je tedy využíván ke každodennímu přesunu mezi sídly. To bylo potvrzeno i v rámci této studie, kdy na základě dat Dopravní policie ČR byla zjištěna nejvyšší incidence kolizí právě na komunikacích tohoto typu. Dalším významným faktorem ovlivňujícím počet dopravních nehod se zvěří v určitém místě je například druh krajinného pokryvu v okolí vozovek, dostupnost vegetace v bezprostřední blízkosti vozovek, přítomnost svodidel, plůtků či jiných podobných opatření na okrajích vozovek, přítomnost a dobře zvolené umístění propustků či ekoduktů nebo okraj komunikace tvořený náspy

či zářezy. Neméně významný vliv má však také možné křížení vozovek s potenciálními či již fungujícími migračními koridory zvěře. Naopak, jak bylo na základě této studie zjištěno, incidence kolizí nezáleží na velikosti zůstatkového fragmentu, v jehož vnitřku k daným kolizím dochází. Vždy záleží především na celém souboru podmínek v konkrétním místě, proto se tato problematika musí řešit na lokální úrovni.

Oblasti, kde ke střetům s živočichy dochází, lze sledovat za pomoci dat, které eviduje například již zmíněná Dopravní policie ČR, pojišťovny, myslivecké spolky atp. Díky tomu se lze průběžně věnovat monitoringu míst, kde k takovým dopravním nehodám dochází nejčastěji a tyto statistiky korigovat. Při výstavbě nových komunikací je důležité předvídat a čerpat z již získaných zkušeností a zavádět v okolí vozovek taková opatření, aby ke střetům se zvěří docházelo v co nejmenší míře.

Z výše uvedených závěrů vyplývá, že existuje mnoho prostředků k tomu se danou problematikou detailněji zabývat, k jejímu úspěšnému řešení však vede dlouhá cesta. Nehody s volně žijící zvěří je zapotřebí uchopit jako koloběh vzájemně se ovlivňujících skutečností a při jejich řešení začít v úplných základech, a to především se snahou o to, aby docházelo k větší a důslednější evidenci těchto nehod. Čím větší množství dat je dostupné, o to větší je možnost hledat mezi nimi vzájemné vazby a na základě toho zavádět potřebná opatření. Je bohužel jisté, že není v lidské moci těmto nehodám zabránit úplně, jelikož každý druh na dané podmínky v krajině reaguje rozdílně. Avšak právě člověk je ten, kdo má zmíněné důsledky na svědomí. Snaha podobným situacím zabraňovat je pouze v našich rukou, jelikož my jsme těmi, kdo ovládají umění je předvídat. Živočichové jsou pouze nuceni se měnícím se podmínkám přizpůsobovat a naším cílem proto musí být, aby i fragmentovaná krajina byla pro tyto tvory v rámci možností bezpečná.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

8.1 Tištěné zdroje

ANDĚL P., GORČICOVÁ I., HLAVÁČ V., MIKO L., ANDĚLOVÁ H., 2005: Hodnocení fragmentace krajiny dopravou, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 67 s.

ANDĚL P., HLAVÁČ V., LENNER R., ANDĚLOVÁ H., GORČICOVÁ I., HANUŠ F., VAISAR M., 2006: Migrační objekty pro zajištění průchodnosti dálnic a silnic pro volně žijící živočichy, Ministerstvo dopravy - odbor pozemních komunikací a Evernia s. r. o., Liberec: 92 s.

ANDĚL P., MINÁRIKOVÁ T., ANDREAS M., 2010: Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce, Evernia s. r. o., Liberec: 137 s., ISBN 978-80-903787-5-9.

ANDĚRA M., ČERVENÝ J., BUFKA L., BARTOŠOVÁ D., KOUBEK P., 2004: Současné rozšíření vlka obecného (*Canis lupus*) v České republice, Praha: 12s .

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

BATTIN J., 2004: When Good Animals Love Bad Habitats: Ecological Traps and the Conservation of Animal Populations, *Conservation biology*, 18/6: 1482-1491 s.

BAUTISTA L. M., GARCIA J. T., CALMAESTRA R. G., PALACIN C., MARTIN C. A., MORALES M. B., BONAL R., VINUELA J., 2004: Effect of weekend road traffic on the use of space by raptors, *Conservation Biology*, 18/3: 726-732 s.

BECKMANN J. P., CLEVELINGER A. P., HUIJSER M. P., HILTY J. A., 2010: Safe passages: Highways, wildlife, and habitat connectivity, Island Press, Washington.

BELDEN R. C., HAGEDORN B. W. 1993: Feasibility of trans-locating panthers into northern Florida. *The Journal of Wildlife Management*, 57: 388-397 s.

BLACKWELL B. F., FERNÁNDEZ-JURICIC E., SEAMANS T. W., DOLAN T., 2009: Avian visual system configuration and behavioral response to object approach, *Animal Behaviour*, 77: 673–684 s.

BOITET E. R., MEAD A. J., Application of GIS to a Baseline Survey of Vertebrate Roadkills in Baldwin County, Eagle Hill Institute, *Southeastern Naturalist*, 13/1, Georgia: 176-190 s.

BROTONS L., HERRANDO S., 2001: Reduced bird occurrence in pine forest fragments associated with road proximity in a Mediterranean agricultural area, *Landscape and Urban Planning*, 57/2: 77-89 s.

CONOVER M. R., 2002: *Resolving Human–Wildlife Conflicts*. CRC Press, Boca Raton.

CRAWFORD B. A., ANDREWS K. M., 2016: Drivers' attitudes toward wildlife-vehicle collisions with reptiles and other taxa, *The Zoological Society of London, Animal Conservation*, 19, USA.

DUFEK J., JEDLIČKA J., ADAMEC V., 2008: Fragmentace lokalit dopravní infrastrukturou – ekologické efekty a možná řešení v projektu COST 341, *Centrum dopravního výzkumu, Brno*: 5 s.

FAHRIG L., PEDLAR J. H., POPE S. E., TAYLOR P. D., WEGNER J. F. 1995: Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation*, 74: 177-182 s.

FAHRIG L., RYTWINSKI T., 2009: Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis, *Ecology and Society*, 14: 21s.

FORMAN R. T. T., ALEXANDER L. E., 1998: Roads and Their Major Ecological Effects, *Annual Review of Ecology and Systematics* 29/1: 207-231 s

FORMAN R. T. T., REINEKING B., HERSPERGER A. M., 2002: Road Traffic and Nearby Grassland Bird Patterns in a Suburbanizing Landscape, *Environmental Management*, 29/6: 782-800 s.

GLISTA D. J., DeVAULT T. L., 2008: Road mortality of terrestrial vertebrates in Indiana, *Indiana Academy of Science*, 117: 55-62 s.

GRILO C., CARDOSO T., SOLAR R., BAGER A., 2016: Do the size and shape of spatial units jeopardize the road mortality-risk factors estimates?, *Brazilian Journal of Nature Conservation*, 14, Brazil: 8-13 s.

HAWBAKER T. J., 2006: Road Development, Housing Growth, And Landscape Fragmentation In Northern Wisconsin: 1937–1999, *Ecological applications*, *Ecological society of America* 16/3: 1222-1237 s.

HEIGL F., STRETZ C. R., STEINER W., SUPPAN F., BAUER TO., LAAHA G., ZELLER J. G., 2016: Comparing Road-Kill Datasets from Hunters and Citizen Scientists in a Landscape Context, *University of Natural Resources and Life Sciences, Remote Sensing*, 8, Vídeň.

HLAVÁČ V., 2000: Rozšíření a migrace vybraných druhů savců v České republice, *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Havlíčkův Brod*.

HLAVÁČ V., ANDĚL P., 2001: Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 51 s., ISBN 80-86064-60-3.

HUIJSER M. P., MCGOWEN J., FULLER J., HARDY A., KOCIOLEK A., CLEVINGER A. P., SMITH D., AMENT R., 2008: Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress, Western Transportation Institute, Bozeman: 251 s.

IUELL B., BEKKER G. J., CUPERUS R., DUFEK J., FRY G., NICKA C., HLAVÁČ V., KELLER V., ROSELL C., SANGWINE L., TORSLOV N., WANDALL B., 2003: Wildlife and Traffic, A European Handbook for identifying Conflicts and Designing Solutions. KNNV Publishers, Brussels.

JACOBSON S. L., BLISS-KETCHUM L. L., DE RIVERA C. E., SMITH W. P., 2016: A behavior-based framework for assessing barrier effects to wildlife from vehicle traffic volume. *Ecosphere* 7(4):e01345. 10.1002/ecs2.1345.

KAUN M., LEHOVEC F., 1998: Pozemní komunikace, Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ŠEL, Praha.

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, *Czech University of Life Sciences Prague, Land Use Policy*, 59, Prague: 543-556 s.

KUŠTA T., HOLÁ M., KEKEN Z., JEŽEK M., ZÍKA T., HART V., 2014: Deer on the railway line: spatiotemporal trends in mortality patterns of roe deer, *Czech University of Life Sciences Prague, Turkish Journal of Zoology*, 38, Prague: 479-485s.

KUŠTA T., KEKEN Z., BARTÁK V., HOLÁ M., JEŽEK M., HARTL V., HANZAL V., 2014: The mortality patterns of wildlife-vehicle collisions in the Czech Republic, *Czech University of Life Sciences in Prague, North-western journal of zoology*, 10/2, Prague: 393-399 s.

KUŠTA T., KEKEN Z., JEŽEK M., KUŠTA Z., 2015: Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife–vehicle collisions: A case study in Central Bohemia, *Czech Republic, Czech University of Life Sciences Prague, Transportation Research Part D* 38, Prague: 1-5 s.

LIMA S. L., BLACKWELL B. F., DeVAULT T. L., FERNÁNDEZ-JURICIC E., 2015: Animal reactions to oncoming vehicles: a conceptual review, *Biological Review*, 90, USA: 60-76 s.

LOSS S. R., WILL T., MARRA P. P., 2014: Estimation of bird-vehicle collision mortality on US roads, *J Wildlife Manage*, 78: 763–771 s.

MACE R. D., WALLER J. S., MANLEY T. L., LYON L. J., ZUURING H. 1996: Relationships among grizzly bears, roads and habitat in the Swan Mountains, Montana, *Journal of Applied Ecology*, 33: 1395-1404 s.

MACEDONIA J. M., LAPPIN A. K., LOEW E. R., McGUIRE J. A., HAMILTON P. S., PLASMAN M., BRANDT Y., LEMOS-ESPINAL J. A., KEMP D. J., 2009: Conspicuousness of Dickerson's collared lizard (*Crotaphytus dickersonae*) through the eyes of conspecifics and predators, *Biological Journal of the Linnean Society*, 97: 749-765 s.

MARTIN G. R. 2011: Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach, *Ibis*, 153: 239–254 s.

MECH L. D., FRITTS S. H., RADDLE G. L., PAUL W. J. 1988: Wolf distribution and road density in Minnesota, *Wildlife Society Bulletin Journal*, 16: 85-87 s.

MLADENOFF D. J., SICKLEY T. A., WYDEVEN A. P. 1999: Predicting gray wolf landscape recolonization: logistic regression models vs. New field data, *Ecological Applications*, 9: 37-44 s.

MÜLLER S., BERTHOULD G., 1997: Fauna/Traffic safety, Manual for Civil Engineers, LAVOC EPFL, Lausanne.

NOSS R., CSUTI B., GROOM M. J., 2006: Habitat Fragmentation, Principles Conservation Biology, Sinauer Associates, 3, USA: 793 s.

RAMP D., CALDWELL J., EDWARDS K. A., WARTON D., CROFT D. B., 2005: Modeling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, *Biological Conservation*, 126, Australia: 474-490 s.

RECORBET B., DÉsirÉ G., 1985: Recensement des collision vehicules – grands mammifères sauvages, *Colloque Routes et Faune Sauvage*, 1, 85-94 s.

REIJNEN M. J. S. M., VEENBAAS G., FOPPEN R. P. B., 1995: Predicting the Effects of Motorway Traffic on Breeding Bird Populations, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering Division, Delft: 91 s.

RICHARDSON W. J., WEST T., 2000: Serious birdstrike accidents to military aircraft: updated list and summary. In *Proceedings of the International Bird Strike Committee Meeting*, Amsterdam, 25. vydání, 67–98 s.

SLATER F. M., 2002: An assessment of wildlife road casualties: The potential discrepancy between numbers counted and numbers killed, *Web ecology*, 3/33: 42 s.

THIEL R. P. 1985: Relationship between road densities and wolf habitat suitability in Wisconsin, *The American Midland Naturalist Journal*, 113: 404-407 s.

TROCMÉ M., 2003: Habitat fragmentation due to transportation infrastructure. *The European review*, European Commission, Brusel: 251 s.

VLČKOVÁ V., 2011: Kudy kam geoinformačním inženýrstvím, ČVUT, Praha.

VLČKOVÁ V., HRUBEŠ P., 2015: *Acta Informatica Pragensia: Dopravní nehoda, systémový model a shluková analýza v prostředí GIS*, Praha: 64-79 s.

WANMO K., MINOR E. S., DONGGUL W., DOWON L., CHAN-RYUL P., 2016: Forest mammal roadkills as related to habitat connectivity in protected areas, *Biodiversity and Conservation*, 25: 2673–2686 s.

8.2 Internetové zdroje

ANDĚL P., 2011: Dálkové migrační koridory pro velké savce a dopravní infrastruktura, *Dopravní inženýrství*, Plzeň, online: <http://www.dopravni-inzenyrstvi.cz/clanky/dalkove-migracni-koridory-pro-velke-savce-a-dopravni-infrastruktura/>, cit. 11.4.2017.

AOPK, 2017: Migrační koridory, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, online: <http://www.ochranaprirody.cz/druhova-ochrana/migracni-koridory/>, cit. 6.3.2017.

ARCDATA PRAHA, 2017: GIS v oborech, Praha, online: <https://www.arcdata.cz/oborova-reseni/gis-v-oborech>, cit. 8.3.2017.

Bezplatná právní poradna, 2017: Slovník, Praha, online: <http://www.bezplatnapravniporadna.cz/online-zdarma/ruzne/pravnicko-slovník/613-intravilan-definice-vysvetleni-co-je-to-intravilan.html>, cit. 6.3.2017.

BIOMACH, vzdělávací web, 2017: Genetika populací, Praha, online: <http://www.biomach.cz/genetika/genetika-populaci>, cit. 1.3.2017.

CDV, 2017: Srážky se zvěří, online: <http://www.srazenazver.cz/cz/>, cit. 1.3.2017.

DOLBEER R. A., WRIGHT S. E., WELLER J., BEGIER M. J., 2012: Wildlife strikes to civil aircraft in the United States 1990-2010. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration National Wildlife Strike Database Serial Report No. 17, online: <http://wildlife-mitigation.tc.faa.gov/wildlife/downloads/BASH90-10.pdf>, cit. 07.2.2014.

Doprava v Libereckém kraji, 2007: Dopravní infrastruktura v Libereckém kraji, Liberecký kraj, online: <http://www.kraj-lbc.cz/public/doprava/prezentace07/04.html>, cit. 8.3.2017.

GAREP, 2017: Metodická podpora regionálního rozvoje: Dopravní síť, Brno, online: <http://www.regionalnirozvoj.cz/index.php/komentar.75.html>, cit. 25.3.2017.

HADDAD N. M. a kol., 2015: Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems, Science advances, online: <http://advances.sciencemag.org/content/1/2/e1500052>, cit. 8.3.2017.

HAVRÁNEK F., KURČA J., NĚMEC V., 2011: Pachové repelenty u nás a v zahraničí, Časopis Myslivost, Praha, online: <http://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2011/Rijen---2011/Pachove-repelenty-u-nas-a-v-zahranici>, cit. 29.3.2017.

HNUTÍ DUHA, 2005: Šelmy.cz: Rozšíření rysa ostrovida, Olomouc, online: <http://www.selmy.cz/rys-ostrovid/rozsireni/>, cit. 7.3.2017.

HNUTÍ DUHA, 2008: Šelmy.cz: Rozšíření vlka obecného, Olomouc, online: <http://www.selmy.cz/vlk/rozsireni-vlka/>, cit. 7.3.2017.

HNUTÍ DUHA, 2012: Šelmy.cz: U Valašského Meziříčí auto srazilo zřejmě vlka, Olomouc, online: <http://www.selmy.cz/tiskove-zpravy/u-valasskeho-mezirici-auto-srazilo-zrejme-vlka/>, cit. 7.3.2017.

HNUTÍ DUHA, 2013: Šelmy.cz: Dálnice D1 se stala osudnou pro migrujícího rysa, Olomouc, online: <http://www.selmy.cz/tiskove-zpravy/dalnice-d1-se-stala-osudnou-pro-migrujiciho-rysa/>, cit. 7.3.2017.

KOLLÁR F., 2000: Dopravní nehody "zaviněné" zvěří, Časopis Myslivost, Praha, online: <http://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2000/Prosinec---2000/Dopravni-nehody--zavinene--zveri>, cit. 1.3.2017.

KOMÍNEK J., 2013: Rozvoj a financování dopravní infrastruktury v Ústeckém kraji v roce 2013 a dalším období, Ústecký kraj, online: http://www.region servis.cz/document/filename/3687/Rozvoj_a_financov_n__dopravn__infrastruktury-Rada__s_kraje-Jaroslav_Kom_nek.pdf, cit. 8.3.2017.

LIBOSVÁR T., 2009: HBH Projekt, s. r. o: Ekodukty a ÚSES, Brno, online: <http://www.uses.cz/data/sbornik09/Libosvar.pdf>, cit. 7.3.2017.

LÍZAL P., 2013: Genetika populací, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Praha, online: <https://is.muni.cz/www/2538/58977479/web/pages/07-migrace.html>, cit. 6.3.2017.

MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR, 2012: Regionální informační servis: Liberecký kraj, Praha, online: <http://www.risy.cz/cs/krajske-ris/liberecky-kraj/regionalni-informace/o-kraji/>, cit. 8.3.2017.

MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR, 2012: Regionální informační servis: Ústecký kraj, Praha, online: <http://www.risy.cz/cs/krajske-ris/ustecky-kraj/regionalni-informace/o-kraji/>, cit. 8.3.2017.

MRTKA J., 2013: Výsledky dotazníkového šetření zabývajících se mortalitou zvěře na pozemních komunikacích, Časopis Myslivost, Praha, online: <http://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2013/Brezen--2013/Vysledky-dotaznikoveho-setreni-zabyvajiciho-se-mor>, cit. 28.2.2017.

Otázky z medicíny, 2002: Nervová soustava, online: <http://otazkyzmediciny.sweb.cz/HTML/Biologie/B04.htm>, cit. 1.3.2017.

PĚNČÍK J., 2016: Střet se zvěří je čtvrtou nejčastější příčinou nehody v Česku! Říjen je jedním z nejvíce rizikových měsíců!, online: <http://www.pojisteni-prehledne.cz/stret-se-zveri-je-4-nejcastejsi-pricinou-nehody.php>, cit. 7.3.2017.

POLICIE ČR, Ředitelství služby dopravní policie, 2007-2016: Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za roky 2007-2016, Praha, online: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>, cit. 7.3.2017.

REFLEX.CZ, 2017: Vlci se po sto letech vrátili na Vysočinu. Jednoho z nich srazilo auto, Praha, online: <http://www.reflex.cz/clanek/zpravy/78145/vlci-se-po-sto-letech-vratili-na-vysocinu-jednoho-z-nich-srazilo-auto.html>, cit. 14.3.2017.

ŘEZANKA O., 2013: Český okruh – síť dálnic a rychlostních silnic v ČR je třeba plánovat hustší, Dopravní inženýrství, Praha, online: <http://www.dopravniinzenyrstvi.cz/clanky/cesky-okruh-sit-dalnic-a-rychlostnich-silnic-v-cr-je-treba-planovat-hustsi/>, cit. 6.3.2017.

SUVOROV P., 2015: Jak fragmentace krajiny ovlivňuje život zvířat, ekolist.cz, Praha, online: <http://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/jak-fragmentace-krajiny-ovlivnuje-zivot-zvirat>, cit. 28.2.2017.

ŠIMONOVSKÝ M., 2010: Hustota silniční sítě je jednou z největších v Evropě, v případě dálnic máme co dohánět, Konstrukce, odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství, Praha, online: <http://www.konstrukce.cz/clanek/hustota-silnicni-site-jednou-z-nejvetsich-v-evrope-v-pripade-dalnic-mame-co-dohanet/>, cit. 1.3.2017.

ŠTĚPÁNEK R., 2017: Samice losa nepřežila u Lipna srážku s autem, bude z ní vycpanina, iDNES.cz, Praha, online: http://budejovice.idnes.cz/ridicka-srazeny-los-lipno-preparace-db8-/budejovice-zpravy.aspx?c=A170317_104109_budejovice-zpravy_khr, cit. 28.3.2017.

VCFA ČVUT, 2014: Metodika zadávání územních plánů, Praha, online: <https://vp.fa.cvut.cz/slovník/index.php/Extravil%C3%A1n>, cit. 1.3.2017.

8.3 Zákony

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

Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, v platném znění

8.4 Zdroje obrázků

- Obr. 1 ŠÍMOVÁ P., 2016: Fragmentace a konektivita biotopů, ČZU: Fakulta životního prostředí, Praha, online: <https://www.fzp.czu.cz/cache/content-files/40275.jpg>, cit. 6.3.2017
- Obr. 2 GOOGLE, 2017: Mapová data, online: <https://www.google.cz/maps>, cit. 7.3.2017..
- Obr. 3 PŘEROV, 2013: Srnka našla smrt pod koly auta, online: http://prerov.nejlepsi-adresa.cz/images/mesta/prerov/clanky/14148_1_big.jpg, cit. 7.3.2017.
- Obr. 4 POLICIE ČR, 2017: Samice losa nepřežila u Lipna srážku s autem, bude z ní vycpanina, iDnes.cz, online: http://budejovice.idnes.cz/ridicka-srazeny-los-lipno-preparace-db8-/budejovice-zpravy.aspx?c=A170317_104109_budejovice-zpravy_khr, cit. 29.3.2017.
- Obr. 5-16 POLICIE ČR, Ředitelství služby dopravní policie, 2007-2016: Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za roky 2007-2016, Praha, online: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>, cit. 7.3.2017.
- Obr. 17 SUVOROV P., 2015: Jak fragmentace krajiny ovlivňuje život zvířat, ekolist.cz, Praha, online: http://aa.ecn.cz/img_upload/e6ffb6c50bc1424ab10ecf09e063cd63/2.jpg, cit. 7.3.2017.
- Obr. 18 KITENMONKEE, 2015: Divočáci na dálnici D11, youtube.cz, online: <https://www.youtube.com/watch?v=08w2soLiWPY>, cit. 29.3.2017.
- Obr. 19 SHUTTERSTOCK, 2015: Zrážka auta so zverou. R1 má 13 kritických úsekov, Správy.Pravda.sk, online: <http://spravy.pravda.sk/domace/clanok/375401-zrazka-auta-so-zverou-r1-ma-13-kritickykh-usekov/>, cit. 29.3.2017.

- Obr. 20-30 POLICIE ČR, 2010-2014: Dopravní policie České republiky.
- Obr. 31-39 ARCGIS 10.3, 2014: Základní mapa České republiky, Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha.
ARCGIS 10.3, 2014: Ortofotomapa České republiky, Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha.

8.5 Zdroje dat

AOPK, 2011: Dálkové migrační koridory (shapefile), Praha, online: <http://www.ochranaprirody.cz/druhova-ochrana/migracni-koridory/>, cit. 11.4.2017.

ARCČR 500, 2016: Digitální vektorová geografická databáze České republiky, verze 3.3, ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad, Praha.

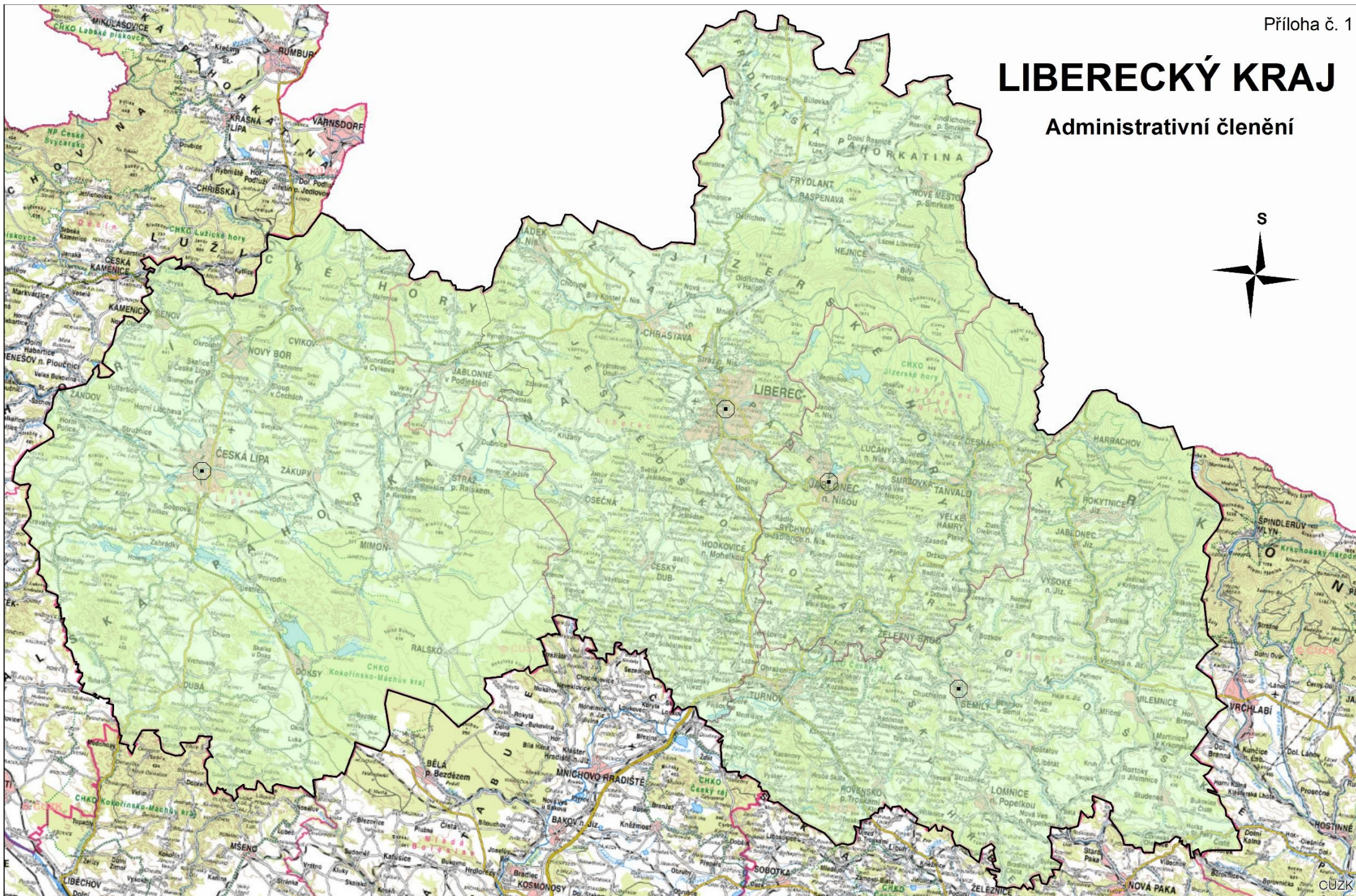
CORINE, 2012: CORINE Land Cover 2012, CENIA, Česká informační agentura životního prostředí, Praha.

Data o dopravních nehodách s volně žijící zvěří na území České republiky za roky 2000 až 2014 poskytla Dopravní policie České republiky.

9 Přílohy

LIBERECKÝ KRAJ

Administrativní členění



- hranice kraje
- okresy Libereckého kraje
- okresní města

LIBERECKÝ KRAJ

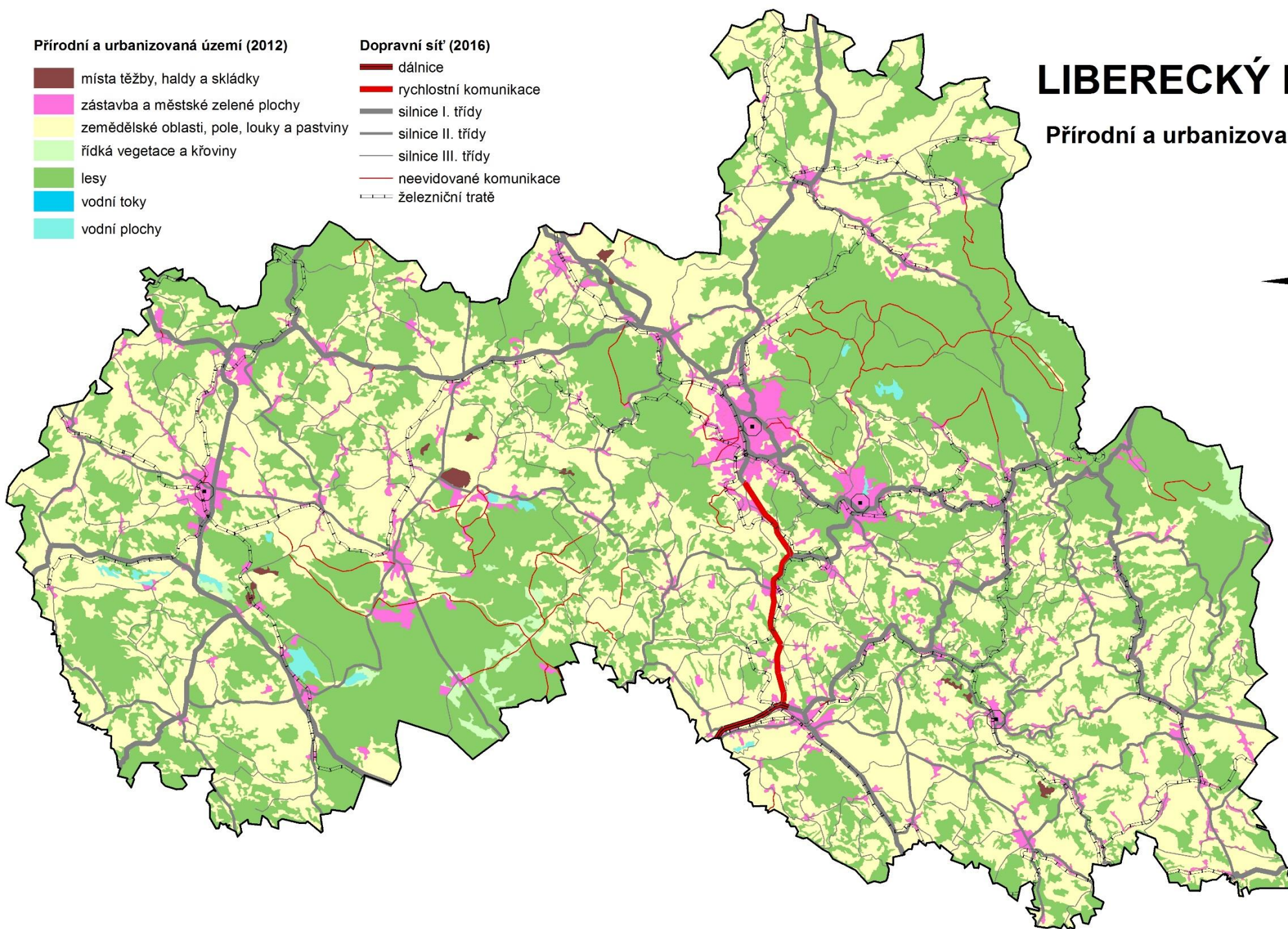
Přírodní a urbanizovaná území

Přírodní a urbanizovaná území (2012)

- místa těžby, haldy a skládky
- zástavba a městské zelené plochy
- zemědělské oblasti, pole, louky a pastviny
- řídká vegetace a křoviny
- lesy
- vodní toky
- vodní plochy

Dopravní síť (2016)

- dálnice
- rychlostní komunikace
- silnice I. třídy
- silnice II. třídy
- silnice III. třídy
- neevidované komunikace
- železniční tratě



0 10 km

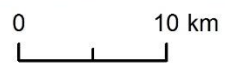
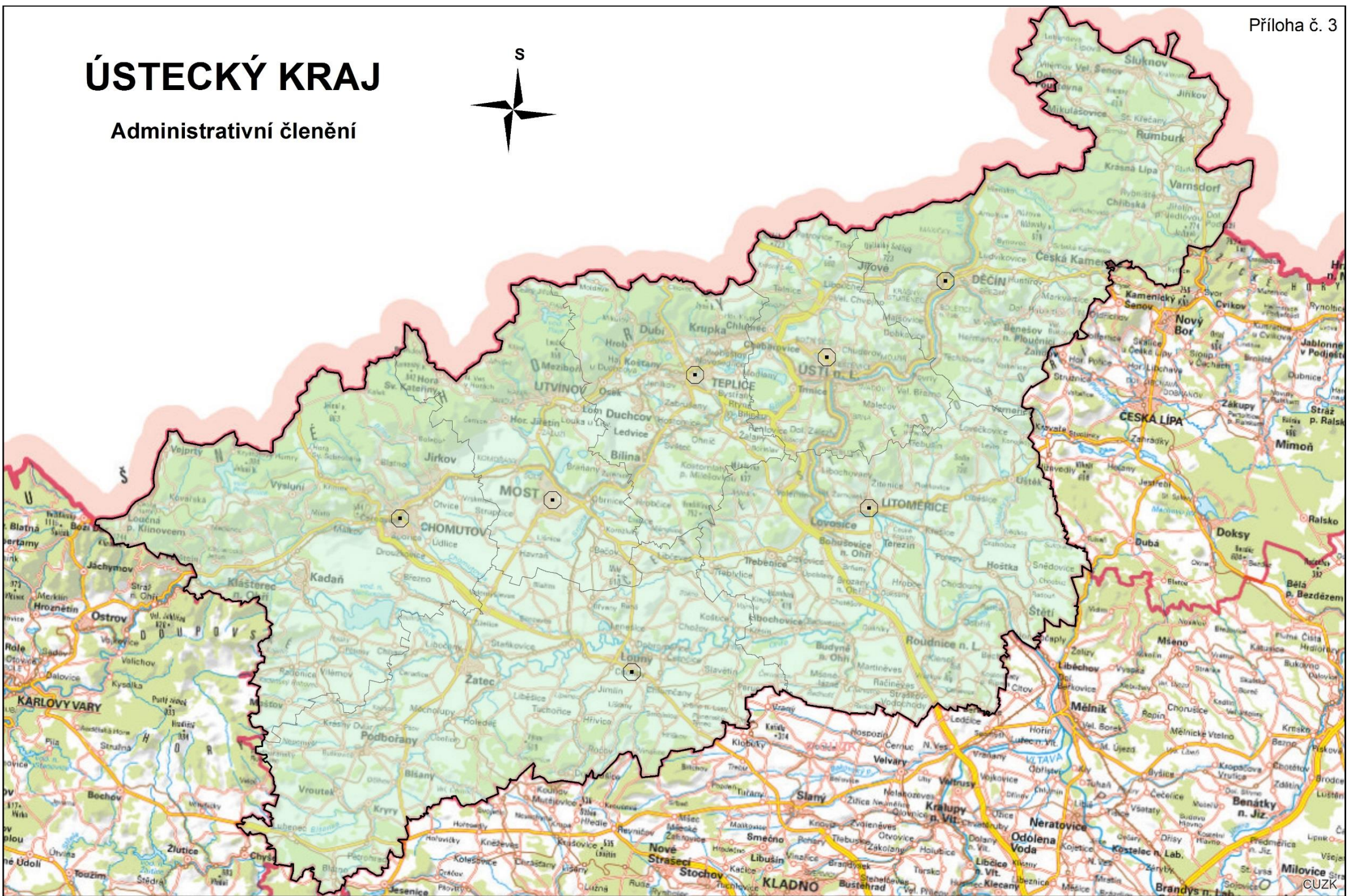
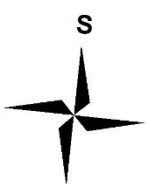
hranice kraje

okresy Libereckého kraje

okresní města

ÚSTECKÝ KRAJ

Administrativní členění



— hranice kraje okresy Ústeckého kraje ○ okresní města

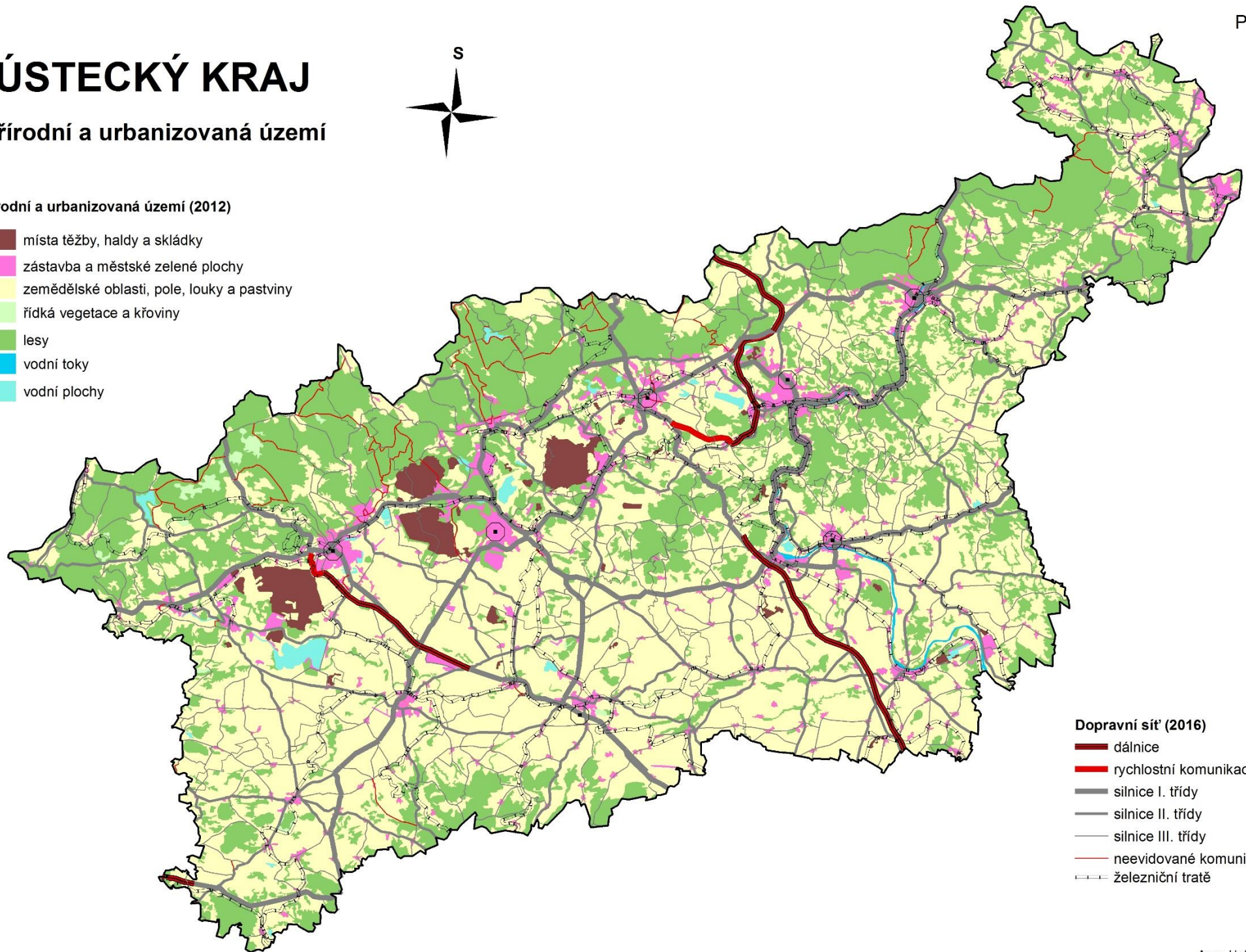
ÚSTECKÝ KRAJ

Přírodní a urbanizovaná území



Přírodní a urbanizovaná území (2012)

- místa těžby, haldy a skládky
- zástavba a městské zelené plochy
- zemědělské oblasti, pole, louky a pastviny
- řídká vegetace a křoviny
- lesy
- vodní toky
- vodní plochy



Dopravní síť (2016)

- dálnice
- rychlostní komunikace
- silnice I. třídy
- silnice II. třídy
- silnice III. třídy
- nevidované komunikace
- železniční tratě

0 10 km

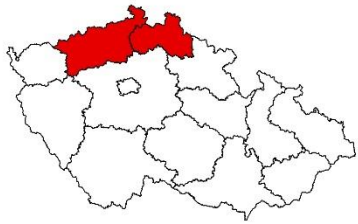
hranice kraje

okresy Ústeckého kraje

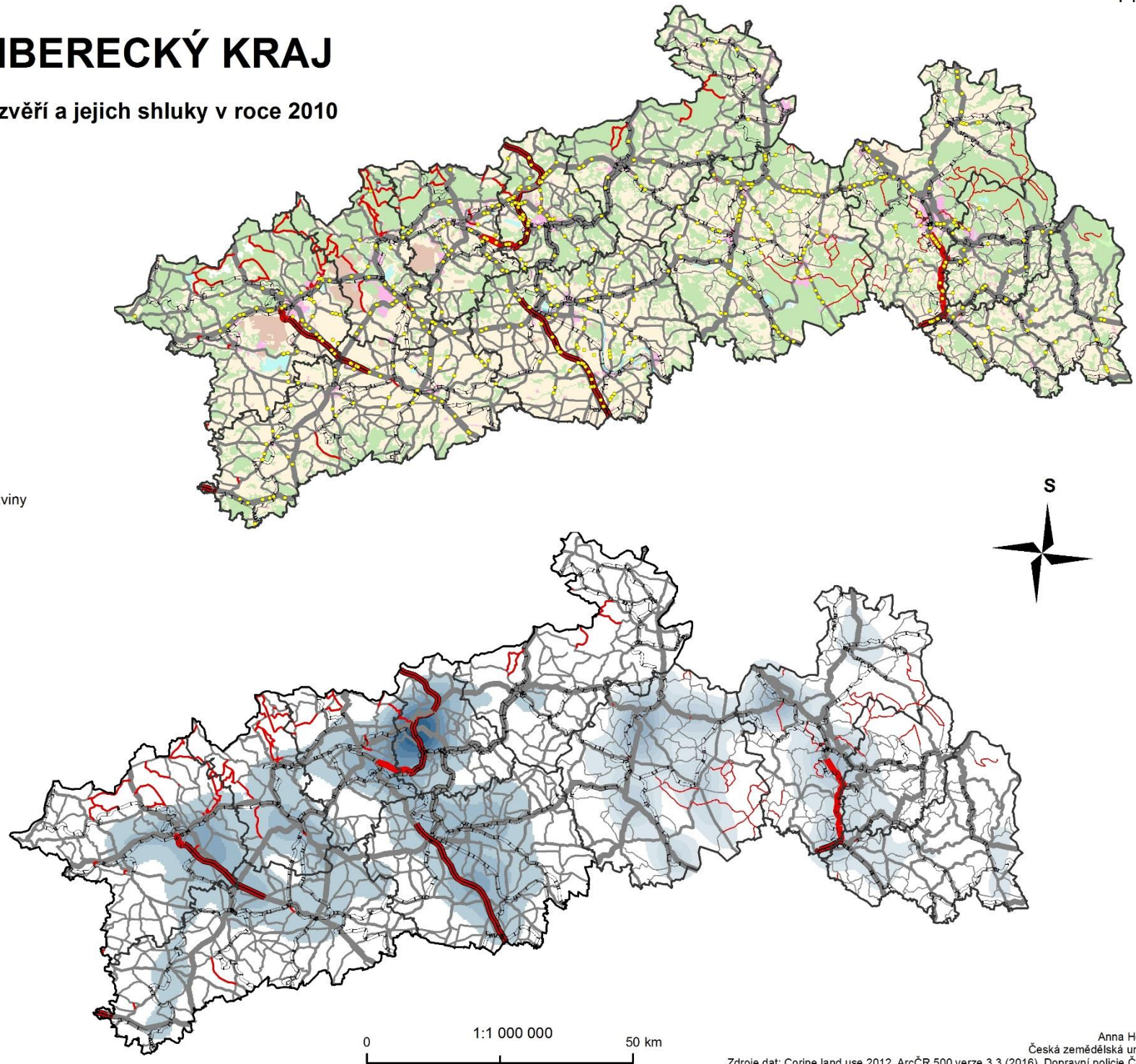
okresní města

ÚSTECKÝ A LIBERECKÝ KRAJ

Místa nehod s volně žijící zvěří a jejich shluky v roce 2010

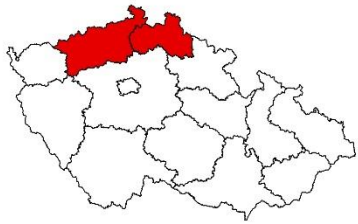


Obr. č. 1: Lokalizace zájmového území v rámci České republiky

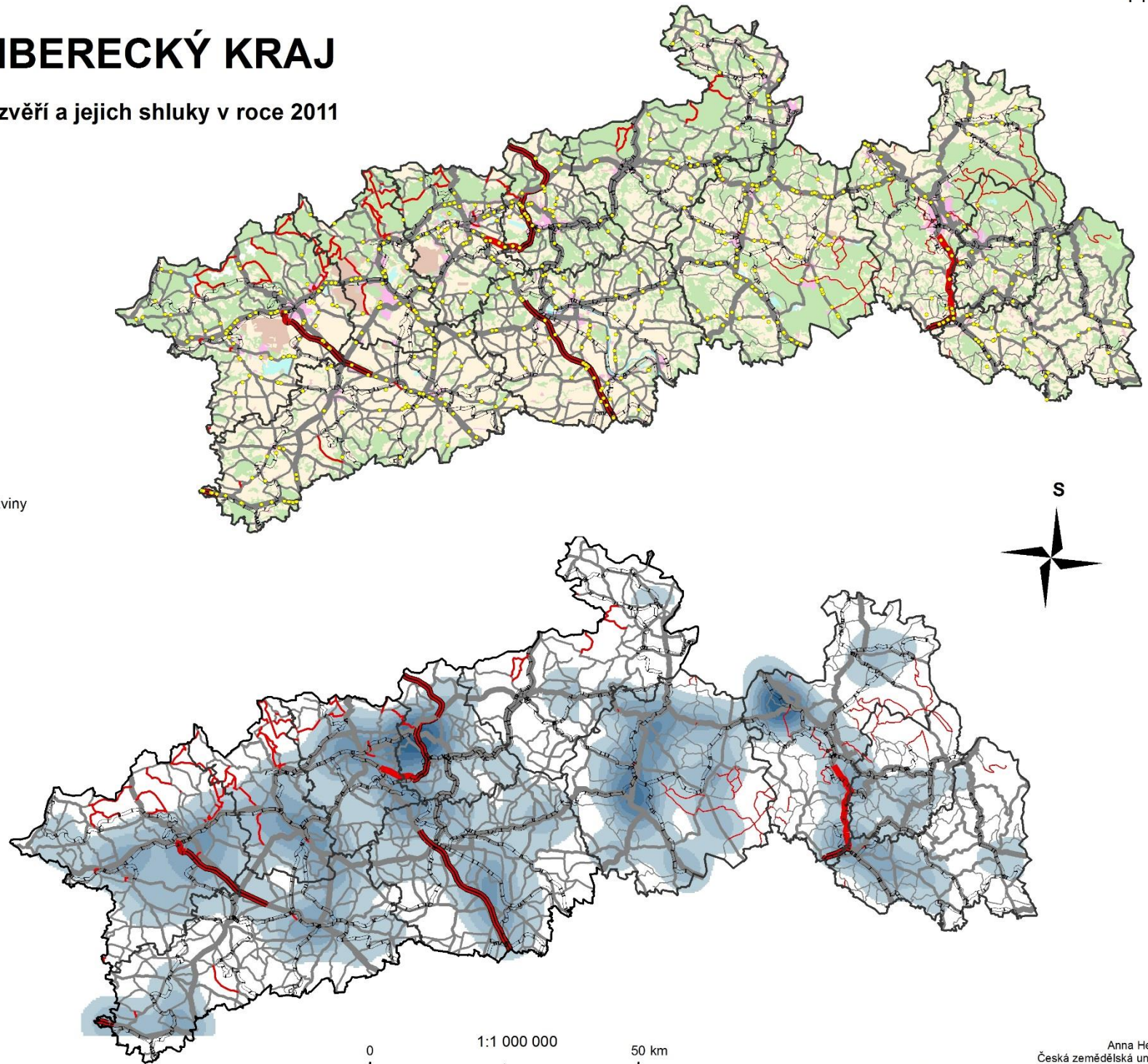


ÚSTECKÝ A LIBERECKÝ KRAJ

Místa nehod s volně žijící zvěří a jejich shluky v roce 2011



Obr. č. 1: Lokalizace zájmového území v rámci České republiky



Přírodní a urbanizovaná území (2012)

- zástavba a městské zelené plochy
- místa těžby, haldy a skládky
- zemědělské oblasti, pole, louky a pastviny
- lesy
- řídká vegetace a křoviny
- vodní toky
- vodní plochy
- místo nehody

Dopravní síť (2016)

- dálnice
- rychlostní komunikace
- silnice I. třídy
- silnice II. třídy
- silnice III. třídy
- nevidované komunikace
- železniční trať

Shluky nehod

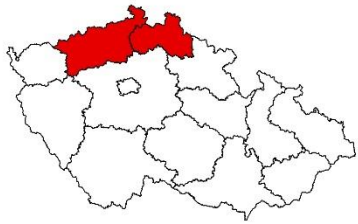
- vysoká koncentrace
- nízká koncentrace

- hranice kraje
- hranice okresu

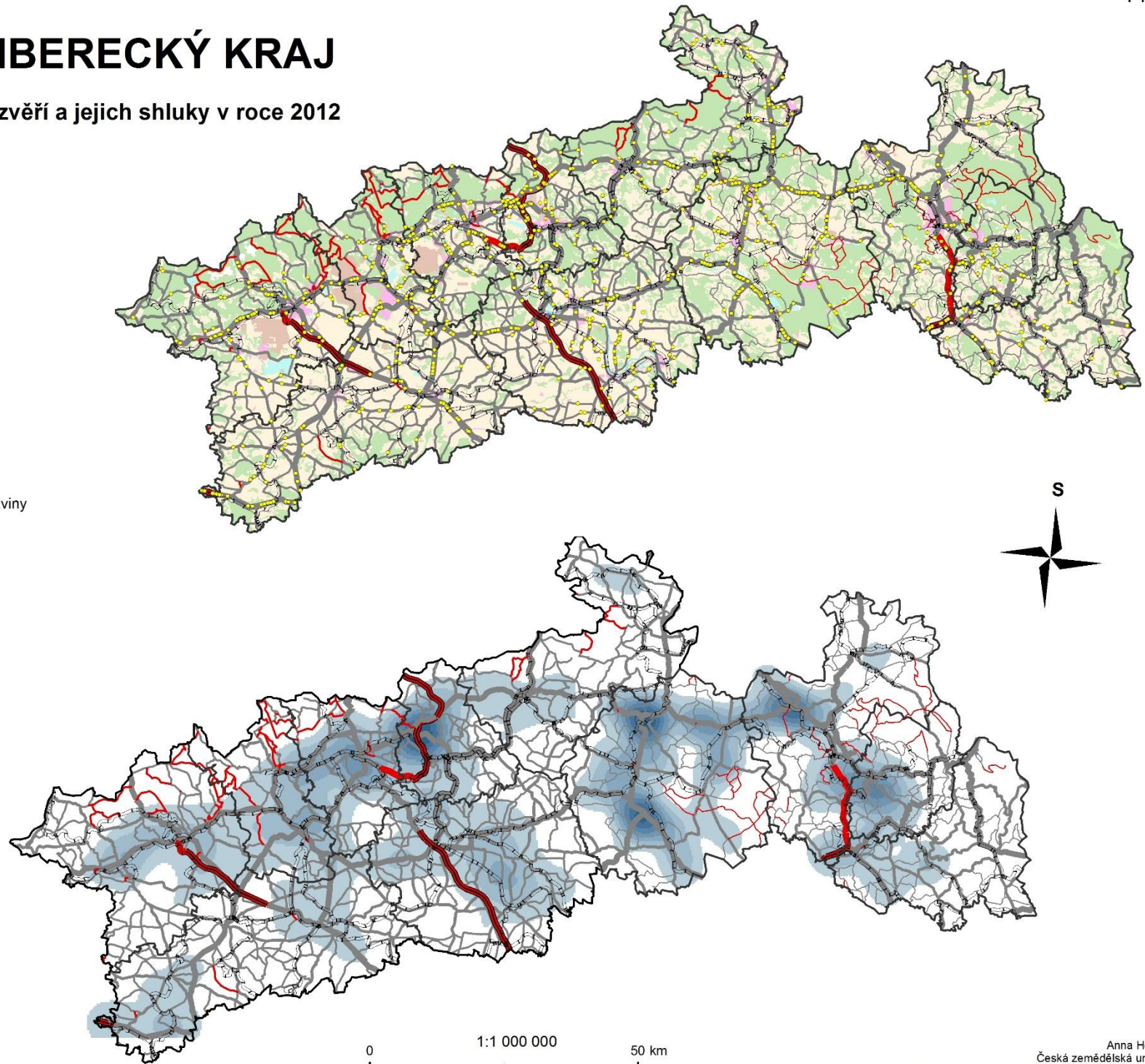
0 1:1 000 000 50 km

ÚSTECKÝ A LIBERECKÝ KRAJ

Místa nehod s volně žijící zvěří a jejich shluky v roce 2012

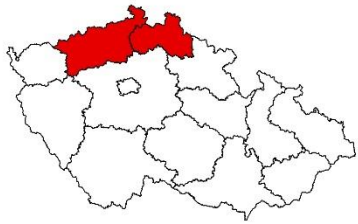


Obr. č. 1: Lokalizace zájmového území v rámci České republiky

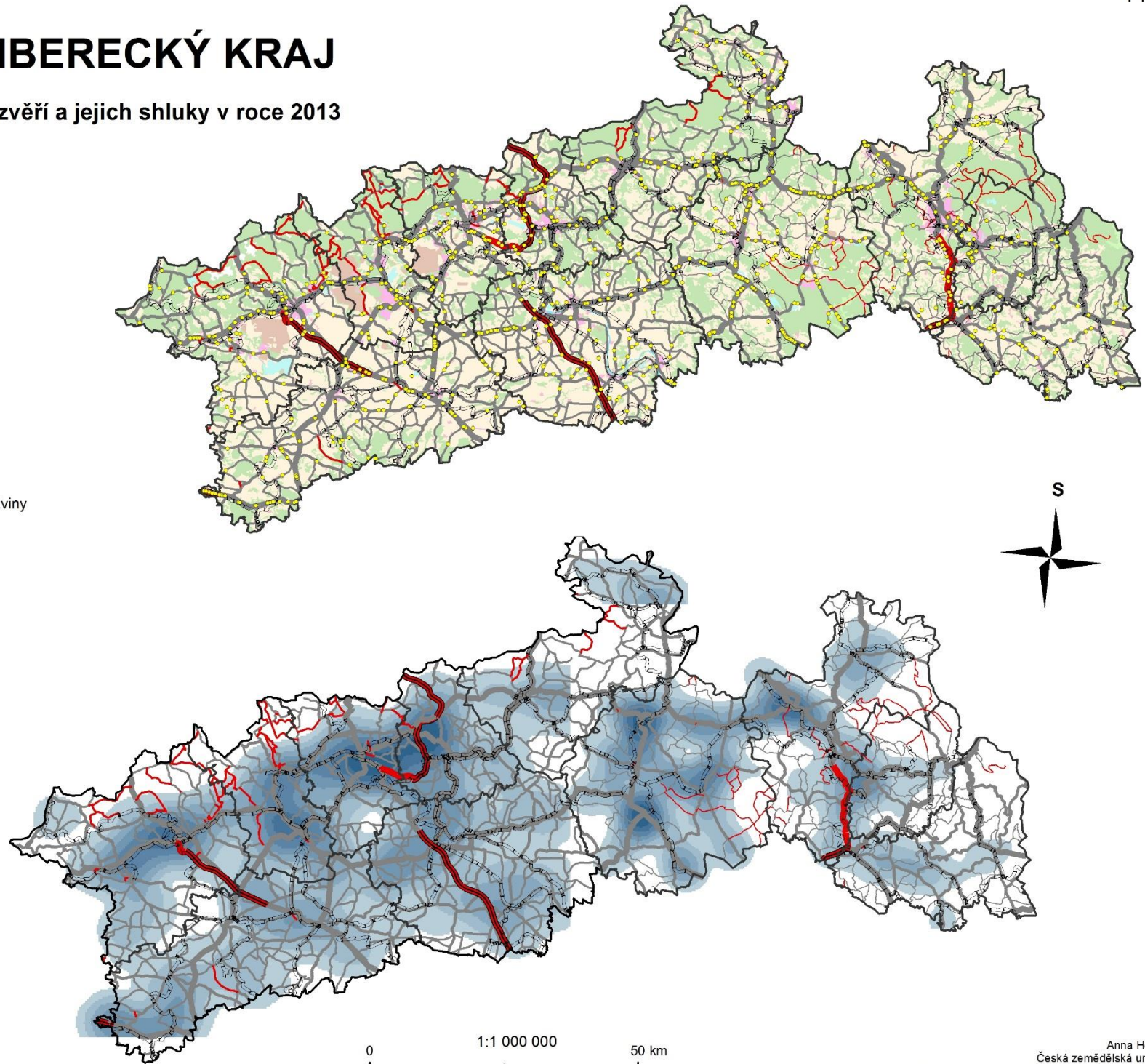


ÚSTECKÝ A LIBERECKÝ KRAJ

Místa nehod s volně žijící zvěří a jejich shluky v roce 2013

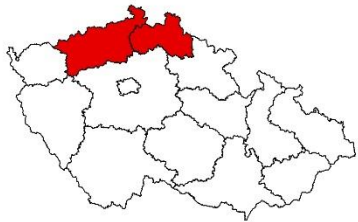


Obr. č. 1: Lokalizace zájmového území v rámci České republiky

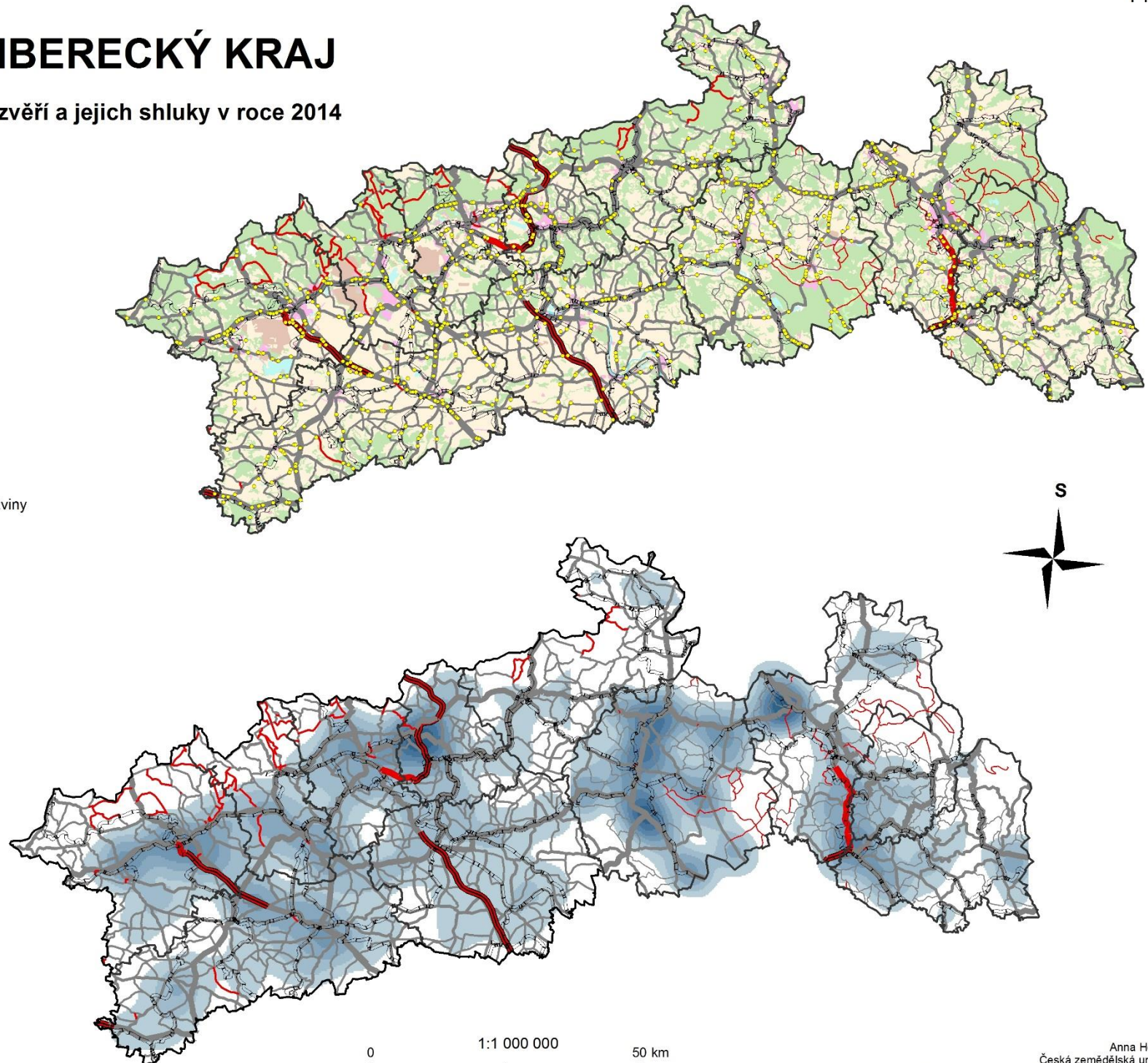


ÚSTECKÝ A LIBERECKÝ KRAJ

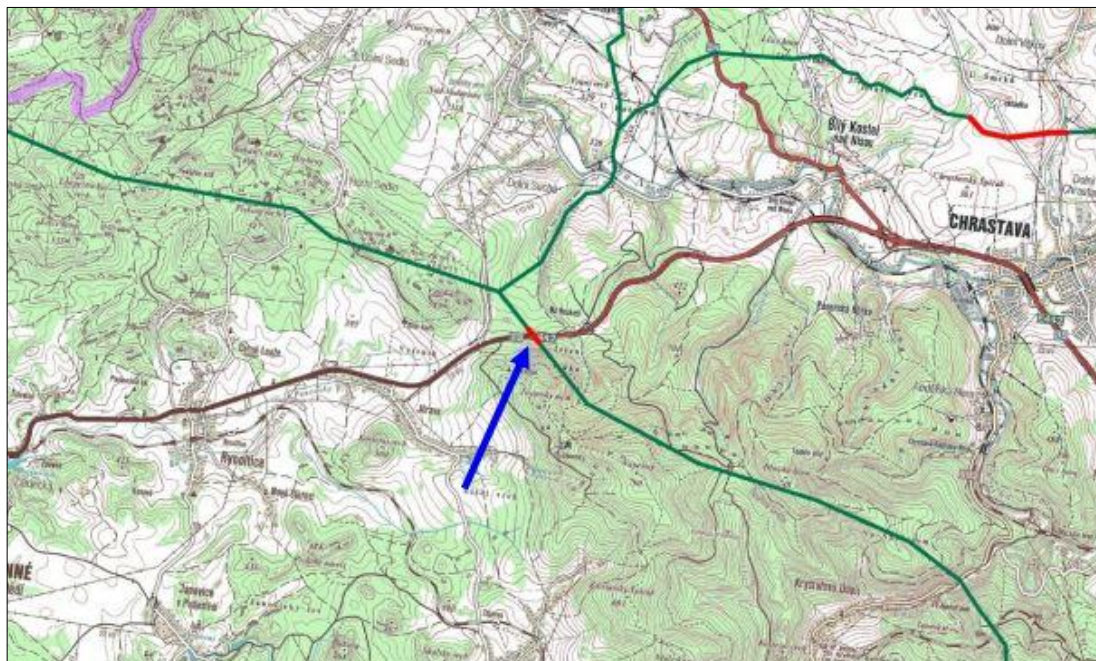
Místa nehod s volně žijící zvěří a jejich shluky v roce 2014



Obr. č. 1: Lokalizace zájmového území v rámci České republiky

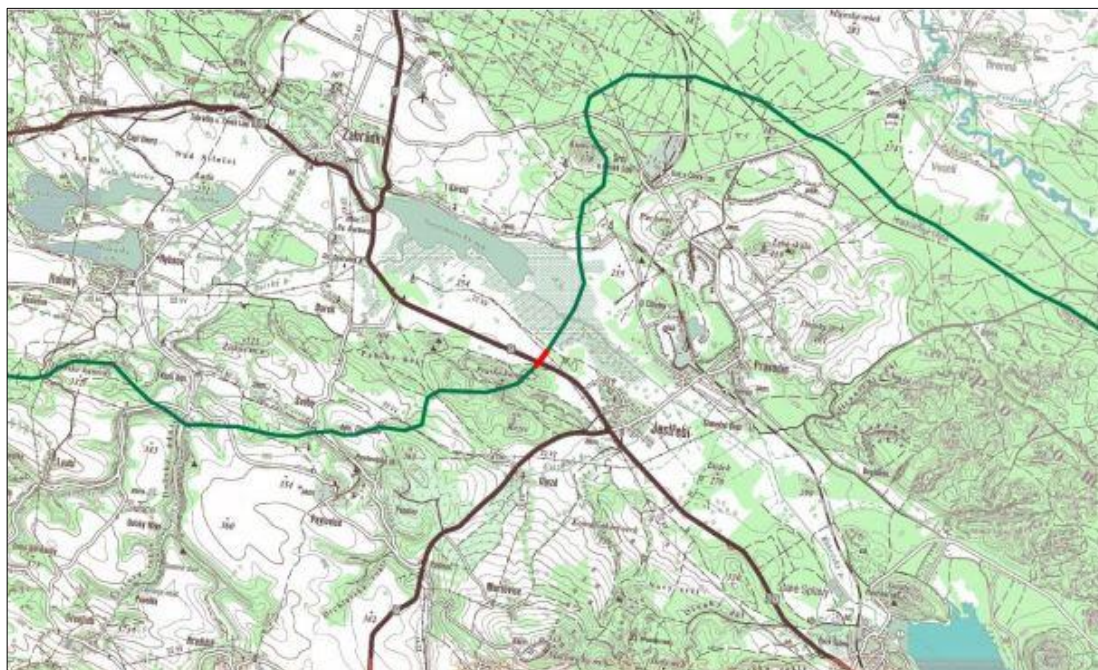


Příloha 10 Riziková oblast a střet s migračním koridorem – okolí Chrastavy



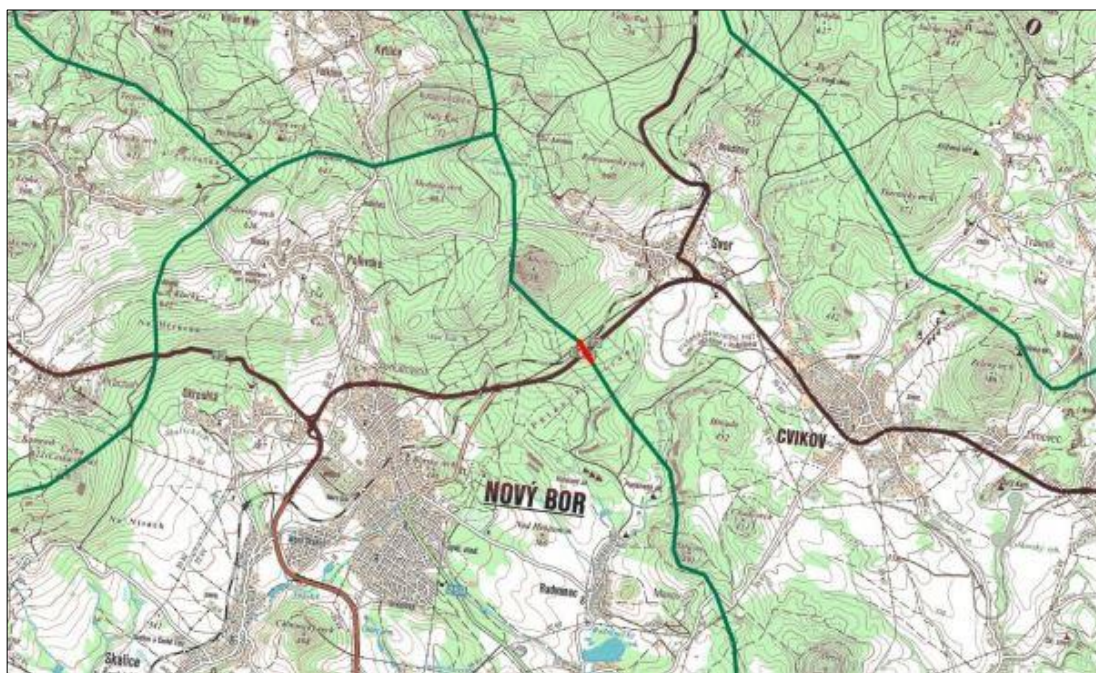
Zdroj: Anděl 2010

Příloha 11 Riziková oblast a střet s migračním koridorem – Česká Lípa-Jestřebí



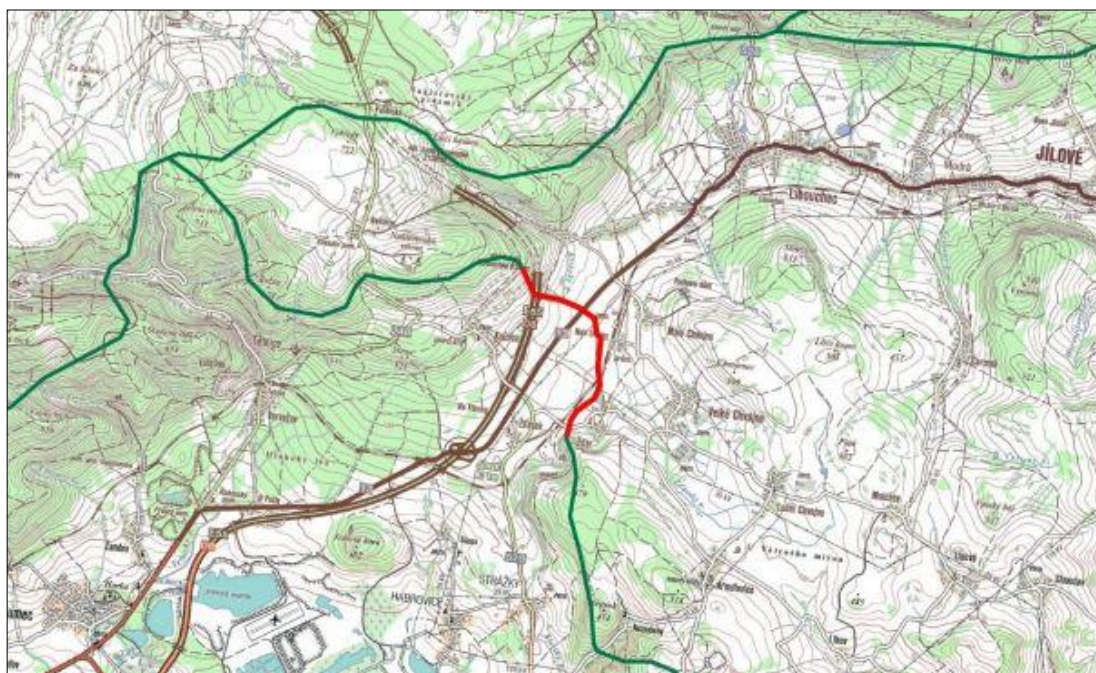
Zdroj: Anděl 2010

Příloha 12 Riziková oblast a střet s migračním koridorem – Nový Bor-Svor



Zdroj: Anděl 2010

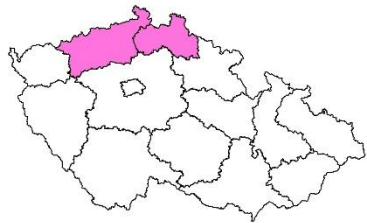
Příloha 13 Riziková oblast a střet s migračním koridorem – okolí dálnice D8



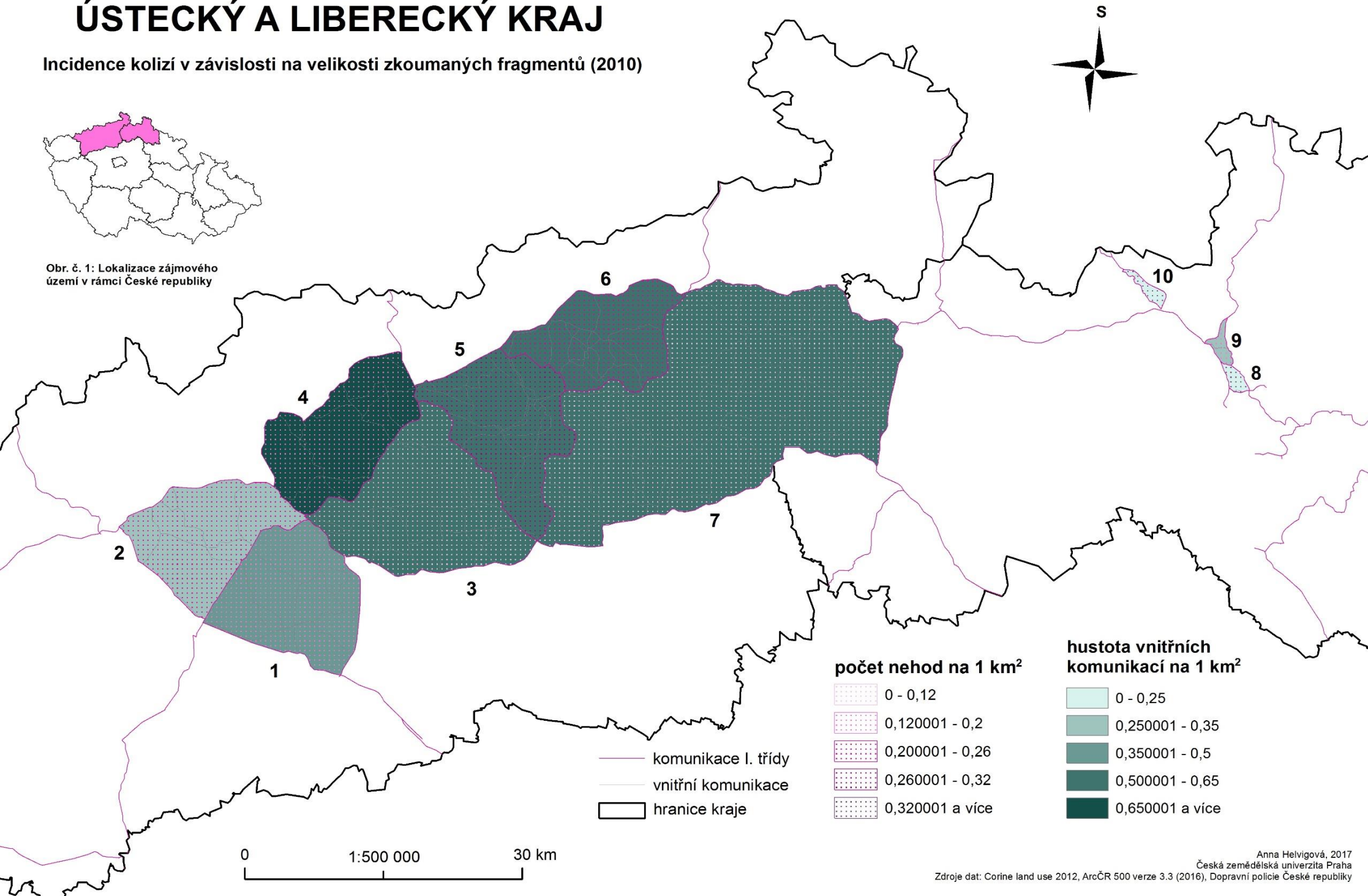
Zdroj: Anděl 2010

ÚSTECKÝ A LIBERECKÝ KRAJ

Incidence kolíz v závislosti na velikosti zkoumaných fragmentů (2010)

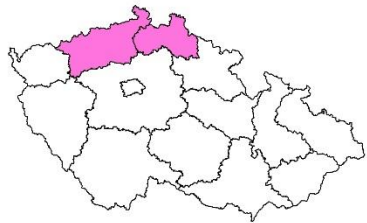


Obr. č. 1: Lokalizace zájmového území v rámci České republiky

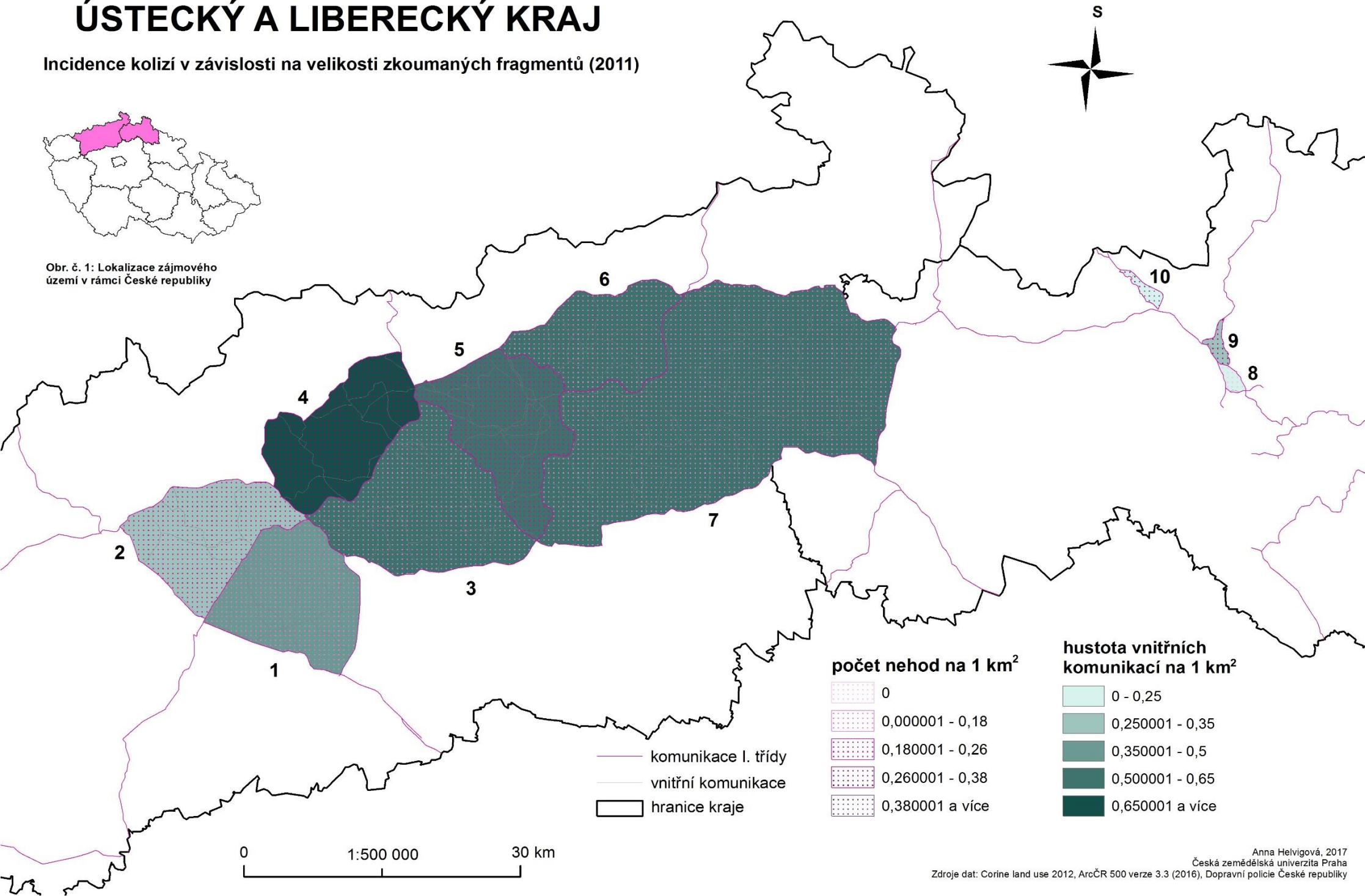


ÚSTECKÝ A LIBERECKÝ KRAJ

Incidence kolíz v závislosti na velikosti zkoumaných fragmentů (2011)

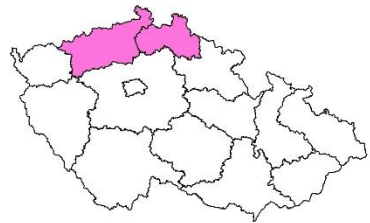


Obr. č. 1: Lokalizace zájmového území v rámci České republiky

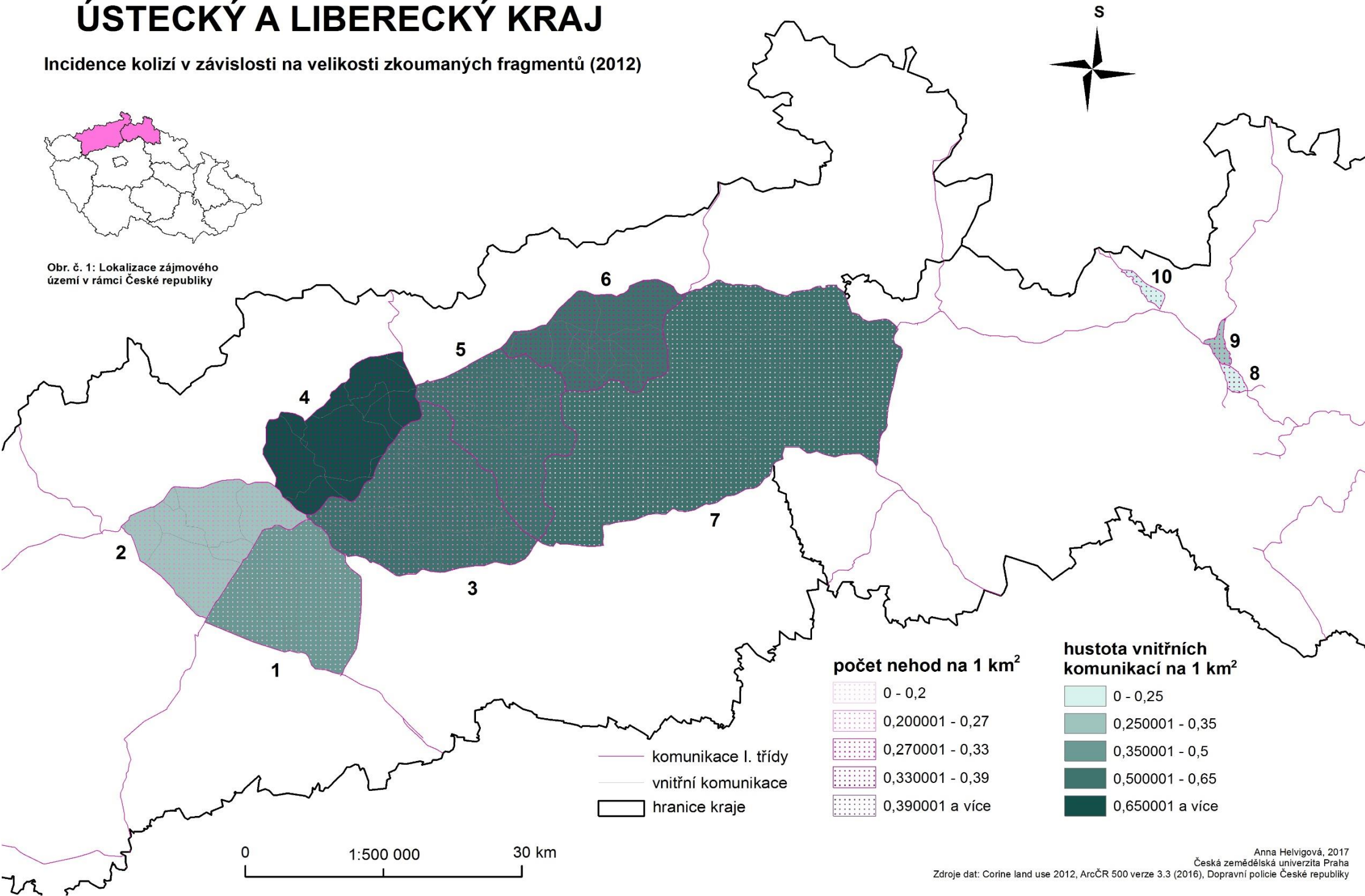


ÚSTECKÝ A LIBERECKÝ KRAJ

Incidence kolíz v závislosti na velikosti zkoumaných fragmentů (2012)

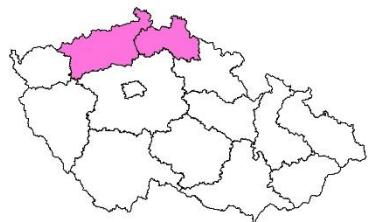


Obr. č. 1: Lokalizace zájmového území v rámci České republiky

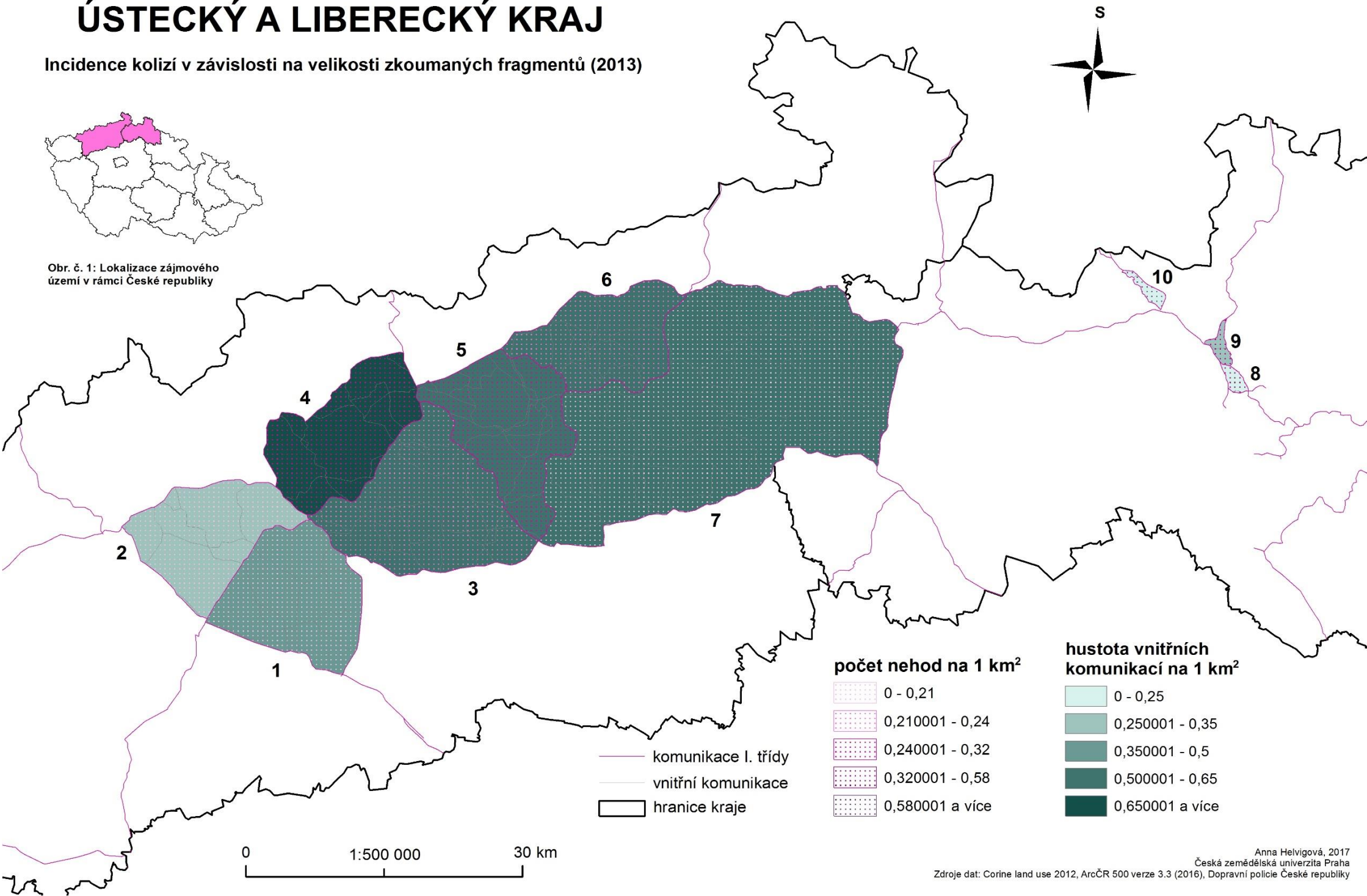


ÚSTECKÝ A LIBERECKÝ KRAJ

Incidence kolízi v závislosti na velikosti zkoumaných fragmentů (2013)

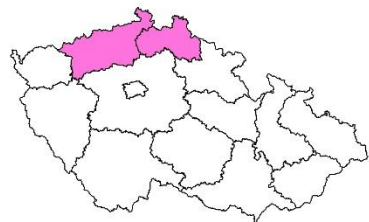


Obr. č. 1: Lokalizace zájmového území v rámci České republiky



ÚSTECKÝ A LIBERECKÝ KRAJ

Incidence kolíz v závislosti na velikosti zkoumaných fragmentů (2014)



Obr. č. 1: Lokalizace zájmového území v rámci České republiky

