

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko – geologická fakulta

Institut geoinformatiky

**Prostorová analýza dat dopravních nehod v České
republice**

Diplomová práce

Autor:

Bc. Jan Tesla

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Igor IVAN, Ph.D.

Studijní program:

Geodézie, kartografie a
geoinformatika

Obor:

Geoinformatika

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut geoinformatiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Tesla**

Studijní program: N3654 Geodézie, kartografie a geoinformatika

Studijní obor: 3608T002 Geoinformatika

Téma: **Prostorová analýza dat dopravních nehod v České republice**
The Spatial Analysis of Traffic Accidents Data in the Czechia

Zásady pro vypracování:

1. rešerše literatury o dopravních nehodách ve vztahu k prostoru
2. příprava dat o dopravních nehodách z Národního dopravního informačního centra
3. základní vyhodnocení dopravní nehodovosti v Česku
4. prostorové aspekty dopravních nehod v Česku
5. publikace výsledků na webové stránce a anglické resumé

Rozsah grafických prací:
dle potřeby

Rozsah původní zprávy:
30 - 50 stran textu

Seznam doporučené odborné literatury:

Okabe, A., Sugihara, K. (2012): Spatial Analysis Along Networks: Statistical and Computational Methods. Wiley, 306 s.
O'Sullivan, D., Unwin, D. (2010): Geographic Information Analysis. Wiley, 432 s.
Rodrigue, J.P., Comtois, C., Slack, B. (2006): The Geography of Transport Systems. Routledge, 296 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Igor Ivan, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014



prof. Ing. Zdeněk Diviš, CSc.
vedoucí institutu



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

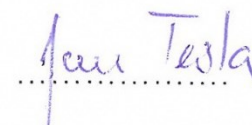
Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30. 4. 2014

Bc. Jan Tesla

Handwritten signature of Jan Tesla in blue ink, written over a dotted line.

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Ing. Igoru Ivanovi, Ph.D. za vytrvalost a trpělivost s jakou opravoval moje texty a mapové výstupy. Také za cílené rady, bez kterých bych si v některých situacích nevěděl rady. Dále patří moje poděkování panu prof. Atsu Okabemu z Univerzity Tokio za vřelou a podnětnou komunikaci při zprostředkování akademické licence extenze SANET.

Special thanks

I would like to thank prof. Atsu Okabe from University of Tokyo for warm communication and advices. Also thanks for providing me academic licence of SANET extension.

ABSTRAKT

Prostorová analýza dopravních nehod v České republice umožňuje lokalizovat úseky a křižovatky s nadprůměrným výskytem dopravních nehod a s využitím dalších datových zdrojů je možné také posoudit vlivy na jejich vznik. Prostorová data o dopravních nehodách jsou však specifická vzhledem k omezenému prostoru, kde k nim může dojít. Je tak nutné využít modifikované postupy tradičních technik pro jejich hodnocení v prostoru. V diplomové práci jsou představeny základní přístupy k prostorovým analýzám dat o dopravních nehodách, které popisují situaci v České republice za období 2009 až 2013 a také využití cílených prostorových analýz nástroje SANET.

Klíčová slova: dopravní nehody; prostorové analýzy; lokalizace; úseky silnic; křižovatky; SANET

ABSTRACT

The spatial analysis of traffic accidents in the Czech Republic provides the localization of road segments and crossroads with above-average traffic accidents occurrence. Furthermore, also other external sources possibly influencing the accidents occurrence can be considered using additional data sources. Traffic accidents spatial data are specific due to the limitation to road network. Given this, modified alternatives of traditional spatial data analysis techniques must be used for the evaluation of their spatial distribution, i.e. for determination of black spots. The thesis presents main principles of spatial analyses of traffic accidents data since 2009 and describes the situation in selected areas in regions of the Czech Republic and targeted use of spatial analysis tools of SANET.

Keywords: urban transport; inter-urban transport; interchange node; spatial distribution; commuting time; transport accessibility; SANET

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. CÍLE PRÁCE	3
3. POUŽITÁ DATA	5
4. TEORETICKÉ ZÁKLADY	10
4.1. DOPRAVNÍ NEHODY	10
4.2. POZEMNÍ KOMUNIKACE	11
4.3. KŘÍŽOVATKA A KŘÍŽENÍ	12
4.4. PROSTOROVÉ ANALÝZY	12
4.5. SANET	14
4.6. “KERNEL DENSITY ESTIMATION” NA SÍTI	17
4.7. “INTERPOLATION” NA SÍTI	19
4.8. “GLOBAL AUTO NEAREST NEIGHBOUR DISTANCE METHOD”	21
5. REŠERŠE LITERATURY A JINÝCH ZDROJŮ	23
5.1. ZAHRANIČNÍ	23
5.2. ČESKÁ	27
5.3. SHRNUTÍ	31
6. PŘÍPRAVA DAT Z NDIC	32
7. ZÁKLADNÍ VYHODNOCENÍ NEHODOVOSTI V ČESKU	34
7.1. VÝVOJ NEHODOVOSTI V ČESKU	34
7.2. VYHODNOCENÍ DAT Z NDIC	40
8. PROSTOROVÉ ASPEKTY DOPRAVNÍCH NEHOD V ČESKU	43
8.1. NEBEZPEČNÉ ÚSEKY SILNIC	43
8.2. NEBEZPEČNÉ KŘÍŽOVATKY	48
8.3. SČÍTÁNÍ DOPRAVY 2010	51
8.4. MODUL “KERNEL DENSITY ESTIMATION” NA LINII	53
8.5. MODUL “INTERPOLATION” NA LINII	56
8.6. POROVNÁNÍ ANALÝZ	56
8.7. MODUL “GLOBAL AUTO NEAREST NEIGHBOUR DISTANCE METHOD”	57
9. PUBLIKOVÁNÍ VÝSLEDKŮ V PROSTŘEDÍ WWW	60
10. ENGLISH SUMMARY	61
11. ZÁVĚR	63
12. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	65
13. SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	68
14. SEZNAM PŘÍLOH	70

SEZNAM ZKRATEK

CDV	Centrum dopravního výzkumu
CSR	Complete spatial randomness
ČHMÚ	Český hydrometeorologický úřad
ČSÚ	Český statistický úřad
ČR	Česká republika
DI	Dopravní informace
DN	Dopravní nehoda
EU	Evropská Unie
GIS	Geografický Informační Systém
JSDI	Jednotný systém dopravních informací
MDČR	Ministerstvo dopravy ČR
MVČR	Ministerstvo vnitra ČR
NDIC	Národní dopravní informační centrum
PČR	Policie ČR
SANET	Spatial Analysis Along Network
S – JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
ŘSD ČR	Ředitelství silnic a dálnic ČR
VŠB – TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

1. Úvod

Doprava osob a nákladů má stále **rostoucí tendenci**. Přibývá řidičů, osobních automobilů, nákladních automobilů, autobusů a to jak v soukromé, tak veřejné sféře. Nepříjemnou součástí každodenní dopravy je vznik **dopravních nehod**. Ty mají za následek materiální škody a hlavně také škody na zdraví účastníků nehod. Časté jsou lehké až těžké zranění a bohužel také nehody s **fatálními následky**. Problémem je, že následky nejsou postiženi jen řidiči motorových vozidel, ale rovněž cyklisti, chodci a jiní.

V ČR pozorujeme **vzrůstající počet dopravních nehod i motorových vozidel**. Počet dopravních nehod s následkem smrti se snižuje, nicméně je stále **vyšší než průměr EU**. Proto je důležité soustředit se na studium vzniku dopravních nehod a elementů, které jsou součástí silniční dopravy. Trvalé snižování počtu dopravních nehod, dopravních nehod s následkem smrti, materiálních škod a zvyšování bezpečnosti silničního provozu by mělo být prioritou všech studií a státních i nestátních orgánů a institucí při studiu dopravní nehodovosti.

Vznik dopravních nehod obsahuje z hlediska GIS zajímavá data a atributy. Díky řady státních i veřejných institucí, kteří se podílejí na řešení vzniku dopravních nehod a hlavně na jejich zaznamenávání, získáváme **údaje o poloze, účastnících, okolnostech dopravních nehod a podmínkách**, za kterých tyto nehody vznikají. Zvláště důležitá je poloha dopravních nehod, které bylo v minulosti nutno nejdříve geokódovat.

Díky rozšíření mobilních zařízení pro lokalizaci získáváme informace o poloze dopravních nehody již pomocí **zeměpisné šířky a délky souřadnicových systémů** (S – JTSK pro ČR) a jejich zpracování je pak mnohem jednodušší. Samozřejmě závisí na přesnosti zaměření těchto souřadnic, ale technologie se neustále zlepšují a pro studium **prostorových aspektů** dopravních nehod nepotřebujeme přesnost v řádu centimetrů. Bohatě postačí přesnost v řádu metrů.

Komerční i volně dostupný GIS software nabízí mnoho různorodých nástrojů pro studium prostorových aspektů těchto dopravních nehod. Je však často nutné použít **netradičních technik prostorových analýz** dat, protože dopravní nehody mají specifický výskyt. Nejčastěji se nacházejí **na i podél silnic** a proto je nutné tento aspekt výskytu dopravních nehod v analýzách zohlednit. Proto není vhodné použít okamžitě některý z modulů pro prostorové analýzy dat, ale je nutné si nejdříve tyto data připravit tak, aby výstupní informace byly čitelné, přehledné a zobrazovaly tížené výsledky.

Kromě tradičního komerčního softwaru ArcGIS od společnosti ESRI využívám i **extenze SANET** (Spatial Analysis Along Network), který se

specializuje na studium událostí, které vznikají **na a podél linií** (SANET 2014). Zpracovávají dopravní nehody jsou **za období září 2009 až září 2013** a obsahují **385 506 záznamů** z celého území České republiky. Distribuce a četnost výskytu dopravních nehod je porovnávána s jiným státním zdrojem.

S tradičních prostorových analýz se diplomová práce zaměřuje na **lokalizaci nebezpečných úseků silnic** (dálnic, rychlostních silnic a silnic první, druhé a třetí třídy) pro celou Českou republiku, pocházející z Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD ČR 2013). Tyto lokalizované úseky jsou důležité z hlediska bezpečnosti a rizikivosti českých silnic a možností podpory v rozhodování a přijmutí opatření, které vycházejí z výsledků analýz. Dále se diplomová práce zabývá stanovením **nebezpečných křižovatek** a to hlavně na území města Ostravy. Pro studium rizikivosti křižovatek je lepší se zaměřit na menší oblast a posuzovat lokální situaci. V úvodní části je uvedeno i **základní vyhodnocení historického vývoje nehodovosti v ČR**, včetně tematických ukazatelů nehodovosti a úmrtnosti.

Výsledky analýzy nebezpečných úseků jsou porovnány s výsledky dosaženými pomocí extenze SANET. Ta posloužila i pro statistické zhodnocení nahodilosti distribuce dopravních nehod v prostoru a posouzení vlivu silniční sítě na nehody.

2. Cíle práce

Hlavním cíle je **základní zhodnocení dopravní nehodovosti v České republice** s detailním zaměřením na Moravskoslezský kraj a Ostravu. Pro práci byly využity tradiční nástroje prostorových analýz bodových a liniových objektů se zaměřením na tematický obsah dopravních nehod. Práce se zaměřuje také na **porovnání některých nástrojů ArcGIS s nástroji extenze SANET a zhodnocení využitelnosti extenze SANET** pro území ČR a pro nehodovost v ČR. Diplomová práce byla prezentována na **Sympoziu GIS Ostrava 2014** v rámci projektu Studentské grantové soutěže (TESLA 2014).

V úvodní části diplomové práce byla **popsána použitá data**, jejich formát, struktura, využití, zdroj a zpracování (viz kapitola 3). Následoval popis teoretických základů použitých nástrojů, metod, extenze SANET. Dále **metodologie** zpracování a popis studovaných elementů (dopravní nehody, silniční síť) (viz kapitola 4).

V druhé teoretické části práce bylo shrnuto **studium české i zahraniční literatury**, zabývající se dopravní nehodovostí, jejím zhodnocením, prostorovými analýzami dopravních nehod, posouzením externích vlivů na nehodovost, rozmístěním dopravních nehod a dopravních nehod vzhledem k silničním sítím a vzájemným vlivem, statistickým zhodnocením četnosti dopravních nehod, navrhováním opatření proti vzniku dopravních nehod apod. (viz kapitola 5).

První praktická část práce byla zaměřená na **zpracování vstupních dat z Národního dopravního informačního centra (NDIC)**. Před vstupem do modulů ArcGIS bylo nutné vybrat zájmová data z rozsáhlého zdroje NDIC, filtrovat data a připravit formát dat. Také bylo vymezeno sledované období září 2009 až září 2013 a rozčleněny na roky a měsíce (viz kapitola 6).

Druhá praktická část práce sloužila pro **základní vyhodnocení dat dopravní nehodovosti v České republice**. Nechybí zde základní ukazatele nehodovosti a historický vývoj v ČR. Porovnány byly počty nehod s jinými zdroji dopravních nehod (viz kapitola 7).

Třetí praktická část byla nejdůležitější částí práce. Hlavním cílem bylo posouzení **prostorových aspektů dopravních nehod**. V této části byly použity modifikované tradiční nástroje prostorových analýz pro území České republiky a porovnány s nástroji extenze SANET, která se zaměřuje na události tohoto druhu. Výsledky byly vyhodnoceny pro území **České republiky** a detailně se zaměřovaly na území **Moravskoslezského kraje** a území města **Ostravy** (viz kapitola 8).

V závěrečné části práce byly výsledky shrnuty do **závěru a anglického resumé a publikovány v prostředí WWW stránek**. Rovněž obsahuje seznam

použité literatury a jiných zdrojů, seznamy obrázků, tabulek a grafů, seznam příloh a přílohy (zejména velké verze vizualizací a map výsledků jednotlivých analýz) (viz kapitoly 9 – 14).

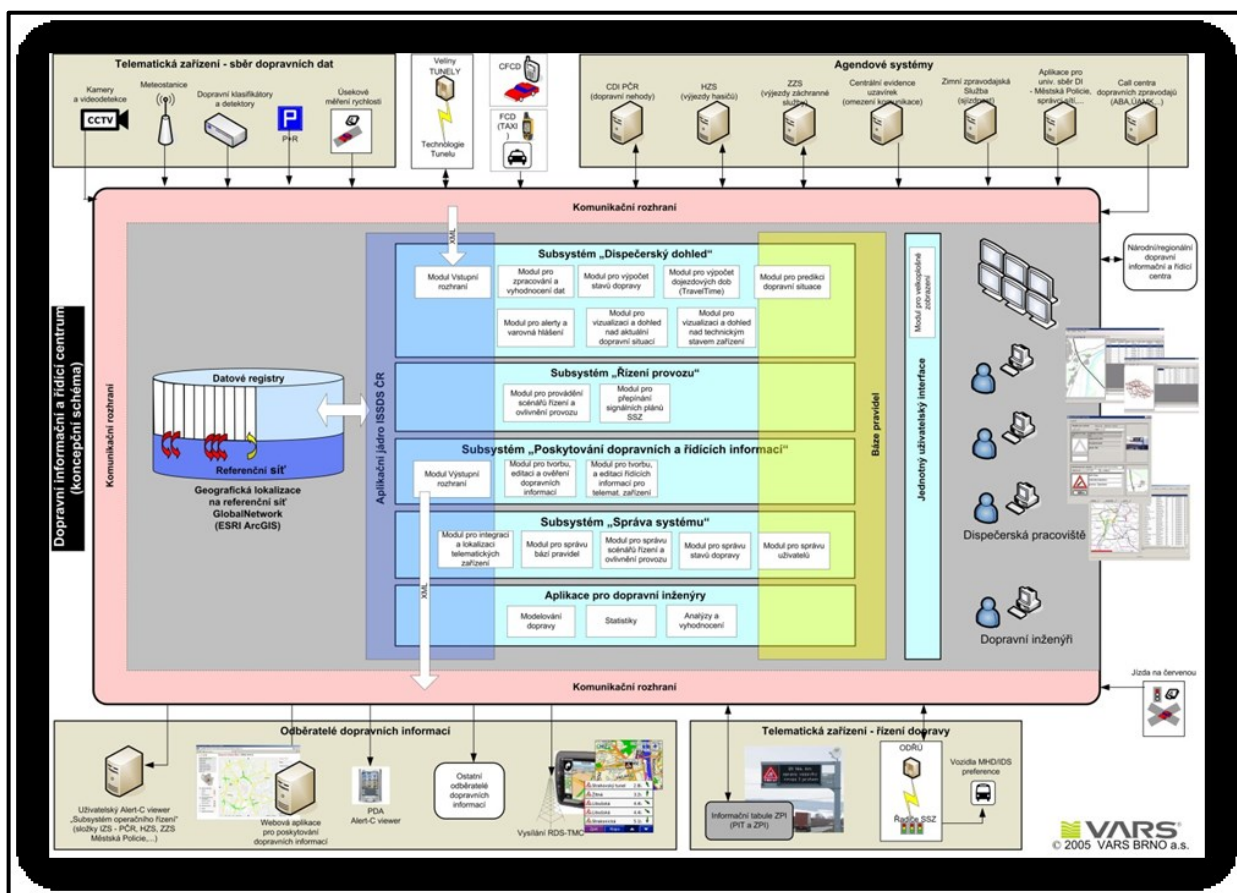
3. Použitá data

- **NDIC**

Zdrojem dat o dopravních nehodách je **Národní dopravní informační centrum** (NDIC). NDIC je centrálním technickým, technologickým, provozním i organizačním pracovištěm **Jednotného systému dopravních informací** pro ČR (JSDI). Jedná se o pracoviště, které nepřetržitě zajišťuje sběr dat zpracování, vyhodnocování, ověřování a autorizaci dopravních informací a dopravních dat.

NDIC provozuje na základě rozhodnutí Vlády ČR č. 590 ze dne 18. 5. 2005 a v souladu s §124 odst. 3 zákona č. 361/2000. Sb. ve znění pozdějších předpisů Ředitelství silnic a dálnic ČR. NDIC, které zahájilo činnost od 1. 11. 2005, má za úkol (NDIC 2013):

- ❖ kontrolu kvality a správnosti předávaných dopravních informací a dopravních dat,
- ❖ kontroluje předávání informací od jednotlivých zapojených orgánů, organizací, institucí, osob a subjektů,
- ❖ řeší konflikty v případě, že do systému přijdou o jedné události ve stejném časovém intervalu ze stejného místa, úseku nebo oblasti stejné nebo podobné dopravní informace a odpovídá za vydání sjednocené informace o této události,
- ❖ ve spolupráci s příslušnými orgány, organizacemi a institucemi provádí aktualizaci informací o události v závislosti na konkrétním vývoji situace v místě,
- ❖ sleduje životní cyklus vývoje událostí až do jejich ukončení a plného obnovení provozu,
- ❖ neautorizované nebo neúplné informace doplňuje o další atributy z dalších zdrojů a provádí jejich ověření,
- ❖ poskytuje dopravní informace a dopravní data všem odběratelům, zajišťuje provoz systémů pro publikaci a distribuci dopravních informací a dopravních dat,
- ❖ provozuje dílčí aplikace a systémy, řeší případné technické a technologické problémy,
- ❖ vede a spravuje archiv historických dat a dopravních informací.



Obrázek 1: Schéma NDIC (NDIC 2013)

Do systému NDIC vstupuje mnoho různých **systemů, organizací a datových rozhraní**. Jsou to agendové systémy (například dopravní nehody od Policie ČR), telematická zařízení (meteostanice), telematická zařízení řízení dopravy (informační tabule). Všechna vstupní data jsou zpracovávána v několika krocích, které jsou uvedeny ve schématu (obrázek číslo 1). **Výstupní rozhraní** poskytuje data pro výše zmíněné **vstupní systémy** (obousměrná spolupráce) a jiným **odběratelům dopravních informací** (NDIC 2013).

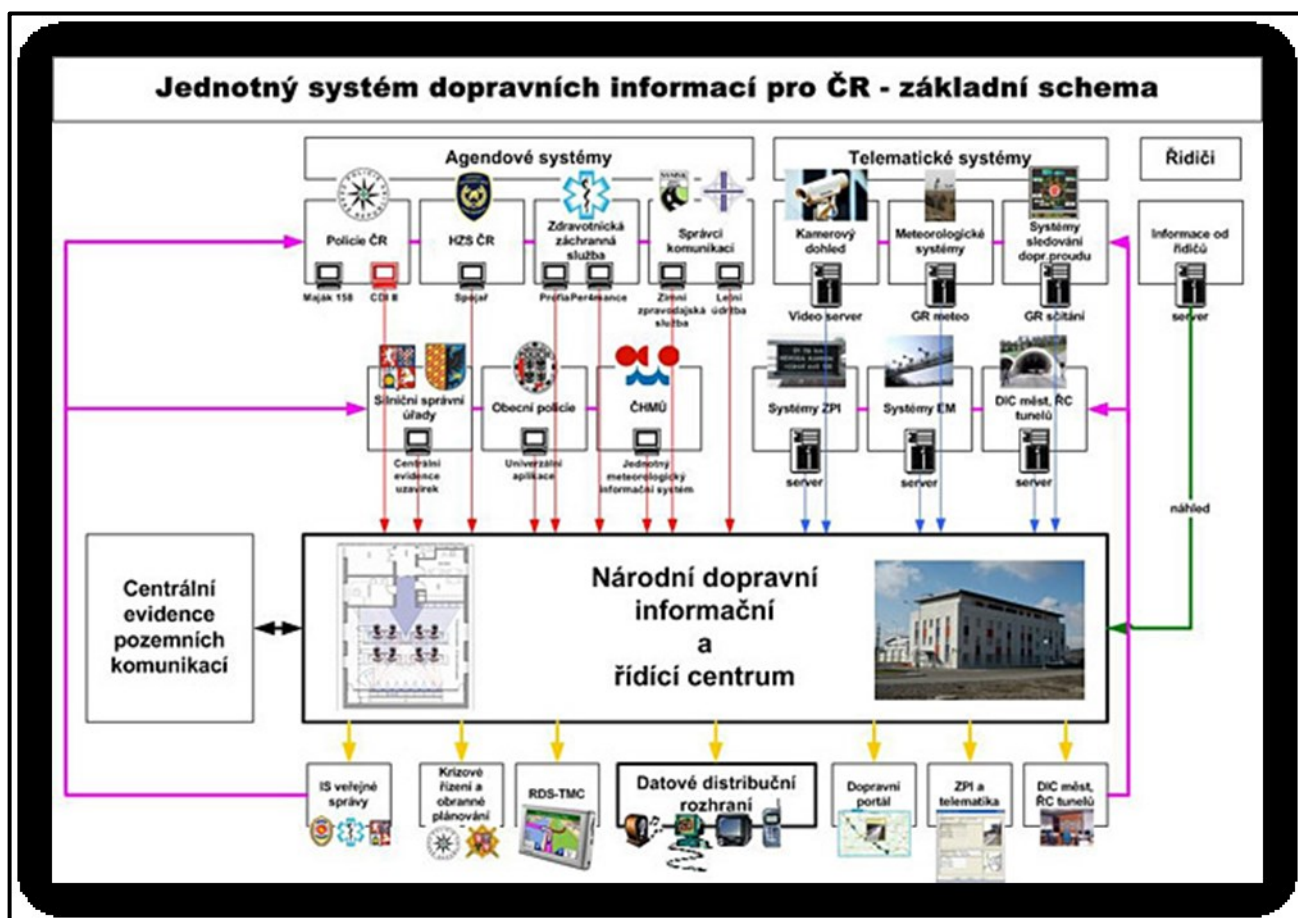
- **JSDI**

Jednotný systém dopravních informací pro ČR je společným projektem **Ministerstva dopravy ČR (MDČR), Ministerstva vnitra ČR (MVČR), Ředitelství silnic a dálnic ČR (ŘSD ČR)** a řady dalších orgánů, organizací a institucí veřejné správy, veřejných i privátních osob a subjektů z celé ČR, které na projektu spolupracují.

JSDI je komplexním systémovým prostředím pro sběr, zpracování, sdílení, distribuci a publikaci dopravních informací a dopravních dat o aktuální dopravní situaci a informací o pozemních komunikacích, jejich součástech a příslušenství.

Hlavním cílem realizace projektu JSDI je informační podpora procesů pro (JSDI 2013):

- ❖ zajištění průjezdnosti a sjízdnosti sítě pozemních komunikací v maximu času a maximu rozsahu území České republiky,
- ❖ zvýšení bezpečnosti a plynulosti provozu prostřednictvím vytvoření spolehlivého, funkčního, efektivního, bezpečného a k životnímu prostředí šetrného systému v silniční dopravě.



Obrázek 2: Schéma JSDI (JSDI 2013)

Na projektu JSDI se podílejí tyto organizace (JSDI 2013):

- ❖ Ministerstvo dopravy ČR, Ministerstvo vnitra ČR, Ředitelství silnic a dálnic ČR,
- ❖ Policie ČR,
- ❖ Zdravotnická záchraná služba,
- ❖ Správci komunikací dálnice,
- ❖ Správci komunikací silnice I., II. a III. třídy,
- ❖ Český hydrometeorologický ústav,

- ❖ Silniční správní úřady krajů,
- ❖ Silniční správní úřady magistrátních měst,
- ❖ Média (Český rozhlas, Česká televize).

Základní schéma JSDI zobrazuje součinnost jednotlivých organizací (obrázek číslo 2). Projekt JSDI má za úkol integrovat dopravní informace (DI) z řady státních i nestátních zdrojů a poskytnout je k využití jak řidičům, tak i subjektům, které mají o takové informace zájem (JSDI 2013).

- **Dopravní informace (DI) tvoří:**

- ❖ **dopravní nehody**, které jsou většinou krátkodobého charakteru s nahodilým výskytem,
- ❖ **plánované uzavírky a omezení provozu** jsou známy většinou s určitým předstihem a mívají delší trvání. I tyto informace jsou prakticky dostupné a dá se předpokládat, že s časem bude míra pokrytí celého území i všech tříd silnic postupně narůstat,
- ❖ **informace o intenzitě provozu**, jsou nejlépe známy z některého úseku v Praze. Jsou typické svou četností (i jen několikaminutový interval aktualizace pro jedno místo),
- ❖ **informace o nadměrných nákladech** jsou specifické tím, že mají většinou značný rozsah jak v čase (trvají hodiny, dny, případně s přestávkami i několik týdnů) tak v prostoru (ovlivněná trasa je dlouhá a zahrnuje radu různých silnic),
- ❖ **informace o zimní sjízdnosti** zahrnuje řadu parametrů amatérského meteorologického pozorování aktuální situace z předem definovaných oblastí společně s obecnou informací o aktuální sjízdnosti regionu jako celku,
- ❖ **snímky z kamer**,
- ❖ **meteorologické informace**, pocházející z ČHMÚ.

Data jsou dostupná pro celou Českou republiku a z části pro Německo a Rakousko. Dopravní informace jsou lokalizovány textovým popisem – popis místa volným textem, nebo souřadnicí počátku – X a Y souřadnice v S - JSTK (JSDI 2013). Byla exportována data o dopravních nehodách přímo z databáze NDIC v celkovém počtu **385 506 záznamů o dopravních nehodách**.

Každá dopravní nehoda nese souřadnice X a Y v souřadnicovém systému S – JTSK, zeměpisné souřadnice zeměpisné délky a šířky v S - JSTK, identifikátor zprávy o nehodě, datum a čas události, a **popis nehody volným textem** (např.: „*ulice Trocnovská, obec Trhové Sviny, okr. České Budějovice, nehoda, Od 09.09.2009 12:36 Do 09.09.2009 13:45, Pozor!, Dopravní nehoda 3 OA*“) (NDIC 2013).

- **ŘSD ČR**

Ředitelství silnic a dálnic poskytlo silniční síť **silnic I., II., III. třídy, rychlostních silnic a dálnic**. Síť je dělená na **37 940 úseků** s celkovou délkou přes **58 000 km**. Každý úsek je označen svým číselným označením a odpovídajícím číselným označením silnice. Úseky mají další atributy jako je označení typu silniční sítě, délky, datum záznamu, informacemi o staničení úseku a další. Výsledky **sčítání motorových vozidel** za rok 2010 pocházejí také z ŘSD ČR (ŘSD ČR 2013).

- **Český statistický úřad**

ČSÚ poskytuje souhrnné informace o obyvatelstvu, průmyslu, zemědělství, službách apod. pro ČR a vybrané údaje také pro nižší územní celky (kraje, okresy, obce). Pro základní vyhodnocení nehodovosti v Česku byla využita data (tabulky) **Veřejné databáze ČSÚ** (ČSÚ 2014). Tyto tabulky obsahovaly demografické informace, informace o nehodovosti a motorových vozidlech.

4. Teoretické základy

4.1. Dopravní nehody

Dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu.

Účastníci dopravní nehody jsou tuto události povinni ohlásit v případě, že dojde při dopravní nehodě k usmrcení nebo zranění osoby nebo k hmotné škodě **převyšující** zřejmě na některém ze zúčastněných vozidel včetně přepravovaných věcí **částku 100 000**. Účastníci dopravní nehody povinni (POLICIE ČR 200):

- ❖ neprodleně ohlásit dopravní nehodu policistovi,
- ❖ zdržet se jednání, které by bylo na újmu řádného vyšetření dopravní nehody, zejména přemístění vozidel; musí-li se však situace vzniklá dopravní nehodou změnit, zejména je-li to nutné k vyproštění nebo ošetření zraněné osoby nebo k obnovení provozu na pozemních komunikacích, především provozu vozidel hromadné dopravy osob, vyznačit situaci a stopy,
- ❖ setrvat na místě dopravní nehody až do příchodu policisty nebo se na toto místo neprodleně vrátit po poskytnutí nebo přivolání pomoci nebo ohlášení dopravní nehody.

§ 47 zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (POLICIE ČR 2000).

Samozřejmě nelze zaznamenat všechny dopravní nehody, které na území ČR vznikly. **Od 1. ledna 2009**, nabyla účinnosti novela zákona o silničním provozu provedená zákonem č. 274/2008 Sb., se v otázkách ohlašovací povinnosti dopravních nehod zvýšil limit pro ohlašování dopravních nehod **z 50 na 100 tisíc Kč vzniklé škody**. Rovněž se od tohoto data nevolala Policie ČR k dopravní nehodě v případě škod do 100 tisíc na motorových vozidlech třetích stran (služební vozidla, automobily na leasing apod.) Od tohoto data musely být zaznamenány dopravní nehody Policií ČR v těchto případech (POLICIE ČR 2008):

- ❖ pokud při nehodě došlo ke zranění (třeba i jen drobnému) nebo k usmrcení osoby,
- ❖ pokud při nehodě došlo na některém z vozidel včetně přepravovaných věcí ke škodě převyšující 100 000 Kč,
- ❖ pokud při nehodě došlo ke škodě (v jakékoli výši) na majetku třetí osoby (např. k poškození zaparkovaného vozidla, přilehlé nemovitosti apod.); policie se však

nebude volat v případě, kdy půjde o škodu na vozidle, které sice je v majetku třetí osoby (např. leasingové společnosti, zaměstnavatele, ale třeba i někoho z rodiny), ale jeho řidič měl na nehodě účast,

- ❖ pokud při nehodě došlo k poškození pozemní komunikace či ke zničení nebo poškození její součásti nebo příslušenství (např. dopravní značky, svodidel apod.),
- ❖ pokud při nehodě došlo k poškození obecně prospěšného zařízení (např. přejezdového zabezpečovacího zařízení) nebo životního prostředí (např. při úniku provozních kapalin z vozidla),
- ❖ pokud po nehodě nebyly účastníci sami schopni (bez vynaložení nepřiměřeného úsilí) obnovit plynulost provozu,
- ❖ pokud se účastníci nehody nedohodli na zavinění.

Díky těmto změnám se změnil počet dopravních nehod zaznamenaných Policí ČR oproti **roku 2008 z 160 376 zaznamenaných dopravních nehod na 74 815 zaznamenaných v roce 2009** (ČSÚ 2014). Byl to pokles počtu zaznamenaných dopravních nehod **o více než 50%**. Tato změna byla například mezi rokem 2007 a 2008 **pouze o 9%**. Tato změna znamenala snížení množství vstupních dat do této diplomové práce. Do databáze NDIC ovšem nepřispívá jen Policie ČR (viz kapitola 3). Proto se tato změna neprojeví tak silně. Například v roce 2010 zaznamenala Policie ČR **75 522** dopravních nehod (ČSÚ 2014), kdežto v databázi NDIC jich bylo zaznamenáno **91 414**. Obecné informace o vývoji nehodovosti v ČR ne nacházejí níže v kapitole Základní vyhodnocení nehodovosti v Česku (viz kapitola 7).

4.2. Pozemní komunikace

Silniční síť použitá v této diplomové práci byla dělena na následující typy (ŘSD ČR 2013):

- ❖ **Dálnice** – je pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly, která je budována bez úrovnových křížení, s oddělenými místy napojení pro vjezd a výjezd a která má směrově oddělené jízdní pásy. Dálnice je přístupná pouze silničním motorovým vozidlům, jejichž nejvyšší povolená rychlost není nižší, než stanoví zvláštní předpis.
- ❖ **Silnice** - je veřejně přístupná pozemní komunikace určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci. Silnice tvoří silniční síť. Silnice se podle svého určení a dopravního významu rozdělují do těchto tříd:
- ❖ **silnice I. třídy**, která je určena zejména pro dálkovou a mezinárodní dopravu. Silnice I. třídy vystavěná jako rychlostní silnice je určena pro rychlou dopravu a

je přístupná pouze silničním motorovým vozidlům, jejichž nejvyšší povolená rychlost není nižší, než stanoví zvláštní předpis,

- ❖ **silnice II. třídy**, která je určena pro dopravu mezi okresy,
- ❖ **silnice III. třídy**, která je určena k vzájemnému spojení obcí nebo jejich napojení na ostatní pozemní komunikace.

4.3. Křižovatka a křížení

V analýze nebezpečných křižovatek (viz kapitola 8.2) se zabývám topologií silniční sítě a rozdílem mezi křižovatkami a křížením. Proto je vhodné tyto dva termíny definovat.

- ❖ **Křižovatka** je místo, v němž se pozemní komunikace v půdorysném průmětu protínají nebo stýkají a alespoň dvě z nich jsou vzájemně propojeny. Za křižovatku se nepovažuje, není-li určeno jinak, připojení lesních a polních cest, sjezdy k nemovitostem a připojení obslužných dopravních zařízení (např. parkoviště, čerpací stanice, apod.). **Okružní křižovatky** jsou zvláštním typem usměrněných křižovatek. Usměrněné křižovatky mají dopravní proudy vozidel vhodně usměrněny pomocí optických nebo fyzických směrových ostrůvků (Široký 2013).
- ❖ **Křížení** je místem, kde se pozemní komunikace v půdorysném průmětu protínají, aniž jsou vzájemně propojeny (např. mimoúrovňové křížení dálnice a polní cesty), nebo místem, v němž se pozemní komunikace protíná s drážní komunikací (tzv. železniční přejezdy, případně jinými vedeními) (Široký 2013).

4.4. Prostorové analýzy

Prostorová analýza dat se týká části analýzy dat, kde zeměpisné souřadnice objektů reprezentují důležité informace. V mnoha oblastech kolekcí dat, zejména v některých oblastech experimentální vědy, mohou být indexy změněny, aniž by došlo ke ztrátě informací, protože odlišují různé výskyty událostí. V případě prostorových dat indexování (podle místa a času) může obsahovat důležité informace (Haining 2003). **Definice prostorových analýz** (prostorová analýza dat je jedním z prvků), představuje sbírku technik a modelů, které používají explicitně prostorové odkazování každého datového výskytu. Prostorová analýza potřebuje, aby se daly čerpat z popisujících údajů prostorové vztahy nebo prostorové interakce mezi výskyty. Výsledky každé analýzy nebudou stejné při pře uspořádání prostorového rozložení hodnot nebo rekonfigurace prostorové struktury (Haining 2003).

Hlavní cíle prostorových analýz jsou (Horák 2011):

- ❖ popis objektů resp. událostí ve sledovaném prostoru. Zahrnuje odvození statistických charakteristik pozorované textury geoprvků (bodů, linií či areálů) a jejich srovnání. Testování, zda je pozorovaná distribuce významně odlišná od určité hypotetické textury,
- ❖ zajímá nás, proč jsou určité fenomény více seskupeny v některých místech, zda to není jen vliv náhody, jak lze porovnat texturu v různých oblastech, jak lze takový rozdíl kvantifikovat, zda dochází ke změnám v čase,
- ❖ výběr určitého místa na základě splnění jisté sady podmínek (či obecněji podle jistého rozhodovacího schématu) nebo zkoumání míry splnění daných podmínek v určitém místě nebo území,
- ❖ interpretace procesů, které vedly k pozorovanému stavu uspořádání objektů či událostí ve sledovaném prostoru (systematický průzkum), např. interpretace vzniku pozorovaného uspořádání bodů, vysvětlení vývoje území v čase,
- ❖ optimalizace uspořádání objektů/jevů ve sledovaném prostoru např. na lokalizační a alokační úlohy, volba způsobu distribuce, ale také návrh vhodného systému vzorkování,
- ❖ zlepšení schopnosti předpovídat a kontrolovat objekty či události ve sledovaném prostoru,
- ❖ redukce původního množství dat do menší, úspornější a přehlednější sady dat.

Prostorové analýzy jsou děleny např. **podle typu používaných metod** (Horák 2011):

- ❖ statistické prostorové analýzy dat,
- ❖ mapová analýza ve smyslu mapové algebry,
- ❖ metody matematického modelování,
- ❖ interpolační metody,
- ❖ lokalizační a alokační metody,
- ❖ síťové analýzy,
- ❖ ostatní analýzy okolí a spojitosti.

V diplomové práci jsou využívány **bodové i liniové** prostorové analýzy. Většinou ve smyslu spojení obou druhů objektů v jejich **vzájemné interakci událost** (nehoda) – **síť** (silnice). Použity byly hlavně metody **manuální mapové analýzy** (nebezpečné křižovatky, nebezpečné úseky, viz kapitoly 8.1, 8.2, 8.3, 8.4), **statistické prostorové analýzy dat** (metoda nejbližší vzdálenosti souseda, viz kapitola 8.7), **interpolační metody** (metoda inverzní vzdálenosti, kriging, viz kapitola 8.5). Data byla zpracována metodou **průzkumné statistiky** (porovnání

datových zdrojů, zpracování dat dopravní nehodovosti z NDIC, viz kapitola 7) a hlavně **metodou zobrazovací** (mapové výstupy analýz), které jsou velmi vhodné pro pochopení rozložení elementů v prostoru a názorné vysvětlení studovaného území a jevu. Všechny metody zpracování dat v prostředí ArcGIS byly navrženy s přihlédnutím k datům a požadovaným výsledkům. Postup vyhodnocení je popsán u každé příslušné kapitoly. Metody zpracování dat v SANET jsou popsány níže.

4.5. SANET

SANET (**Spatial Analysis along NETWORK**) představuje **extenzi** neboli rozšíření pro **GIS software ArcGIS** od společnosti **ESRI**. Konkrétně SANET poskytuje kolekci ArcGIS nástrojů založených na **analýze událostí**, které se vyskytují na nebo **podél sítě**. Typickými příklady jsou: dopravní nehody na silnicích, trestné činy na pěších ulicích, v maloobchodních prodejnách a podél ulic v urbanizované oblasti a tak dále. Tato extenze je dostupná pouze pro akademické účely a je vyvíjena profesionály týmu SANET v Japonsku – **Univerzita Tokio**. SANET je dostupný ze stránek uvedených v seznamu literatury a zdrojů (SANET 2013). Hlavní zodpovědnou osobou týmu SANET **Atsu Okabe**. Nutná je i registrace nástroje prostřednictvím registračního formuláře (SANET 2013).

Pro prostorovou analýzu dopravních nehod České republiky je vhodná většina nástrojů extenze SANET. Nástroje pro posouzení **vzdálenosti nejbližších sousedů** (nearest neighbour distance method) poslouží pro stanovení náhodnosti umístění dopravních nehod (událostí) na silnicích (sítích). Pro posouzení hustoty rozmístění dopravních nehod na síti je vhodná **funkce jádrového odhadu hustoty** (kernel density estimation method). Váženou vzdálenost nejkratší cesty mezi body a mezi různými typy bodů posuzuje **K funkce** (K function method). Zároveň K funkce posuzuje náhodnost rozmístění dopravních nehod vzhledem k normálnímu a binomickému rozdělení. SANET extenze rovněž nabízí nástroje pro **shlukování dopravních nehod**. Při použití jiných dat, jako například meteorologických dat (mlha, vlhkost, srážky, viditelnost apod.), dopravních informací (hustota dopravy, povolená rychlost, světelná signalizace apod.), geografických dat (geometrie uzlů zakřivení silnic, horizontální a vertikální členitost apod.) a jiných informací (počet cyklistů, rozmístění stromů, dostupnost nemocnic), poskytuje SANET extenze nástroje pro **posuzování těchto vlivů na rozmístění a četnost dopravních nehod**.

Extenze SANET pro ArcGIS 10 nabízí 16 nástrojů. Všechny metody použité v nástrojích jsou přizpůsobeny pro liniové analýzy. Nástroje použité v této diplomové práci jsou detailně vysvětleny níže (OKABE 2012, SANET 2013):

- **Nástroj 1. Voronoi diagrams:**

Tento nástroj vytváří Voroného diagramy, generované souborem bodů v síti, kde je vzdálenost měřená pomocí nejkratší cesty. Výsledný diagram, nazývaný síťový Voroného diagram, se skládá z n dílčích sítí, kde n je počet bodů generátoru. Voroného sub-síť i -tého bodu generátoru je sub-síť, ve které nejbližší bod od každého bodu dílčí sítě je bod i generátoru. Například, pokud body generátoru jsou autobusové zastávky, nejbližší autobusovou zastávkou pro lidi žijící v i Voroného síti je autobusovou zastávkou na místě generátoru i . SANET nabízí rovněž vážené Voroného diagramy. Takovou vahou může být například nadmořská výška bodu.

- **Nástroj 2. Kernel density estimation:**

Pro danou množinu bodů v síti, tento nástroj odhaduje funkci hustoty všech bodů v síti. Tento nástroj je užitečný pro detekci "hot spots" pouličních zločinů a "black spots" dopravních nehod.

- **Nástroj 3. Global auto nearest neighbour distance method:**

Globální metody v modulech vypočítávají sledovanou charakteristiku pro celou studovanou oblast. Tento nástroj testuje kompletní hypotézu CSR prostorové náhodnosti vzdálenosti nejkratší cesty od každého bodu v dané množině bodů umístěných na dané síti, ohraničené jeho dalším nejbližším bodem v sadě. Hypotéza CSR znamená, že body jsou nezávisle a identicky rozděleny podle jednotné distribuce v síti, nebo body kopírují homogenní binomický bodový proces na ohraničené síti. Metoda testuje vzájemný vliv například dopravních nehod vzájemně mezi sebou. Neboli vliv na rozmístění dopravní nehody a dopravních nehod v jejich nejbližším okolí.

- **Nástroj 4. Global cross nearest neighbour distance method:**

Tento nástroj testuje kompletní hypotézu CSR prostorové náhodnosti vzdálenosti nejkratší cesty od každého bodu v dané množině bodů typu B na její nejbližší bod v daném souboru bodů typu A. Obecně platí, že se předpokládá, že body typu B jsou dočasné a body typu A stabilní v čase. Například body typu B jsou restaurace a body typu A jsou železniční stanice. Tato metoda testuje vliv železničních stanic na rozdělení restaurací ve srovnání s hypotézou CSR. Hypotéza CSR znamená, že body jsou nezávisle a identicky rozděleny podle rovnoměrného rozdělení v síti, nebo body sledují homogenní binomický bodový proces na síti.

- **Nástroj 5. Local cross nearest neighbour distance method:**

Tento nástroj je shodný s nástrojem uvedeným výše. Lokální metody vypočítávají charakteristiky na mnoho místech v celé studované oblasti.

- **Nástroj 6. Global auto K function method:**

Tento nástroj testuje kompletní hypotézu CSR prostorové náhodnosti ve smyslu počtu bodů získaných v dané sadě bodů, které uspokojují podmínku, že vzdálenost nejkratší cesty z jednoho bodu do druhého je menší než parametrická vzdálenost. Hypotéza CSR znamená, že body jsou nezávisle a identicky rozděleny podle rovnoměrného rozdělení v síti, nebo body sledují homogenní binomický bodový proces na síti. Studujeme například nejkratší cestu na síti mezi všemi ostatními nehodami a stanovujeme ty, které se nacházejí v určité námi stanovení vzdálenosti. Například ve vzdálenosti menší než je průměrná zadaná vzdálenost od křižovatky.

- **Nástroj 7. Global cross K function method:**

Tento nástroj testuje kompletní hypotézu CSR prostorové náhodnosti. Hypotéza CSR znamená, že body jsou nezávisle a identicky rozděleny podle rovnoměrného rozdělení v síti, nebo body sledují homogenní binomický bodový proces na síti, což znamená, že nastavení typu A bodů nemá vliv na rozdělování typu B bodů. Jsou dány dvě sady bodů, soubor typu A bodů a bodů typu B, umístěné na dané síti.

- **Nástroj 8. Local cross K function method:**

Tento nástroj je shodný s nástrojem uvedeným výše. Lokální metody vypočítávají charakteristiky na mnoho místech v celé studované oblasti.

- **Nástroj 9. Global Voronoi cross K function method:**

Ze dvou sad bodů umístěných na síť, jeden soubor bodů typu A (číslo je n_a), a druhý soubor bodů typu B (číslo je n_b), tento nástroj testuje kompletní hypotézu CSR prostorové náhodnosti počtu bodů typu A, které mají zadanou vzdálenost nejkratší cesty t od svých nejbližších bodů typu B. Počet výsledných nejkratších cest vzdálenosti t je n_a . Dále uvažujeme o funkci $K(t)$, která označuje počet bodů typu A, splňující podmínku, že vzdálenost nejkratších cest jsou menší, než t . Nástroj ověřuje hypotézu CSR s $K(t)$.

- **Nástroj 10. Interpolation:**

Pro danou sadu atributů stejných bodů na dané síti tento nástroj interpoluje neznámé hodnoty atributů na libovolných místech, využitím metodou vážené inverzní vzdálenosti.

- **Nástroj 11. Delaunay diagram:**

Nástroj pro tvorbu Delaunay triangulace nad Voroného diagramy. Při této triangulaci platí pravidlo, že opíšeme-li kružnici spojující body jedné hrany, obsahuje tato kružnice jen tyto dva body a žádné jiné.

- **Nástroj 12. Point clustering method:**

Tento nástroj shlukuje body, v dané sadě bodů na dané síti pomocí metody shlukování nejbližšího páru.

- **Nástroj 13. Random points generator:**

Tento nástroj generuje náhodné body na dané síti, v souladu s rovnoměrným rozdělením po síti. Výsledné body jsou realizace kompletní územní náhodnosti (CSR) často používané pro nulové hypotézy.

- **Nástroj 14. Shortest path distance between points in a set of points:**

Tento nástroj počítá vzdálenost nejkratší cesty mezi jakoukoli dvojicí bodů v dané množině bodů umístěných na dané síti.

- **Nástroj 15. Shortest path distance between A points to B points:**

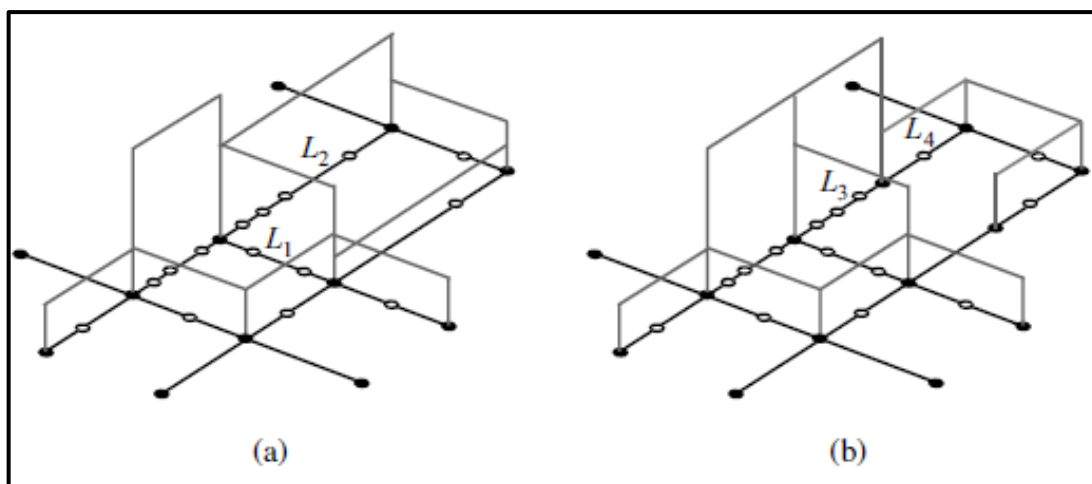
Tento nástroj počítá vzdálenost nejkratší cesty od každého bodu v daném souboru bodů typu A s každým bodem v daném souboru bodů typu B, kde jsou tyto body v dané síti.

- **Nástroj 16. Network Characteristics: polylines, points and links:**

Tento nástroj ukazuje vlastnosti bodů, křivek a propojení, tvořících danou síť (např. topologie elementu, rychlostní ocenění propojení, časová dostupnost, škálovatelnost, spolehlivost elementů atd.)

4.6. “Kernel Density Estimation” na síti

Hustota událostí na síti je jedním z klíčových aspektů prostorových analýz. Obecně určuje, jak můžeme pro danou množinu bodů v síti odhadnout hustotu bodů podél a na síti a stanovit oblasti s **vysokou intenzitou výskytu událostí**. Událostmi jsou dopravní nehody, kriminální činy a jiné geografické události, které se vyskytují na a podél sítí. Výsledky jsou transformovány pomocí síťových histogramů (obrázek číslo 3).



Obrázek 3: Síťové histogramy. (a) Různá délka segmentů, (b) stejná délka segmentů (OKABE 2012)

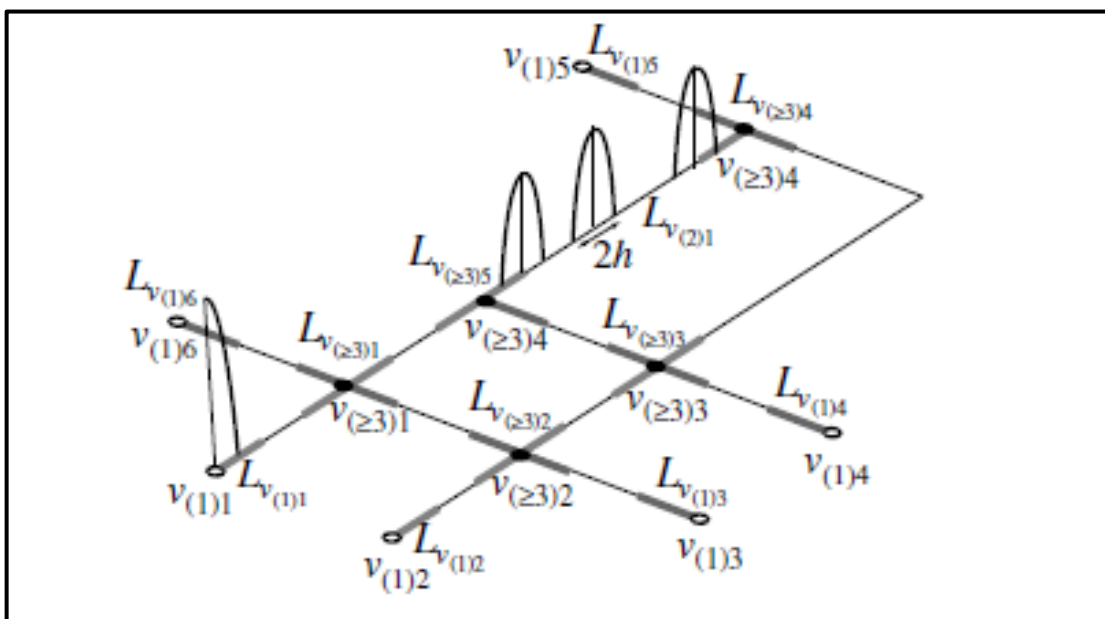
Pravděpodobnostní funkce hustoty $f(p)$ událostí N_i na segmentech sítě L_i je určena:

$$f(p) = \frac{n_i}{n|L_i|}, p \in L_i, i = 1, \dots, m, \text{ kde } L = \bigcup_{i=1}^m L_i, n = \sum_{i=1}^m n_i$$

a každá buňka sítě L_i je spojená ve smyslu, že existuje cesta mezi dvěma libovolnými body L_i . Síťový histogram je rozšíření obyčejného histogramu ve statistice používaných pro odhad jednorozměrné funkce hustoty pravděpodobnosti $f(p)$ s konečným počtem vzorků, x_1, \dots, x_n . Pro určení hustoty událostí vhodné použití segmentů sítě stejné délky, protože u segmentů různé délky dochází k chybám v přiřazení hodnot atributů ve smyslu rovnoměrného prostorové interpretace hustoty událostí. Pak pro kolekci bodů p_1, \dots, p_n na síti L **definujeme funkci síťové jádrové hustoty $K(p)$ jako:**

$$K(p) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{p_i}(p)$$

Při dekompozici sítě (obrázek číslo 4) pro analýzu jádrové hustoty $K(p)$, mějme množinu uzlů $V_{(1)}$ prvního stupně (uzly které iniciují s jedním segmentem, bílé kolečka na obrázku 4) a množinu uzlů $V_{(\geq 3)}$ třetího a vyššího stupně (černé kolečka na obrázku 4). Každý segment L je delší než délka $4h$. $L_{v_{(1)}i}$ je buffer sítě i -tého uzlu $v_{(1)}i$ v $V_{(1)}$ s délkou $2h$ a $L_{(1)} = \{L_{v_{(1)}i} | v_{(1)}i \in V_{(1)}\}$, a $L_{v_{(\geq 3)}i}$ je buffer sítě i -tého uzlu $v_{(\geq 3)}i$ v $V_{(\geq 3)}$ s délkou $2h$ a $L_{(3)} = \{L_{v_{(\geq 3)}i} | v_{(\geq 3)}i \in V_{(\geq 3)}\}$. Vymažeme segmenty $L_{(1)}$ a $L_{(3)}$ ze sítě segmentů L . Výsledkem je sada jednoduchých segmentů (každá podsíť má právě dva koncové uzly) (OKABE 2012).

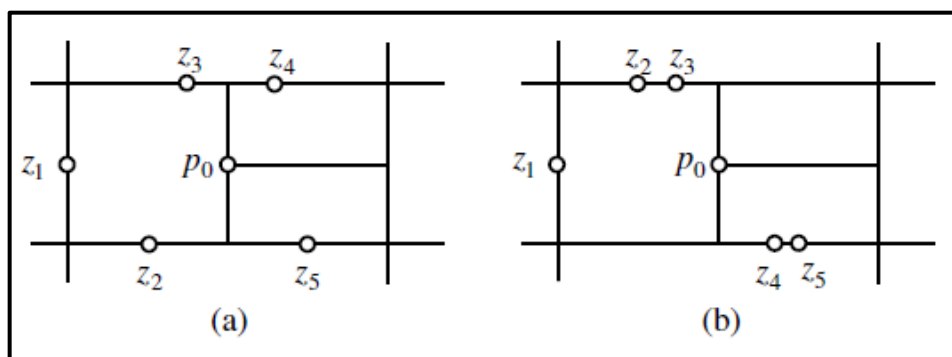


Obrázek 4: Dekompozice segmentů sítě (OKABE 2012)

4.7. “Interpolation” na síti

Pro interpolaci událostí na sítích využívá SANET dva základní přístupy interpolace – **váženou metodu inverzních vzdáleností a kriging hodnot atributů bodů na sítích**. První ze jmenovaných reprezentuje deterministický přístup a druhá představuje pravděpodobnostní nebo geostatistický přístup k interpolaci. Hlavním úkolem interpolace je předpovídat hodnotu atributu bodu na síti ze známých událostí (obrázek číslo 5). Zjednodušeně je pravděpodobnější, že bod s neznámou hodnotou atributu bude mít tuto hodnotu podobnou bodům z jeho nejbližšího okolí než hodnotám bodů vzdálenějších.

Při metodě **vážených inverzních vzdáleností** určujeme hodnotu v bodě p_0 jako vážený průměr známých hodnot atributů bodů z okolí $P_N(p_0)$. **Váha w_i je určena:**



Obrázek 5: Různé rozmístění bodů z okolí studovaného bodu (OKABE 2012)

$$w_i = \frac{d_s(p_0, p_i)^{-\alpha}}{\sum_{p_j \in P_N} d_s(p_0, p_j)^{-\alpha}}$$

Nejkratší cesta z p_0 do p_i představuje $d_s(p_0, p_i)$ a α je předem stanovený pozitivní parametr funkce. Pak **interpolovaná hodnota z_0 pro p_0 je:**

$$z_0 = \sum_{p_i \in P_N(p_0)} w_i z_i$$

Vážení umožňuje stanovovat stejnou hodnotu atributu při podobném rozmístění známých hodnot v blízkém okolí určovaného bodu (obrázek 5).

Kriging představuje pravděpodobnostní metodu interpolace v SANET. Jedná se o síťový kriging, využívající metodu nejbližších vzdáleností. Principiálně jsou kriging a metoda inverzních vzdáleností stejné. Rozdíl je ve výpočtu vah, který je v případě krigingu složitější a komplexnější.

Nejjednodušší je takzvaný jednoduchý kriging, který využívá znalosti, že pozorované hodnoty $z(p_1), \dots, z(p_n)$ jsou náhodnou realizací proměnné $Z(p_1), \dots, Z(p_n)$ v bodech p_1, \dots, p_n v L . Když víme, že očekávána hodnota $E(Z(p)) = \beta$ a známe parametr β , nazýváme tento model jako jednoduchý kriging. V praxi ovšem parametr β neznáme. Potom mluvíme o takzvaném **obyčejném krigingu**.

Obvykle máme představu o strukturálních faktorech náhodné proměnné $Z(p)$. Pokud víme, že struktura je zapsána jako $E(Z(p)) = \sum_{i=1}^m \beta_i f_i(p)$ a známe explicitní vyjádření funkcí $f_1(p), \dots, f_m(p)$, ale neznáme hodnoty jejich koeficientů β_1, \dots, β_m , pak mluvíme o modelu takzvaného **univerzálního krigingu**. Nejjednodušší vyjádření **očekávané hodnoty** takového krigingu je:

$$E(Z(p)) = \beta_1 f_1(p) + \beta_2 f_2(p) = \beta_1 + \beta_2 f_2(p).$$

V rovině kartézského prostoru je očekávaná hodnota $E(Z(p))$ určena jako, $E[Z(p_i)] = E[Z(p_j)] = \beta$, pak $Cov[Z(p_i), Z(p_j)] = C(\overline{p_j p_i})$. $C(\overline{p_j p_i})$ je funkce vektoru $\overline{p_j p_i}$ a β je z p_i do p_j konstantní. Potom mluvíme o stochastickém procesu druhého řádu. Pro jakýkoli pár bodů (p_i, p_j) z roviny a pár bodů (p'_i, p'_j) ze sítě segmentů L , kde nejkratší vzdálenost $d_s(p_i, p_j) = d_s(p'_i, p'_j)$ platí $Cov[Z(p_i), Z(p_j)] = Cov[Z(p'_i), Z(p'_j)]$ a splňuje isotropii sítě. **V síti segmentů L pak platí:**

$$Cov[Z(p_i), Z(p_j)] = C(d_s(p_i, p_j))$$

Ve statistice je funkce $C(d_s(p_i, p_j))$ kovariancí a v geostatistice je nazývána kovariogramem.

Neznámou hodnotu $Z(p_0)$ v bodě p_0 určujeme pomocí nejlepšího nestranného lineárního prediktoru. Ten je určen jako:

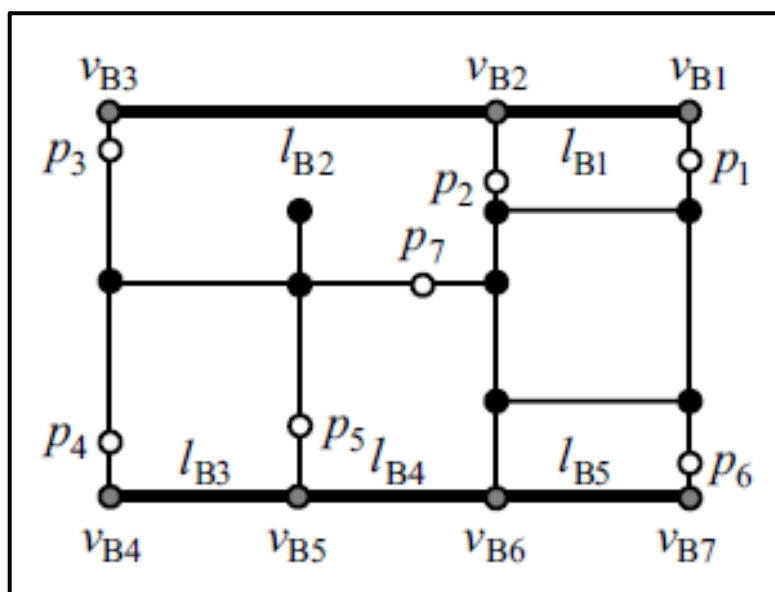
$$\hat{Z}(p_0) = w_1 Z(p_1) + \dots + w_n Z(p_n) = w'Z$$

$$w = \begin{pmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}, w' = (w_1, \dots, w_n), Z = \begin{pmatrix} Z(p_1) \\ \vdots \\ Z(p_n) \end{pmatrix}$$

Tím získáme parametr β z nestranného prediktoru $E = [\hat{Z}(p_0)] = \beta$ (OKABE 2012).

4.8. "Global Auto Nearest Neighbour Distance Method"

Ve své podstatě jsou všechny prostorové analýzy založeny na blízkosti a sousedství objektů a vztahů mezi nimi. Hlavní tezí je zde: máme sadu bodů v síti. Je jejich nejkratší vzdálenost mezi sebou významná nebo ne. Opět SANET umí pracovat se dvěma různými přístupy. Nejkratší vzdálenost mezi všemi body stejného druhu nebo nejkratší vzdálenosti mezi body dvou různých druhů.



Obrázek 6: Metoda nejbližšího souseda na síti (OKABE 2012)

Máme síť $N = N(V, L)$, skládající se ze sady bodů $V = \{v_1, \dots, v_{n_V}\}$ a sadu segmentů $L = \{l_1, \dots, l_{n_L}\}$ (obrázek číslo 6). Pak $\tilde{L} = \cup_{i=1}^{n_L} l_i$ je sada bodů tvořící síť segmentů N . Body $P = \{p_1, \dots, p_n\}$, vznikají náhodným stochastickým procesem na \tilde{L} s fixním počtem bodů n . Zabýváme se homogenním binomickým bodovým procesem nebo kompletní prostorovou náhodností událostí na síti. Hypotéza, že body z P jsou nezávislé a identicky rozmístěné v \tilde{L} , je ověřována

funkcí nejbližší vzdálenosti z bodu P do nejbližšího bodu z . Takovými body (událostmi jsou pro nás dopravní nehody. **Posuzujeme významnost blízkosti jednotlivých nehod vůči sobě.**

Globální automatická funkce nejbližšího souseda počítá se vzdáleností z bodů p_i a také z bodů $p_1, \dots, p_{i-1}, p_{i+1}, \dots, p_n$ a průměruje vzdálenosti napříč všemi body v P tzn. $\sum_{i=1}^n d_s(p_i, p_i^*)/n$. Ať μ je očekávaná hodnota proměnné $\sum_{i=1}^n d_s(p_i, p_i^*)/n$ v hypotéze kompletní prostorové náhodnosti pro $d_s(p_i, p_i^*) = \mu(p_i)$ napříč celou sítí $(p_i) \in \tilde{L}$. **Pak hodnotu μ vypočteme** (OKABE 2012):

$$\mu = \frac{1}{|\tilde{L}|} \int_{p_i \in \tilde{L}} \mu(p_i) dp_i$$

5. Rešerše literatury a jiných zdrojů

5.1. Zahraniční

- **Explorativní prostorová analýza dopravních nehod a úmrtnosti v provinciích Turecka (ERDOGAN 2009)**

Studie se zabývala prudkým nárůstem dopravních nehod v provinciích Turecka vlivem migrace obyvatelstva. Kritickým aspektem byl vzrůstající počet smrtelných dopravních nehod. Turecko mělo 70 miliónů obyvatel (2007) z nichž 19 miliónů mělo řidičský průkaz. Smrtelné nehody byly statisticky vyjádřeny na 20 z každých 100 miliónů procestovaných kilometrů (2007). V Turecku roste počet vozidel o 800 tisíc ročně (2007) a rovněž vzrůstá počet silnic a dálnic.

Proto se považuje **nárůst smrtelných dopravních nehod** za závažný problém. Příčinou jsou bezpečnostní nedostatky na silnicích všech provincií Turecka. Nástroje GIS poskytují vhodné metody a postupy pro prostorovou analýzu. Hlavně k identifikování problémových – nebezpečných oblastí a silnic. Studie si kladla za cíl stanovení těchto nebezpečných oblastí v měřítku jednotlivých provincií, ohodnocení těchto rizik pro potřebu zvýšení bezpečnosti na silnicích.

Datový zdroj dopravních nehod byl podobně jako v této diplomové práci poskytnut úřady policie v jednotlivých provinciích. Počty obyvatel a motorových vozidel byly ze sčítání lidu. Pro jednotlivé provincie byly posuzovány vlivy vzdělání, kriminality, zaměstnanosti apod., pro posouzení socioekonomických a demografických vlivů.

Ve studii byly posuzovány tyto základní ukazatele nehodovosti (použity v kapitole 7.1):

- ❖ **Míra úmrtnosti, standardizována počtem obyvatel**, je počet úmrtí (vynásobený 100 000) na základě dopravních nehod v provincii během jednoho roku, vydělená celkovým počtem obyvatel s bydlištěm v této provincii v polovině tohoto roku.
- ❖ **Míra úmrtnosti standardizována počtem registrovaných motorových vozidel**, je počet úmrtí (vynásobený 100 000) na základě dopravních nehod v provincii během jednoho roku, vydělená celkovým počtem registrovaných motorových vozidel v této provincii v polovině tohoto roku.
- ❖ **Nehodovost, standardizovaná podle počtu obyvatel**, je počet nehod (vynásobený 100 000), jejichž následkem je zranění nebo smrt v provincii

během jednoho roku, vydělená celkovým počtem obyvatel s bydlištěm v této provincii v polovině tohoto roku.

- ❖ **Nehodovost, standardizována podle počtu registrovaných motorových vozidel**, je počet nehod (vynásobený 100 000), jejichž následkem je zranění nebo smrt v provincii během jednoho roku, vydělená celkovým počtem registrovaných motorových vozidel v této provincii v polovině tohoto roku.

Pro testování prostorové korelace hodnot byly využity ukazatele **Moranovo I kritérium** a **Garyho C kritérium**. Porovnávány pak byly skutečné hodnoty s hodnotami předpovídanými a vyhodnocen význam prostorové autokorelace. Finálně byly posuzovány jiné sociální vlivy na počty dopravních nehod a smrtelných nehod pomocí regresního modelu a sledována prostorová nestacionarita těchto vlivů.

Výsledky studie průzkumné prostorové analýzy a vážené geografické regresní analýzy prováděné pro stanovení a pochopení distribuce problematických provincií, ukazují v nejjednodušší formě podílu nehodovosti počtem obyvatelstva v provincii, že **malé provincie mají relativně vysoké riziko smrtelné nehody a městské provincie relativně nízké**.

Tato studie byla důležitým podkladem pro rozhodnutí, kterým směrem měla tato diplomová práce směřovat. Posuzování dopravní nehodovosti pomocí rozdělení studované oblasti na menší správní celky není vhodné, protože není započítávána každodenní migrace obyvatel. Velký problém byl pro jednotlivé provincie, jelikož malé provincie vykazovaly vysokou nehodovost. To byl jeden z důvodů zaměření této diplomové práce na **liniový pohled na nehodovost**. Využitelné jsou ukazatele nehodovosti standardizované počtem obyvatel, řidičů nebo motorových vozidel. Druhá část studie byla zaměřená převážně na externí vlivy na nehodovost. Potřebná data pro tyto analýzy v ČR nebyly pro tuto diplomovou práci dostupné.

- **Algoritmus stanovení rizika dopravních nehod (HUNG 2002)**

Studie zkoumala **vliv možných příčinných faktorů na dopravní nehody**. Algoritmus byl vyvinut, aby prošetřil, které potenciální kauzální faktory mají významný vliv na nehodovost a stanovit riziko nehodovosti v dané oblasti. Riziko lze definovat podle kauzálních faktorů a toho, co se stane na začátku nehody. Nicméně informace, jak z nehodovosti tak potenciálních rizik poskytují ten nevhodnější popis rizika. Základním prvkem je mapování těchto dopravních nehod. Nejčastěji se při posuzování vlivu různých faktorů na dopravní nehody používá **vícenásobné lineární regrese, Poissonovy regrese a negativní binomické regrese**, díky své náhodné povaze. Pro reprezentování rizika nehod je použit empirický **Bayesův přístup**. Ke zlepšení přesnosti odhadů se využívá **shlukovací analýzy**. Proto cílem této studie je integrovat mapování a statistické

metody, přijaté pro vyhodnocování nehod a rozvinout takto algoritmus pro zhodnocení rizika dopravních nehod.

Navrhovaný algoritmu stanovení rizika se skládá ze čtyř modulů. Hlavní **modul shlukování dat** slouží ke spojování dat na základě jejich podobnosti nebo odlišnosti. Výsledné shluky by měly být interně velmi homogenní a externě velmi heterogenní. Počet shluků odpovídá rozložení nehod v prostoru. Kalibrace modelu používá regresních modelů souvislosti počtu nehod s kausálními faktory. Počet nehod se používá jako závislé proměnné a potenciální kauzální faktory jsou používány jako nezávislé proměnné. Pro identifikování **hot spots oblastí** využívá pozorovaných a odhadovaných záznamů o nehodách.

Rizika všech výskytů nehod (typ nehody, úmrtnost, souřadnice), fatálních nehod a úraz pěších ve studované oblasti jsou určeny zkoumáním historických záznamů o nehodách spolu s faktory využití dané oblasti (rychlost chůze, distribuce populace, míra zaměstnanosti, vzor dopravy atd.) a druhem využití dané oblasti (parky, železniční stanice, zastávky MHD, hotely, nemocnice, kina apod.). Výsledný algoritmus a pohled na nehodovost ukazuje další z možných přístupů analyzování nehodovosti. Nutné jsou přesné data kauzálních faktorů.

- **Použití lineární statistické analýzy na GISem podporovaných postupech pro prevenci dopravních nehod (GUNDOGDU 2010)**

Základním prvkem aplikování GIS v tomto případě bylo stanovení takzvaných **hot spots** (místa nejčastějších výskytů událostí). Ačkoli jsou dopravní nehody náhodné a nepředvídatelné v malém měřítku, statistické metody zahrnující agregaci nehod a informací týkajících se nehod, využívají různých vlivů a místních charakteristik, geometrie silnic apod. Takové modely předpovídající nehody jsou užitečné při identifikaci nejkritičtějších proměnných bezpečnosti, posouzení návrhu a řízení alternativ a zlepšení bezpečnostních standard na výstavbu nových silnic. **Studie stanovovala body, kterých by se uživatelé měli při takovýchto analýzách držet:**

- ❖ určení míst se zvýšeným počtem nehod,
- ❖ podrobná funkční analýza na místě, kde k nehodě došlo za účelem určení faktorů, které způsobují nehody,
- ❖ vývoj metody pro stanovení prvků, jako jsou dopravní upozornění a osvětlení ovládající plynulosti dopravy, které způsobují nebezpečí,
- ❖ odvození vlivu fyzikálních vlastností, jako jsou silnice, chodník křivky materiálu a řídicí směry v místech nehod,
- ❖ řešení dopravních problémů oblasti v komplexním kontextu na základě posouzení všech silničních komunikací.

- **Stanovení Black Spots dopravních nehod a s nimi spojené prostorové charakteristiky založené na GIS (CHEN 2012)**

Obecně platí, že nehody jsou lokalizovány pomocí **popisných textů**. Projekt se zabýval využitím geokódování jako lokalizační technologie dopravních nehod. Následně pomocí prostorových vztahů mezi místy dopravních nehod a silniční sítí jsou vypočítávány prostorové charakteristiky. Důležitý je **Data Mining**, který pomáhá stanovit pravidla a informace, které jsou běžně skryty při využití běžných statistických charakteristik. Statistická analýza není schopna využít charakteristik prostorové distribuce nehod a jejich vztahu k silničním sítím, zobrazením map a prostorovou analýzou.

Textový popis a adresa místa nehody nejsou vhodným prostředkem pro určení geografické polohy. První možností je zaznamenávat pomocí mobilních zařízení polohu dopravních nehod a **přímé určení zeměpisných souřadnic** pomocí VRS mobilních polohových systému pro určení a transformaci souřadnic (jednoduše pomocí bluetooth GPS přijímače a PDA). Druhou možností je tzv. **parsování adres dopravních nehod**, které se udály ještě před počátkem využívání mobilních zařízení pro určování polohy. Potom jsou tyto nehody transformovány do geografických souřadnic a spojeny s vrstvou silničních segmentů. Tím je umožněna analýza oboustranných prostorových vztahů. Silniční sítě jsou reprezentovány v GIS pomocí křivek. Protože většina dopravních nehod ve městech vzniká na křižovatkách, je nutné rozlišit **úseky mezi křižovatkami** a křižovatky jako bodové průsečíky těchto úseků. Potom je zaznamenáváno pomocí buffer analýz, překryvných analýz apod., kde k nehodě došlo s tím, že jsou zachovávány atributy nesoucí neprostorové informace.

Distribuce dopravních nehod je decentralizovaná a intenzivní. Decentralizovaná distribuce je spojená s nebezpečným chováním řidičů a intenzivnost je spojená se stavem silnic, silničního značení, úrovní silnic a jiných bezpečnostních prvků. Sekce s intenzivním výskytem dopravních nehod vyšším než průměr jsou nazývány **nebezpečné úseky**. Místa s intenzivním výskytem větším než průměr jsou nazývány **nebezpečné křižovatky**. Tyto určené úseky a body nesou dále jiné atributové informace, jakou jsou typ silnice, úroveň silnice, počet pruhů silnice, světelná signalizace křižovatek apod.

Dopravní nehody vznikají s přičiněním všech tří faktorů – **lidé, silnice, vozidla**. Faktory vyvolávající dopravní nehody jsou přímé i nepřímé a rovněž objektivní a subjektivní, a proto jejich stanovení je velmi složité. Porovnávají jsou sekce mezi křižovatkami a křižovatky s atributy stavu silnic, hustoty provozu, úrovní silnic apod. Za nejnebezpečnější místa byly stanoveny krátké úseky mezi křižovatkami s nízkou úrovní silnic a hustým provozem. Zároveň jsou nehody četnější se zvyšujícím se větvením křižovatek. Pro ČR není ohodnocení nebezpečných úseků a křižovatek dostupné. S využitím vlastních postupů

zpracování a extenze SANET se stalo toto ohodnocení hlavním tématem této diplomové práce.

5.2. Česká

- **Centrum dopravního výzkumu – Nehodové lokality (POKORNÝ 2007)**

Při řešení problematiky výskytu dopravních nehod je třeba se zaměřit na fakt, že většina dopravních nehod se vzniká na určitých úsecích a místech silničních komunikací. Bylo stanoveno, že **30 – 40% všech nehod** se odehraje na **3% komunikace** a ty jsou nazývány nehodovými lokalitami (**nebezpečné úseky** v této diplomové práci). **Při řešení analýz bezpečnosti silničních komunikací je nutno upozornit na tři důležité problémová fakta:**

- ❖ kvalita statistických dat,
- ❖ kvalita reprezentace a pochopení statistických dat,
- ❖ nesprávné pochopení role tzv. „selhání lidského činitele“ při definici preventivních opatření proti vzniku dopravní nehody.

Při řešení bezpečností situace je nutné si klást otázku, který z prvků **řidič, komunikace, vozidlo a prostředí** má největší vliv na snížení nehodovosti. **Lidský faktor** nemůže přinést snížení nehodovosti **o více než 10 – 20%**. Další překážkou je kvalita zpracovávaných dat a taktéž špatná interpretace policejních dat ve smyslu přímého vztahu mezi porušením pravidel silničního provozu a vzniku dopravních nehod. Což nelze nazvat statistikou příčiny nehod, nýbrž kriminální statistikou. CDV rozlišuje **10 hlavních skupin a 107 typů nehod**. Dále rozlišuje ukazatele pro hodnocení nehodovosti:

- ❖ **Ukazatel relativní nehodovosti R:** určuje pravděpodobnost vzniku dopravní nehody na určité komunikaci ve vztahu k jízdnímu výkonu. Jednotkou je počet nehod na 1 mil. **vozokilometrů**. Nejčastěji se používá pro sestrojování map nehodovosti, v nichž se silniční síť rozdělí na úseky, a pro každý z úseků se počítá jeho konkrétní hodnota. Pro dálnice je běžná hodnota R 0,1 – 0,3.

$$R = N / (365 * I * L * t) \times 106$$

N...počet nehod celkem ve sledovaném období

I...průměrná denní intenzita provozu

L...délka úseku

t...sledované období ...roky

- ❖ **Ukazatel hustoty nehod N:** vztahujeme počet nehod na délku úseku. $H = N / (L * t)$ počet nehod / 1km komunikace a rok (manuální analýza, viz kapitola 8.1).

- ❖ **Číslo závažnosti nehod:** stanovuje závažnost následků nehod. Je konstruováno jako součet následků každé nehody násobených koeficienty, zohledňujícími jejich „váhu“ (nejčastěji usmrcení 130, těžké zranění 70, lehké zranění 5, hmotná škoda 1).
- ❖ **Střední závažnost nehod:** podíl čísla závažnosti nehod a celkového počtu nehod. $U_{stř} = U_g / \text{počet nehod}$
- ❖ **Relativní stupeň nebezpečnosti:** poměr čísla závažnosti a intenzity dopravy. $G = U_g * 106 / 365 * I$

- **Prostorová analýza dopravní nehodovosti (DOLEŽALOVÁ 2013)**

Bakalářské práce Martiny Doležalové z Univerzity Pardubice se zabývá prostorovou analýzou dopravní nehodovosti v Pardubickém kraji. Dopravní nehody byly klasifikovány podle typu podle následků dopravní nehody **na životě, či zdraví, zavinění dopravní nehody, hlavní příčiny nehody, vozidel zúčastněných v dopravní nehodě, místo dopravní nehody a škody na majetku**. Využívá přímé a nepřímé ukazatele nehodovosti CDV a uvádí, že teprve od roku 2007 jsou všechny nehody zaznamenávány pomocí GPS aplikací. Data o dopravních nehodách jsou přímo z policejní databáze za období 2007 – 2011 (10 394 nehod).

Samotná prostorová analýza spočívá nejprve ve stanovení **nehodových úseků**. Silniční síť byla rozdělena do úseků ve městě Pardubice (od křížení ke křížení) a jako nehodový úsek byl stanoven každý, který měl v daném roce více než 10 nehod. Dále byly komunikace Pardubického kraje analyzovány z pohledu nehod s osobními následky a klasifikovány **do tříd podle typu zranění** (lehké, těžké, lehké a těžké, s usmrcením, s usmrcením lehkým a těžkým zraněním). Tyto nehody byly za určité časové období vizualizovány bodovými událostmi a roztrženy podle druhu komunikace (silnice první, druhé a třetí třídy, rychlostní silnice a dálnice). Dále byly reprezentovány srážky vozidel vzájemně a to i s vozidly parkujícími a srážky s pevnými překážkami (zeď, strom, patník, sloup atd.) a taktéž srážky s chodci, cyklisty a zvířaty. Převážnými viníky dopravních nehod byli **řidiči motorových vozidel (90%)** a zbylou část způsobily chodci, cyklisti, zvířata apod.

- **Dopravní info a aplikace nehodová místa (CDV 2014)**

Dopravní portál ČR www.dopravniinfo.cz je spravován a provozován Ředitelstvím silnic a dálnic ČR v rámci projektu Jednotného systému dopravních informací pro ČR (JSDI).

Aplikace nehodová místa, je jedním z výstupů projektu výzkumu a vývoje Ministerstva dopravy ČR - Informační systém pro podporu rozhodování v oblasti bezpečnosti silničního provozu. Aplikace je určena pro využití široké veřejnosti a veřejné správě. Obsahuje:

- ❖ data o nehodových lokalitách dostupná pro využití ve veřejné správě a
- ❖ systémy pro podporu návrhu a sledování účinku operativních a dlouhodobých opatření pro odstranění nehodových lokalit včetně sledování finanční rentability s využitím dalších informací o silniční síti.

Pro účely přesné lokalizace byl vytvořen a zaveden do běžné praxe **jednotný postup digitální geografické lokalizace dopravních nehod** - všechny výjezdové skupiny PČR (více než 200) jsou vybaveny **GPS a nástroji pro lokalizaci dopravních nehod**.

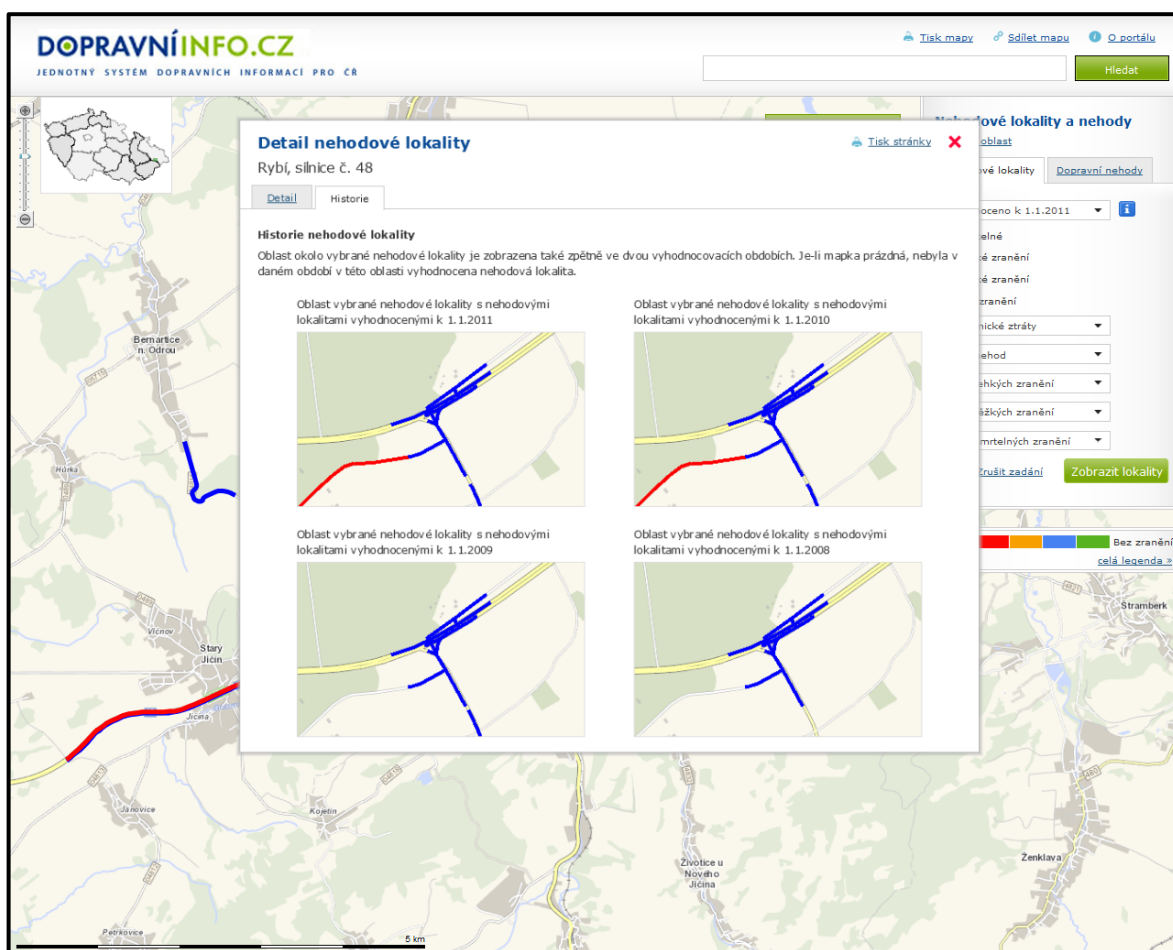
Nehodové lokality jsou vytvářeny jednou ročně vyhodnocením záznamů dopravních nehod na základě těchto kritérií:

- ❖ nejméně 3 nehody s osobními následky za 1 rok,
- ❖ nejméně 3 nehody s osobními následky stejného typu za 3 roky,
- ❖ nejméně 5 nehod stejného typu za 1 rok.

V systému jsou nehodové lokality od roku 2008. Aktualizace probíhá vždy po uzavření kalendářního roku, po vyhodnocení jednotlivých dopravních nehod od PČR. **Nehody, které nešetřila Policie ČR, nejsou využívány.** První částí je sběr dat. Ten probíhá při každém výjezdu dopravní policie, kdy jsou sbírána data z celého území ČR a to lokalizace dopravních nehod včetně podrobných informací o nehodě. Lokalizace je prováděna GPS přístrojů přímo v místě nehody. Systém pak zanesse data do databáze a lokalizuje dopravní nehodu v mapě.

V analytické části systému pak aplikace na základě získaných údajů o dopravních nehodách zajistí nalezení nehodových lokalit na celé síti komunikací České republiky a umožňuje dopravním inženýrům provádět odborné analýzy (sledování relativní dopravní nehodovosti, sledování ukazatele ekonomických ztrát apod.). Systém pak dopravním inženýrům nabídne vhodné řešení, resp. **sanaci nalezených nehodových lokalit prostřednictvím protinehodových opatření a umožňuje sledovat návratnost a efektivitu realizovaných protinehodových opatření.**

Následuje publikování informací o dopravních nehodách a nehodových lokalitách odborné veřejnosti a složkám Integrovaného záchranného systému, městům, obcím apod. Jedná se o samostatný modul (obrázek číslo 7), který zajišťuje poskytování dopravních informací a veškerých souvisejících dopravní dat. Do tohoto modulu jsou importována zpracovaná data ze všech dopravně inženýrských pracovišť analytické části systému a slouží jako jediný zdroj, který poskytuje veřejnosti informace o **DN a nehodových lokalitách na komunikacích ČR**. Ve webové prezentační části jsou data o dopravních nehodách a nebezpečných nehodových lokalitách dostupná odděleně z důvodu přehlednosti. Existuje možné územní omezení při zobrazení dat (vše, silnice včetně úrovně, kraj, okres, obec, část obce a ulice).

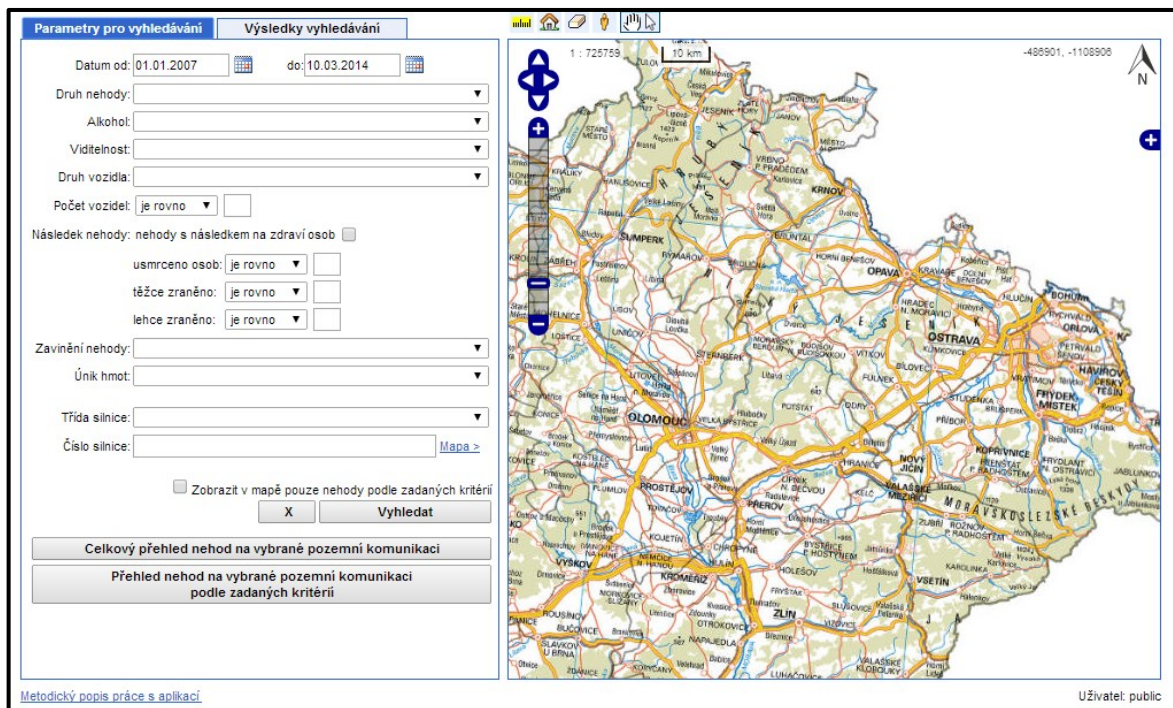


Obrázek 7: Aplikace nehodová místa – nehodové lokality

- **Geografický informační systém – Centrum dopravního výzkumu (CDV 2014)**

Aplikace umožňuje zobrazovat **statistické vyhodnocení nehodovosti** v silničním provozu na vybrané lokalitě a statistické vyhodnocení nehod na komunikaci. Data jsou dostupná od **1. 1. 2007** až do aktuálních informací.

Přístup do aplikace je pro širokou veřejnost (obrázek číslo 8). Je možné vybírat celé území a také zadávat interaktivně oblast pomocí obdélníku přímo v mapě, pomocí polygonu se zadanými souřadnicemi a taky je možnost omezení plochy vybraného území okolo vybraného bodu. Následně jsou výsledky exportovány do formátu pdf dokumentu. Obsahují základní charakteristiky jako je počet nehod celkem, počet nehod s následkem na zdraví, počet usmrcených osob, počet nehod podle dnů v týdnu, počet nehod na jednotlivých silnicích, počty nehod se zhoršenou viditelností podle druhu apod. Vybraný počet nehod však může být pouze 1000 nehod najednou. Pro období 1. 9. 2009 – 30. 9. 2013, které je využito pro studium v této diplomové práci aplikace našla **320 415 nehod**.



Obrázek 8: Geografický informační systém CDV

5.3. Shrnutí

Při zpracování dat o dopravních nehodách je důležitou součástí zpracování vstupních dat. Jelikož se jedná o prostorová data v surovém stavu, je třeba sofistikovaně přistupovat k jejich předzpracování pro vybrané analýzy. K datům lze přistupovat dvěma způsoby. Zhodnocení nehodovosti z pohledu územních správních celků nebo silniční sítě, ke které tyto data úzce přimykají. Výše bylo zmíněno několik metod základního zpracování informací o nehodovosti. Jelikož základní ukazatele a analýzy nehodovosti jsou dostupné pro ČR, rozhodl jsem se využít přímého pohledu na **dopravní nehodu (bodová událost) a silniční síť (liniový element)**. Proto jsou v této diplomové práci metody analyzování zaměřené na liniové analýzy bodových událostí na a podél linie. Byly navrženy dvě základní metody pro zhodnocení tzv. **nebezpečných úseků a nebezpečných křižovatek**. Pro porovnání byly využity **moduly extenze SANET**, která se právě na tyto analýzy zaměřuje. V poslední části byla zhodnocena **statistická analýza vztahu těchto dvou elementů** (viz kapitola 8).

6. Příprava dat z NDIC

Pro prostorovou analýzu dopravních nehod České republiky jsou nejdůležitější data o **dopravních nehodách z NDIC**. Jedná se o **bodové události** (dopravní nehody). Druhý datový zdroj ve většině analýz v této diplomové práci je **liniová vrstva silnic z ŘSD ČR**. Jedná se o **segmenty silnic z roku 2013**, které vstupují do analýz v interakci s dopravními nehodami.

Export dopravních nehod proběhl přímo z databáze NDIC – **data obsahují 385 506 záznamů**. Nehody jsou evidovány **od 9. 9. 2009**, a pro finální datum exportu byl stanoven **říjen 2013** (aby časové řady obsahovaly celých 12 měsíců roku, tudíž od začátku října jednoho roku do konce září druhého roku). Problémem při exportu byly **chybné řádky**, které jsou přítomny v exportu z databáze NDIC. Je nutné data filtrovat a upravit nejdříve v textovém editoru, aby mohly být odstraněny řádky, které mají chybějící informace. Nejdříve byly vyhledány řádky, které byly špatně zalomeny přímo při exportu z databáze NDIC. Pomocí databázových nástrojů byly odfiltrovány řádky, které neměly vyplněné souřadnice nehody a obsahovaly jiné systémové chyby podobného druhu. Po očištění dat zbylo zmíněných 385 506 záznamů a **odfiltrováno bylo cca 3 tisíce záznamů**. **Každý řádek databáze (záznam události dopravní nehody) obsahoval** (NDIC 2013):

- ❖ identifikační číslo záznamu dopravní nehody,
- ❖ identifikační číslo zprávy o dopravní nehodě v systému NDIC,
- ❖ verzi záznamu (záznamy podléhaly úpravám v databázi),
- ❖ datum a čas (vždy ve formátu rok, měsíc, den, hodina, minuta, sekunda) vytvoření zprávy,
- ❖ počáteční datum a čas zaznamenávání události,
- ❖ datum a čas konce zaznamenávání události,
- ❖ textový popis události,
- ❖ **souřadnice X a Y, zeměpisnou délku a šířku v souřadnicovém systému S – JTSK**,
- ❖ typ události DI systému NDIC,
- ❖ identifikační čísla pro propojení s tabulkami podmínek počasí (meteorologické stanice) a momentální dopravní situace.

Problémová byla naplněnost atributů (neobsahovaly je všechny záznamy) textového popisu události a odpovídající záznamy s tabulkou počasí.

Meteorologické stanice pro tabulku počasí neměly pro detailní analýzy externích vlivů na silnice dostatek dat (NDIC 2013).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
id_message	id_message_rsd	version	date_gen	date_start	date_stop	planned	text	x	y	latitude	longitude	type	type_group	id_wsi
3	4dabfc35-12a5-4	2	2009-09-09 13:01:47.000	2009-09-09 12:36:00.000	2009-09-09 13:11:47.000	0	ulice Trocnovská, obec Trh	-746682	-1181741	48,84679	14,62662	TI	1	NULL
5	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:04:16.000	2009-09-09 12:56:50.000	2009-09-09 13:56:50.000	0	Od 9.9.2009 12:56 do 13:56	-721891	-1034052	50,19264	14,69438	TI	1	NULL
72	8ad5a3a8-2361-b	5	2009-09-09 13:11:00.000	2009-09-09 13:09:55.000	2009-09-09 13:20:00.000	0	Od 9.9.2009 13:09 do 13:20	-819566	-1053752	49,89311	13,38326	TI	1	NULL
144	8ad5a3a8-2361-b	2	2009-09-09 13:17:09.000	2009-09-09 12:48:16.000	2009-09-09 13:48:16.000	0	Od 9.9.2009 12:48 do 13:48	-513920	-1127818	49,56573	17,71697	TI	1	NULL
145	8ad5a3a8-2361-b	5	2009-09-09 13:16:43.000	2009-09-09 13:12:16.000	2009-09-09 14:12:16.000	0	Od 9.9.2009 13:12 do 14:12	-812231	-1118757	49,32489	13,6172	TI	1	NULL
147	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:24:54.000	2009-09-09 13:23:19.000	2009-09-09 14:23:19.000	0	Od 9.9.2009 13:23 do 14:23	-569560	-1153783	49,28448	16,98859	TI	1	NULL
161	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:32:16.000	2009-09-09 13:29:55.000	2009-09-09 14:29:55.000	0	Od 9.9.2009 13:29 do 14:29	-749726	-1044393	50,06637	14,32817	TI	1	NULL
163	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:34:48.000	2009-09-09 13:32:10.000	2009-09-09 14:32:10.000	0	Od 9.9.2009 13:32 do 14:32	-702573	-1017216	50,36547	14,9321	TI	1	NULL
164	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:34:11.000	2009-09-09 13:32:06.000	2009-09-09 15:32:06.000	0	Od 9.9.2009 13:32 do 15:32	-488245	-1124353	49,61768	18,06629	TI	1	NULL
178	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:40:39.000	2009-09-09 13:38:21.000	2009-09-09 14:38:21.000	0	Od 9.9.2009 13:38 do 14:38	-521612	-1164192	49,23363	17,65821	TI	1	NULL
179	8bb35236-7ee4	1	2009-09-09 13:40:13.000	2009-09-09 13:37:00.000	2009-09-09 14:10:07.000	0	Přízeňská - Kukulova, nehod	-749227	-1044342	50,06777	14,33498	TI	1	NULL
180	8ad5a3a8-2361-b	2	2009-09-09 13:43:31.000	2009-09-09 12:54:19.000	2009-09-09 13:54:19.000	0	Od 9.9.2009 12:54 do 13:54	-738538	-1097714	49,60537	14,58298	TI	1	NULL
181	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:43:13.000	2009-09-09 13:41:02.000	2009-09-09 15:41:02.000	0	Od 9.9.2009 13:41 do 15:41	-750726	-1044625	50,06339	14,31479	TI	1	NULL
245	8ad5a3a8-2361-b	2	2009-09-09 13:45:13.000	2009-09-09 13:38:21.000	2009-09-09 14:38:21.000	0	Od 9.9.2009 13:38 do 14:38	-521612	-1164192	49,23363	17,65821	TI	1	NULL
260	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:45:31.000	2009-09-09 13:43:36.000	2009-09-09 15:43:36.000	0	Od 9.9.2009 13:43 do 15:43	-735335	-1040441	50,11953	14,5199	TI	1	NULL
280	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:47:22.000	2009-09-09 13:45:14.000	2009-09-09 15:45:14.000	0	Od 9.9.2009 13:45 do 15:45	-741485	-1047967	50,04499	14,44901	TI	1	NULL
311	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:50:46.000	2009-09-09 13:47:10.000	2009-09-09 15:47:10.000	0	Od 9.9.2009 13:47 do 15:47	-597464	-1159792	49,20441	16,6161	TI	1	NULL
312	98a109e8-3458-4	1	2009-09-09 13:50:48.000	2009-09-09 13:49:00.000	2009-09-09 14:20:41.000	0	Budějovická, nehoda, nejm	-741453	-1047983	50,04489	14,44948	TI	1	NULL
313	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:51:39.000	2009-09-09 13:46:24.000	2009-09-09 15:46:24.000	0	Od 9.9.2009 13:46 do 15:46	-726665	-942312	51,00413	14,45358	TI	1	NULL
315	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:52:28.000	2009-09-09 13:50:04.000	2009-09-09 15:50:04.000	0	Od 9.9.2009 13:50 do 15:50	-605582	-1157476	49,21722	16,50189	TI	1	NULL
316	231d0910-9c92-4	1	2009-09-09 13:52:16.000	2009-09-09 13:50:00.000	2009-09-09 14:50:00.000	0	Mladoboleslavská, nehoda	-734142	-1039897	50,12582	14,5354	TI	1	NULL
318	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:54:35.000	2009-09-09 13:48:14.000	2009-09-09 15:48:14.000	0	Od 9.9.2009 13:48 do 15:48	-744054	-1042818	50,08771	14,40366	TI	1	NULL
326	423d142e-5814-4	1	2009-09-09 13:56:06.000	2009-09-09 13:55:00.000	2009-09-09 14:25:59.000	0	Malostranské nám., nehod	-744000	-1042729	50,08857	14,40423	TI	1	NULL
327	8ad5a3a8-2361-b	1	2009-09-09 13:59:24.000	2009-09-09 13:57:03.000	2009-09-09 15:57:03.000	0	Od 9.9.2009 13:57 do 15:57	-737684	-1046596	50,06184	14,499	TI	1	NULL
334	8ad5a3a8-2361-b	3	2009-09-09 14:01:12.000	2009-09-09 13:55:34.000	2009-09-09 16:55:34.000	0	Od 9.9.2009 13:55 do 16:55	-744442	-1025167	50,24444	14,36447	TI	1	NULL

Obrázek 9: Ukázka očištěné tabulky dopravních nehod z NDIC

Bodová data dopravních nehod obsahují u každé nehody souřadnice X a Y v souřadnicovém systému S – JTSK. Tím bylo usnadněno převedení tabulky dopravních nehod do prostředí GIS softwarů. Bez těchto úprav by bylo potřeba použít data miningu textových popisů událostí. Jejich formát nebyl unifikovaný, často se lišil způsob zapisování textového popisu nebo neobsahoval stejné informace (některé obsahovaly méně informací než jiné). Jednoduché parsování textu nebylo možné. Tabulka byla publikována v prostředí **ArcMap a převedena do bodového shapefilu v zaregistrovaném souřadnicovém systému S – JTSK**. Nehody byly pomocí SQL rozhraní v ArcMap rozděleny na časové řady jednotlivých roků a jejich měsíců a také v časovém kroku od začátku října do konce září.

Pro prostorové analýzy a obzvláště v SANET, je nutná i **liniová vrstva silnic**. SANET posuzuje události na a podél sítě. Z hlediska významu jsou silnice rovněž nutné pro správné posouzení distribuce dopravních nehod. Ze stejného důvodu je nutné rozdělit dopravní nehody do časových kroků. Liniová vrstva silnic z ŘSD ČR je rozdělena na **segmenty (úseky) silnic I., II., III. třídy a rychlostní silnic a dálnic**. Těchto segmentů bylo použito **37 940**. Liniová vrstva byla ve formě **shapefilu registrována v souřadnicovém systému S – JTSK**.

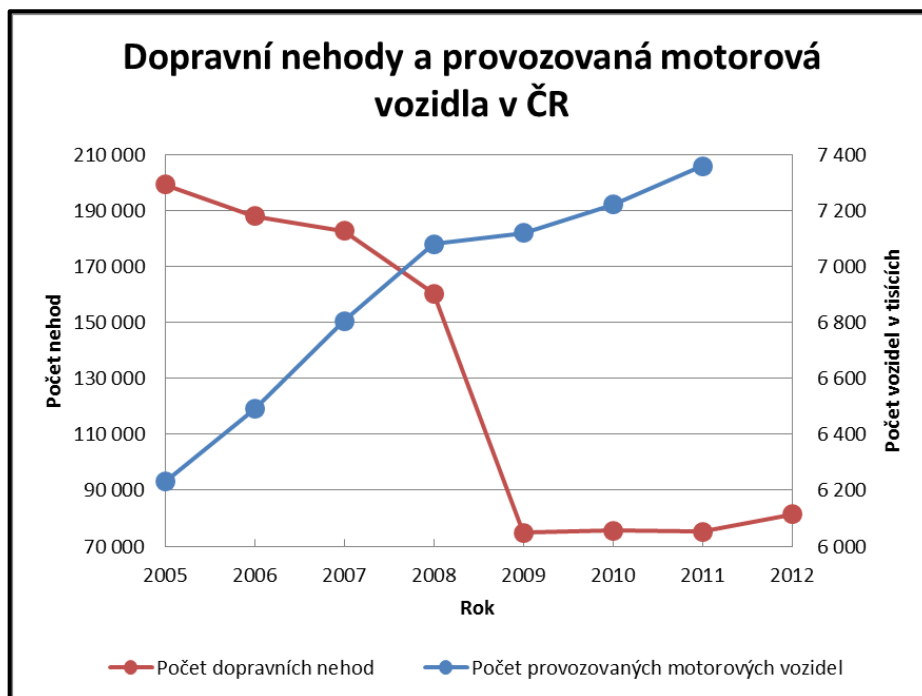
7. Základní vyhodnocení nehodovosti v Česku

Tato práce je primárně zaměřená na zpracování **prostorové analýzy četnosti dopravních nehod**, zhodnocení jejich rozmístění a zhodnocení dopravních prvků s nehodami spojených (křižovatky, úseky silnic). Je možné posuzovat vliv externích elementů na dopravní nehody jako je například počasí. Nicméně kvůli rozsahu projektu bylo vybráno zaměření detailně na četnost a prostorové aspekty nehod. Proto primární účel dat dopravní nehodovosti z NDIC je jejich poloha v souřadnicích X a Y souřadnicového systému S- JTSK a četnost jejich výskytu. Nejprve byl zhodnocen **historický vývoj nehodovosti a jejich ukazatelů v ČR**.

7.1. Vývoj nehodovosti v Česku

Vyhodnocení vývoje dopravní nehodovosti v ČR se skládala z několika částí. Využita byla data z ČSÚ (ČSÚ 2014), které obsahovala informace o **počtu obyvatel, nehodovosti a motorových vozidlech** v ČR. Nehodovost byla vyhodnocena na úrovni krajů a celého území ČR pro období 2005 – 2012 (do roku 2011 pro ukazatele využívající počty motorových vozidel).

- **Nehodovost na silnicích v ČR**



Obrázek 10: Vývoj počtu ohlášených dopravních nehod a provozovaných motorových vozidel v ČR

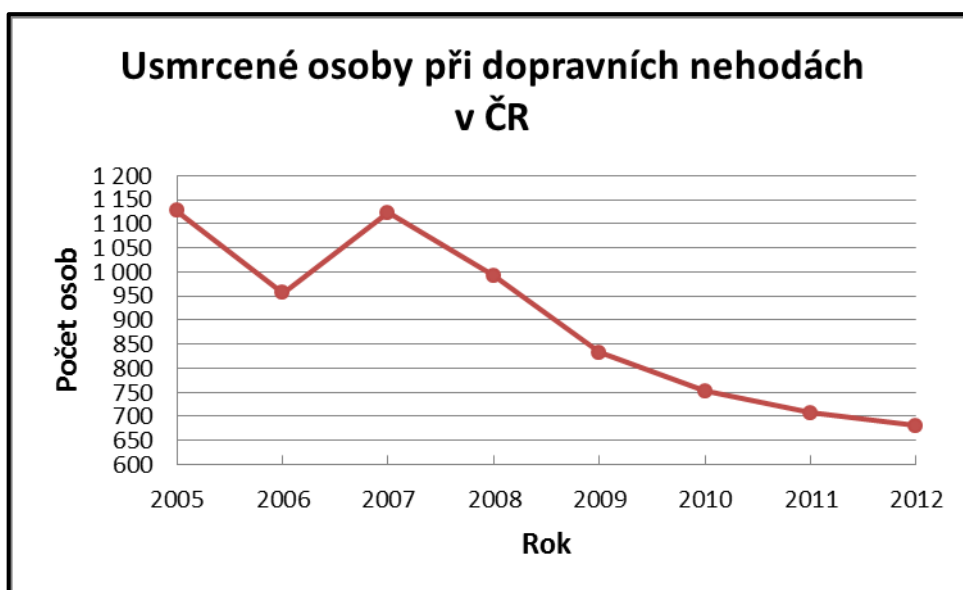
Základní vývoj počtu ohlášených dopravních nehod na silnicích v ČR byl ovlivněn **zákony o povinnosti oznamování dopravních nehod** (viz kapitola 4.1). Byl to razantní pokles počtu dopravních nehod (ČSÚ 2014), které byly ohlášeny v roce 2008 a 2009, kdy došlo ke změně v zákonu. Tento **50% pokles** byl popsán výše (viz kapitola 4.1). Nicméně před touto změnou měla nehodovost **sestupnou tendenci** (obrázek číslo 10) oproti **vzrůstajícímu počtu motorových vozidel** (obrázek číslo 10). Od roku 2009 byl pozorován **nárůst počtu dopravních nehod** v řádu **několika tisíců dopravních nehod s mírným poklesem v roce 2011** (385 nehod). Ve vstupních datech z NDIC je pozorován mírně odlišný trend (viz kapitola 7.2).

Název kraje	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Hlavní město Praha	33 349	34 689	33 484	30 251	15 583	18 190	16 572	17 795
Středočeský kraj	27 047	24 613	24 254	22 053	11 183	9 870	9 889	10 595
Jihočeský kraj	13 027	11 463	11 343	9 623	3 206	2 899	3 015	3 207
Plzeňský kraj	11 800	10 538	10 151	8 968	3 217	2 813	3 107	3 453
Karlovarský kraj	6 457	5 935	5 680	4 658	1 772	1 737	1 489	1 396
Ústecký kraj	14 579	13 755	13 650	12 294	8 033	7 217	7 126	7 551
Liberecký kraj	9 018	8 564	7 993	7 088	4 366	3 864	3 620	3 859
Královéhradecký kraj	10 094	9 085	8 696	7 382	3 692	3 697	3 843	4 281
Pardubický kraj	8 233	7 788	7 747	6 814	3 501	3 357	3 582	3 726
Kraj Vysočina	8 688	8 132	8 086	6 623	1 843	2 390	2 594	3 295
Jihomoravský kraj	18 157	16 593	16 022	14 174	3 642	5 650	5 941	6 670
Olomoucký kraj	9 962	9 658	9 545	8 386	4 407	4 156	4 274	4 406
Zlínský kraj	8 453	7 904	7 481	5 596	1 798	1 780	2 014	3 025
Moravskoslezský kraj	20 398	19 248	18 604	16 466	8 572	7 902	8 071	8 145
Česká republika celkem	199 262	187 965	182 736	160 376	74 815	75 522	75 137	81 404

Tabulka 1: Vývoj ohlášených dopravních nehod na silnicích v krajích ČR (ČSÚ 2014)

Na úrovni krajů (tabulka číslo 1) byly pozorovány od roku 2009 oproti celkovému nárůstu ohlášených dopravních nehod v ČR **trvalý pokles** jen u Karlovarského kraje a **trvalý nárůst** dopravních nehod ve všech ostatních krajích kromě Hlavního města Prahy, Ústeckého kraje a Libereckého kraje (ČSÚ 2014).

- **Mortalita na silnicích v ČR**



Obrázek 11: Vývoj počtu dopravních nehod s následkem smrti v ČR

Ohlášení dopravních nehod s následkem smrti je povinné, proto není vývoj v počtu takových nehod ovlivněn změny v zákonech. Pozitivní byla **sestupná tendence** počtu fatálních nehod (obrázek číslo 11). Oproti roku 2005 se snížil téměř o 50% z **1 127** dopravních nehod s následkem smrti v roce 2005 na **681** v roce 2012 (ČSÚ 2014). Ačkoliv je tendence fatálních nehod klesající, stále je to vysoký počet, který je ovlivněn řadou faktorů jako je bezpečnost na silnicích, staří vozového parku, elementy silniční sítě (křižovatky, dopravní značení, povolená rychlost), chování řidičů apod. **V roce 2010 byl počet dopravních nehod s následkem smrti v ČR 76 na milión obyvatel. V EU byl průměr 55 a ve světě 180. Celkem bylo ve světě 1 240 000 dopravních nehod s následkem smrti (WHO 2010).**

- **Vozový park ČR**

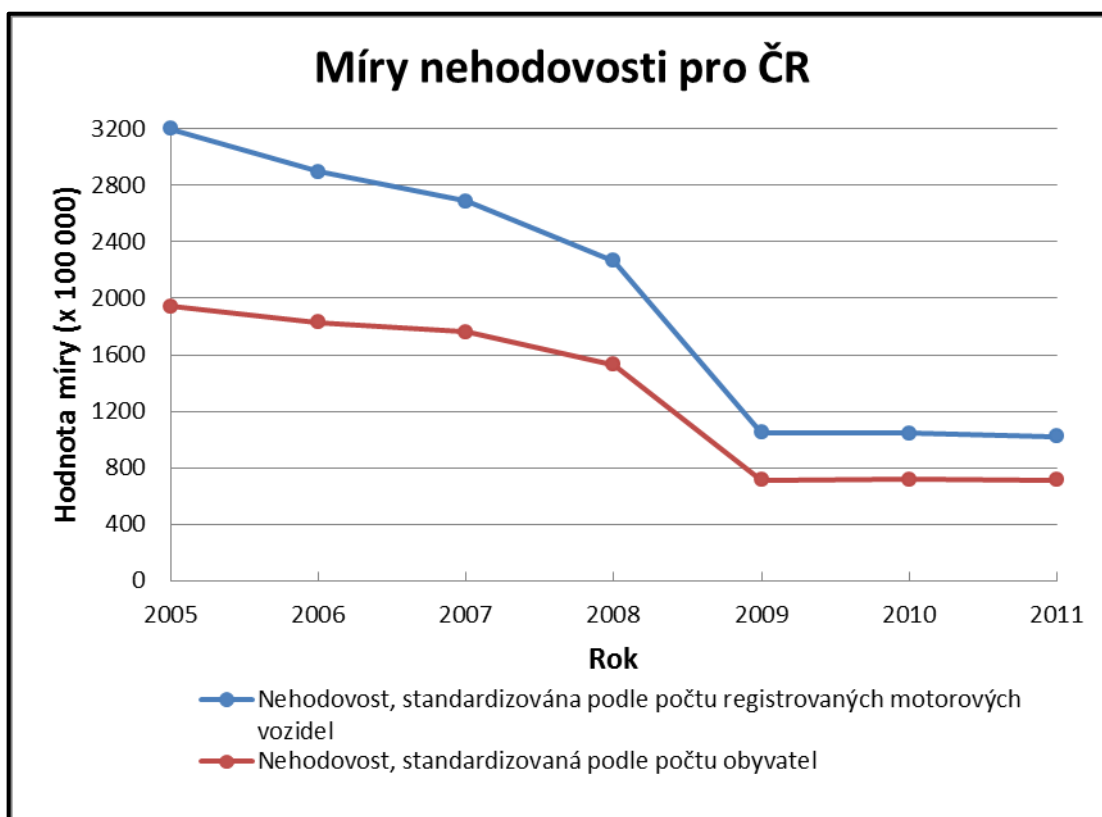
Počet **provozovaných motorových vozidel** je také důležitým elementem vyhodnocení nehodovosti. Používá se v mírách nehodovosti a úmrtnosti. Velký vliv na nehodovost má staří vozového parku z důvodu bezpečnosti a snížení následků při dopravních nehodách.

Vozový park zahrnuje osobní automobily, dodávky, nákladní automobily, specializované automobily, motocykly, autobusy, přívěsy a návěsy. Do roku 2008 byl nárůst počtu provozovaných motorových vozidel strmý (obrázek číslo 10) s meziročním **nárůstem 300 tisíc nových vozidel**. Od roku se nárůst snižoval zřejmě důsledkem ekonomické krize až na **7 358 727** motorových vozidel na konci roku 2011 (ČSÚ 2014). Pro další roky jsou informace v registru vozidel.

Na dopravních nehodách se podílejí všechna motorová vozidla. **V roce 2011 tvořily osobní automobily 62% vozového parku a průměrné staří všech provozovaných vozidel byl 17 let (MDČR 2013).**

- **Míry nehodovosti na silnicích v ČR (ERDOGAN 2009)**

V rešerši zahraniční literatury této diplomové práce (viz kapitola 5.1) byly uvedeny **míry nehodovosti a úmrtnosti** jako základní ukazatele pro vyhodnocení nehodovosti v provinciích Turecka. Tyto ukazatele byly aplikovány pro území ČR. První byly míry nehodovosti, které se vypočítávají z počtu **dopravních nehod, obyvatel a motorových vozidel** (viz kapitola 5.1).



Obrázek 12: Míry nehodovosti na silnicích v ČR

Opět je viditelná změna v zákonu ohlašování dopravních nehod z roku 2008. **Počet obyvatel i vozového parku se zvyšuje. V případě vozového parku byl tento nárůst vyšší než u počtu obyvatel.** Proto pozorujeme rychlejší **snížování míry nehodovosti v ČR** (obrázek číslo 12) standardizované počtem vozidel. Obě křivky se vyrovnávají, s tím jak se stabilizují počty obyvatel a motorových vozidel a předpovídat můžeme jejich výrazné ovlivnění jen počtem dopravních nehod, který má vzestupnou tendenci.

Na počátku sledovaného období v roce 2005 byla míra standardizovaná podle počtu motorových vozidel výrazně vyšší než míra standardizovaná podle počtu obyvatel. **To znamenalo nižší počet motorových vozidel a vysoký počet dopravních nehod na tyto provozovaná vozidla.** Zvyšující se počet motorových vozidel a snižující se stáří vozového parku způsobuje snižování této míry. Stejně jako u nehod s fatálními následky byl pozorován **sestupný trend**, který souvisí se zvyšující se bezpečností silnic a motorových vozidel

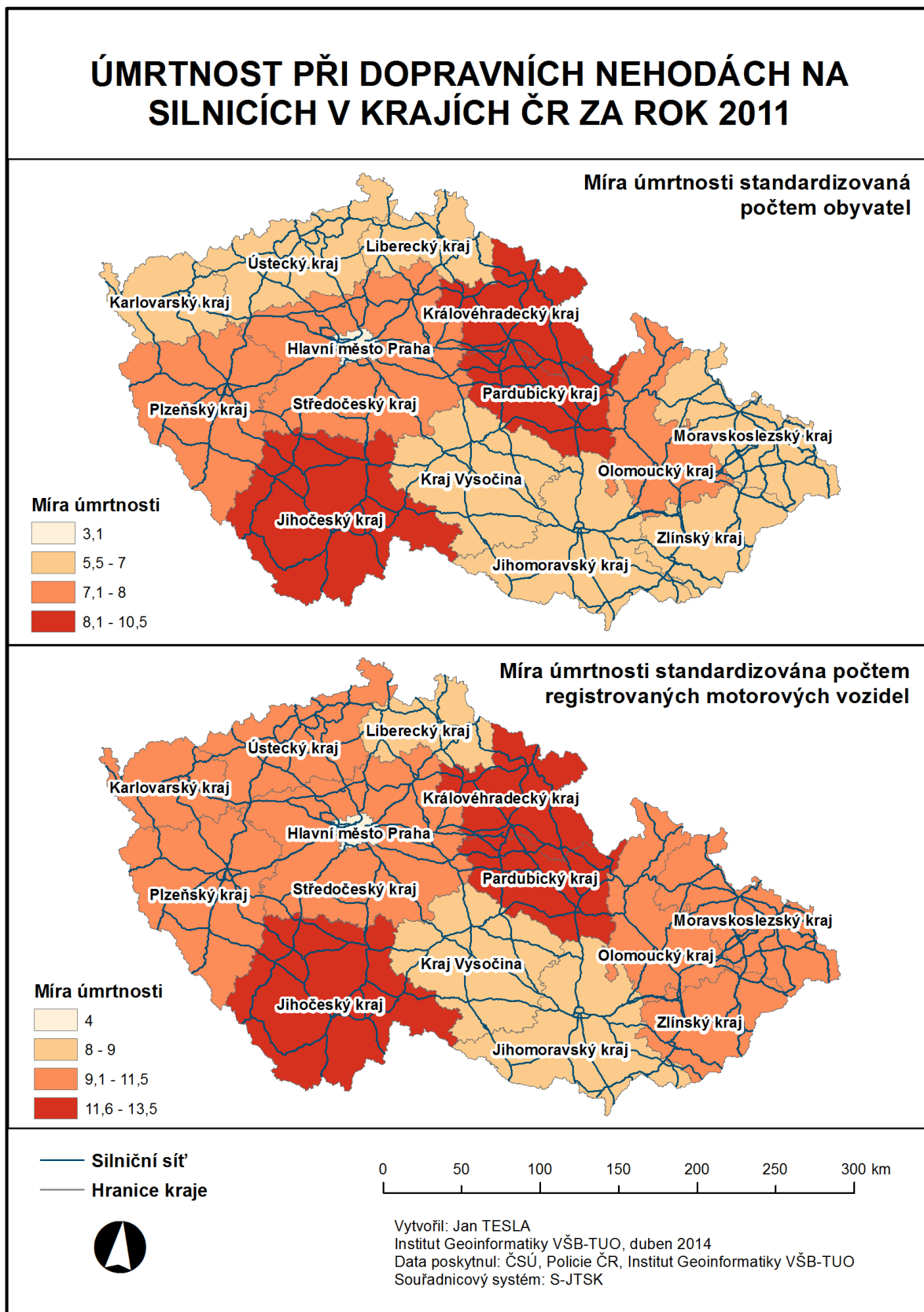
- **Míry úmrtnosti na silnicích v ČR (ERDOGAN 2009)**

Druhým ukazatelem, který vychází z rešerše diplomové práce (viz kapitola 5.1), je **míra úmrtnosti**. Tato míra využívá rovněž **počty obyvatel a motorových vozidel a počet smrtelných dopravních nehod.**

Tento ukazatel byl vyhodnocen pro smrtelné dopravní nehody **v krajích pro rok 2011**. Porovnáme-li míru úmrtnosti, která byla standardizovaná počtem obyvatel se standardizací počtem motorových vozidel, byly pozorovány rozdílné hodnoty jako v případě míry nehodovosti. Míra úmrtnosti standardizovaná podle počtu motorových vozidel dosahovala opět vyšší hodnoty. Nicméně byly pozorovány významné rozdíly v krajích samotných (obrázek číslo 13).

V obou případech vykazovaly **nejvyšší hodnoty** kraje Pardubický, Jihočeský a Královéhradecký. Nelze přičítat tyto hodnoty velikosti krajů, jelikož hodnoty byly standardizovány počtem registrovaných vozidel a obyvatel. Vysoká míra úmrtnost poukazovala na nižší bezpečnost a kvalitu silniční sítě v těchto krajích (vykazovaly také vysokou absolutní nehodovost). Jiná situace byla pozorována **v Hlavním městě Praze**. Zde byl vysoký počet obyvatel i motorových vozidel. V porovnání s ostatními kraji byla nižší téměř o 2. Moravskoslezský kraj patřil v roce 2011 ke třem krajům (Moravskoslezský, Středočeský, Hlavní město Praha) s nejvyšším počtem obyvatel (všechny tři přes 1,2 miliónu obyvatel). Přesto oproti Středočeskému kraji měl nižší míru úmrtnosti standardizovanou počtem obyvatel (pátou nejnižší). Výsledky byly ovlivněny počtem motorových vozidel. Byly to počty provozovaných vozidel. Nicméně bylo nereálné, aby tolik motorových vozidel ve skutečnosti jezdilo po silniční síti ČR. Výsledky spíše poukazují na vysokou intenzitu provozu v krajích s vysokými mírami úmrtnosti.

V porovnání míry úmrtnosti standardizované počtem motorových vozidel byly vysoké všude kromě Prahy, Libereckého a Jihomoravského kraje a kraje Vysočina. **V obou případech byla pozorována nejvyšší míra úmrtnosti v Jihočeském kraji. Vyjma Hlavního města Prahy byla pozorována nejnižší míra úmrtnosti v kraji Vysočina.**



Obrázek 13: Míry úmrtnosti na silnicích v krajích ČR 2011

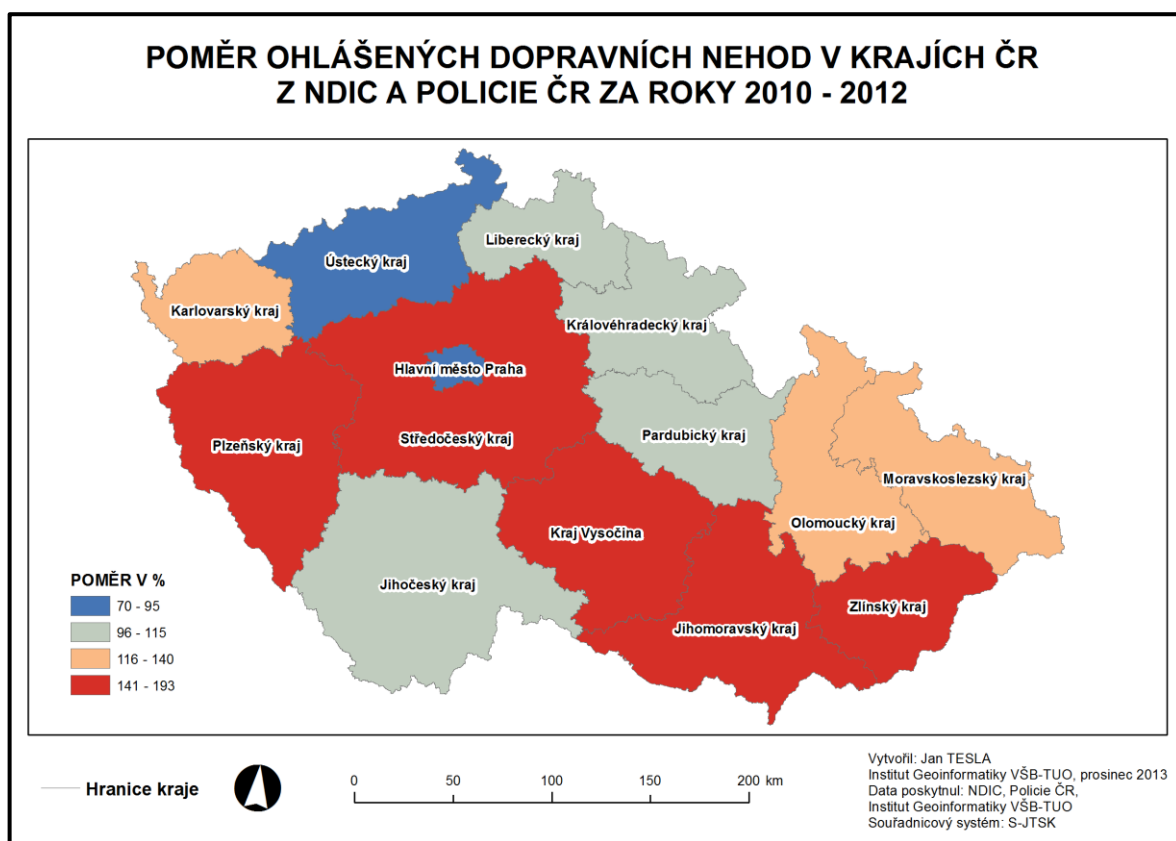
7.2. Vyhodnocení dat z NDIC

Po filtraci exportovaných dat z databáze NDIC zůstalo **385 506 záznamů o dopravních nehodách v období roků 2009 – 2013**. Tento počet dopravních nehod byl **porovnán s daty od dopravní Policie ČR za roky 2010 – 2012**, které zveřejňuje **Český statistický úřad**. Výsledky byly porovnávány na úrovni krajů a okresů ČR. Pro porovnání absolutního počtu záznamů z NDIC byl vybrán počet nehod za stejné období pocházející z **Centra dopravního výzkumu**. Centrum dopravního výzkumu zaznamenalo za **období 1. 10. 2009 – 30.9.2013 320 415 dopravních nehod**. Tento počet je vyšší než z databáze NDIC. Nicméně jsou v něm zahrnuty záznamy, které byly nevhodné pro zpracování a některé dny, které v exportu dat z NDIC neměly záznamy. Tyto dny se vyskytovaly hlavně na jaře roku 2013. Proto tyto měsíce nebyly konkrétně posuzovány v žádné analýze, protože neposkytují validní data, ale do celkového počtu nehod byly započítány.

NUTS3	NÁZEV KRAJE	POLICIE ČR 2010	POLICIE ČR 2011	POLICIE ČR 2012	NDIC 2010	NDIC 2011	NDIC 2012
CZ010	Hlavní město Praha	18190	16572	17795	15245	11955	9821
CZ020	Středočeský kraj	9870	9889	10595	16705	18420	20562
CZ031	Jihočeský kraj	2899	3015	3207	2846	3340	4044
CZ032	Plzeňský kraj	2813	3107	3453	4946	5511	6453
CZ041	Karlovarský kraj	1737	1489	1396	2065	2049	2004
CZ042	Ústecký kraj	7217	7126	7551	6929	6321	6755
CZ051	Liberecký kraj	3864	3620	3859	3735	4136	4568
CZ052	Královéhradecký kraj	3697	3843	4281	3620	4776	5180
CZ053	Pardubický kraj	3357	3582	3726	3545	3938	3769
CZ063	Vysočina	2390	2594	3295	4758	5557	5626
CZ064	Jihomoravský kraj	5650	5941	6670	8328	7717	9524
CZ071	Olomoucký kraj	4156	4274	4406	5854	5674	5606
CZ072	Zlínský kraj	1780	2014	3025	3517	3414	4351
CZ080	Moravskoslezský kraj	7902	8071	8145	9321	11434	11199
	Celkem:	75522	75137	81404	91414	94242	99462

Tabulka 2: Porovnání počtu zaznamenaných nehod datových zdrojů Policie ČR a NDIC

Z tabulky číslo 2 vyplývá, že **celkový počet zaznamenaných nehod Policií ČR byl v porovnání s NDIC nižší**. Tento stav je jednoduše odůvodnitelný tím, že na databázi NDIC se podílí i jiné státní i nestátní zdroje. Celkově se tak počet nehod liší cca o **16 – 20 tisíc nehod**. Jinou situací je porovnání počtu dopravních nehod v Hlavním městě Praze a Středočeském kraji. Vidíme, že počet zaznamenaných nehod od **Policie ČR v Praze je vyšší než v NDIC** a opačná situace je v u počtu zaznamenaných nehod ve **Středočeském kraji**. Nebylo určeno, proč tato situace nastala. Detailní porovnání poměru počtu nehod v krajích bylo zobrazeno v mapě (obrázek číslo 14), **celkově převažují kraje s vyšším počtem nehod zaznamenaných v NDIC**.



Obrázek 14: Poměr počtu nehod v krajích ČR ze zdrojů Policie ČR a NDIC

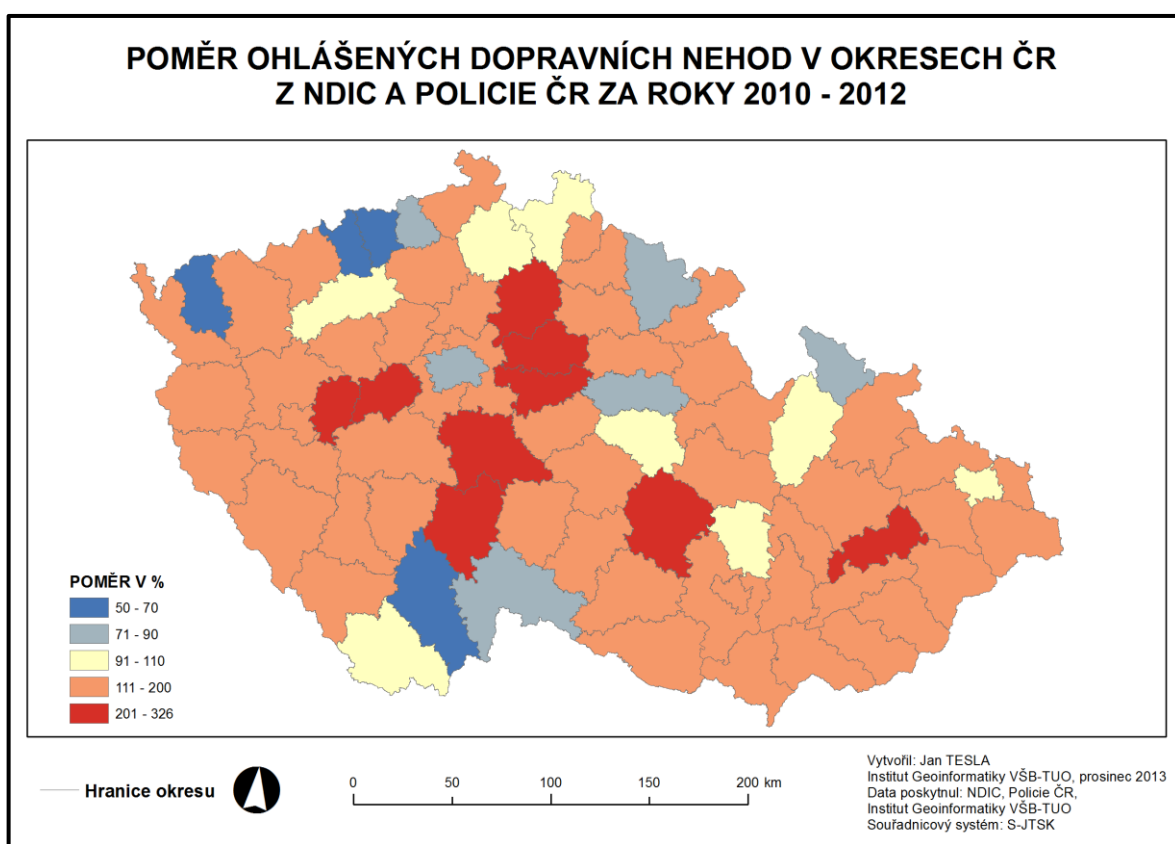
Na úrovni okresů byly využity stejné datové zdroje jako v případě krajů (obrázek číslo 15). V obou případech (kraje, okresy) mají územní celky s odstínem červené barvy více zaznamenaných nehod v NDIC. Modré odstíny více v případě Policie ČR a šedá (kraje) popřípadě sametová (okresy) barva je u územních celků s vyrovnanými četnostmi zaznamenaných nehod. **Opět převažují okresy, které mají více zaznamenaných dopravních nehod v rámci NDIC.** Včetně 9 okresů, které vykazují v NDIC o více než 100% více dopravních nehod než Policie ČR samotná.

Rok	Počet okresů	Průměr	Medián	Směrodatná odchylka	Minimum	Maximum
2010	77	1187	845	1727	166	15245
2011	77	1223	873	1389	244	11955
2012	77	1291	986	1200	239	9821
Celkem	77	1234	927	1449	166	15245

Tabulka 3: Průzkumná statistika počtu dopravních nehod v okresech ČR z NDIC

Nejvíce zaznamenaných nehod v NDIC byla v Praze, která má o 376% více nehod než Brno – město (okres s druhým nejvyšším počtem dopravních

nehod). Následují okresy Brno – město, Ostrava – město, Mladá Boleslav, Olomouc, Nový Jičín a další. **Nejnižší nehodovost měly okresy Strakonice, Jeseník nebo Sokolov.** Tyto počty byly ovšem absolutní a nevztahovaly se k velikosti okresů. Minima a maxima zaznamenaných nehod jsou v tabulce číslo 3. **Převažují okresy s počtem nehod nižším než 1600 za rok** (5/6 sextil počtu nehod v okresech). Počty nehod v jednotlivých letech byly ověřeny Leveneovým testem významnosti rozdílu rozptylu. Na hladině významnosti 95% nebyl rozdíl rozptylů statisticky významný. Průměrný počet nehod je vyšší než medián, který není ovlivněný extrémními hodnotami statistické souboru. Medián jako míra polohy odpovídá výše uvedeným závěrům, podle kterých se vyskytují okresy s **výrazně vyšším počtem dopravních nehod** (extrémní hodnoty), oproti ostatním okresům.



Obrázek 15: Poměr počtu nehod v okresech ČR ze zdrojů Policie ČR a NDIC

8. Prostorové aspekty dopravních nehod v Česku

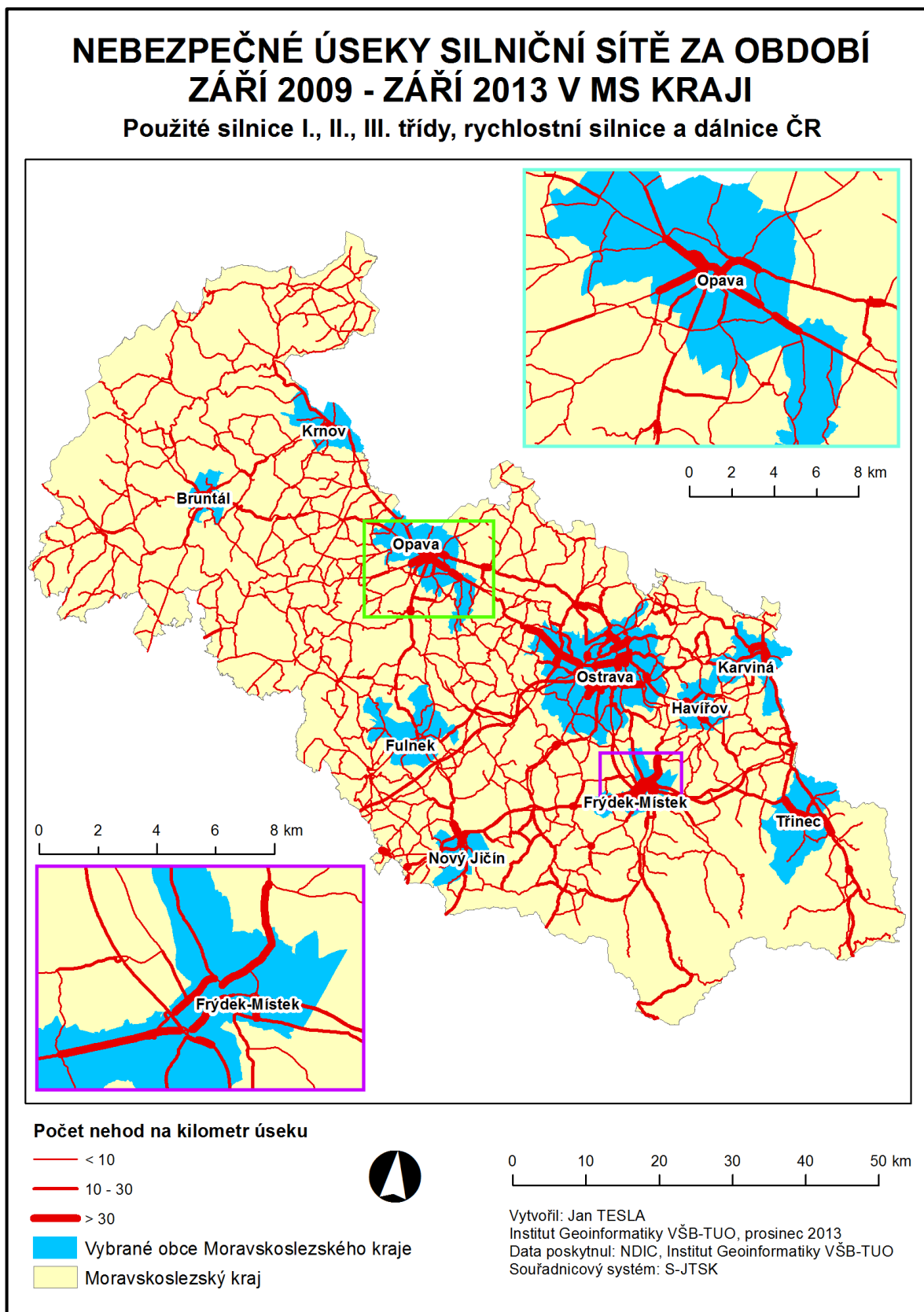
8.1. Nebezpečné úseky silnic

Kritické části silnic jsou tvořeny dvěma částmi. Jsou to **úseky silnic** a **křižovatky**. Na nebezpečnosti úseků silnic se podílí několik faktorů. Důležitá je jejich vertikální a horizontální členitost, povolená rychlost, dopravní značení, umístění úseku v prostoru (ve smyslu významného dopravního tahu nebo vedlejší cesty), počet pruhů úseku a délka úseku. Všechny tyto faktory mají vliv na vznik dopravních nehod na a v blízkosti (podél) těchto úseků. Liniová vrstva dálnic, rychlostních silnic, silnic I. II. a III. třídy obsahovala topologii segmentů silnic. **Dělení segmentů silnic bylo ponecháno podle oficiálního dělení ŘSD ČR (ŘSD ČR 2013).**

Analyzování úseků silnic a jejich následného vhodného zobrazení v mapě není nic jednoduchého. Při posuzování úseků silnic byly **křižovatky filtrovány**, aby nezasahovaly do celkového pohledu na silniční úseky. Vznikaly krátké segmenty silnic s velkou četností dopravních nehod. To samozřejmě nebyl chybný výsledek, tato četnost nebyla chybou, nicméně se jednalo právě o křižovatky, **napojování úseků silnic nižší a vyšší třídy a podobně**. Na křižovatky je potřeba nahlížet jinak než na úseky silnic, tak jak je popsáno v další kapitole (viz kapitola 8.2). Proto nebyly nehody v blízkém okolí křížení úseků silnic započítány do výpočtu nebezpečných úseků silnic.

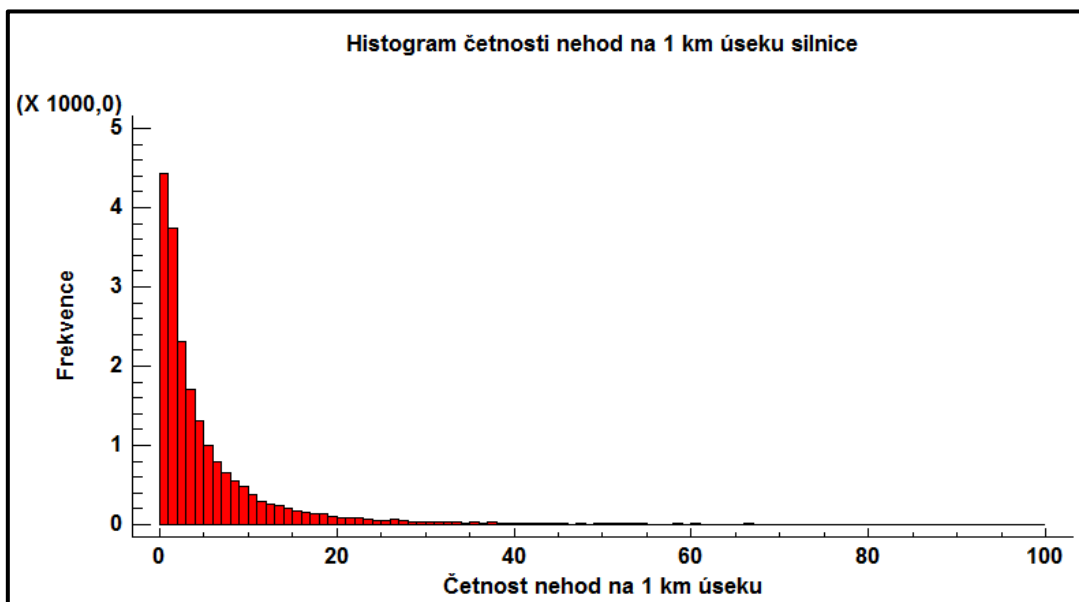
Pro správné přiřazení nehody k danému úseku byl zvolen následující postup. Pro každý liniový segment reprezentující silnici nebo sousedící liniové segmenty (reprezentující jednotlivé směry, např. u dálnic), byla vytvořena **obalová zóna 7 metrů na obě strany kolem daného segmentu**. Tím bylo zajištěno, že k danému segmentu byly přiřazeny nehody, které vznikly **přímo na silnici nebo v její odstavné části**. Obalová zóna nemohla být širší, jelikož docházelo k falešnému přiřazování nehod náležících jednomu segmentu ke druhému. Rovněž není možné ručně přisuzovat šířku obalové zóny podle třídy silnice, protože dochází ke špatnému přiřazování nehod. Bylo by potřeba posuzovat tyto konfliktní segmenty po jednom, což je při počtu téměř 38 tisíc segmentů velmi náročné.

Prostorové aspekty dopravních nehod v této práci byly posuzovány několika přístupy. Pro posouzení nebezpečných úseků byla zvolena data za celé sledované období. **Všechny nehody byly přiřazeny daným segmentům**. Následně byla daná četnost **relativizována délkou úseku**.

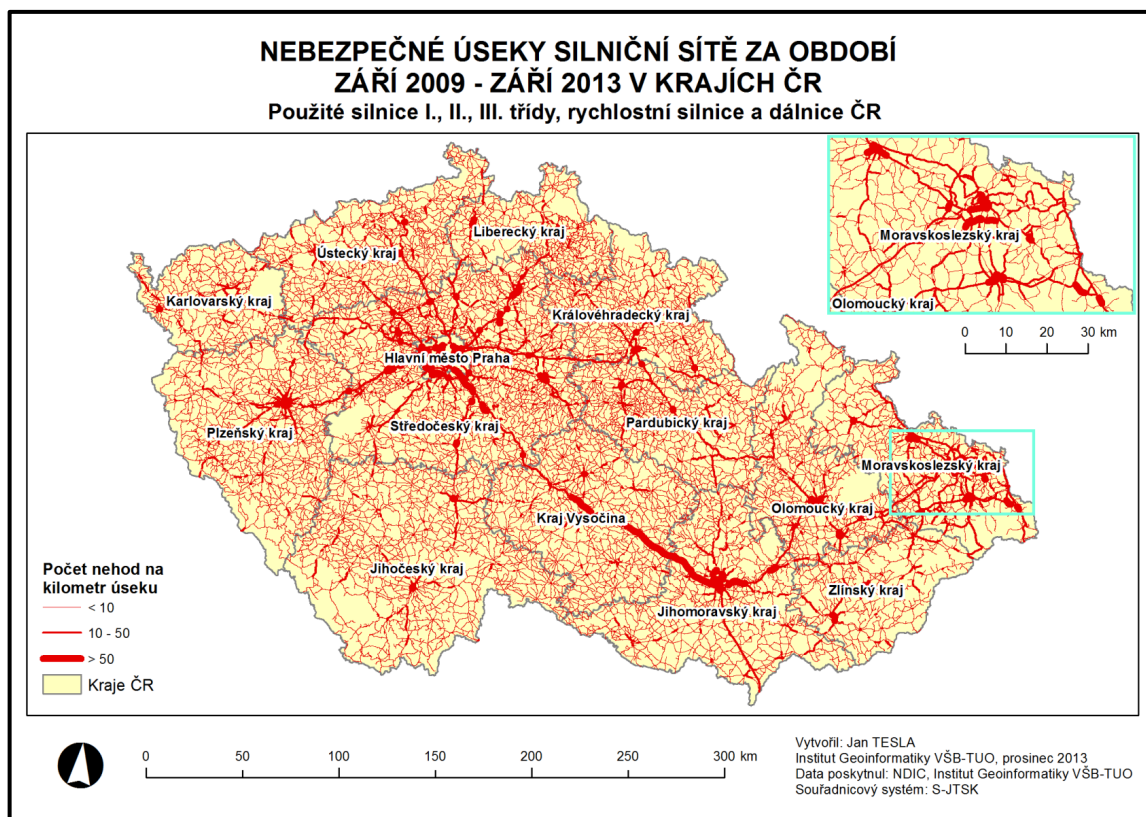


Obrázek 16: Nebezpečné úseky v Moravskoslezském kraji

Z vyhodnocených výsledků pozorujeme u nebezpečných úseků tyto tendence: úseky silnic s největší četností nehod na 1 km úseku jsou převážně tvořeny **rychlostními silnicemi, dálnicemi a úseky silnic ve velkých městech** (obrázek číslo 18). Naopak nebylo překvapením, že nejnižší četnost na 1 km úseku silnice měly úseky **silnic III. třídy**.

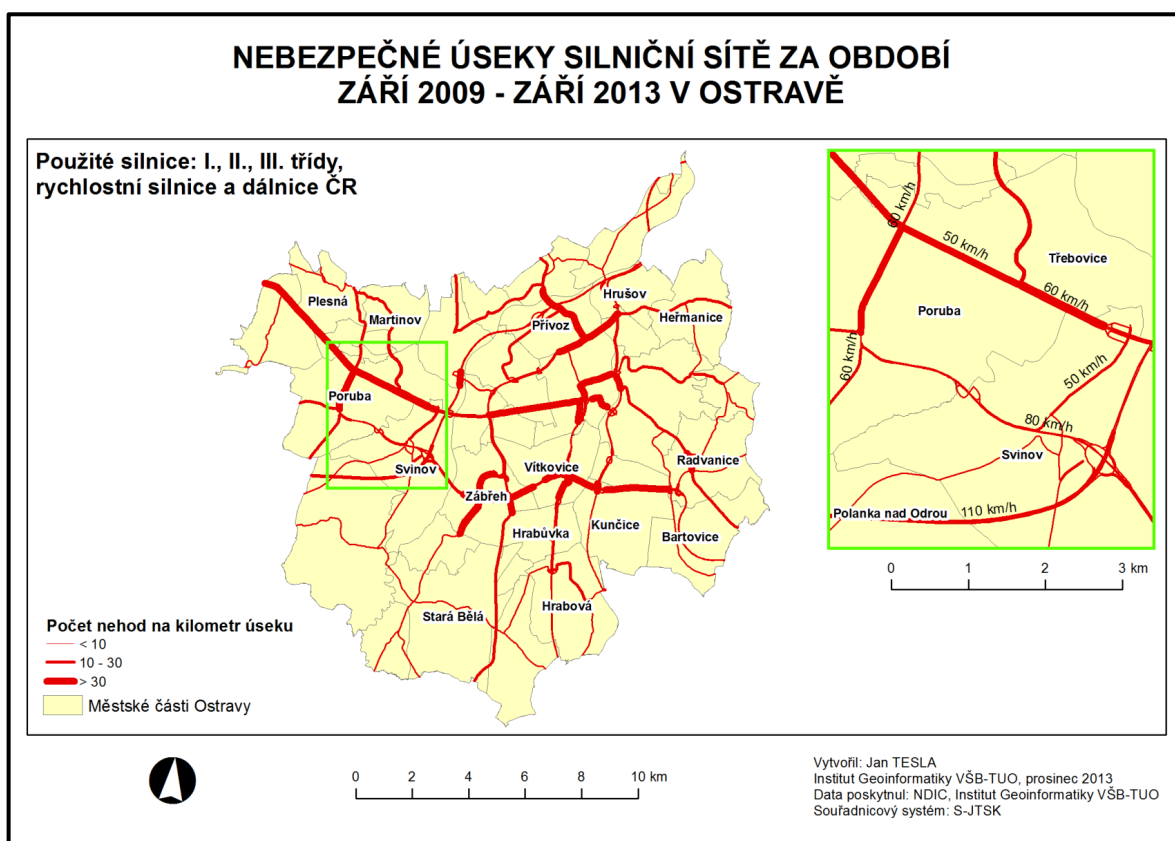


Obrázek 17: Histogram četnosti nehod na 1 km úseku pro třídy s četností nehod do 100 v ČR



Obrázek 18: Nebezpečné úseky silnic v České republice (verze velkého formátu v příloze)

Ačkoliv maximální hodnota četnosti nehod na 1 km úseku v ČR (tabulka číslo 4) byla **321 nehod** v případě úseku 194. kilometru dálnice D1, který tvoří dálnici D1, pouze **38 úseků silnic** mělo více než **100 nehod** na 1 km úseku. **Průměr byl 3,4** nehody na 1 km úseku. Z histogramu četnosti (obrázek číslo 17) lze vyčíst, že **nejčastější počet nehod na 1 km úseku byl v rozmezí 0 – 20 nehod**. Právě úseků s četností do 5 nehod bylo přes 30 tisíc, což je pro dlouhé sledované období jasným ukazatelem **nízké nehodovosti na vedlejších silnicích**. **99% úseků silnic tvořily úseky s četností do 40 nehod a 95% do 16 nehod**. Lze vidět na mapách pro ČR (obrázek číslo 18), MS kraj (obrázek číslo 16) a Ostravu (obrázek číslo 19), nejnebezpečnější úseky silnic byly opravdu dálnice, rychlostní silnice a frekventované městské průtahy.



Obrázek 17: Nebezpečné úseky silnic v Ostravě (verze velkého formátu v příloze)

Pořadí	Četnost nehod na kilometr úseku	Délka úseku v kilometrech	Označení silnic	Označení ulic
1	321	0,3	Dálnice D1	194. kilometr, Brno - Jih
2	293	0,3	Dálnice D1	196. kilometr, Brno - Jih
3	291	1,7	Silnice R8	Ulice Legerova, Praha - Vinohrady (Severojižní magistrála)
4	240	0,5	Silnice R8	Hlávkův most, Praha - Karlín (Severojižní magistrála)
5	210	0,3	Silnice R8	Ulice Wilsonova, Praha - Vinohrady (Severojižní magistrála)
6	196	0,5	Dálnice D1	12. kilometr, Praha - Východ
7	180	0,3	Silnice I/55	Ulice Tržní - Přerov
8	173	0,4	Silnice I/42	Ulice Zvonařka - Brno - město (Velký městský okruh)
9	164	0,3	Dálnice D1	206. kilometr, Brno - Venkov
10	162	0,3	Silnice R4	Barrandovský most, Praha - Braník (Chuchelská radiála)

Tabulka 4: 10 úseků silnic s nejvyšším počtem nehod na kilometr úseku v České republice

V Ostravě (tabulka číslo 5) měl nejvíce nehod úsek **ulice Rudná v Ostravě Zábřehu, se 118 nehodami** na 1 km úseku, následovaný **ulicí Českobratrská se 110 nehodami** na 1 km, která tvoří nadjezd nad ulicí Cihelní a je také velmi frekventovanou křižovatkou. Nejnebezpečnější úseky silnic v Ostravě tvoří úseky **ulice Rudná**, které měly z větší části všechny četnost **nad 60 nehod** na 1 km úseku silnice. Hlavní průtah z centra Ostravy do městské části Poruba **ulice 28. října** měla četnost **nehod 67**. Překvapivě nízké počty byly u **ulice Opavská**, která tvoří hlavní tepnu směrem z Ostravy směrem na Opavu. U těchto úseků silnice se pohybovala četnost nehod okolo **35 nehod** na 1 km úseku.

Pořadí	Četnost nehod na kilometr úseku	Délka úseku v kilometrech	Označení silnic	Označení ulic
1	118	0,8	Silnice I/11	Ulice Rudná, Ostrava - Zábřeh
2	110	1,1	Silnice II/479	Ulice Českobratrská, Moravská Ostrava
3	77	0,7	Silnice I/11	Ulice Rudná, Ostrava - Vítkovice
4	96	1,5	Silnice II/469	Ulice 17. listopadu, Ostrava - Poruba
5	79	0,3	Silnice I/56	Ulice Místecká, Ostrava - Vítkovice
6	74	0,7	Silnice II/647	Ulice Mariánskohorská, Ostrava - Přívoz
7	73	0,4	Silnice I/56	Ulice Cingrova, Moravská Ostrava
8	70	0,3	Silnice II/647	Ulice Mariánskohorská, Moravská Ostrava
9	67	3,0	Silnice II/479	Ulice 28. října, Ostrava - Mariánské hory
10	57	1,4	Silnice I/56	Ulice Hlučínská, Ostrava - Přívoz

Tabulka 5: 10 úseků silnic s nejvyšším počtem nehod na kilometr úseku v Ostravě

8.2. Nebezpečné křižovatky

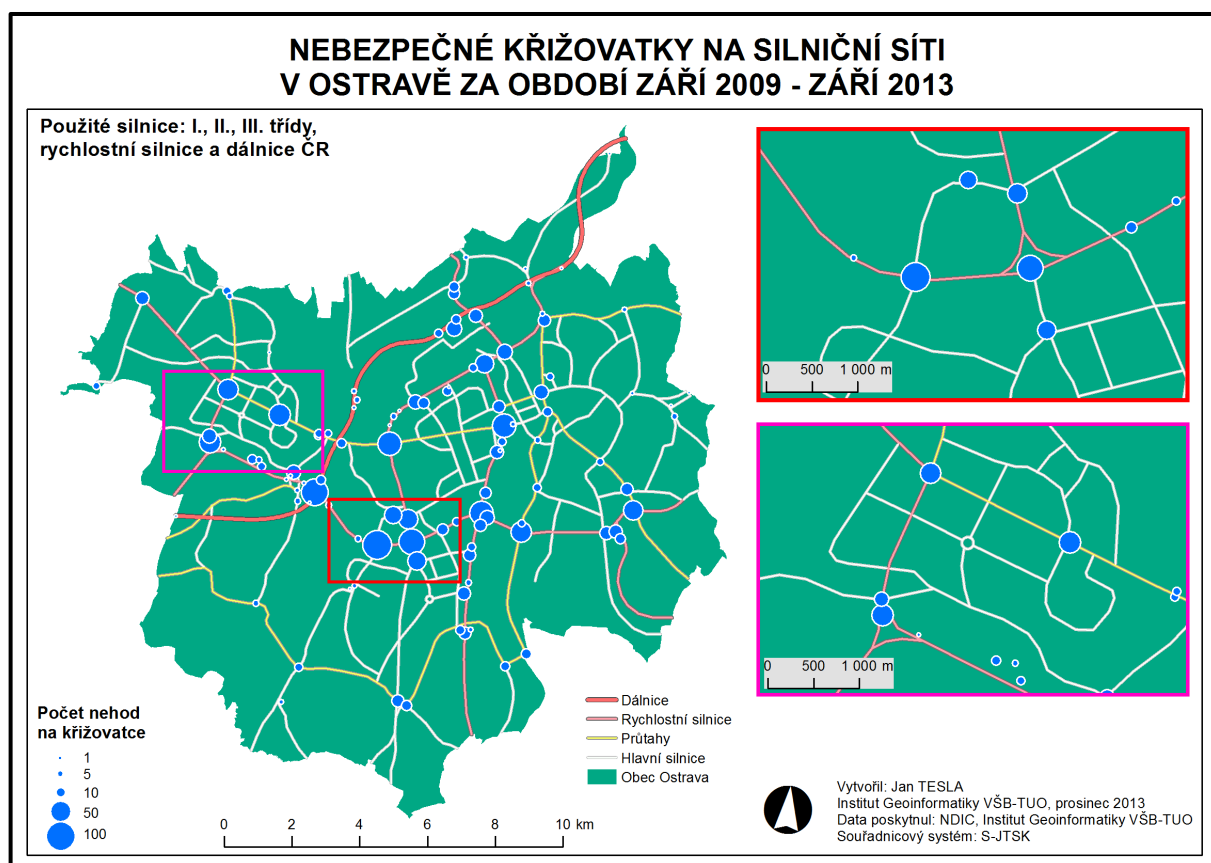
Při analyzování křižovatek silničních úseků je zapotřebí **detailnějšího přístupu**. Z tohoto důvodu byla vybrána **menší studovaná oblast a to Ostrava**. Křižovatky lze samozřejmě analyzovat v globálním měřítku. Nicméně jsem se přiklonil k ukázce analýzy tohoto silničního elementu ve větším měřítku (menší studovanou oblast). Jak bylo řečeno v předešlé kapitole (viz kapitola 8.1), při posuzování nebezpečných úseků byly křižovatky filtrovány z analýzy, protože při jejich analyzování postupujeme **rozdílným způsobem**. Každá křižovatka je různě velká co do počtu vstupů/výstupů, počtu pruhů silnic, mají různé světelné značení a přednosti v jízdě, rovněž se nejedná o klasickou křižovatku. Časté jsou kruhové objezdy a některé z nich jsou rozsáhlé velikostí i počtem vstupů/výstupů. Rozdílné jsou napojování silnic různých tříd, nadjezdy a podjezdy. Většina faktorů zmíněných v kapitole silničních úseků (viz kapitola 8.1) ovlivňují i křižovatky. Nicméně křižovatky samotné jsou co do vzniku dopravní nehody rozdílným dopravním elementem.

V prvním kroku analýzy nebezpečných křižovatek byly vybrány **křižovatky**, jako místa, v kterých se pozemní komunikace v půdorysném průmětu protínají nebo stýkají a alespoň dvě z nich jsou vzájemně propojeny (Široký 2013). Topologie silniční sítě vlivem ořezání na studovanou oblast tvořila body křížení v místech, kde ve skutečnosti křižovatky nebyly. **Křížení** je místem, kde se pozemní komunikace v půdorysném průmětu protínají, aniž jsou vzájemně propojeny (Široký 2013). **Všechna křížení byla ručně zkontrolována pomocí mapových rastrových i vektorových podkladů**. Následně byly **spojovány křižovatky do větších celků**, tak aby například jeden velký kruhový objezd reprezentoval jednu křižovatku, nebo několik blízkých křižovatek bylo spojeno. Tyto křižovatky byly vytvořeny pomocí obalových zón kolem křížení a spojením překrývajících se obalových zón. Testováním **vzájemných minimálních vzdáleností křižovatek** byla určena nejvhodnější obalová zóna s poloměrem **270 metrů**. Tím bylo dosaženo **spojení velkých křižovatek a minimálních chyb u ostatních křižovatek**. Následovalo **ruční očištění křižovatek a finální kontrola** topologické, prostorové a faktické správnosti. Ke křižovatkám byly přiřazovány nehody ve vzdálenosti do **50 metrů od centroidu křižovatky** za celé sledované období. Tato vzdálenost byla zvolena s přihlédnutím ke křižovatkám v Ostravě podle **rozmístění dopravních nehod v okolí křižovatek**. Kontrolovala se vzdálenost dopravních nehod od centroidu křižovatky ve všech směrech tak, aby byly co nejpresněji započítány dopravní nehody v blízkosti křižovatek, aniž by byly započítány dopravní nehody, které vznikaly na úsecích mezi křižovatkami.

Pořadí	Četnost nehod	Označení silnic	Označení ulic
1	103	Napojení silnic I/11 a III/4787	Ulice Rudná a Výškovická
2	88	Napojení silnic I/11 a D1 (354. kilometr)	Ulice Rudná a dálnice D1
3	81	Napojení silnic I/11 a II/647	Ulice Rudná a Plzeňská
4	69	Napojení silnic II/479 a I/56	Ulice 28. října a Místecká
5	66	Napojení silnic I/11 a I/56	Ulice Rudná a Místecká
6	65	Křižovatka silnic II/479 a II/647	Ulice 28. října a Mariánskohorská
7	56	Křižovatka silnic II/479 a III/46620	Ulice Opavská, Martinovská a Francouzská
8	54	Křižovatka silnic II/469 a I/11	Ulice 17. listopadu a Rudná
9	49	Křižovatka silnic II/469 a II/479	Ulice 17. listopadu a Opavská
10	49	Napojení silnic I/II a II/477	Ulice Rudná a Frýdecká

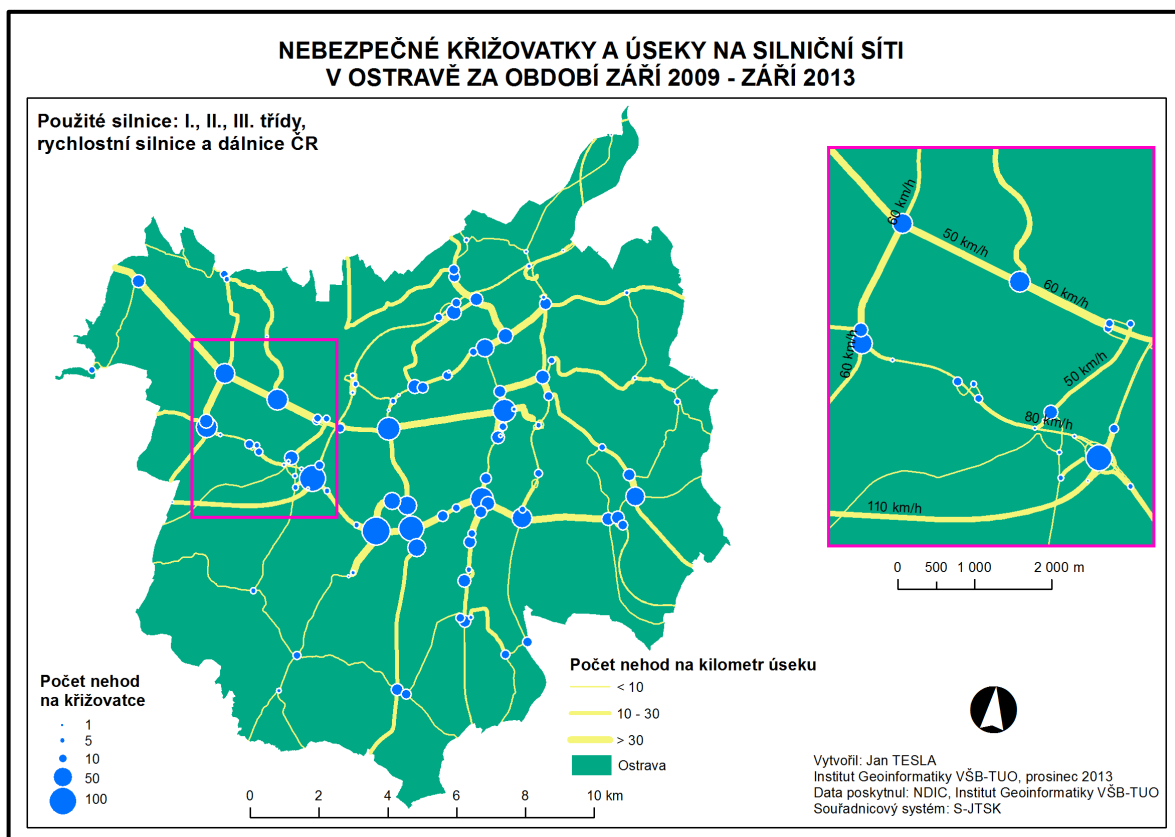
Tabulka 6: 10 křižovek s nejvyšším počtem nehod v Ostravě

Konečný počet křižovek pro Ostravu byl 118 (obrázek číslo 20). Objevilo se **10** křižovek, které neměly za sledované období zaznamenanou žádnou dopravní nehodu. **Nejvyšší počet zaznamenaných nehod** (tabulka číslo 6) byl na křižovatkách **ulice Rudná v Ostravě Zábřehu** (103 nehod) a v **Ostravě Svinově** (88 nehod). Průměrný počet nehod na křižovatku byl oproti těmto křižovatkám výrazně nižší (15 nehod).



Obrázek 18: Nebezpečné křižovatky v Ostravě (verze velkého formátu v příloze)

Nejnebezpečnější křižovatky odpovídaly ve většině případů nejnebezpečnějším silničním úsekům. Byly to křižovatky na **ulicích Rudná, 28. října, Opavská nebo Frýdecká.** Výsledky potvrzovaly nebezpečnost hlavních silničních tahů a hlavně jejich ústí do města. **Četné nehody** byly zaznamenávány také na křižovatkách úseků silnic, které vedou celou Ostravou (**městské průtahy**). Jedná se o fenomén rychlého přejíždění od jedné křižovatky ke druhé na dané silnici. Právě na křižovatkách frekventovaných silnic dochází k častým dopravním nehodám.



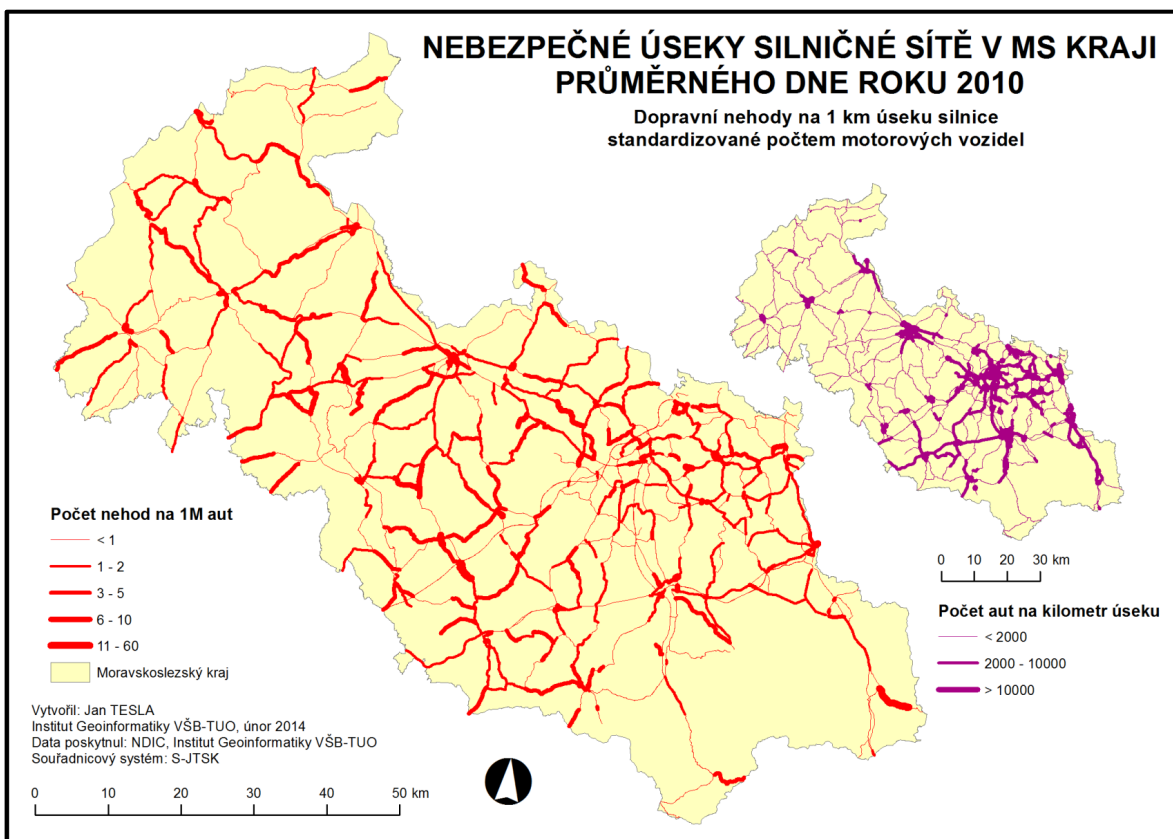
Obrázek 19: Nebezpečné křižovatky a úseky v Ostravě (verze velkého formátu v příloze)

Pokud bychom studovali prostorové rozmístění nebezpečných křižovatek vůči nebezpečným úsekům v Ostravě (obrázek číslo 21) z analýzy vyplývá, že **nejnebezpečnější ulice je ulice Rudná až po sjezd v podobě velké kruhového objezdu v Ostravě Svinově.** Vezmeme-li sjezdy z rychlostní ulice Rudná, která je velmi frekventovanou silnicí směrem do města (konkrétně například u křižovatky Ostrava Vřesinská) není nehodovost na křižovatkách tak vysoká jako u **dvou velkých kruhových objezdů ulice Rudná.** U těchto kruhových objezdů bylo pozorováno často zmatené jednání v situacích dání přednosti v jízdě. Byly z hlediska nehodovosti velmi nebezpečné a světelně řízený sjezd z Rudné do Ostravy Poruby vykazoval v případě křižovatky nižší nehodovost, ačkoliv nehodovost na úsecích ulice Rudná je konstantě vysoká. V ostatních případech

zvýšená nehodovost na úsecích silnic odpovídala v Ostravě zvýšené nehodovosti v okolí křižovatek.

8.3. Sčítání dopravy 2010

Pokud posuzujeme dopravní nehodovost a četnost vzniku dopravních nehod, je vhodné využití **relativní ukazatele**. Jedním z možných přístupů je využití dat o **sčítání dopravy**. Za tímto účelem byly zpracovány výsledky sčítání veškerých motorových vozidel za rok 2010 na dálnicích, rychlostních silnicích a silnicích I. třídy v Moravskoslezském kraji. Četnost motorových vozidel (lehká nákladní vozidla, střední nákladní vozidla, přívěsy středních nákladních vozidel, těžká nákladní vozidla a tahače návěsů, přívěsy těžkých nákladních vozidel, návěsy, autobusy, přívěsy autobusů, traktory, přívěsy traktorů, těžká motorová vozidla a přívěsy, osobní a dodávkové automobily, jednostopá motorová vozidla, těžká nákladní vozidla), byla sečtena **v celoroční 24 hodinový průměr**.

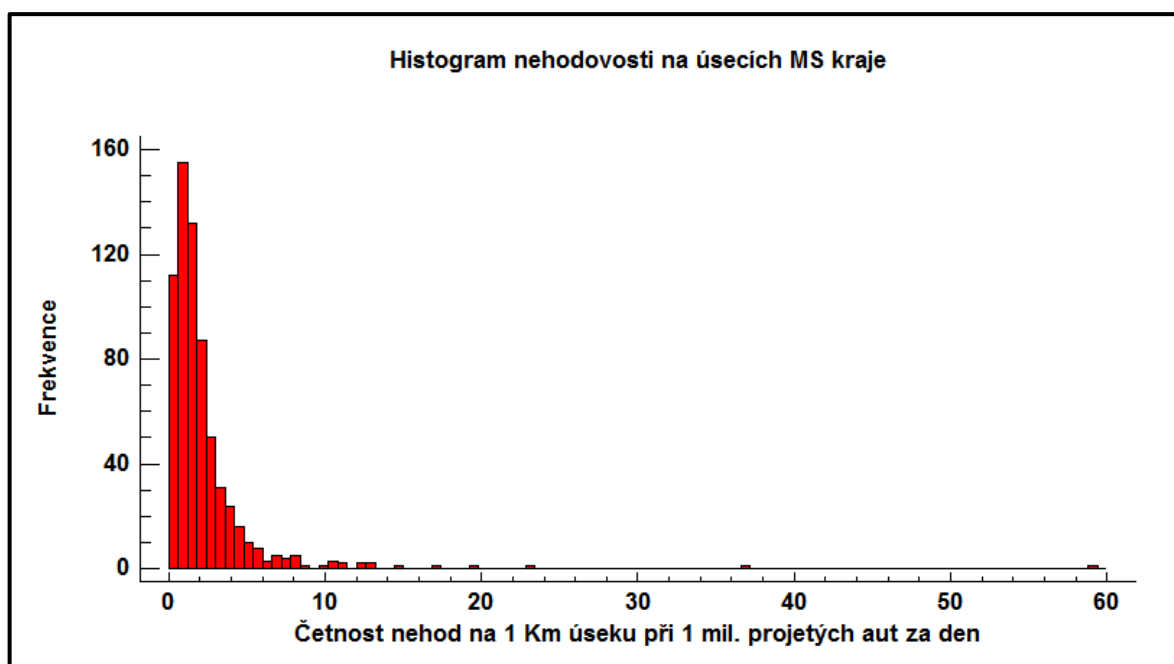


Obrázek 20: Nebezpečné úseky v MS kraji pro rok 2010 s využitím dat sčítání dopravy (verze velkého formátu v příloze)

Při zpracování původních nebezpečných úseků byla využita interpretace průměrného počtu nehod na jeden kilometr vybraného úseku silnice za vybrané období. Zde bylo využito **počtu dopravních nehod na kilometr úseku za jeden den, které byly následně přepočteny na počet vozidel, které daným úsekem**

projedou. Jelikož se jednalo o počty nehod za jeden den, výsledná čísla byla samozřejmě nízká. Proto byl ukazatel vynásoben a interpretován **pomocí počtu dopravních nehod vzniklých na kilometru úseku za jeden pracovní den na jeden milión projetých aut.** Čili riziko vzniku dopravní nehody v daném místě, vůči počtu projetých automobilů.

Výsledná mapa (obrázek číslo 22) zobrazuje výsledky analýzy a výsledky sčítání dopravy. Jelikož byly zachovány úseky silnic vyšších tříd, které vykazovaly vysokou nehodovost, lze je porovnávat s výsledky analýzy nebezpečných úseků uvedené výše (viz kapitola 8.1). **Intenzita dopravy je vysoká ve velkých městech, jako je Ostrava, Opava, Frýdek Místek a další. Pozorujeme větší změny v nebezpečných úsecích oproti původní analýze.** V tomto případě jsou to skutečné úseky s reálnou nehodovostí, jelikož máme reálné počty nehod i reálné počty motorových vozidel.



Obrázek 21: Histogram nehodovosti na úsecích MS kraje s využitím dat sčítání dopravy 2010

Velká míra vzniku dopravních nehod je reprezentována úseky, které vykazovaly **více než 10 nehod na 1 milión aut za jeden pracovní den.** Takových úseků bylo celkem 15. Nejvyšší hodnoty byly 59 (úsek silnice I/58 – obec Frenštát pod Radhoštěm, ulice pod Šenkem), 37 (obec Fulnek ulice Opavská), 23 (úsek silnice II/467 – obec Kravaře, ulice Štěpánkovická) (obrázek číslo 23). Ve velkých městech se pohybovaly tyto hodnoty od 5 – 10 nehod. Zajímavé výsledky lze pozorovat **v pohraničí se Slovenskem,** které vykazují vysokou intenzitu dopravy, protože tvoří hlavní tah do metropolí Moravskoslezského kraje. Jedná se o horské silnice a nehodovost v těchto

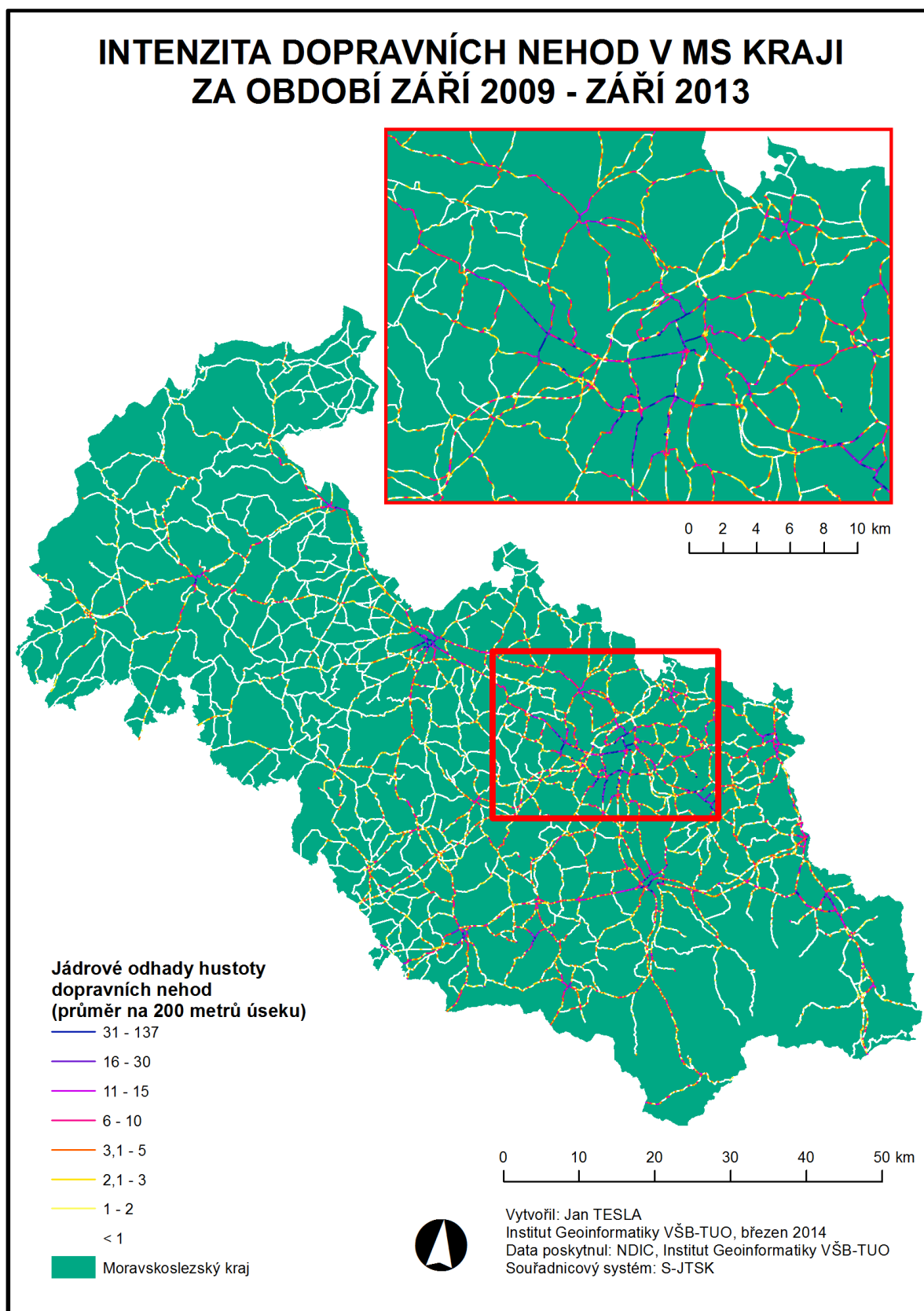
úsecích byla rovněž vysoká. Rozdílné bylo rozmístění úseků s vysokou intenzitou. V předešlé analýze byly tyto vysoké výsledky koncertovány nejvíce přímo do měst (viz kapitoly 8.1 a 8.2). Zde pozorujeme vysokou nehodovost rovněž při **vjezdech a výjezdech měst a hlavních tazích** spojující velká města Moravskoslezského kraje (například úseky silnic spojující Ostravu a Opavu).

Podobné výsledky byly pozorovány u analýzy jádrového odhadu hustoty dopravních nehod níže (viz kapitola 8.4). Proto přiřazení četnosti dopravních nehod úsekům a jejich relativizování pomocí délky úseku není vždy vypovídající a jsou to právě externí vlivy, které upřesňují výsledky hrubého zpracování surových dat nehodovosti v lokálních oblastech. Počty motorových vozidel umožnily základní rozšíření posouzení modelu nehodovosti.

8.4. Modul “Kernel Density Estimation” na linii

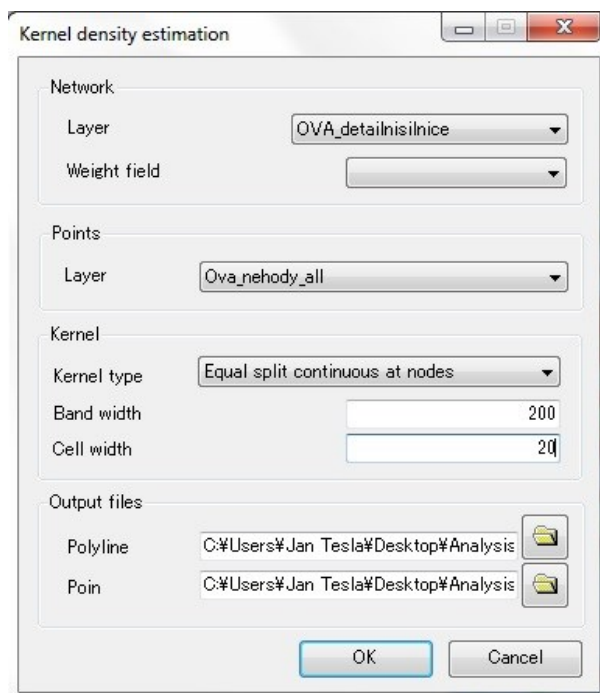
Jádrový odhad hustoty je jednou ze základních prostorových analýz, využívající **odhadu hustoty událostí v prostoru**. Základní tezí je odhad hustoty bodů na a podél sítě a určení oblastí s vysokou hustotou těchto bodů (událostí). Jádrový odhad hustoty bodů pracuje s liniovou vrstvou silniční sítě a bodovou vrstvou dopravních nehod. Nástroj pro jádrový odhad hustoty bodů **na linii** z extenze SANET používá **vlastní dekompozici sítě** na segmenty a **výpočet hustoty bodů** na jednotlivých segmentech (200 metrů, viz obrázek číslo 27). Segmenty jsou mnohdy kratší než původní dělení. Výsledkem je průměrný odhad počtu dopravních nehod v daném místě. Teoretický základ analýzy byl popsán výše (viz kapitola 4.6).

Nástroj rozdělil silniční síť v Moravskoslezském kraji celkem na **256 102 segmentů** (200 metrové segmenty dekomponovaných úseků), kterým byl přiřazen odhad hustoty (počet dopravních nehod dopravních na šířku segmentu) dopravních nehod (šířka segmentu 200 metrů, šířka buňky 20 metrů, obrázek číslo 25). Ten se pohyboval od velmi nízkých hodnot, **50% segmentů** byla přiřazena **hodnota 1 dopravní nehody** a méně. V tomto ohledu byly výsledky analýzy střídmější než při prostém prostorovém přiřazování dopravních nehod segmentům (viz kapitola 8.1). Naproti tomu byl s větší přesností přiřazen počet nehod jednotlivým **dlouhým spojitým silnicím**. Nejvyšší hodnoty se pohybovala **nad 130 dopravních nehod** (137 nejvyšší hodnota). Tyto hodnoty odpovídají hodnotám segmentů z analýzy nebezpečných silničních úseků (obrázek číslo 16). Pro výpočet v daném místě silnice byl nástroj výpočetně rychlejší. Detailnější pohled na segmenty umožnil posoudit výsledky nehodovosti na silnicích ve vyšším měřítku (obrázek číslo 24 a 26).

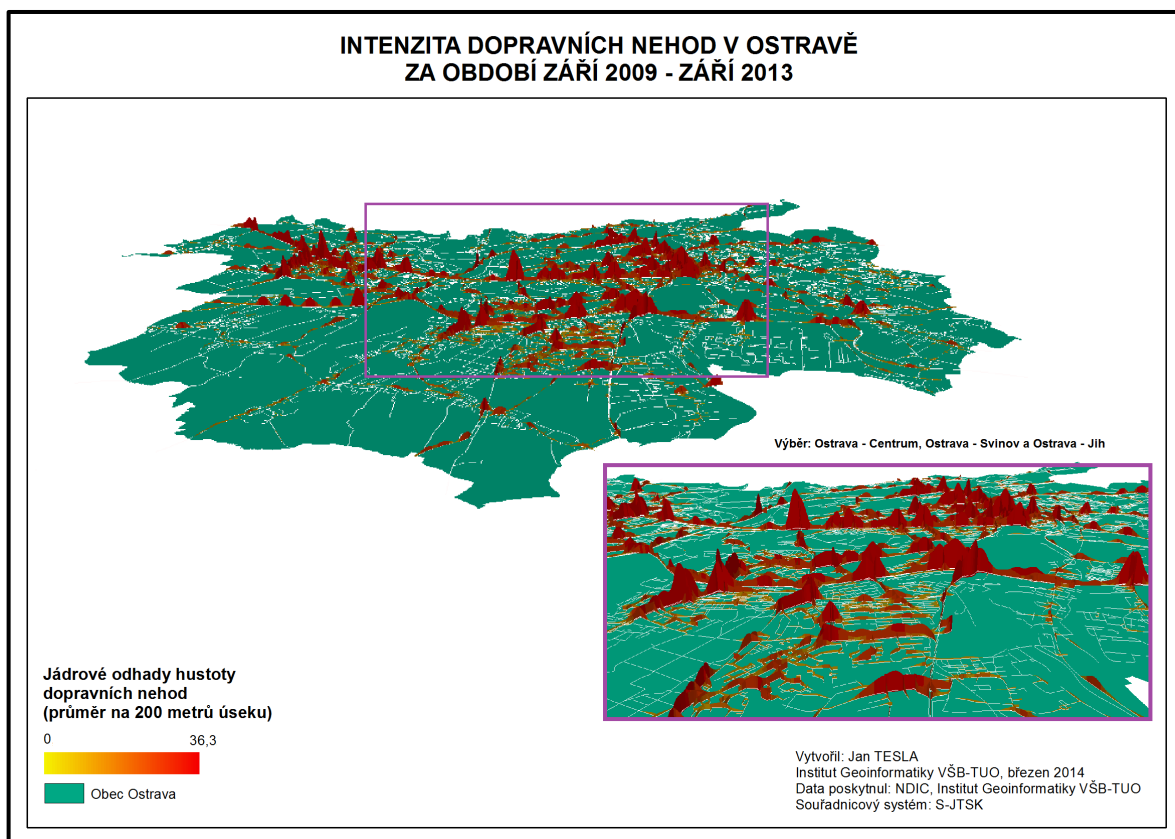


Obrázek 22: Jádrový odhad hustoty dopravních nehod na silnicích Moravskoslezského kraje

Pomocí trojrozměrné vizualizace je možné pozorovat „vrcholy“ nehodovosti (obrázek číslo 26). Jednalo se o místa na silnicích, které byla dříve analyzována (viz kapitola 8.1) diskrétně. Pomocí této vizualizace bylo možné stanovit místa na těchto nebezpečných úsecích, které jsou opravdu oněmi **nebezpečnými částmi** na těchto úsecích. Tak jak bylo řečeno při pohledu na nebezpečné úseky a křižovatky, nejnebezpečnější části byly úseky silnic **v těsné blízkosti křižovatek, dálničních sjezdů, napojování silnic různých tříd** (ulice Rudná) apod. Dále byl pozorován a potvrzen jev, který se vyskytuje na dlouhých spojitých silnicích. Dle mého názoru jde o časté zrychlování



Obrázek 23: Nastavení Kernel Density Estimation v extenzi SANET



Obrázek 24: 3D vizualizace jádrového odhadu hustoty dopravních nehod v Ostravě (verze velkého formátu v příloze)

a zpomalování na dlouhých rovných úsecích u přechodů a křižovatek, které měly za následek časté dopravní nehody (ulice Opavská a 28. října v Ostravě). Problémové jsou samozřejmě také silnice v centru města, s nízkou povolenou rychlostí a frekventovanou dopravou ve špičkách (tento jev byl pozorován ve většině velkých měst v ČR, analýza nebezpečných úseků).

8.5. Modul “Interpolation” na linii

Extenze SANET nabízí také **interpolaci událostí, které se nacházejí na a podél sítě**. Jsou to dvě základní metody interpolace. Deterministický přístup využívá metoda vážených inverzních vzdáleností a geostatistický přístup používá kriging. Modul interpolace SANET je velmi vhodný z hlediska výpočetní rychlosti liniové interpolace. Teoretický postup interpolace je popsán výše v kapitole teoretických základů (viz kapitola 4.7). Velice užitečná je extenze v případě posuzování **externích vlivů**, které mají buď malou četnost, nebo nebyly zaznamenány v celé šíři studované oblasti. Nástroj interpolace z extenze SANET lze doporučit pro interpolaci například **meteorologických dat**. Důležité je nastavení **velikosti buňky**, která má vliv na přesnost výsledných interpolovaných dekomponovaných úseků sítě. Ostatní hodnoty byly popsány v teoretické části práce (viz kapitola 4.7).

8.6. Porovnání analýz

Dosud představené analýzy tvoří základ zpracování **prostorových aspektů** dopravní nehodovosti. Není žádoucí se vždy zaměřit pouze na prostou **četnost nehod**. Žádoucím minimem je **vztáhnout četnost k délce úseků nebo počtu motorových vozidel**. Další možností je porovnání s celkovým počtem aut nebo obyvatel nad 18 let nebo počet řidičů. Nutným problémem je dostupnost takových dat. Čím detailněji chceme dopravní nehody studovat, posuzovat, analyzovat, vizualizovat, předvídat, tím více různorodých dat potřebujeme.

Předešlé analýzy sloužily k hrubému posouzení surových dat o nehodách. Pracoval jsem se základním atributem pro prostorové analýzy – **lokalizace dopravní nehody v prostoru**. Posouzení nebezpečných úseků vyžadovalo manuální očištění dat od nežádoucích vlivů (zejména odstranění křižovatek z analýzy). Analýzu bylo možné nahradit využitím extenze SANET – jádrový odhad hustoty (kernel density estimation). Výsledky byly porovnány a oba přístupy měli korektní a hodnotné výsledky. Při jádrovém odhadu hustoty dopravních nehod pro velké oblasti a velký počet událostí musíme počítat s velkým nárůstem výpočetních nároků. Uživatel však získá přesnější výsledky ve větším měřítku a detailní pohled na události na síti. Je jen na něm jak velkou dekompozici sítě si nastaví, ale opět zde platí pravidlo nárůstu nároků.

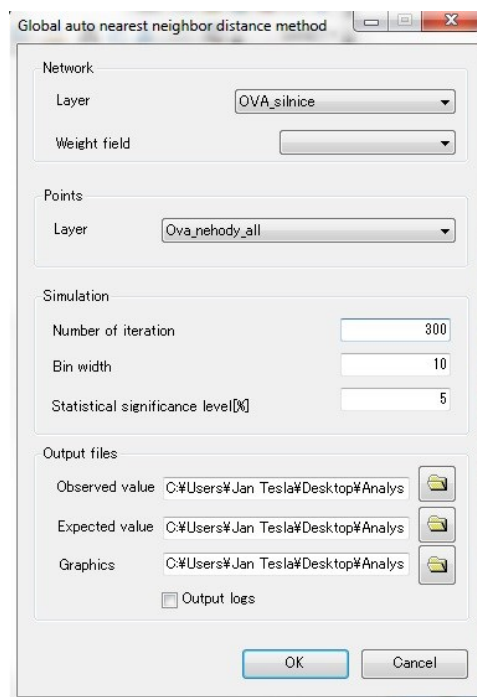
Křižovatky byly vyloučeny z původní analýzy nebezpečných úseků. Byl to specifický krok, který bylo nutné provést vzhledem k chování studovaného jevu (událostí). **Je možné přistupovat k analyzování křižovatek stejně jako k analyzování nebezpečných úseků**, chceme-li ovšem výsledky, které budou reálně odrážet situaci na křižovatkách, tedy vhodný model pro jejich vyhodnocení, je nutné zpracovávat křižovatky v ČR na úrovni měst a obcí. Tento postup byl zdlouhavý a vyžadoval velkého manuálního zásahu do vstupních dat. Výsledky pro Ostravu však věrně odrážely reálnou situaci i při porovnání nebezpečných úseků a nebezpečných křižovatek.

8.7. Modul “Global Auto Nearest Neighbour Distance Method”

Všechny prostorové analýzy jsou založeny na blízkosti a sousedství objektů a vztahů mezi nimi. Globální metoda nejkratší vzdáleností sousedních událostí slouží k posouzení shlukování událostí (dopravních nehod) na a podél sítí. Do analýzy opět vstupovala vrstva silnic a dopravních nehod pro Ostravu (za celé studované období). Další nastavení slouží pro rozdělení spojitě vzdálenosti událostí do intervalů (přírůstek euklidovské vzdálenosti dopravních nehod na linii), nastavení stupně statistické významnosti a počtu iterací **Monte Carlo simulací** (obrázek číslo 27).

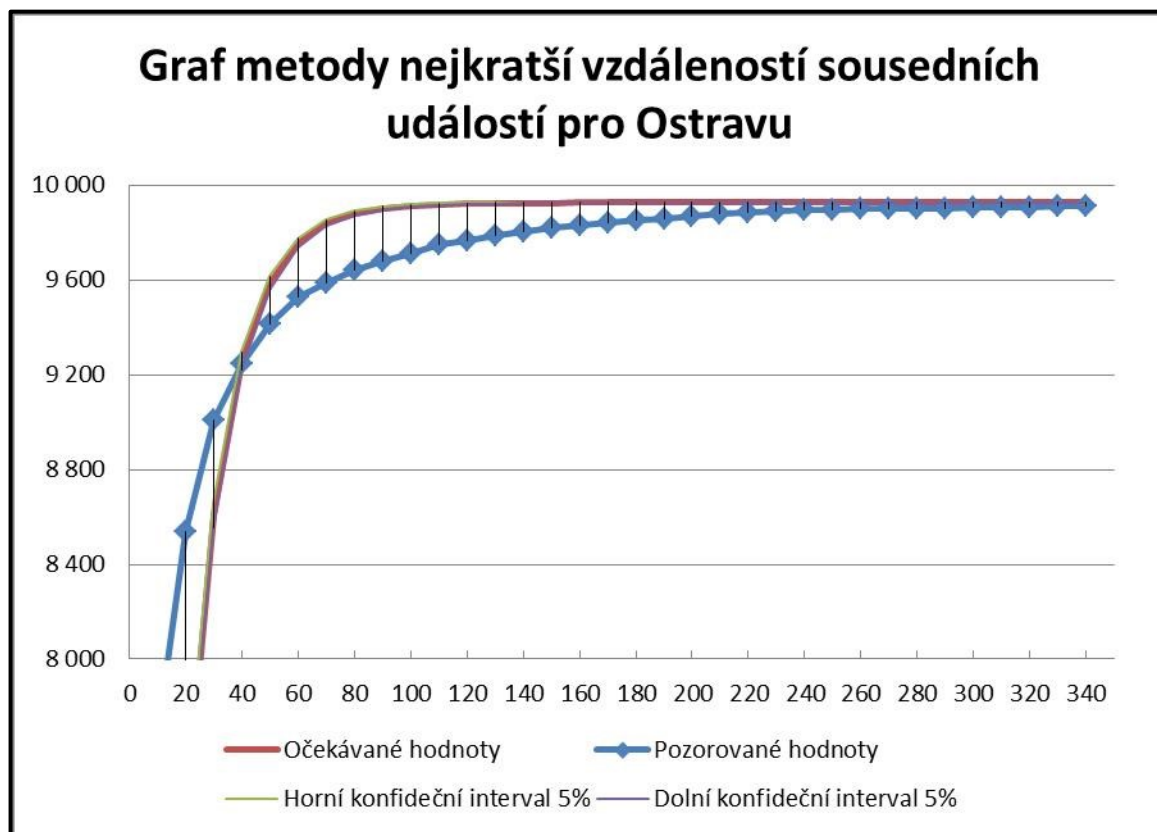
Simulace Monte Carlo má široké využití od simulace experimentů přes počítání určitých integrálů až třeba řešení diferenciálních rovnic. Základní myšlenka této metody je velice jednoduchá, chceme určit střední hodnotu veličiny, která je výsledkem náhodného děje. Vytvoří se počítačový model toho děje a po proběhnutí dostatečného množství simulací se mohou data zpracovat klasickými statistickými metodami, třeba určit průměr a směrodatnou odchylku.

Výsledkem analýzy jsou **vypočítané nejkratší vzdálenosti mezi událostmi**, které byly vztaženy k síti silnic. Pro vyhodnocení **kompletní prostorové náhodnosti událostí** (dopravních nehod) na síti (silnicích), slouží tzv. **Clark Evansův index** (OKABE 2012)



Obrázek 25: Nastavení metody nejbližších vzdáleností sousedních událostí v extenzi SANET

(tabulka číslo 7). Jeho výpočet vychází z podílů průměrných pozorovaných a očekávaných hodnot. Konkrétně, hypotéza, že dané rozmístění jedinců je výsledkem určitého procesu se zamítne, pokud hodnota indexu shlukování této struktury bude menší než dolní mez, nebo větší než horní mez, příslušného konfidenčního intervalu.



Obrázek 26: Graf závislosti kumulovaného počtu událostí (dopravních nehod) ke vzdálenosti těchto událostí. Křivky očekávaných a pozorovaných nejkratších vzdáleností sousedních událostí

Jelikož křivka pozorovaných hodnot (obrázek číslo 28) nebyla mezi křivkami horní a dolní meze očekávaných hodnot, **zamítli** jsme nulovou hypotézu na hladině významnosti 95% pro hodnoty ve vzdálenosti **menší než 350 metrů**, že nehody podléhaly procesu kompletní prostorové náhodnosti událostí. Do vzdálenosti 350 docházelo k statisticky významnému shlukování dopravních nehod. Pro hodnoty **nad 350 metrů** nulovou hypotézu **nezamítáme**. Nejkratší vzdálenost mezi těmito nehodami nebyla **statisticky významná** a podléhaly tak procesu kompletní prostorové náhodnosti událostí, nedocházelo ke statisticky významnému shlukování dopravních nehod.

V Ostravě tak byla stanovena vzdálenost 350 metrů, do které struktura silnic, silničních prvků a zejména křižovatek (v analýze nebezpečných křižovatek byla agregace nehod stanovena na 270 metrů), povolená rychlost, délka úseků mezi křižovatkami, světelné značení, dopravní značení a jiné prvky silnic ovlivňují vznik opakovaných nehod – shlukování nehod.

Ukazatel	Hodnota
Očekávaný průměr	14,934478
Pozorovaný průměr	11,322089
Dolní mez	14,728366
Horní mez hodnota	15,170660
Clark Evansův index	0,758117

Tabulka 7: Clark Evansův index pro Ostravu

Čím blíže je Clark Evansův index blíže hodnotě 1, tím více se průměrná vzdálenost k nejbližšímu sousedovi rovná očekávané vzdálenosti podle Poissonova rozdělení. Hodnota indexu pro dopravní nehody v Ostravě byla 0,76 (tabulka číslo 7).

9. Publikování výsledků v prostředí WWW

Výsledky diplomové práce Prostorových analýz dat dopravních nehod v České republice byly publikovány v prostředí WWW stránek (obrázek číslo 29). Dostupné je uvedení do tématu, popis hlavních analýz a zhodnocení jejich výsledků. Na stránkách se nachází také galerie vizualizace výsledků analýz (nezbytným prvkem hlavně u mapových výstupů je přibližování, oddalování a posouvání). Stránky jsou volně dostupné na adrese <http://www.jantesla.cz>.

"Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things."

Výsledky

Nebezpečné úseky

Kritické části silnic jsou tvořeny dvěma částmi. Jsou to úseky silnic a křižovatky. Na nebezpečnosti úseků silnic se podílí několik faktorů. Důležitá je jejich vertikální a horizontální členitost, povolená rychlost, dopravní značení, umístění úseku v prostoru (ve smyslu významného dopravního tahu nebo vedlejší cesty), počet pruhů úseku a délka úseku. Všechny tyto faktory mají vliv na vznik dopravních nehod na a v blízkosti (podél) těchto úseků. Liniová vrstva dálnic, rychlostních silnic, silnic I. II. a III. třídy obsahovala topologii segmentů silnic. Dělení segmentů silnic bylo ponecháno podle oficiálního dělení RSD ČR.

Při posuzování úseků silnic byly křižovatky filtrovány, aby nezasahovaly do celkového pohledu na silniční úseky. Vznikaly krátké segmenty silnic s velkou četností dopravních nehod. Proto nebyly nehody v blízkém okolí křižení úseků silnic započítány do výpočtu nebezpečných úseků silnic. Pro posouzení nebezpečných úseků byla zvolena data za celé sledované období. Následně byla daná četnost relativizována délkou úseku.

Pro správné přiřazení nehody k danému úseku byl zvolen následující postup. Pro každý liniový segment reprezentující silnici nebo sousedící liniové segmenty (reprezentující dálnice), byla vytvořena obalová zóna 7 metrů na obě strany kolem daného segmentu. Tím bylo zajištěno, že k danému segmentu byly přiřazeny nehody, které vznikly přímo na silnici nebo v její odstavě části.

Z vyhodnocených výsledků pozorujeme u nebezpečných úseků tyto tendence: úseky silnic s největší četností nehod na 1 km úseku jsou převážně tvořeny rychlostními silnicemi, dálnicemi a úseky silnic ve velkých městech. Ačkoliv maximální hodnota četnosti nehod na 1 km úseku v ČR byla 321 nehod v případě úseku 2434A033012434A03305, který tvoří dálnici D1 (CZ0642), pouze 38 úseků silnic mělo více než 100 nehod na 1 km úseku. Průměr byl 3,4 nehody na 1 km úseku. Nejčastější počet nehod na 1 km úseku byl v rozmezí 0 – 20 nehod. Právě úseků s četností do 5 nehod bylo přes 30 tisíc, což je pro dlouhé sledované období jasným ukazatelem nízké nehodovosti na vedlejších silnicích. 99% úseků silnic tvořily úseky s četností do 40 nehod a 95% do 16 nehod.

Nebezpečné křižovatky

Diplomová práce Bakalářská práce Projekty Ke stažení O autorovi

Obrázek 29: Ukázka publikace výsledků diplomové práce v prostředí WWW

10. English Summary

This thesis deals about **The Spatial Analysis of Traffic Accidents Data in the Czechia**. The input data consisted of traffic accidents and road network data. Overall **385,506** of reported traffic accidents were used for the period **2009-2013**. During processing of input traffic accidents data, 1% was lost.

Basic evaluation of traffic accidents in the Czech Republic showed a **downward trend in fatalities**. In 2012 were **681** traffic accidents resulting in death. But there is still a need to reduce these values, as the number of reported traffic accidents and operated motor vehicles continues to increase (see Chapter 7.1). Therefore, in the first place should be reducing the loss of human lives and injuries in traffic accidents because it is often not just the drivers themselves, but also pedestrians or cyclists, who suffer. The second should be to reduce the material damage in these accidents. Positive is the **downward trend of the accident rate and mortality rate on roads** in the Czech Republic (see Chapter 7.1). These indicators are influenced by the number of inhabitants and motor vehicles in the Czech Republic, which have a slight upward trend. The age of motor vehicles is decreasing too. This helps to reduce damage from traffic accidents and safety on highways.

As a main source of traffic accidents data were chosen **traffic information from NDIC database**. Many organizations and institutions contribute to NDIC (see Chapter 3), so the final count of reported traffic accidents in NDIC was higher than counts from Czech Police department (see Chapter 7.2). Since **the frequency and position of accidents** were the most important attributes in analysing raw data of accidents, NDIC appeared as suitable source. To analyse the basic spatial aspects of the accident data, **I used manual analysing with tools from ArcGIS software and ArcGIS extension SANET**.

The two main elements of the road network - **dangerous intersections and dangerous road segments** - allow evaluating the **hot spots** (see Chapter 5.1). Hot spots are places with increased frequency of traffic accidents per kilometre of road segment (see Chapter 8.1) and intersections with a high frequency of accidents in the nearby area as defined (see Chapter 8.2). For processing the accident data on the road network (dangerous road segments), **the surveyed area seven meters on both sides** of the line was established representing the road. For processing the accident data close to intersections (dangerous intersections), **the study area of 50 meters from the centroid** of the intersection was established as they were excluded from the analysis dangerous sections (see Chapters 8.1 and 8.2).

The most dangerous road segments were observed at **frequented roads in major cities, expressways and highways** (in connections to the highway and the entrance/exit of the city to the highways). In the detail view the **entrances/exits of cities and main roads linking major cities** proved to be hazardous road segments (for examples see Chapters 8.1 and 8.4).

For studying the parts of the dangerous road segments, I used the **Kernel density estimation** tool for lines. For the example – detail of dangerous road link segments in the city Ostrava (see Chapter 8.4). Through this analyse I connected results of dangerous road segments and intersections (see Chapters 8.2 and 8.4). Dangerous sections of road were located mainly **between the intersections, in entrances/exits from intersections and in areas of frequent acceleration and deceleration of road traffic**. Hazardous appeared to be also a **large roundabouts, road connections of different road classes, road exits to the cities and connections from envelopments to the cities**.

Different results were obtained when expressing the accident by **the count of vehicles** (see Chapter 8.3). Observed road segments, which wasn't previously classified as dangerous, had in this analyse increased accident rate dependent on the frequency of vehicle count. For example the road segments in border regions.

Assessment of **spatial distribution of traffic accidents** in way of distances between traffic accidents and accidents comparisons using the lengths of the sections were evaluated using a **Nearest Neighbour** method in Ostrava (see Chapter 8.7). The distribution of traffic accidents **within 350 meters** have been **strongly influenced** by elements of the road network and the length of the road segments. Such accidents are not **randomly distributed**, but according to a **certain pattern**, which is affected with road network, road network elements, external influences, etc. (see Chapter 8.7). From **350 further** road segments were **randomly distributed** (using Clark-Evans index).

For further study is necessary to focus on the **external factors** that influence the distribution of traffic accidents, as it was represented in this thesis. The represented analyses are useful for quick evaluation of traffic accidents rates for both small and large scale. SANET tool offers a sophisticated approach to evaluate the behaviour of events along a network designed to refine these analyses. The results are useful for improving the **road safety and qualifications of road segments and intersections**. For further information see my website <http://www.jantesla.cz>.

11. Závěr

Diplomová práce si kladla za cíl **vyhodnocení prostorových analýz dopravních nehod v České republice**. Pro vyhodnocení byla potřebná data o dopravních nehodách a silniční síť České republiky. Bylo představeno zpracování obou datových zdrojů a zejména zpracování dat o dopravních nehodách z databáze systému **NDIC** (viz kapitola 6). Pěs úpravu vstupních dat, došlo ke ztrátě 1% dat. Celkově bylo použito **385 506** ohlášených dopravních nehod za období let 2009 - 2013.

V roce 2012 bylo v ČR **681 dopravních nehod s následkem smrti**. Je nadále potřeba snižovat tyto hodnoty, jelikož počet ohlášených dopravních nehod a provozovaných motorových vozidel se nadále zvyšuje (viz kapitola 7.1.). Pozitivní je rovněž **snižování míry nehodovosti a úmrtnosti** na silnicích v ČR (viz kapitola 7.1). Snižuje se stáří vozového parku ČR, které přispívá ke snížení škod při dopravních nehodách a k bezpečnosti na silničních komunikacích.

Díky širšímu okruhu organizací a institucí, pro sběr dat do databáze NDIC (viz kapitola 3), byl počet dopravních nehod vyšší než od Policie ČR (viz kapitola 7.2). Jelikož **četnost dopravních nehod** byla nejdůležitějším atributem po **atributu polohy** při analyzování hrubých dat o nehodovosti, jevil se NDIC jako vhodný zdroj. Pomocí těchto dat bylo navrženo **zpracování základních prostorových aspektů nehodovosti** pomocí manuálních analýz s využitím prostředí nástrojů softwaru ArcGIS a extenze SANET.

Dva hlavní elementy silniční sítě – **nebezpečné křižovatky a nebezpečné úseky** – umožnily vyhodnotit takzvané „hot or black spots“ (viz kapitola 5.1). Byly to místa, které vykazovaly zvýšenou četnost dopravních nehod na jeden kilometr daného segmentu silnice (viz kapitola 8.1) a křižovatky s vysokou četností dopravních nehod ve svém blízkém okolí tak jak bylo definováno (viz kapitola 8.2). Při zpracování silniční sítě, která byla posuzována ve všech úrovních, byla stanovena zkoumaná oblast **7 metrů** na obě strany linie reprezentující silnice. Na křižovatky bylo nahlíženo detailnějším přístupem, jelikož byly vyloučeny z analýzy nebezpečných úseků. Byly posuzovány rozdíly mezi křížením a křižovatkami a byla studována oblast blízkého do **50 metrů** od středu křižovatky (viz kapitoly 8.1 a 8.2).

Nejnebezpečnější úseky silniční sítě byly pozorovány na vytížených **průtazích velkých měst, rychlostních silnicích a některých úsecích dálnic** ČR (zejména v místech napojování na dálnice a vjezdech/výjezdech z měst na dálnice). Při detailním pohledu se ukázaly jako nebezpečné úseky **vjezdy/výjezdy z měst a hlavní silnice spojující velká města** (příklady viz kapitoly 8.1 a 8.4).

Pro studium segmentů silnic, kterým byly v analýze nebezpečných úseků přiřazovány průměrné četnosti za celý segment, byl využit nástroj **jádrového odhadu hustoty dopravních nehod**. Na příkladu v městě Ostravě byly zobrazeny hlavní průtahy městem (viz kapitola 8.4). Nebezpečné části úseků silnic se nacházely zejména **mezi jednotlivými křižovatkami**, v místech **příjezdů a odjezdů od křižovatek** a v místech častého **zrychlování a zpomalování** silniční dopravy. Analýzy nebezpečných křižovatek na příkladu v Ostravě ukázala umístění křižovatek s vysokou četností dopravních nehod v oblastech, které byly popsány výše. Nebezpečné se jevily také **velké kruhové objezdy, napojování silnic různých tříd, sjezdy z okružních průtahů směrem do města a z dálnic**.

Rozdílných výsledků bylo dosaženo při vyjádření nehodovosti pomocí počtů ze **sčítání dopravy** (viz kapitola 8.3). Byly pozorovány silniční úseky, které nebyly dříve považovány za nebezpečné, mající zvýšenou nehodovost závislou na frekvenci provozu na úsecích. Příkladem byly úseky silnic **v pohraničí se Slovenskem**. Rozrostl se počet nebezpečných úseků, které tvoří silniční **propojení mezi velkými městy**.

Posuzování výskytu dopravních nehod ve smyslu **vzdáleností mezi jednotlivými dopravními nehodami** a porovnávání nehodovosti s využitím délky úseků byly vyhodnoceny pomocí metody **nejbližších sousedů** (viz kapitola 8.7). Rozmístění dopravních nehod vzdálených od sebe **do 350 metrů** bylo silně ovlivněno elementy silniční sítě a délkou segmentů silnic. Bylo prokázáno, že tyto dopravní nehody **nejsou rozmístěny náhodně**, ale ve **shlucích**, které jsou ovlivněny silniční sítí, elementy silniční sítě, externími vlivy apod. (viz kapitola 8.7). **Od vzdálenosti 350 metrů** bylo možné považovat rozmístění dopravních nehod za **náhodné**.

Pro další studium je vhodné se zaměřit na **externí vlivy**, které ovlivňují rozmístění dopravních nehod, tak jak bylo reprezentováno v této diplomové práci. Navržené analýzy jsou vhodné pro rychlé vyhodnocení dopravní nehodovosti pro **malá i velká měřítka**. Nástroje SANET nabízí sofistikovaný přístup ke **zhodnocení chování událostí na a podél sítě** pro zpřesnění těchto navržených analýz. Výsledky jsou vhodné **pro zvyšování bezpečnosti a kvalifikaci úseků silniční sítě a křižovatek**.

12. Seznam použité literatury a zdrojů

CDV: **Geografický informační systém**, 2014. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodynakomunikaci/Search.aspx>
http://maps.jdvm.cz/cdv2_docs/help/Metodika_aplikace_nehody_komunikace.pdf
<http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodynalokalite/Search.aspx>
http://maps.jdvm.cz/cdv2_docs/help/Metodika_aplikace_nehody_lokalita.pdf

ČSÚ: **Český statistický úřad**, 2014. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://notes2.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/home>

ČSÚ: **Veřejná databáze ČSÚ**, 2014. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://vdb.czso.cz/vdbvo/uvod.jsp>

DOLEŽALOVÁ, M. **Prostorová analýza dopravních nehod: Spatial analysis of traffic accidents**. Univerzita Pardubice, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Tomáš Kořínek. [cit. 2014-04-08] Dostupné z: http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/52405/2/DolezalovaM_ProstorovaAnalyza_TK_2013.pdf.

ERDOGAN, S. **Explorative spatial analysis of traffic accident statistics and road mortality among the provinces of Turkey**. Journal of Safety Research. 2009, vol. 40, issue 5. DOI: 10.1016/j.jsr.2009.07.006. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022437509000772>

GUNDOGDU, I. B., Hung, W., Wong, W. **Applying linear analysis methods to GIS-supported procedures for preventing traffic accidents: Case study of Konya**. Safety Science. 2010, vol. 48, issue 6, s. 763-769. DOI: 10.1016/j.ssci.2010.02.016. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925753510000561>

HAINING R. P., GOODCHILD M. F. **GIS and spatial data analysis: Converging perspectives**. Papers in Regional Science. 2003-10-1, vol. 83, issue 1. DOI: 10.1007/s10110-003-0190-y. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1007/s10110-003-0190-y>

HORÁK, J. **Prostorová analýza dat**. 3. vydání. VŠB - TU Ostrava, 2011, 158 s. [online] [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://gis.vsb.cz/pad/>

HRUBEŠ, P. **Analýza statistických dat silniční nehodovosti**. Praha, 2010. Habilitační práce. ČVUT. [online] [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.iss.fd.cvut.cz%2FMembers%2Fph%2Fgis-1%2Fhabilitace%2Fat_download%2Ffile&ei=c59uUsLhJ46qhQet-

4GwDA&usg=AFQjCNFUBW2n5LnfFj-iAml-
EN_PKsHXrA&sig2=DD6_cR7V3q30Goe5-247uA&bvm=bv.55123115,d.ZG4.

HUNG, W., WONG, W., NG K. **An algorithm for assessing the risk of traffic accident. *Journal of Safety Research***. 2002, vol. 33, issue 3, s. 387-410. DOI: 10.1016/S0022-4375(02)00033-6. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022437509000772>

CHEN, H. **Black Spot Determination of Traffic Accident Locations and Its Spatial Association Characteristic Analysis Based on GIS**. *Journal of Geographic Information System*. 2012, vol. 04, issue 06. DOI: 10.4236/jgis.2012.46063. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/jgis.2012.46063>

JSDI: **Aplikace nehodová místa**, 2014. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://infobesi.dopravniinfo.cz/app/Pages/About>;
<http://www.dopravniinfo.cz/nehodova-mista>

JSDI: **Jednotný systém dopravních informací**, 2013. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.dopravniinfo.cz/jsdi>

NDIC: **Národní dopravní informační centrum**, 2013. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.dopravniinfo.cz/narodni-dopravni-informacni-centrum>

OKABE, A., SUGIHARA, K. **Spatial analysis along networks: statistical and computational methods**. Hoboken, N.J., 2012, p. cm. ISBN 978-047-0770-818. [cit. 2014-04-08].

O'SULLIVAN, D., UNWIN, D. **Geographic information analysis**. 2nd ed. Hoboken, N. J.: John Wiley, c2010, xix, 405 p. ISBN 04-702-8857-4. [cit. 2014-04-08].

POKORNÝ, P., SKLÁDANÝ, P. **CDV: Nehodové lokality**, 2007. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/clanky/nehodove-lokality/#typologie>

POLICIE ČR, 2000. **§ 47 zákona č. 361/2000 Sb.: o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů**. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/co-je-vlastne-dopravni-nehoda.aspx>

POLICIE ČR, 2008: **Novela zákona o silničním provozu provedená zákonem č. 274/2008 Sb.** [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.povinne-ruceni.com/clanek-zmeny-v-hlaseni-dopravni-nehody-od-ledna-2009.html>

RODRIGUE, J. P., COMTOIS, C. SLACK, B. *The geography of transport systems*. London: Routledge, 2006, ix, 284 s. ISBN 02-030-0111-7. [cit. 2014-04-08].

ŘSD ČR: *Silniční a dálniční síť*, 2013. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.rsd.cz/Silnicni-a-dalnicni-sit>

SANET, 2014: *Spatial analysis along network extenze pro ArcGIS*. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://sanet.csis.u-tokyo.ac.jp/index.html>

SIMONOVÁ, E. *CDV: Místa častých dopravních nehod*, 2007. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/file/reklamni-objekty-podel-silnice-a-jejich-vliv-na-ridice-434/>

ŠIROKÝ, J. *Technologie dopravy*. Upr. vyd. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2013. ISBN 978-80-86530-91-8. [cit. 2014-04-08].

TESLA, J., Igor, I. *Prostorové aspekty dopravních nehod v české republice*, 2014. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2014/sbornik/papers/gis2014524d41b2a75e9.pdf

VLČÍNSKÝ, J. *Odběr dopravních informací z JSDI v praxi*, 2009. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2009/sbornik/Lists/Papers/082.pdf

WHO, 2010: *Violence and Injury Prevention* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: http://www.who.int/violence_injury_prevention/en/

13. Seznam obrázků, tabulek a grafů

OBRÁZEK 1: SCHÉMA NDIC (NDIC 2013).....	6
OBRÁZEK 2: SCHÉMA JSDI (JSDI 2013).....	7
OBRÁZEK 3: SÍŤOVÉ HISTOGRAMY. (A) RŮZNÁ DÉLKA SEGMENTŮ, (B) STEJNÁ DÉLKA SEGMENTŮ (OKABE 2012)	18
OBRÁZEK 4: DEKOMPOZICE SEGMENTŮ SÍŤE (OKABE 2012).....	19
OBRÁZEK 5: RŮZNÉ ROZMÍSTĚNÍ BODŮ Z OKOLÍ STUDOVANÉHO BODU (OKABE 2012) ..	19
OBRÁZEK 6: METODA NEJBLIŽŠÍHO SOUSEDA NA SÍTI (OKABE 2012)	21
OBRÁZEK 7: APLIKACE NEHODOVÁ MÍSTA – NEHODOVÉ LOKALITY.....	30
OBRÁZEK 8: GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM CDV.....	31
OBRÁZEK 9: UKÁZKA OČIŠTĚNÉ TABULKY DOPRAVNÍCH NEHOD Z NDIC.....	33
OBRÁZEK 10: VÝVOJ POČTU OHLÁŠENÝCH DOPRAVNÍ NEHOD A PROVOZOVANÝCH MOTOROVÝCH VOZIDEL V ČR	34
OBRÁZEK 11: VÝVOJ POČTU DOPRAVNÍCH NEHOD S NÁSLEDKEM SMRTI V ČR	35
OBRÁZEK 12: MÍRY NEHODOVOSTI NA SILNICÍCH V ČR.....	37
OBRÁZEK 13: MÍRY ÚMRTNOSTI NA SILNICÍCH V KRAJÍCH ČR 2011	39
OBRÁZEK 14: POMĚR POČTU NEHOD V KRAJÍCH ČR ZE ZDROJŮ POLICIE ČR A NDIC	41
OBRÁZEK 15: POMĚR POČTU NEHOD V OKRESECH ČR ZE ZDROJŮ POLICIE ČR A NDIC	42
OBRÁZEK 16: NEBEZPEČNÉ ÚSEKY V MORAVSKOSLEZSKÉM KRAJI.....	44
OBRÁZEK 17: HISTOGRAM ČETNOSTI NEHOD NA 1 KM ÚSEKU PRO TŘÍDY S ČETNOSTÍ NEHOD DO 100 V ČR.....	45
OBRÁZEK 18: NEBEZPEČNÉ ÚSEKY SILNIC V ČESKÉ REPUBLICE (VERZE VELKÉHO FORMÁTU V PŘÍLOZE).....	45
OBRÁZEK 19: NEBEZPEČNÉ ÚSEKY SILNIC V OSTRAVĚ (VERZE VELKÉHO FORMÁTU V PŘÍLOZE)	46
OBRÁZEK 20: NEBEZPEČNÉ KŘIŽOVATKY V OSTRAVĚ (VERZE VELKÉHO FORMÁTU V PŘÍLOZE)	49
OBRÁZEK 21: NEBEZPEČNÉ KŘIŽOVATKY A ÚSEKY V OSTRAVĚ (VERZE VELKÉHO FORMÁTU V PŘÍLOZE)	50
OBRÁZEK 22: NEBEZPEČNÉ ÚSEKY V MS KRAJI PRO ROK 2010 S VYUŽITÍM DAT SČÍTÁNÍ DOPRAVY (VERZE VELKÉHO FORMÁTU V PŘÍLOZE)	51
OBRÁZEK 23: HISTOGRAM NEHODOVOSTI NA ÚSECÍCH MS KRAJE S VYUŽITÍM DAT SČÍTÁNÍ DOPRAVY 2010	52
OBRÁZEK 24: JÁDROVÝ ODHAD HUSTOTY DOPRAVNÍCH NEHOD NA SILNICÍCH MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE.....	54
OBRÁZEK 25: NASTAVENÍ KERNEL DENSITY ESTIMATION V EXTENZI SANET	55
OBRÁZEK 26: 3D VIZUALIZACE JÁDROVÉHO ODHADU HUSTOTY DOPRAVNÍCH NEHOD V OSTRAVĚ (VERZE VELKÉHO FORMÁTU V PŘÍLOZE)	55
OBRÁZEK 27: NASTAVENÍ METODY NEJBLIŽŠÍCH VZDÁLENOSTÍ SOUSEDNÍCH UDÁLOSTÍ V EXTENZI SANET	57

OBRÁZEK 28: GRAF ZÁVISLOSTI KUMULOVANÉHO POČTU UDÁLOSTÍ (DOPRAVNÍCH NEHOD) KE VZDÁLENOSTI TĚCHTO UDÁLOSTÍ. KŘIVKY OČEKÁVANÝCH A POZOROVANÝCH NEJKRATŠÍCH VZDÁLENOSTÍ SOUSEDNÍCH UDÁLOSTÍ.....	58
OBRÁZEK 29: UKÁZKA PUBLIKACE VÝSLEDKŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE V PROSTŘEDÍ WWW ..	60
TABULKA 1: VÝVOJ OHLÁŠENÝCH DOPRAVNÍCH NEHOD NA SILNICÍCH V KRAJÍCH ČR (ČSÚ 2014)	35
TABULKA 2: POROVNÁNÍ POČTU ZAZNAMENANÝCH NEHOD DATOVÝCH ZDROJŮ POLICIE ČR A NDIC	40
TABULKA 3: PRŮZKUMNÁ STATISTIKA POČTU DOPRAVNÍCH NEHOD V OKRESECH ČR Z NDIC.....	41
TABULKA 4: 10 ÚSEKŮ SILNIC S NEJVYŠŠÍM POČTEM NEHOD NA KILOMETR ÚSEKU V ČESKÉ REPUBLICE	47
TABULKA 5: 10 ÚSEKŮ SILNIC S NEJVYŠŠÍM POČTEM NEHOD NA KILOMETR ÚSEKU V OSTRAVĚ	47
TABULKA 6: 10 KŘIŽOVATEK S NEJVYŠŠÍM POČTEM NEHOD V OSTRAVĚ	49
TABULKA 7: CLARK EVANSŮV INDEX PRO OSTRAVU	59

14. Seznam příloh

PŘÍLOHA 1: MAPOVÉ LISTY VĚTŠÍHO MĚŘÍTKA

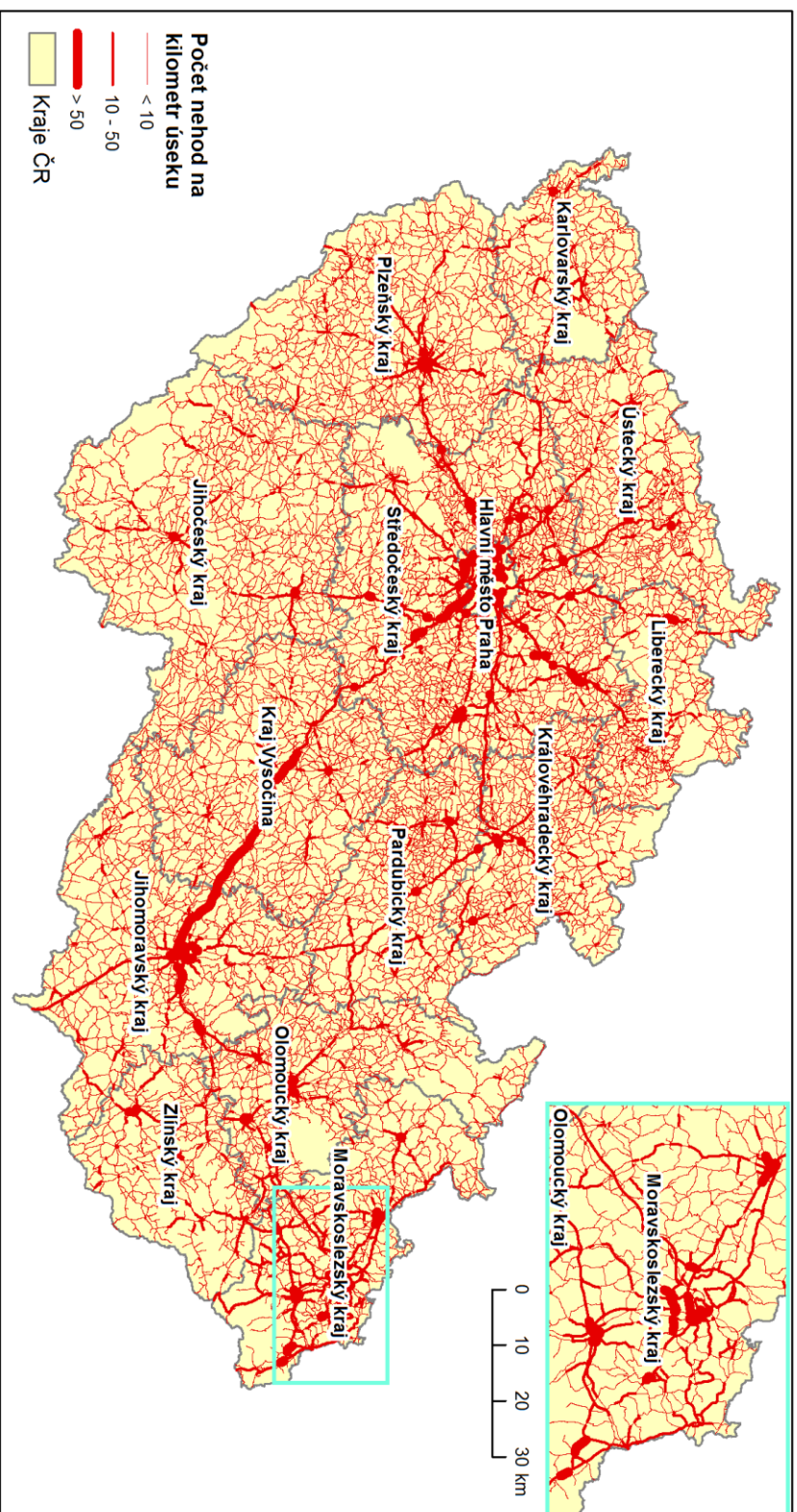
Přílohy

Příloha 1. - Mapové listy většího měřítka, seznam:

- ❖ Mapa 1. – Nebezpečné úseky silniční sítě ČR (obrázek číslo 18 v textu).
- ❖ Mapa 2. – Nebezpečné úseky silniční sítě v Ostravě (obrázek číslo 19 v textu).
- ❖ Mapa 3. – Nebezpečné křižovatky v Ostravě (obrázek číslo 20 v textu).
- ❖ Mapa 4. – Nebezpečné křižovatky a nebezpečné úseky v Ostravě (obrázek číslo 21 v textu).
- ❖ Mapa 5. – Nebezpečné úseky v MS kraji s využitím dat sčítání dopravy (obrázek číslo 22 v textu).
- ❖ Mapa 6. – Jádrový odhad hustoty dopravních nehod v Ostravě ve 3D (obrázek číslo 26 v textu).

NEBEZPEČNÉ ÚSEKY SILNIČNÍ SÍTĚ ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2009 - ZÁŘÍ 2013 V KRAJÍCH ČR

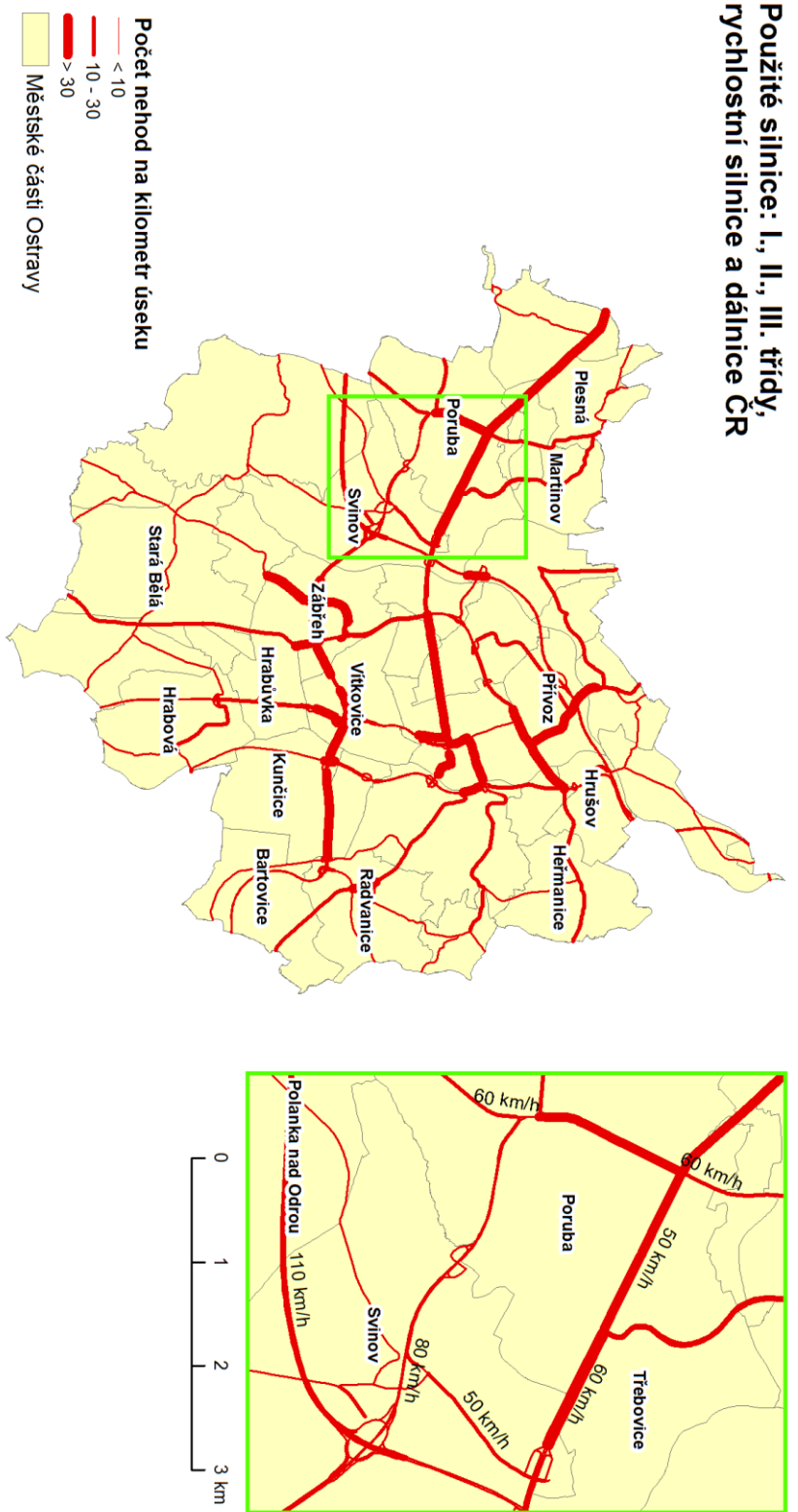
Použité silnice I., II., III. třídy, rychlostní silnice a dálnice ČR



Vyvořil: Jan TESLA
Institut Geoinformatiky VŠB-TUO, prosinec 2013
Data poskytl: NDIC, Institut Geoinformatiky VŠB-TUO
Souřadnicový systém: S-JTSK

NEBEZPEČNÉ ÚSEKY ŠILNIČNÍ SÍTĚ ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2009 - ZÁŘÍ 2013 V OSTRAVĚ

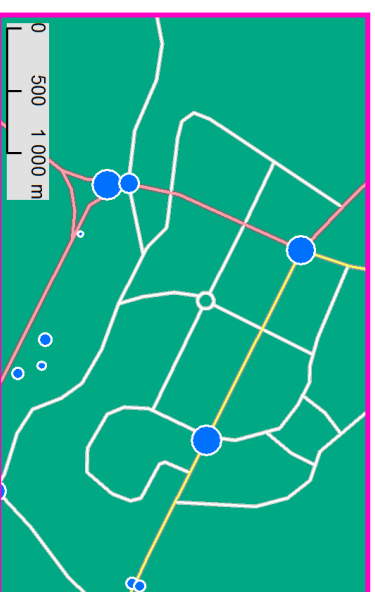
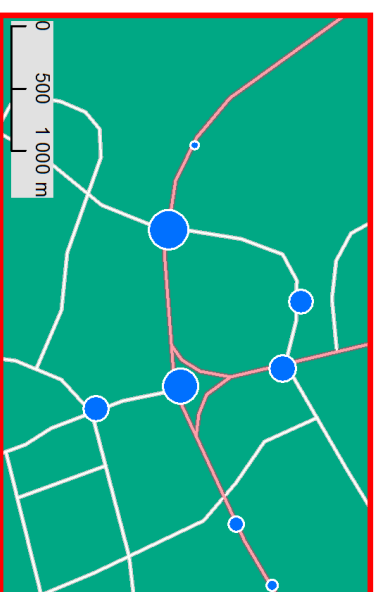
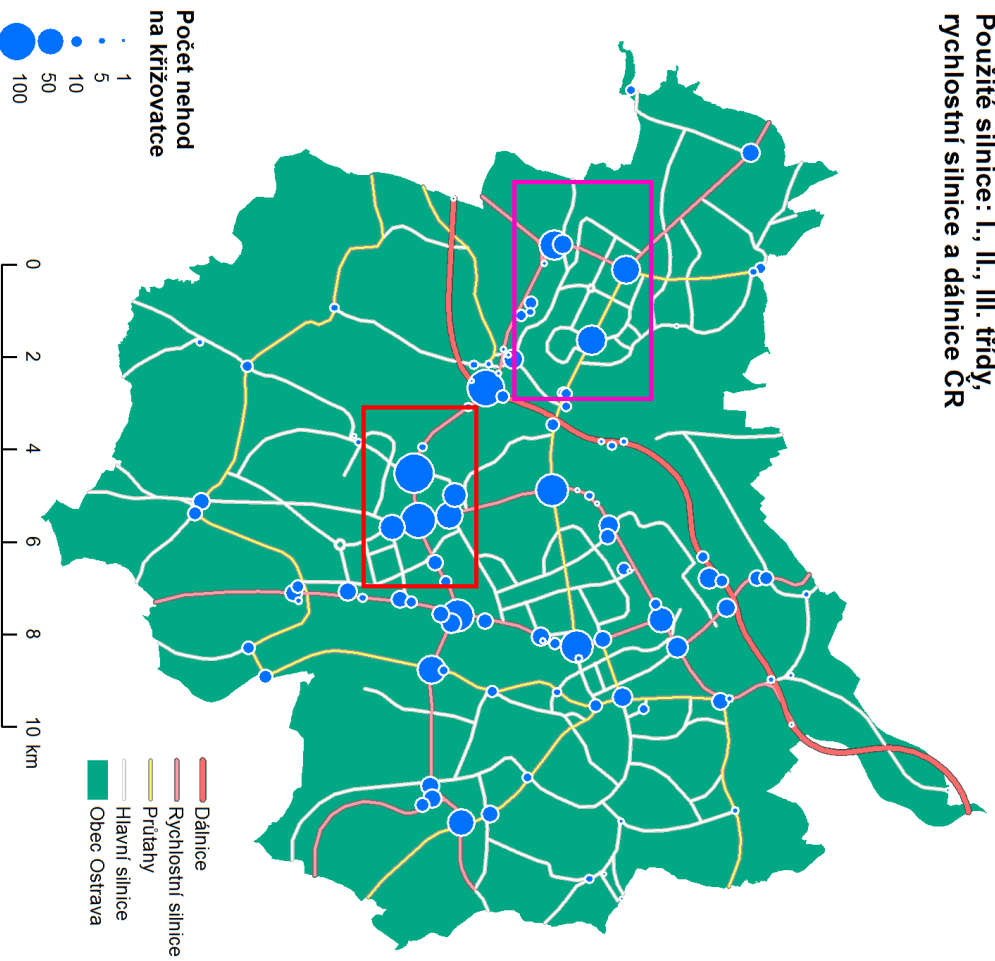
Použité silnice: I., II., III. třídy,
rychlostní silnice a dálnice ČR



Vyvořil: Jan TESLA
Institut Geoinformatiky VŠB-TUO, prosinec 2013
Data poskytl: NDIČ, Institut Geoinformatiky VŠB-TUO
Soutřadnicový systém: S-JTSK

NEBEZPEČNÉ KŘIŽOVATKY NA SILNIČNÍ SÍTI V OSTRAVĚ ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2009 - ZÁŘÍ 2013

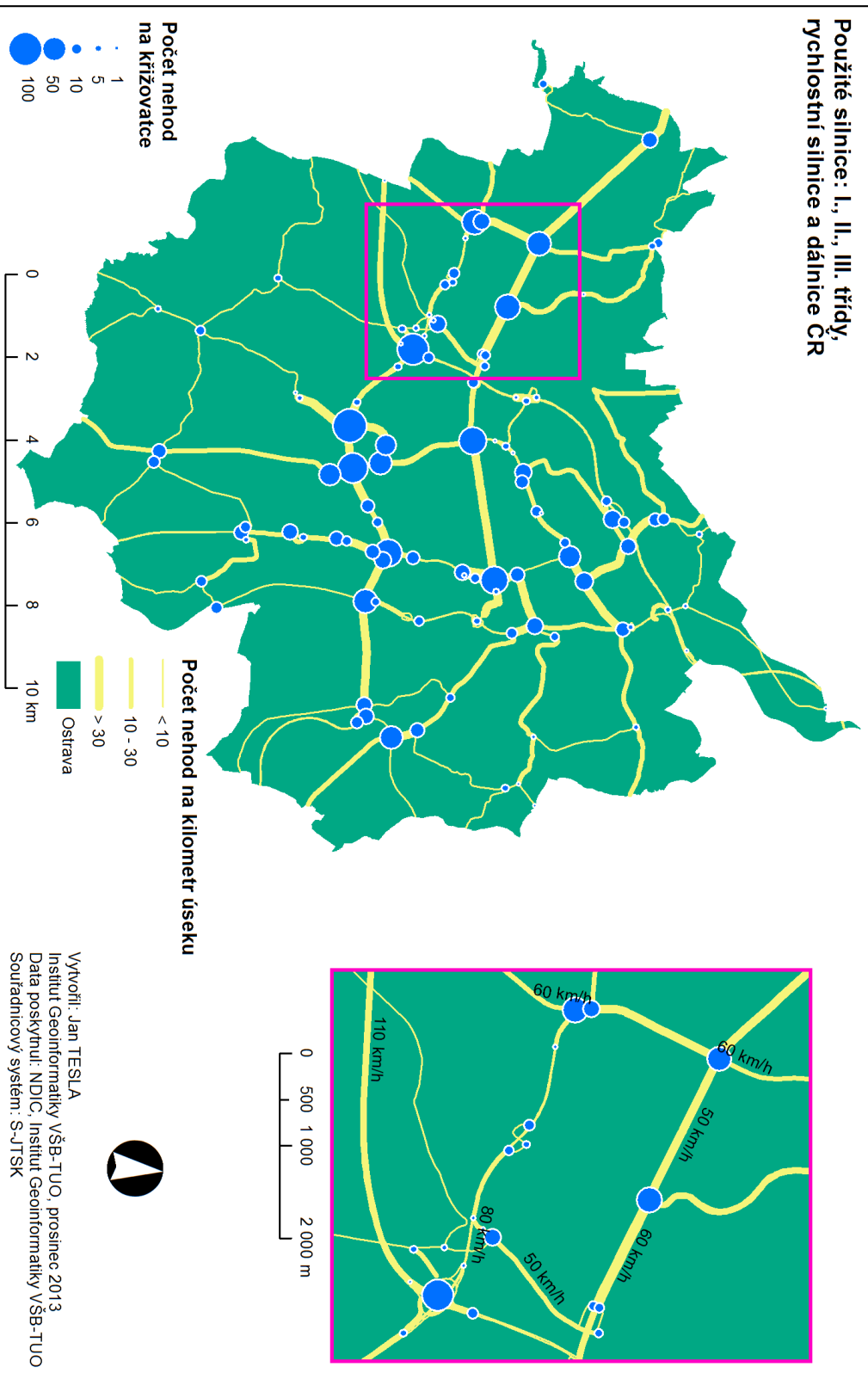
Použité silnice: I., II., III. třídy,
rychlostní silnice a dálnice ČR



Vytvořil: Jan TESLA
Institut Geoinformatiky VŠB-TUO, prosinec 2013
Data poskytl: NDIC, Institut Geoinformatiky VŠB-TUO
Souradnicový systém: S-JTSK

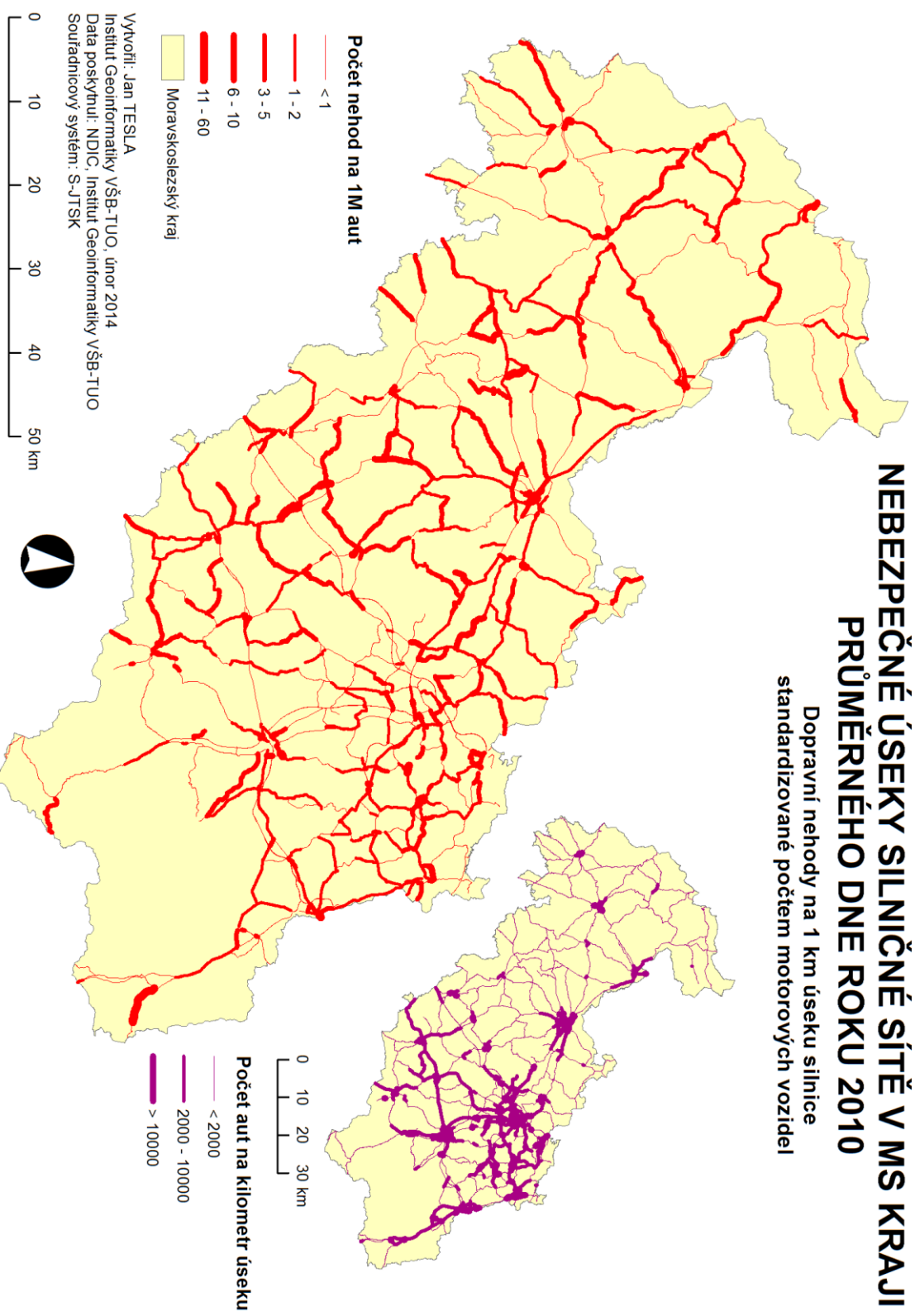
NEBEZPEČNÉ KŘIŽOVATKY A ÚSEKY NA SILNIČNÍ SÍTI V OSTRAVĚ ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2009 - ZÁŘÍ 2013

Použité silnice: I., II., III. třídy,
rychlostní silnice a dálnice ČR



NEBEZPEČNÉ ÚSEKY SILNIČNÉ SÍTĚ V MS KRAJI PRŮMĚRNÉHO DNE ROKU 2010

Dopravní nehody na 1 km úseku silnice
standardizované počtem motorových vozidel



Počet nehod na 1M aut

- < 1
- 1 - 2
- 3 - 5
- 6 - 10
- 11 - 60

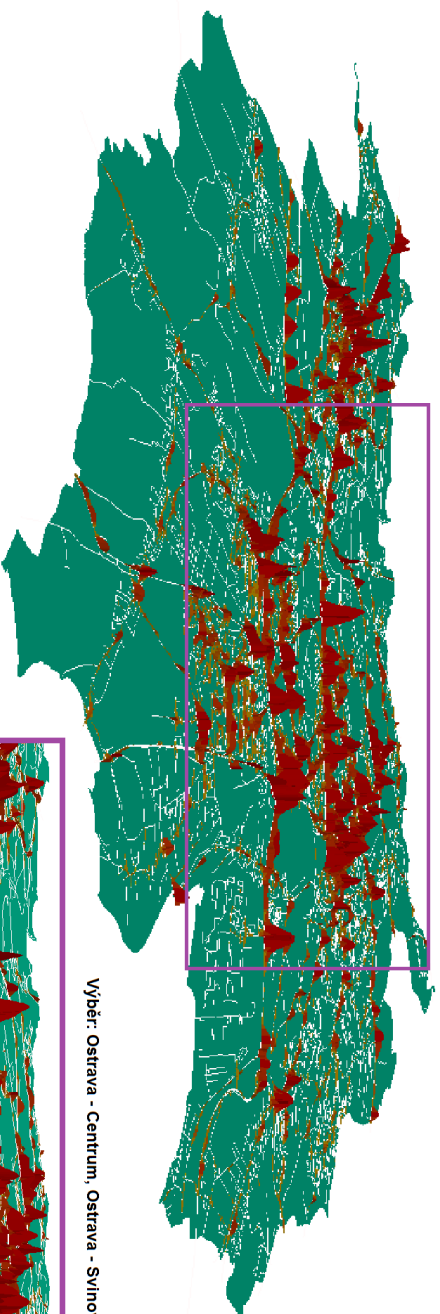
Moravskosleský kraj

Vyvořil: Jan TESLA
Institut Geoinformatiky VŠB-TUO, únor 2014
Data poskytl: NDIČ, Institut Geoinformatiky VŠB-TUO
Souradnicový systém: S-JTSK

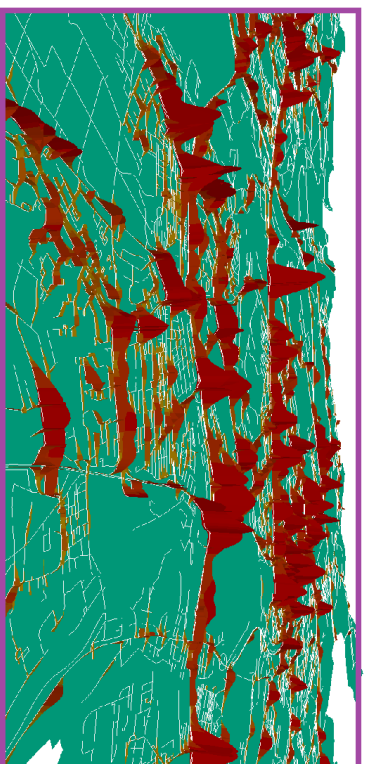
Počet aut na kilometr úseku

- < 2000
- 2000 - 10000
- > 10000

INTENZITA DOPRAVNÍCH NEHOD V OSTRAVĚ ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2009 - ZÁŘÍ 2013



Výběr: Ostrava - Centrum, Ostrava - Svinov a Ostrava - Jih



Jádrové odhady hustoty
dopravních nehod
(průměr na 200 metrů úseku)

0 36,3



Vyvořili: Jan TESLA
Institut Geoinformatiky VŠB-TUO, březen 2014
Data poskytl: NDIČ, Institut Geoinformatiky VŠB-TUO
Souřadnicový systém: S-JTSK