

Ekonometrická analýza vlivu kruhových objezdů na počet a závažnost dopravních nehod

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Josef Montag, Ph.D.

Bc. Libor Štefanides

Brno 2015

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Josefu Montagovi, Ph.D. za velmi trpělivý a ochotný přístup, poskytování cenných rad a námětů a především za odborné vedení. Poděkování patří také mojí rodině za podporu po celou dobu studia.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Ekonometrická analýza vlivu kruhových objezdů na počet a závažnost dopravních nehod** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmetná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

Abstract

Stefanides, L. Econometric analysis of the impact of roundabouts on the number and severity of traffic accidents. Diploma thesis. Brno: Mendel University, 2015.

This diploma thesis estimates the effect of converting conventional intersections to roundabouts on the number and severity of traffic accidents. The effect is estimated in a Difference-in-Differences setup using data on 40 intersections converted to roundabouts and 40 conventional intersections that serve as a control group. The estimated effects, together with the existing estimates of the value of a statistical life, are then used as input data in a Cost-Benefit Analysis of converting intersections into roundabouts. The net present value of converting intersection to the roundabout estimated is estimated at minus 7 755 169 CZK, that is a net social loss.

This is because in our data the number of serious injuries increased as a result of conversion. However, the results are not statistically significant, thus we cannot rule out the possibility that the conversion produces zero or moderate social benefits. The results suggest that more research is needed to ascertain whether intersection conversions are sound policy or a waste of resources.

Keywords

Roundabouts, traffic accident, Cost-Benefit Analysis, Difference-in-Differences

Abstrakt

Štefanides, L., Ekonometrická analýza vlivu kruhových objezdů na počet a závažnost dopravních nehod. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015.

Diplomová práce se zabývá otázkou přestavby konvenčních křižovatek na kruhový objezd a především vlivem této přestavby na počet dopravních nehod a jejich závažnost. Efekt přestavby je zkoumán pomocí metody Difference-in-Differences využívající data ze 40 křižovatek, které byly přebudovány na kruhové objezdy a 40 konvenčních křižovatek sloužících jako kontrolní skupina. Odhadnutý efekt spolu s vyčíslením hodnoty statistického života představuje vstupní data pro Cost-Benefit analýzu. Čistá současná hodnota takovéto přestavby byla odhadnuta ve výši minus 7 755 169 Kč, což představuje čistou společenskou ztrátu.

Tento efekt byl způsoben nárůstem průměrného počtu těžkých zranění po přebudování křižovatky na kruhový objezd. Avšak dosažené výsledky nejsou statisticky významné a proto nelze vyloučit možnost, že takováto přestavba přináší nulové nebo malé společenské přínosy. Výsledky naznačují, že je nutný další výzkum, aby bylo možné rozhodnout, zda je výstavba kruhových objezdů racionální veřejnou politikou a nebo plýtvání zdroji.

Klíčová slova

Kruhový objezd, dopravní nehoda, Cost-Benefit analýza, Difference-in-Differences

Obsah

1	Úvod	11
2	Cíl práce a metodika práce	13
2.1	Cíl práce.....	13
2.2	Metodika práce.....	13
2.2.1	Difference-in-Differences.....	13
3	Literární rešerše	15
3.1	Historie kruhových objezdů.....	15
3.2	Typy kruhových objezdů.....	16
3.2.1	Charakteristické rysy moderního kruhového objezdu.....	16
3.2.2	Jednotlivé druhy kruhových objezdů	16
3.3	Výhody kruhového objezdu vůči běžným křižovatkám	21
3.4	Hodnota statistického života	24
3.4.1	Ztráty z dopravní nehodovosti.....	25
3.5	Vymezení Cost-Benefit Analysis	26
3.6	Testované hypotézy	27
4	Praktická část	28
4.1	Ideální metoda.....	28
4.2	Sběr dat	28
4.3	Kontrolní skupina	29
4.4	Deskriptivní statistika	30
4.4.1	Základní charakteristiky datového souboru	35
4.5	Ekonometrická metodologie.....	40
4.5.1	Dopravní nehody v obecném pojetí	40
4.5.2	Těžká zranění.....	46
4.5.3	Lehká zranění	47
4.5.4	Hmotné škody.....	51
4.6	Výsledky.....	53

4.7	Cost-Benefit analýza efektivity kruhových objezdů	57
4.8	Diskuse	59
5	Závěr	62
6	Seznam využití literatury	65

Seznam obrázků

Obr. 1	Turbo kruhový objezd	18
Obr. 2	Činkový kruhový objezd	19
Obr. 3	Dog - Bone kruhový objezd	20
Obr. 4	Květinový kruhový objezd	21
Obr. 5	Konfliktní body u tříramenného řešení	22
Obr. 6	Konfliktní body pro čtyřramenné řešení	23
Obr. 7	Schéma výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti	25
Obr. 8	Četnost dopravních nehod u kontrolované skupiny	32
Obr. 9	Četnost dopravních nehod u kontrolní skupiny	35
Obr. 10	Vývoj počtu registrovaných vozidel	41

Seznam tabulek

Tab. 1	Celkový přehled nehod na vybraných přebudovaných křižovatkách v období 2011-2013	30
Tab. 2	Absolutní četnost dopravních nehod u kontrolované skupiny	31
Tab. 3	Relativní četnost dopravních nehod u kontrolované skupiny	31
Tab. 4	Četnost dopravních nehod u kontrolované skupiny	32
Tab. 5	Celkový přehled dopravních nehod na vybraných nepřebudovaných křižovatkách v období 2011 - 2013	33
Tab. 6	Absolutní četnost dopravních nehod u kontrolní skupiny křižovatek	33
Tab. 7	Relativní četnost dopravních nehod u kontrolní skupiny křižovatek	34
Tab. 8	Četnost dopravních nehod u kontrolní skupiny	34
Tab. 9	Základní charakteristiky dat pro měsíční průměry dopravních nehod	36
Tab. 10	Základní charakteristiky dat pro měsíční průměry těžkých zranění	37
Tab. 11	Základní charakteristiky dat pro měsíční průměry lehkých zranění	38
Tab. 12	Základní charakteristiky dat pro měsíční průměry hmotných škod	39
Tab. 13	Výpočet Difference-in-Differences pro nehody obecně	40
Tab. 14	Párový t-test pro nehody v obecném pojetí	42
Tab. 15	Wilcoxonův párový test pro nehody v obecném pojetí	44
Tab. 16	F-test pro nehody v obecném pojetí	45
Tab. 17	Nepárový t-test s předpokladem rozdílnosti rozptylů	45
Tab. 18	Výpočet Difference-in-Differences pro těžká zranění	46

Tab. 19	Párový t-test pro těžká zranění	46
Tab. 20	F-test pro těžká zranění	47
Tab. 21	Nepárový t-test pro těžká zranění	47
Tab. 22	Výpočet Difference-in-Differences pro lehká zranění	48
Tab. 23	Párový t-test pro lehká zranění	48
Tab. 24	Wilcoxonův test pro lehká zranění	49
Tab. 25	F-test pro lehká zranění	50
Tab. 26	Nepárový t-test pro lehká zranění	50
Tab. 27	Aplikace Difference-in-Differences pro hmotné škody	51
Tab. 28	Párový t-test pro hmotné škody	52
Tab. 29	Wilcoxonův test pro hmotné škody	52
Tab. 30	F-test pro hmotné škody	53
Tab. 31	Nepárový t-test pro hmotné škody	53
Tab. 32	Celkový přehled naměřených měsíčních průměrů	54
Tab. 33	Změny měsíčních průměrů	54
Tab. 34	Souhrn výsledků párového t-testu	55
Tab. 35	Souhrn výsledků Wilcoxonova testu	55
Tab. 36	Souhrn F-testů	56
Tab. 37	Souhrn nepárových t-testů	57
Tab. 38	Celkové roční přínosy výstavby kruhového objezdu	58

Seznam zkratk

ADT	Average Daily Traffic
ATE	Average Treatment Effect
CBA	Cost-Benefit Analysis
DiD	Difference-in-Differences
JDVM	Jednotná dopravní vektorová mapa
PČR	Policie České republiky
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
SÚS	Správa a údržba silnic

1 Úvod

Počet dopravních nehod v silničním provozu a jejich závažnost je stále diskutované téma, kterému se věnuje nemalá pozornost institucí státních, vědecko-výzkumných, ale i soukromých. Světová zdravotnická organizace WHO uvádí, že právě dopravní nehody jsou jednou z deseti nejčastějších příčin předčasného úmrtí. Jakékoliv opatření, které má za následek snížení počtu či závažnosti nehod v osobní a nákladní dopravě, je přijímáno kladně. Pokud dochází v určité lokalitě k velkému množství dopravních nehod, je nutné právě tuto lokalitu podrobit pečlivé analýze mapující důvody, proč dané incidenty vznikají. Na základě poznatků z těchto provedených analýz lze poté identifikovat příčiny vzniku dopravních nehod a predikovat počet nehod v daném místě. Právě identifikace příčin poté může vést k vytvoření takových opatření, která povedou ke zvýšení bezpečnosti provozu a tím ke snížení nákladů, které dopravní nehody přinášejí.

Po celém světě se dopravě a bezpečnosti dopravy věnuje velká pozornost. Například v Evropě se ročně stane přibližně 40 000 dopravních nehod s následkem úmrtí. Za posledních několik desítek let se proto do popředí dostává snaha o dlouhodobé snižování počtu a závažnosti nehod. I přesto, že se objem dopravy neustále zvyšuje, daří se, dle výzkumu, v dlouhém období nehodovost redukovat. To je způsobeno implementací širokého rozsahu bezpečnostních opatření ve vozidlech. K zmiňovanému poklesu nehodovosti přispívají zcela jistě i opatření v rámci dopravní infrastruktury, která ovlivňují chování řidičů v silničním provozu.

Náklady spojené s dopravními nehodami jak s následkem smrti, tak s ostatními následky, představují významnou část externích nákladů dopravy. Tyto náklady zahrnují různé výdaje spojené například se zdravotní péčí, náhradou poškozených hmotných statků, právními službami, ale i se ztrátou efektivního času účastníků nehody, kteří například po dobu hospitalizace a následné rekonvalescence nemohou vytvářet hodnoty společnosti prospěšné. Pokud dojde k nehodě s následkem úmrtí, musí se do nákladů spjatých s danou dopravní nehodou započítat nejen ztráta produktivity společnosti, ale i hodnota citové ztráty pro pozůstalé, která je však velmi obtížně vyčíslitelná. Některé tyto náklady lze měřit peněžními prostředky, jelikož jsou vyjádřeny na fungujícím trhu. Kromě toho jsou náklady spojené s dopravní nehodou ještě rozděleny na ty, které nese celá společnost a jsou hrazeny z daní daňových poplatníků, a na ty, které nesou pouze účastníci nehody (Blaeij, 2003).

V teoretické části se práce věnuje teoretickému úvodu do tématu kruhových objezdů. V podkapitole Historie kruhových objezdů se věnuji historickému vývoji kruhových objezdů od prvních návrhů až po moderní okružní křižovatky. Kapitola Typy kruhových objezdů je rozčleněna dle jednotlivých typů v současnosti používaných okružních křižovatek a dále je v podkapitole uvedena i základní charakteristika moderních kruhových objezdů. Jako další jsou vymezeny výhody kruhových objezdů oproti běžným typům křižovatek. Kapitola Hodnota statistického života se zabývá problematikou stanovení peněžní hodnoty statistického života a jeho vy-

mezením. Na závěr literární rešerše je krátce popsána metoda Cost-Benefit analýzy, porovnávající přínosy a náklady zamýšlených projektů.

Praktická část práce je rozdělena do několika podkapitol. První z nich je věnována popisu postupu sběru dat a výběru kontrolní skupiny křížovatek. V další podkapitole jsou stručně popsána data, na kterých je následně provedena deskriptivní statistika. V podkapitole Ekonometrická metodologie je aplikována metoda Difference-in-Differences na získaná data. Dosažené výsledky jsou shrnuty v další kapitole s názvem Výsledky. Poslední podkapitola praktické části je poté věnována Cost-Benefit analýze. V kapitole Diskuze jsou posuzovány dosažené výsledky spolu se závěry jiných studií. Kapitola Závěr poté shrnuje veškerou práci a rekapituluje získané výsledky.

2 Cíl práce a metodika práce

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je analyzovat efekt přestavby běžného typu křižovatky na kruhový objezd. Analýza se týká především vlivu této přestavby na nehodovost a závažnost dopravních nehod v dané lokalitě. Pomocí ekonometrické metody Difference-in-Differences bude zjištěn čistý průměrný vliv tohoto zásahu. Zjištěné výsledky budou dále využity jako vstupy pro Cost-Benefit analýzu. Dílčím cílem diplomové práce je poté za pomoci ukazatele hodnoty statistického života a zmíněné Cost-Benefit Analýzy určit, zda je přestavba průsečných a stykových křižovatek na okružní křižovatky racionální veřejnou politikou nebo nikoliv.

2.2 Metodika práce

Pro splnění vytyčených cílů je nutné studium teoretických východisek z relevantních literárních a jiných informačních zdrojů. Dalším krokem při tvorbě diplomové práce je sběr vhodných dat z veřejně dostupných zdrojů, ale i z interních databází institucí, které disponují relevantními daty. Vzhledem k datům, které byly poskytnuty Policií České republiky, se práce zabývá obdobím od roku 2011 do roku 2013.

Pro potřeby statistických metod byla data v další fázi upravena tak, aby odpovídala požadovanému tvaru. Následně jsou získaná pozorování podrobena statistickým a ekonometrickým metodám, především je poté využita metoda Difference-in-Differences, která je podrobněji představena v kapitole 2. 2. 1. Jak již bylo zmíněno výše, získané výstupy představují vstupní data pro analýzu nákladů a výnosů, která je provedena v poslední kapitole praktické části diplomové práce. Výsledky těchto procesů jsou shrnuty a následně rozebrány v diskusi. Z dosažených výsledků jsou posléze vyvozeny a okomentovány závěry.

2.2.1 Difference-in-Differences

Pro potřeby diplomové práce byla zvolena velmi často užívaná metoda Difference-in-Differences zkráceně DiD nebo DD. Tuto ekonometrickou metodu popisují autoři Wooldridge (2012), Meyer (1995) a Bronzini (2006) jako jednu z identifikačních strategií, která slouží k zachycení skutečných, čistých efektů exogenní změny. Za pomoci DiD je možné odhalit tzv. Counterfactual exercise v překladu kontrafaktický stav. Ten odpovídá velikosti zkoumané proměnné, pokud by nedošlo k exogenní změně. Metoda Difference-in-Differences umožňuje očistit kauzální účinky analyzovaných změn od korelovaných efektů.

Pro správné využití DiD je třeba dodržet předpoklady, které zajistí, že budou výsledky relevantní a bude je možné vhodně interpretovat. Pro zkoumanou skupinu musí existovat relevantní kontrolní skupina, která je významně homogenní se zkoumanou skupinou. Pokud tomu tak není, může docházet k efektu nazývanému

jako Unobserved Heterogeneity, který vede k nesprávnému vyhodnocení dopadů jednotlivých faktorů změny a tím dochází ke zkreslení výsledků DiD. Dalším předpokladem správného využití této metody je to, že kontrolní i zkoumaná skupina musí podléhat stejnému vývojovému trendu, který zahrnuje okolní podmínky, ve kterých je měření aplikováno, a také citlivost na změnu těchto podmínek by měly obě skupiny vykazovat totožnou nebo alespoň značně podobnou. Pokud obě dvě skupiny nevykazují tyto charakteristiky, může výstup metody DiD podhodnocovat a nebo naopak nadhodnocovat vliv intervence. Vstupem pro metodu DiD jsou panelová data, která jsou měřena v čase u sledované i kontrolní skupiny, a to v období před změnou a po změně (Bolcha, 2012).

Metoda Difference-in-Differences je spjata s takzvaným ATE, což je Average Treatment Effect neboli Průměrný efekt změny. Tato veličina poskytuje informaci o vlivu změny, který je očištěn od globálního trendu. Výsledkem jsou tedy dopady, které jsou v kauzálním vztahu s exogenní změnou. Obecný vzorec pro výpočet ATE je uveden v rovnici 1 (Bolcha, 2012).

$$ATE = (T_a - T_b) - (C_a - C_b) \quad (1)$$

T_a je zkoumaná (Treated) skupina po změně,

T_b je zkoumaná skupina před změnou,

C_a je kontrolní (Control) skupina před změnou,

C_b je kontrolní skupina po změně.

3 Literární rešerše

Pro úspěšné naplnění cíle diplomové práce je nutné nastudovat odbornou literaturu věnující se dané problematice. Teoretické poznatky k jednotlivým tématům, získané z relevantních zdrojů, jsou využity v uvedených podkapitolách.

3.1 Historie kruhových objezdů

Myšlenku jednosměrné kruhové křižovatky poprvé zformuloval americký podnikatel William Phelps Eno v roce 1903 jako Columbus Circle in New York City. I před rokem 1903 existovaly kruhové křižovatky, avšak ty byly budovány především jako architektonické prvky a povolovaly jízdu v obou směrech kolem centrálního ostrůvku. Poprvé byla jednosměrná kruhová jízda implementována právě na Columbus Circle, který byl postaven v listopadu 1904. Na evropském kontinentu byl průkopníkem kruhových křižovatek francouzský architekt města Paříže Eugene Henard. Ten navrhl několik kruhových řešení pro některé hlavní křižovatky v Paříži. V roce 1907 byla vybudována první kruhová křižovatka ve Francii na Place de l'Etoile, nyní Place Charles de Gaulle. Několik dalších bylo poté vystavěno v roce 1910. Podstatný rozdíl mezi řešeními W. P. Ena a E. Henarda byl ve velikosti centrálního ostrůvku. Henard navrhoval, že by průměr ostrůvku měl být minimálně 8 metrů, zatímco Eno využíval pouze malého kovového disku (Jacquemart, 1998).

S rozvojem dopravy v USA vyvstalo několik problémů kruhových křižovatek. Přednost vozidel vjíždějících na křižovatku a narůstající objem dopravy způsoboval, že se kruhové křižovatky velmi často zacpaly a staly se neprůjezdnými až do doby, než policie začala řídit dopravu. V průběhu 50. let 20. století upadl v USA zájem o kruhové křižovatky právě z důvodů problémů s průjezdností (Jacquemart, 1998).

Zatímco v USA a ve Francii se kruhové křižovatky dále příliš nerozvíjely, ve Velké Británii došlo k jejich postupnému rozmachu. Stávající název „okružní křižovatka“ (angl. gyratory) byl v roce 1926 nahrazen moderním pojmenováním „kruhový objezd“ (angl. roundabout). Postupně došlo k úpravě pravidel provozu. Nyní měla přednost vozidla již jedoucí po kruhové křižovatce, což dle průzkumů zvýšilo kapacitu takové křižovatky až o 10 % a též vedlo k 40% snížení prostojů a 40% snížení nehodovosti. Celkově došlo také k zmenšení kruhových objezdů, na kterých řidič přijíždějící na kruhový objezd čekal na mezeru v plynoucím provozu. Bezpečnost provozu na kruhovém objezdu byla zvýšena také posunutím hranice vjezdu do kruhového objezdu více ke středu a rozšířením vjezdu samotného (Jacquemart, 1998).

V 70. a 80. letech bylo řešení moderního kruhového objezdu rozšířeno do mnoha zemí po celém světě. Rok 1984 znamenal přelom v dopravě na kruhových objezdech ve Francii. V tomto roce bylo nahrazeno stávající pravidlo přednosti zprava pravidlem využívaným ve Velké Británii, tedy že vozidlo vjíždějící na kru-

hový objezd dává přednost vozidlu již jedoucímu po kruhovém objezdu i pokud přijíždějící vozidlo je na hlavní silnici (Jacquemart, 1998).

I přesto, že se myšlenka kruhového objezdu zrodila v USA, je v dnešní době v Americe relativně malý počet kruhových objездů oproti počtu v evropských zemích. Dle *History of the modern roundabouts* (2013) je v USA v současné době více jak 3 700 moderních kruhových objездů, ve Velké Británii přes 25 000 a ve Francii více jak 32 000 kruhových objездů.

V České republice bylo k roku 2013 evidováno 1 500 kruhových objездů (Sůra, 2013).

3.2 Typy kruhových objездů

3.2.1 Charakteristické rysy moderního kruhového objezdu

Moderní kruhový objezd má tři hlavní charakteristiky, které ho odlišují od jeho předchůdců. První z nich je, že dává vozidlům, která již jedou po kruhovém objezdu, právo přednosti. Tato změna na národní úrovni v Anglii započala éru moderních kruhových objездů. Druhou charakteristikou je, že moderní kruhový objezd je zpravidla menší než jeho předchůdci. Obecně mají kruhové objezdy od 21 do 48,5 metrů v průměru, zatímco většina předchozích dopravních řešení měla 91,5 až 122 a více metrů v průměru. Třetím znakem je vyvýšený ostrůvek při vjezdu, který upravuje rychlost vozidel těsně před najetím na kruhový objezd (Roundabouts, 2014).

Další významný rozdíl mezi dříve využívanými kruhovými křižovatkami a moderním kruhovým objezdem spočívá také v tom, že starý typ křižovatek byl navržen a konstruován tak, že vozidla běžně vjížděla do křižovatky rychlostí 55 km/h a více, zatímco moderní kruhové objezdy jsou vybudovány tak, aby přijíždějící vozidla musela snížit svoji rychlost, a to na 25 až 40 km/h pro kruhové objezdy v zastavbě (města) a na 40 až 50 km/h pro kruhové objezdy mimo obydlené části (venkovské). Tento rychlostní rozdíl zajišťují hlavně dva prvky. Prvním z nich je, že vozidla najíždějí na kruhový objezd proti středovému ostrůvku a nikoli po tečně, a druhým prvkem je zakřivený vjezd, který nutí řidiče zpomalit při vjezdu na kruhový objezd (Persaud, 2001).

3.2.2 Jednotlivé druhy kruhových objездů

V této podkapitole jsou uvedeny jednotlivé druhy kruhových objездů, které jsou rozděleny podle německých standardů. Rozdělení kruhových objездů je podle velikosti průměru měřeného mezi obrubníky a maximální kapacitou vyjádřenou proměnou ADT, tedy průměrným denním objemem provozu.

Mini kruhový objezd

Tento typ kruhového objezdu má průměr v rozmezí 13 – 24 metrů. Pokud je to nezbytné, mohou větší vozidla přejet středový ostrůvek. Jsou využívány především v obydlených oblastech, kde je maximální povolená rychlost stanovena na

50 km/h. Samotný jízdní pruh tvořící kruhový objezd (angl. circular roadway) je široký 4,5 až 6 metrů. Náklon vozovky je 2,5 % od středu k vnějšímu okraji. Středový ostrůvek může být maximálně 12 centimetrů nad vozovkou. Tato hodnota je měřena ve středu ostrůvku. Mini kruhový objezd je efektivní v oblasti, ve které hustota provozu nepřesahuje 20 000 vozidel denně. Další charakteristikou tohoto typu kruhových objezdů je pouze jeden jízdní pruh na vjezdu i výjezdu. Velkou výhodou jsou nízké náklady na vybudování tohoto dopravního řešení (Brilon, 2011).

Kompaktní jednopruhový kruhový objezd

Jedná se o standardní typ kruhového objezdu, který by měl být velký alespoň 26 metrů v průměru, doporučováno je však 30 – 45 metrů. Objezd má pouze jeden pruh na vjezdu a výjezdu a stejně tak je jednopruhová vozovka na kruhovém objezdu. Středový ostrůvek není možné přejíždět, jak tomu bylo u předchozího typu objezdů. Vzhledem k potřebě prostoru u větších vozidel je vozovka na kruhu široká 8 metrů. Tento typ kruhových objezdů je vhodný jak pro městské části, tak i pro mimoměstské využití. Příjezdové cesty vedou ke kruhu přímo, to zvyšuje přehlednost křižovatky pro přijíždějící vozidla. Dle provedených výzkumů je tento typ kruhových objezdů nejbezpečnější jak pro vozidla, tak pro chodce. Přechody pro chodce jsou umístěny 4 – 5 metrů od okraje kruhu (Brilon, 2011).

Kompaktní dvoupruhový kruhový objezd

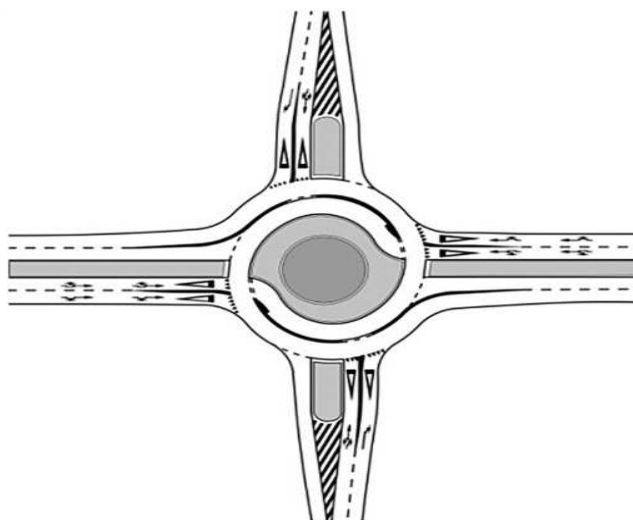
„Základní principy využívané pro jednopruhové kompaktní kruhové objezdy jsou využívány také pro dvoupruhový kruhový objezd, avšak u těchto objezdů je geometrie a design značně komplikovanější, protože několik dopravních proudů může vjet, kroužit a vyjet z objezdu vedle sebe“ Rodegerdts (2010a, s. 172). Kompaktní dvoupruhový objezd představuje jeden z nejmodernějších dopravních řešení. Koncept výstavby je podobný jako u jednopruhového kruhového objezdu. Nejvýraznější rozdíl je v šířce samotného kruhu. Ten by měl být 8 – 10 metrů široký. Průměr celého kruhového objezdu je doporučován v rozmezí 40 – 60 metrů. Vjezdy jsou jednoproudé nebo dvouproudé dle hustoty provozu. Tento typ objezdu klade důraz na chování řidičů. Výsledky výzkumných projektů potvrdily velkou efektivitu i tohoto řešení. Četnost nehod je podle průzkumů mírně vyšší než u jednopruhových kruhových objezdů, avšak většina nehod se obešla bez zranění osob. Nehodovost ovlivňuje hustota provozu, a to především hustota cyklistů a chodců (Brilon, 2011).

Turbo kruhový objezd

Autory turbo kruhového objezdu jsou nizozemští inženýři v čele s Bertusem Fortuijnem. Tento typ kruhových objezdů má proměnlivý počet pruhů, které jsou buď odděleny fyzicky pomocí obrubníků, a nebo pouze vodorovným značením, které však nebrání řidičům ve změně jízdního pruhu. Tento jev může snižovat bezpečnost provozu na turbo kruhovém objezdu. Připojení vnitřního pruhu by mělo být vždy naproti vjezdu. Opuštění kruhového objezdu je poté řešeno jako standardní

odbočovací pruh, a nebo jako dvoupruhový výjezd, kde pravý pruh ústí ven z kruhového objezdu. Typická řešení vjezdu a výjezdu u turbo kruhového objezdu jsou znázorněna na obrázku 1 (Jacquemart, 1998).

Obr. 1 Turbo kruhový objezd

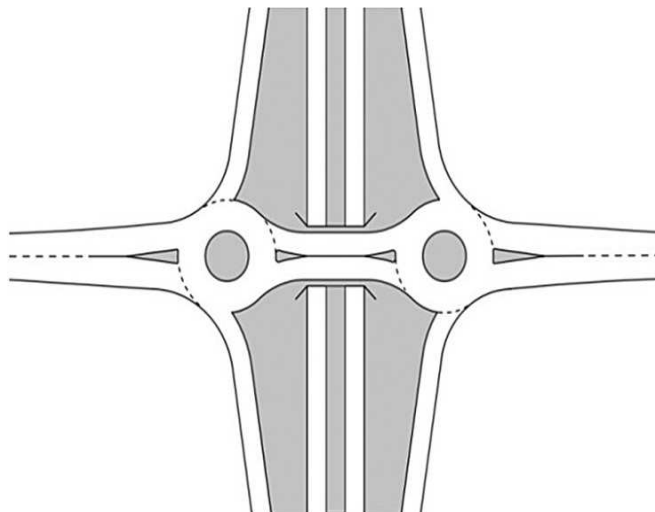


Zdroj: Tollazzi (2014)

Činkový kruhový objezd

Činkový kruhový objezd je spojení kosodelné křižovatky a kruhového objezdu. Tyto prvky jsou vzájemně blízce spojeny. Dle Tollazzi (2014) „využívá kapacitních výhod okružních křižovatek“. Tento typ kruhového objezdu je výhodnější než standardní křižovatka, a to hned z několika důvodů. Tollazzi (2014) uvádí, že „umožňuje zvládat dopravní tok s využitím menšího počtu příjezdových jízdních pruhů v porovnání s jinými typy křižovatek. Tento typ kruhového objezdu tak snižuje náklady na výstavbu, protože není potřeba širšího mostu a celkově zabírá méně místa.“ Díky dvěma kruhovým objezdům za sebou dochází k výraznému zpomalení provozu a tím k zvýšení bezpečnosti úseku. Činkový kruhový objezd se velmi často vyskytuje v řadě evropských zemí (Tollazzi, 2014).

Obr. 2 Činkový kruhový objezd

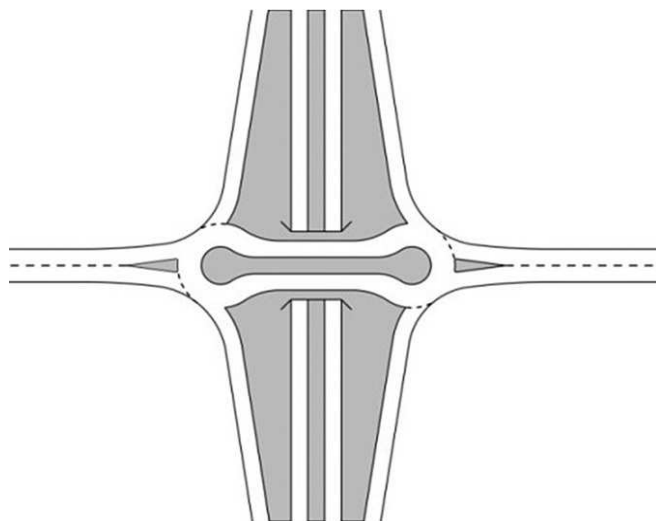


Zdroj: Tollazzi (2014).

Dog – Bone kruhový objezd

Dle Tollazzi (2014) „*Kruhové objezdy ve tvaru psí kosti byly opět poprvé uvedené v Nizozemsku, představují variantu činkového kruhového objezdu. Kruhový objezd typu psí kosti je, stejně jako činkový kruhový objezd, hybridem mezi křižovatkou diamantového typu a kruhovým objezdem.*“ U tohoto řešení nejsou samotné kruhové objezdy kompletními kruhy. Místo toho vytváří tvar podobný kapce nebo slze. Ten vzniká spojením kruhových objezdů. Vnitřní část je uzavřena. Toto řešení se jeví oproti standardně využívaným tzv. „diamantovým“ křižovatkám lepší především v tom, že rychlosti vozidel jsou díky využití dvou kruhových objezdů značně nižší a také se snižuje pravděpodobnost odbočení vozidla do špatného směru. Celkově se považuje toto řešení za efektivnější než řešení pomocí „činkového“ kruhového objezdu. Nevýhodou jsou však vyšší náklady na vybudování takového kruhového objezdu. Typický kruhový objezd tvaru psí kosti je znázorněn na obrázku 3 (Tollazzi, 2014).

Obr. 3 Dog – Bone kruhový objezd

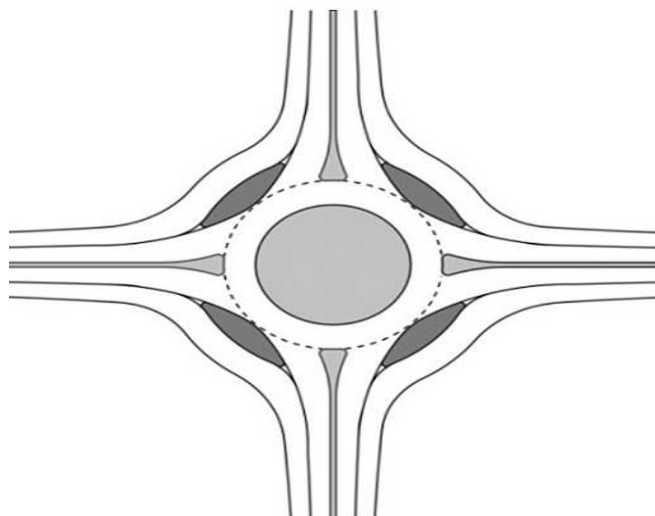


Zdroj: Tollazzi (2014)

Květinový kruhový objezd

Tento typ kruhového objezdu byl vytvořen v Centru dopravní infrastruktury na Fakultě stavebního inženýrství na Univerzitě v Mariboru (Centre for Road Infrastructure at the Faculty of Civil Engineering, University of Maribor). Toto řešení se snaží odstranit nedostatky ostatních kruhových objezdů a zachovat efektivitu při velkém objemu dopravy. Základní rys představuje, podobně jako u turbo kruhových objezdů, fyzické oddělení jízdních pruhů. Novinkou je však separování jízdního pruhu pro vozidla odbočující vpravo. Tato vozidla tak nevjíždí dovnitř kruhového objezdu. Oddělením tohoto pruhu se tak kruhový objezd stává jedno-pruhovým pro vozidla jedoucí rovně, odbočující doleva, a nebo objíždějící celý kruhový objezd. Na rozdíl od turbo kruhového objezdu zde není takové množství konfliktních bodů při vjezdu a výjezdu a také zde nevzniká problém při křížování jízdních pruhů během průjezdu kruhového objezdu jako u vícepruhových typů. Další výhodou je, že tento typ kruhových objezdů povoluje řidiči, který neodbočil vpravo ještě před vjezdem, odbočit ve svém směru hned po najetí na vnitřní jízdní pruh (Tollazzi, 2011). Typický květinový kruhový objezd je uveden na obrázku 4.

Obr. 4 Květinový kruhový objezd



Zdroj: Tollazzi (2014)

3.3 Výhody kruhového objezdu vůči běžným křižovatkám

Kruhové objezdy mají podle již provedených zahraničních studií významný dopad na bezpečnost dopravního provozu, především potom významně snižují počet dopravních nehod se zraněním (Daniels, 2007).

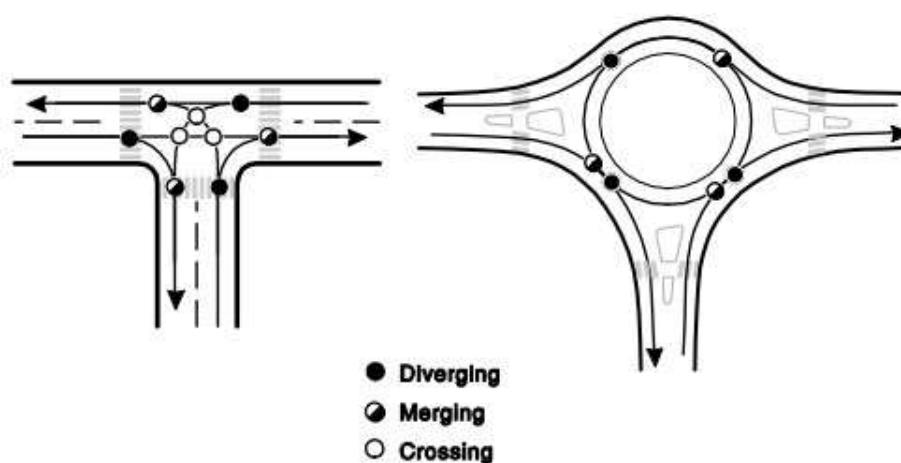
Například ze studie Elvik (2002), která využívá meta-analýzu 28 dalších provedených studií, vyplývá, že změna původní křižovatky na kruhový objezd znamenala 30% až 50% pokles v počtu nehod se zraněním a až 70% pokles počtu nehod se smrtelnými následky. Efekt změny na výši škody na majetku je dle autora těžce odhadnutelný. Dále autor uvádí, že efekt změny křižovatky na kruhový objezd má významnější dopad na nehody se zraněním u čtyřramenných křižovatek nežli u tříramenných. Obdobně tomu je i u křižovatek dříve řízených světelnou signalizací. Několik studií se také detailně věnovalo architektonickým prvkům kruhových objezdů a jejich vlivu na celkový efekt. Výsledky jsou dle autora rozporuplné, avšak většina z výše zmíněných studií došla k závěru, že malé kruhové objezdy se středovým ostrůvkem o menším průměru jsou bezpečnější než kruhové objezdy s velkým středovým ostrůvkem (Elvik, 2002). Obdobně tomu je i u víceprouduch kruhových objezdů (Aplhand, 1991; Maycock, 1984).

Dle Flannery (1996) jsou zejména jednoproudé kruhové objezdy výrazně bezpečnější a efektivnější než víceprouduch křižovatky řízené světelnou signalizací. Ne všechny provedené studie jednoznačně dospěly k výsledku, že je na kruhových objezdech menší míra nehodovosti, avšak téměř ve všech je vyvozen závěr, že na kruhových objezdech dochází k výrazně nižšímu počtu dopravních nehod se zraněním (Brown, 1995).

Kruhových objezdů však nevyužívají pouze motorová vozidla, ale i cyklisté a chodci. Výsledky výzkumů u těchto dvou skupin jsou značně variabilní a závisí především na designu jednotlivých kruhových objezdů (Brown, 1995; 12).

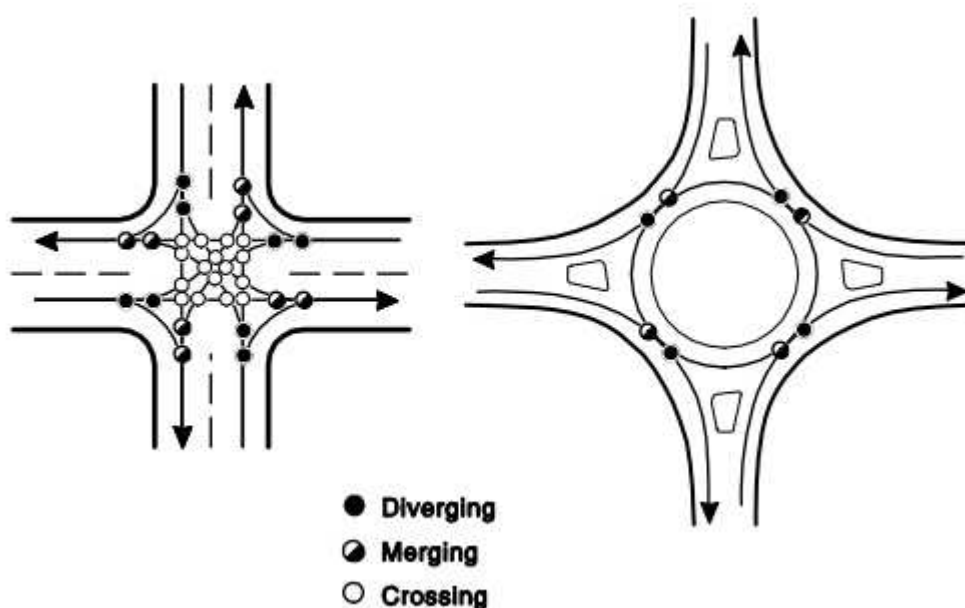
Důvodů zvýšené bezpečnosti na kruhových objezdech je hned několik. Zde využijí výčet uvedený v průvodci vydaném americkým ministerstvem dopravy (Rodegerdts, 2010a). Jedním důvodem je to, že kruhový objezd má méně konfliktních bodů v porovnání se standardními křižovatkami. Toto porovnání je zobrazeno na obrázcích 5 pro tříramennou křižovatku a kruhový objezd a na obrázku 6 pro čtyřramennou křižovatku a kruhový objezd.

Obr. 5 Konfliktní body u tříramenného řešení



Zdroj: Rodegerdts (2010b)

Obr. 6 Konfliktní body pro čtyřramenné řešení



Zdroj: Rodegerdts (2010b)

Konfliktní body označené jako diverging jsou body, ve kterých se jízdni proudy rozdělují. Pokud se jízdni proudy slučují, tak jsou tyto body označeny jako merging, a v případě, že se kříží, tak jsou popsány jako crossing.

Možnost nebezpečných kolizí jako například srážka při odbočování vlevo a nebo náraz v pravém úhlu je značně redukována využíváním kruhových objezdů. Jednoproudé kruhové objezdy mají mnohem více bezpečnostních výhod nežli víceproudé kruhové objezdy, a to proto, že je zde také méně konfliktních bodů, ve kterých se vozidla nachází v průběhu průjezdu daným úsekem, a dále chodci musí překonat kratší vzdálenost, což také snižuje pravděpodobnost nehody.

Jako další výhodu kruhových objezdů literatura uvádí celkově nižší rychlost vozidel, která dává řidiči více času reagovat na potenciálně nebezpečnou situaci a pozitivně ovlivňuje závažnost nehod. Využití kruhových objezdů zvyšuje také bezpečnost chodců, jelikož při každém vkročení do vozovky musí sledovat pouze jeden směr provozu, zatímco u standardně využívaných neřízených křižovatek bez ostrůvku musí vyhodnotit situaci v obou směrech. Množství konfliktních bodů mezi vozidlem a chodcem není nutně podmíněno využitím kruhového objezdu, avšak vozidla přijíždějí po jasněji definované cestě a tudíž chodci musí kontrolovat menší množství míst, což snižuje pravděpodobnost nehody.

Podle Hill (2007) ke zvýšení bezpečnosti kruhových objezdů přispívá také zvýšený středový ostrůvek a nebo rostliny na něm vysázené. Tyto dva prvky zabraňují nadměrnému osvětlení protijedoucích vozidel, které v některých případech bývá příčinou dopravní nehody.

Výše uvedené výhody kruhových objezdů se věnovaly především bezpečnosti na kruhových objezdech a závažnosti nehod. Další nezanedbatelnou výhodou je poté podle studie Mandavilli (2003) značné snížení emisí z dopravy na kruhových objezdech oproti zkoumaným běžným křižovatkám. Moderní kruhové objezdy totiž zvyšují plynulost provozu a snižují čekací dobu vozidel, než projedou daný úsek. Dle uvedené studie se využitím kruhového objezdu snížila produkce oxidu uhelnatého v průměru o 21 % v dopoledních hodinách a až o 42 % v odpoledních hodinách oproti běžným křižovatkám řízeným světelnou signalizací nebo dopravním značením. Produkce oxidu uhličitého poklesla o 16 % v dopoledních hodinách a 59 % v odpoledních hodinách. Právě zkrácení čekací doby a zvýšení plynulosti provozu mají za následek již zmíněný pokles emisí a také snížení spotřeby pohonných hmot. Tento pozitivní dopad na životní prostředí je v dnešní době velmi významným faktorem při rozhodování o využití kruhových objezdů.

3.4 Hodnota statistického života

Doprava představuje v dnešní době podstatnou součást ekonomiky a společnosti jako celku a je nezbytnou podmínkou pro efektivně fungující hospodářství. Užítky plynoucí z dopravy jako například mobilita nebo rychlost změny místa jsou často porovnávány s na druhé straně stojícími náklady dopravy, mezi které lze zařadit dopravní nehody. Ty vedou ke ztrátám na lidských životech, ztrátě produktivity v ekonomice a také hmotným škodám na majetku, který bude nutné obnovit. Dopravními nehodami je společnost ochuzována také o množství finančních prostředků, které mohou být vyjádřeny jako náklady na hospitalizaci zraněných, výplatu vdovských a jiných pozůstalostních důchodů atd. Právě tento negativní efekt dopravy způsobuje zvyšování pozornosti, která se věnuje oceňování následků dopravních nehod. Pokud by bylo možné dopravní nehody přesně finančně ohodnotit, tak by bylo možné vyjádřit, jaké náklady nehody připadají na občany a na stát. Tento přehled by byl také prospěšný při rozhodování o realizaci dopravně-bezpečnostních opatření.

Právě touto problematikou se zabývá výpočet veličiny označované jako hodnota statistického života. Několik vybraných přístupů k hodnotě statistického života je uvedeno dále v této kapitole.

Hodnota statistického života je klíčový vstup pro výpočet přínosů environmentálních politik a ostatních bezpečnostních nařízení, která zachraňují životy. V anglické literatuře je pro tuto veličinu využíváno označení VSL a je definována jako míra, za kterou jsou jednotlivci ochotni substituovat svůj příjem za snížení rizik (Alberini, 2006). Další zdroj Ščasný (2012) chápe VSL jako hodnotu odpovídající mezní hodnotě za bezpečí (Blaeijs, 2003). Pro výpočet přínosů jednotlivých politik musí být multiplikována předpokládaným počtem zachráněných životů zavedením daných opatření. Jiný pohled na hodnotu statistického života předkládá Hrubeš (2010, s. 43), který interpretuje tuto veličinu jako „marginální ochotu zaplatit za to, aby se zabránilo nebezpečí smrtelné nehody souhrnně přes velký počet lidí.“ Autor dále uvádí, že „definovat jediné číslo jakožto hodnotu pro zabránění úmr-

tí přináší rozpory, kdy implicitní hodnota rizika bezpečnosti se liší napříč různými odvětvími.“ Výpočet přesné hodnoty lidského života vůči nákladům na zabránění dopravní nehodě je využitelný v rozhodování o projektech silničních investic.

3.4.1 Ztráty z dopravní nehodovosti

V České republice se problematikou hodnoty statistického života v sektoru dopravy a dopravních nehod zabývá specializovaná instituce Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., která zaměřuje svoji činnost na tuto oblast již několik let. Pro tyto účely vypracovalo metodiku výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích. Odborný text Daňková (2007) uvádí, že „při výpočtu se vychází z metody celkového výstupu, jejíž podstatou je identifikace, kvantifikace a následné ocenění nákladů a ztrát, které vznikají v důsledku dopravní nehody. Náklady lze rozdělit na přímé (bezprostředně souvisí s dopravní nehodou) a nepřímé (nesouvisejí přímo se vznikem dopravní nehody, vztahují se k pozdějším výdajům vzniklých v důsledku dopravní nehody).“

Schéma výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích je znázorněno na obrázku 7 (Daňková, 2007).

Obr. 7 Schéma výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti



Zdroj: Daňková (2007)

Jednotlivé složky nákladů poté zahrnují položky související s danou činností, například náklady spojené se zdravotní péčí jsou tvořeny náklady na rychlou zdravotnickou pomoc, ústavní nemocniční péči a dalšími náklady vznikajícími v rámci zdravotní péče. Jednotlivé náklady jsou poté ještě rozděleny podle následků dopravní nehody.

Do ekonomického vyčíslení ztrát z dopravní nehody však nelze zahrnout veškeré související faktory. Především jde o subjektivní škody, jako jsou bolest, změna

kvality a délky života nebo škoda na životním prostředí. Problémem u tohoto typu faktorů je jejich obtížná kvantifikovatelnost, a tudíž těžce vyčíslitelná hodnota v peněžních prostředcích. Lze tedy předpokládat, že částka ekonomické ztráty bude ještě vyšší nežli částka vypočtená zmiňovanou metodikou.

3.5 Vymezení Cost-Benefit Analysis

Cost-Benefit Analysis je metodika, která odpovídá na otázky přínosu realizace investičního projektu. Na jejím základě jsou vypočteny rozhodující ukazatele, které dále rozhodnou, zda je zamýšlený projekt pro společnost přínosný nebo naopak ztrátový. Termín Cost-Benefit Analysis se překládá jako analýza nákladů a přínosů. Zavádějícím může být právě pojem náklad, který vede k domněnce, že se jedná pouze o účetní náklady. V této metodice jsou však náklady chápány spíše jako „újmý“, respektive jakýkoliv negativní dopad plynoucí z realizace projektu. Analýza nákladů a přínosů se využívá především pro hodnocení projektů realizovaných ve veřejné sféře (Sieber, 2004).

Původ CBA je ve Spojených státech amerických, kde v roce 1808 stávající ministr financí Albert Gallatin doporučoval porovnání přínosů a nákladů na projekty spojené s vodním stavitelstvím. Hlavní vývoj této metodiky je však spojen s rokem 1936, kdy se CBA dostává do povědomí federální vlády USA. V tomto roce se americká vláda zabývá protipovodňovými opatřeními a na základě takzvaného Flood Control Act vyžaduje od armádního sboru inženýrů, aby zhodnotil přínosy a náklady zamýšlených projektů protipovodňových opatření. Počáteční, značně jednoduché, analytické snahy vedly ke stimulaci výzkumu nových metodik založených na ekonomických poznacích, které by pomáhaly určit nejefektivnější alokaci prostředků z rozpočtů v ostatních oblastech veřejného zájmu. Pod záštitou federálních orgánů byla vydána příručka pro využívání CBA známá pod názvem Green Book. V 50. letech 20. století se o metodiku začali zajímat akademičtí ekonomové. Ti postupně upravovali a ovlivňovali vývoj této metodiky. Analýza výnosů a nákladů se během dalších let stala hlavním teoretickým východiskem pro rozhodování o realizaci projektů ve veřejné sféře (Hanley, 1993)

3.6 Testované hypotézy

V současnosti dochází ke stále častějšímu využívání okružních křižovatek místo standardních styčných nebo průsečných křižovatek a právě proto se tato práce věnuje racionalitě výstavby kruhových objezdů, a to na základě jejich efektu na dopravní nehodovost. Základní odhad je takový, že kruhový objezd vzhledem ke svým geometrickým vlastnostem snižuje rychlost projíždějících vozidel a zvyšuje přehlednost v daném úseku. Dále také jasně stanovuje pravidla silničního provozu, což má za následek omezení vzniku rizikových situací při průjezdu křižovatkou.

Na základě výše zmíněných předpokladů jsem stanovil hypotézy, které budu ve své práci testovat.

H_0 : Využívání okružních křižovatek nemá žádný vliv na dopravní nehodovost v dané lokalitě

H_1 : Využívání okružních křižovatek má vliv na dopravní nehodovost v dané lokalitě

Podnětem pro zpracování tohoto tématu je v poslední době zvýšená preference využívání kruhových objezdů jako formy uspořádání úrovnových křižovatek pozemních komunikací, která by se měla vyznačovat obecně vyšší bezpečností ve srovnání s ostatními typy křižovatek.

4 Praktická část

4.1 Ideální metoda

Jako ideální metoda ke změření vlivu na bezpečnost dopravního provozu vyjádřenou počtem dopravních nehod a jejich závažností při přestavbě stykové nebo průsečné křižovatky na kruhový objezd by byla situace, kdybychom mohli provádět řízený experiment. Ten by spočíval ve výběru náhodných křižovatek, které by tvořily skupinu určenou pro naše pozorování. Tato skupina by byla dále rozdělena na poloviny, přičemž předchozí náhodný výběr by nám zaručil, že obě skupiny jsou totožné v nepozorovaných charakteristikách.

Pro účely takto řízeného experimentu by bylo nadále nutné jednu ze skupin křižovatek přebudovat na kruhový objezd a druhou ponechat ve stávající podobě. Následně by byl měřen počet dopravních nehod vzniklých na přestavěných křižovatkách a na původních styčných a průsečných křižovatkách. Také by bylo nutné zaznamenávat následky vzniklé v souvislosti s těmito dopravními nehodami.

Simulací reálného silničního provozu by byla získána data, která by poskytovala věrohodnou informaci o počtu a závažnosti dopravních nehod ve skutečném silničním provozu. Tím by bylo dosaženo odhadu reálné situace v dopravě. Rozdíl v počtu nehod a počtu a závažnosti zranění by poté odpovídal efektu kruhových objezdů na dopravní situaci.

Výše zmíněný experiment je však v reálném světě neuskutečnitelný především z důvodu nízké četnosti dopravních nehod a tudíž potřebě velkého množství subjektů účastnících se experimentu. Další překážkou takového výzkumu by byl rozpor s etikou vědeckého zkoumání. V reálných podmínkách se proto budeme zabírat experimentem přirozeným.

4.2 Sběr dat

Práce se věnuje problematice dopravních nehod na úrovnových křižovatkách běžného typu a na kruhových objezdech v časovém období od roku 2011 do roku 2013 především z důvodu, že právě za tento časový interval byla potřebná data poskytnuta Policií České republiky. Bohužel tato data neobsahovala jednoznačné určení místa, na kterém se dopravní nehoda stala. Pomocí přiloženého seznamu kódů, které Policie ČR využívá pro zaznamenání důležitých charakteristik dopravní nehody, bylo možné identifikovat, jaké nehody se staly na kruhových objezdech, avšak již nebylo možné jednoznačně rozlišit, o jaký kruhový objezd se jedná. Vzhledem k náročnosti určování přesného místa vzniku dopravní nehody jsem využil opačného přístupu.

Z internetového portálu veřejných zakázek (www.vestnikverejnychzakazek.cz) bylo možné vyčlenit několik vypsanych veřejných zakázek na přestavbu úrovnových křižovatek na okružní křižovatky a nebo identifikovat takové zakázky, které zahrnovaly výstavbu nových kruhových objezdů. Avšak ve většině případů se ze

zveřejněných dokumentů nedala zjistit informace o dokončení přestavby případně otevření nové okružní křižovatky. Tyto, pro práci velmi důležité informace, jsem následně zjišťoval prostřednictvím vyhledávacího portálu www.google.com, který mě nadále odkazoval na informace v regionálních periodikách, oficiálních dokumentech měst a obcí a na jiné zdroje. Další informace o nově otevřených kruhových objezdech ve zvoleném časovém intervalu byly získány od Správy a údržby silnic Pardubického kraje a také dalším intenzivním vyhledáváním¹. Z důvodu neexistence uceleného archívu nebo jiné databáze okružních křižovatek v České republice byla veškerá data získána osobním vyhledáváním a dotazováním se. Celkový počet identifikovaných okružních křižovatek, které byly přestavěny z původního dopravního řešení a otevřeny mezi roky 2011 a 2013 je 40. V příloze 1 jsou zahrnuty všechny kruhové objezdy z datového souboru včetně GPS souřadnic a včetně předchozího dopravního řešení. Souřadnice GPS byly zaznamenány pomocí webové mapy googlemaps.com.

Jednoznačné určení úrovnových křižovatek, které prošly přestavbou, bylo důležité pro zjištění počtu nehod, které se staly na těchto křižovatkách před přestavbou a po přestavbě. K tomuto účelu byl využit geografický informační systém Jednotná vektorová mapa dostupný na internetových stránkách www.jdvm.cz. V tomto informačním systému jsou zaznamenány veškeré dopravní nehody, které se staly od roku 2007 až po nejnovější aktualizaci k 12. březnu 2015. Údaje o dopravních nehodách jsou totožné s daty, které byly poskytnuty Policií ČR, jelikož JDVM spolupracuje přímo PČR.

Přiřazením jednotlivých nehod ke každému z vybraných kruhových objezdů a určení, zda se dopravní nehoda stala před přestavbou a nebo po přestavbě, vznikl datový soubor, který byl vstupem pro další analýzu. Z dat od PČR je také možné identifikovat množství úmrtí, těžkých zranění, lehkých zranění a také velikost hmotné škody vzniklé v souvislosti s dopravní nehodou.

4.3 Kontrolní skupina

Pro využití metody Difference-in-Differences bylo nutné stanovit kontrolní skupinu úrovnových křižovatek. Tato množina dat musí splňovat několik předpokladů, a to aby na vybraných kontrolních křižovatkách neproběhla v letech 2011 až 2013 žádná úprava směrových podmínek nebo přestavba křižovatky. Dále se tyto křižovatky musí nacházet v okolí zkoumaných okružních křižovatek a jejich vlastnosti by se měly co nejvíce blížit analyzovaným křižovatkám především potom například v hustotě silničního provozu. Výběr by měl být stejně jako u zkoumaného datového souboru náhodný, a proto pro potřeby práce bylo zvoleno jednoduché pravidlo, dle kterého byly kontrolní křižovatky vybrány.

Kontrolní skupina byla sestavena výběrem křižovatek, které byly v pořadí třetí křižovatkou od zkoumaného kruhového objezdu. Směr, ve kterém byly kontrolní

¹ O poskytnutí dat bylo požádáno i Ředitelství silnic a dálnic, avšak vzhledem k administrativní náročnosti při získávání potřebných informací nebyla spolupráce úspěšná.

křižovatky vyhledány, byl vždy určen světovou stranou. Ta se pro každý zkoumaný kruhový objezd měnila.

Při realizaci výběru kontrolní skupiny však bylo nutné v určitých případech zvolené pravidlo modifikovat vzhledem k tomu, že u některých kruhových objezdů se v daném směru nacházela třetí křižovatka až v jiné obci a nebo byla od vyšetřovaného kruhové objezdu příliš vzdálená. K porušení pravidla došlo i v případě, kdy měla kontrolní křižovatka velmi odlišné vlastnosti, jako například to, že se nacházela na pozemních komunikacích nižších tříd s výrazně menším silničním provozem.

Vybraná kontrolní skupina je výsledkem hledání na webových mapách. Počet dopravních nehod a jejich následky byly poté odvozeny z databáze Policie ČR a z webové aplikace jednotná dopravní vektorová mapa, která obsahuje údaje o dopravních nehodách.

4.4 Deskriptivní statistika

V této kapitole se práce věnuje popisné statistice souboru dat zahrnující přestavěné křižovatky a také souboru dat, ve kterém jsou zachyceny křižovatky nepřestavěné tedy kontrolní. Podkapitola je rozdělena do dvou sekcí právě podle toho, zda se jedná o přestavěné nebo kontrolní křižovatky.

Zkoumaná skupina křižovatek

Kompletní přehled počtu nehod na všech vybraných kruhových objezdech, které byly zprovozněny v letech 2011 až 2013 je v příloze 2. Následující tabulka sumarije informace obsažené ve výše zmíněné příloze.

Tab. 1 Celkový přehled nehod na vybraných přebudovaných křižovatkách v období 2011-2013

Počet nehod evidovaných Policií ČR na daném dopravním řešení v letech 2011 - 2013	Počet nehod se zraněním	Druh zranění účastníků nehod		
		Lehké	Těžké	Smrtelné
103	42	50	7	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak je z tabulky patrné, za celé tříleté období se stalo na vybraných křižovatkách a kruhových objezdech celkem 103 dopravních nehod, které byly hlášeny Policii ČR, a tudíž se nacházejí v jejích databázích. Od roku 2009 došlo ke změně ohlašovací povinnosti u dopravních nehod, což mělo za následek snížení počtu dopravních

nehod, které by za nezměněných okolností byly součástí databází PČR. Dalším faktorem snižujícím počet nehod je také to, že často dochází pouze k domluvě účastníků nehody bez kontaktování policejních složek. Dle evidence PČR bylo z celkových 103 dopravních nehod 42 s následkem zranění některého z účastníků. Tato hodnota je již věrohodnější, jelikož pokud dojde ke zranění osoby, musí se dopravní nehoda nahlásit na Policii České republiky, a to i v případě pokud je zranění pouze drobné. Bohužel již nikde není specifikováno, co je drobné zranění. Celkem došlo v průběhu zkoumaných tří let k 50 lehkým zraněním a 7 těžkým zraněním. Nehoda s následkem úmrtím se za toto období nestala ani jedna. V České republice je dopravní nehoda zařazena do skupiny s následkem úmrtí, pokud účastník zemře do 24 hodin od nehody.

V následující tabulce je uvedena absolutní četnost dopravních nehod rozlišených podle následků.

Tab. 2 Absolutní četnost dopravních nehod u kontrolované skupiny

Celkový počet nehod	Počet nehod s lehkým zraněním	Počet nehod s těžkým zraněním	Počet nehod s úmrtím
103	36	6	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 3 obsahuje informace o relativní četnosti dopravních nehod s lehkým zraněním (LZ) a těžkým zraněním (TZ). Dopravní nehody s následkem úmrtí se již v této tabulce nevyskytují vzhledem k tomu, že se za sledované období nestala ani jedna.

Tab. 3 Relativní četnost dopravních nehod u kontrolované skupiny

	Lehká zranění	Těžká zranění
Absolutní vyjádření	0,350	0,058
Procentuální vyjádření	35 %	5,8 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Z vypočtených hodnot vyplývá, že ze všech 103 dopravních nehod bylo 35 % s následkem lehkého zranění alespoň jednoho z účastníků a téměř při 6 % nehod byla zranění zařazena do skupiny těžkých.

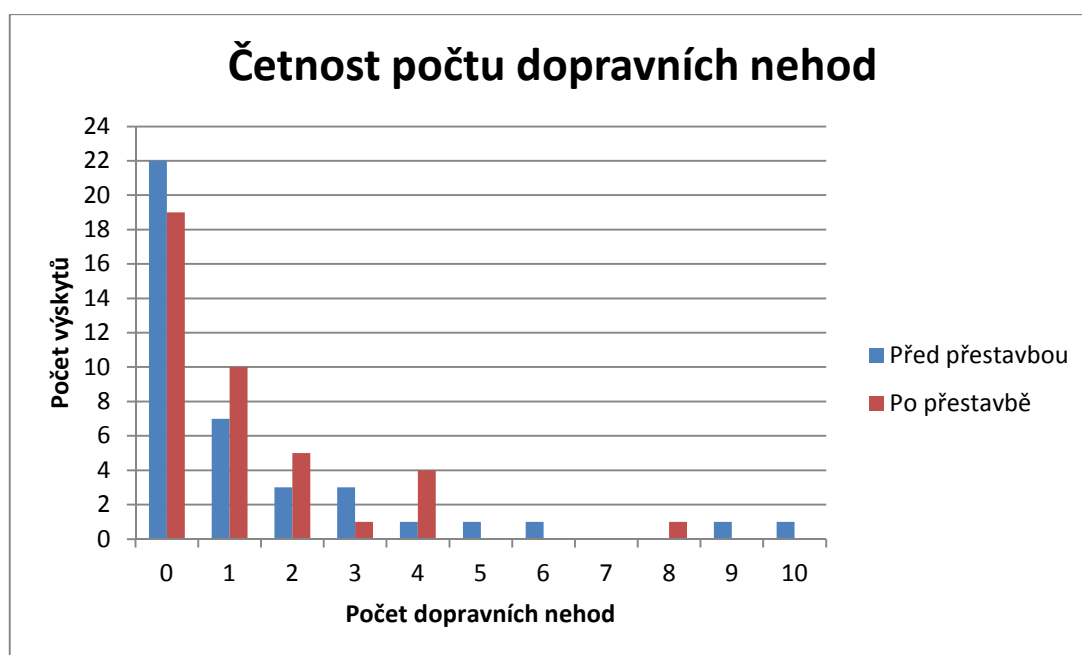
Přehled četnosti dopravních nehod zachycuje tabulka 5 a obrázek 8. Počet nehod na všech vybraných křižovatkách, které prošly přestavbou, se nachází v intervalu 0 až 10. Z výše zmíněné tabulky či grafu je patrné, že nejčastější hodnotou nacházející se v datovém souboru je 0 a dále 1 dopravní nehoda. Ostatní množství nehod se již vyskytuje méně často.

Tab. 4 Četnost dopravních nehod u kontrolované skupiny

Frekvenční distribuce	Před přestavbou	Po přestavbě
0	22	19
1	7	10
2	3	5
3	3	1
4	1	4
5	1	0
6	1	0
7	0	0
8	0	1
9	1	0
10	1	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 8 Četnost dopravních nehod u kontrolované skupiny



Zdroj: Vlastní zpracování

Kontrolní skupina křižovatek

Celkový počet dopravních nehod a druhu zranění na kontrolních křižovatkách je přiložen v příloze 3. Údaje obsažené ve zmiňované tabulce dále pro přehlednost sumarizuje tabulka 5.

Tab. 5 Celkový přehled dopravních nehod na vybraných nepřebudovaných křižovatkách v období 2011 - 2013

Počet nehod evidovaných Policií ČR na daném dopravním řešení v letech 2011 - 2013	Počet nehod se zraněním	Druh zranění účastníků nehod		
		Lehké	Těžké	Smrtelné
96	41	50	10	1

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak je z výše uvedené tabulky patrné, celkem se událo 96 dopravních nehod na křižovatkách, které jsou zahrnuty v kontrolní skupině v období od roku 2011 do roku 2013. Počet je zde obdobně jako u křižovatek zkoumaných přebrán ze statistik Policie České republiky. Z 96 dopravních nehod jich mělo 41 za následek zranění jednoho nebo více účastníků nehody. V souhrnu bylo zaznamenáno za vymezené tříleté období 50 lehkých zranění, 10 těžkých zranění a jedna nehoda měla za následek úmrtí účastníka. Absolutní četnost dopravních nehod na kontrolních křižovatkách je vyjádřena v tabulce 6.

Tab. 6 Absolutní četnost dopravních nehod u kontrolní skupiny křižovatek

Celkový počet nehod	Počet nehod s lehkým zraněním	Počet nehod s těžkým zraněním	Počet nehod s úmrtím
96	30	10	1

Zdroj: Vlastní zpracování

Relativní četnosti jsou poté zachyceny v následující tabulce:

Tab. 7 Relativní četnost dopravních nehod u kontrolní skupiny křižovatek

	Lehká zranění	Těžká zranění	Úmrtí
Absolutní vyjádření	0,313	0,104	0,0104
Procentuální vyjádření	31,25 %	10,4 %	1,04 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky vyplývá, že 31,3 % dopravních nehod na kontrolní skupině křižovatek mělo za následek lehké zranění jednoho nebo více účastníků. Dále 10,4 % zaznamenaných nehod bylo s následkem těžkého zranění a mírně přes jedno procento nehod bylo s úmrtím. Vzhledem k velmi nízkému počtu úmrtí, pouze jedno za celé tři roky, je tato informace málo významná.

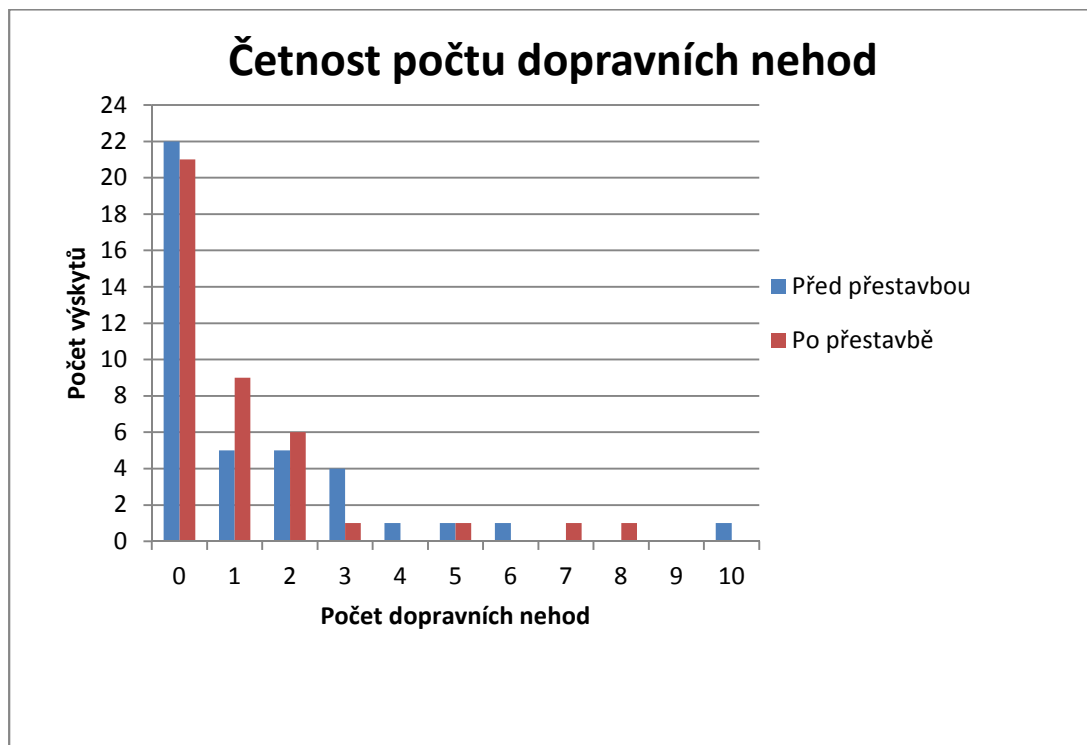
Četnosti počtu dopravních nehod v celém souboru dat jsou zobrazeny v následující tabulce a dále také na obrázku 9, který zobrazuje graf četností. Obdobně jako tomu bylo u kontrolované skupiny i u kontrolní skupiny se nejčastěji vyskytuje hodnota 0.

Tab. 8 Četnost dopravních nehod u kontrolní skupiny

Frekvenční distribuce	Před přestavbou	Po přestavbě
0	22	21
1	5	9
2	5	6
3	4	1
4	1	0
5	1	1
6	1	0
7	0	1
8	0	1
9	0	0
10	1	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 9 Četnost dopravních nehod u kontrolní skupiny



Zdroj: Vlastní zpracování

4.4.1 Základní charakteristiky datového souboru

V této podkapitole nadřazené kapitoly Deskriptivní statistika se budu věnovat základním statistickým charakteristikám vybraných dat. Nejdříve se zaměřím na počet nehod v obecné rovině, tedy bez rozlišení následků dopravních nehod na zdraví účastníků. Dále budou uvedeny charakteristiky jak pro dopravní nehody s následkem těžkých zranění, tak pro dopravní nehody s lehkými zraněními účastníků a dále také pouze pro výši hmotných škod vzniklých při nehodách.

Nehody v obecném pojetí

V tabulce 9 jsou tedy zahrnuty vypočtené hodnoty pro průměrný měsíční počet nehod, které nastaly jak na kontrolované skupině, tak na kontrolní skupině křižovatek za období před přestavbou a po přestavbě.

Tab. 9 Základní charakteristiky dat pro měsíční průměry dopravních nehod

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Standardní chyba	Medián
Přebudovaná před	0,0789	0,1734	0,0301	0,0274	0
Přebudovaná po	0,0660	0,0904	0,0082	0,0143	0,0339
Kontrolní před	0,0539	0,0729	0,0053	0,0115	0
Kontrolní po	0,0577	0,0855	0,0073	0,0135	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Měsíční průměr počtu dopravních nehod na zkoumaných křižovatkách je 0,0789 dopravní nehody za období před přestavbou. V období, kdy již vybrané křižovatkou byly kruhovými objezdy, je měsíční průměr na úrovni 0,066 dopravní nehody. Patrný je tedy mírný pokles počtu nehod, avšak tomu se více budu věnovat v následujících kapitolách.

Směrodatná odchylka udává, jak hodně jsou vzdálená data od průměru výběru. Představuje tedy míru variability datového souboru. Jak je z tabulky patrné, pro křižovatkou přestavěné v období před přestavbou dosahuje směrodatná odchylka relativně vysoké hodnoty v porovnání s ostatními skupinami, data jsou tedy zatížena relativně vysokou variabilitou. Příčinou vyšší směrodatné odchylky je měsíční průměr dopravních nehod před přestavbou zaznamenaný u křižovatkou číslo 5, kde za jeden měsíc, kdy byla tato křižovatkou ještě běžným typem, se v této oblasti stala jedna dopravní nehoda. Jednoduchým propočtem poté získáme měsíční průměr nehod roven jedné. Ve vztahu k ostatním získaným hodnotám poté dochází ke značnému navýšení směrodatné odchylky. U ostatních zkoumaných dat již směrodatná odchylka významně nižší, ale přesto stále značí poměrně vysokou variabilitu dat.

Standardní chyba je směrodatná odchylka veličiny nazývané jako výběrový průměr, která představuje náhodnou veličinu, vzniklou vybíráním náhodných skupin vzorků ze základního souboru. Z těchto výběrů by se dále vypočítal průměr a průměr těchto průměrů představuje právě veličinu výběrový průměr. Je to tedy jakési vyjádření nepřesnosti měření. Nízké hodnoty standardní chyby značí, že vypočtené měsíční průměry na vybraném vzorku křižovatek a kruhových objezdů poskytují věrohodnou informaci o měsíčním průměru počtu dopravních nehod na všech přebudovaných i nepřebudovaných křižovatkách za zvolené období. Interval, v jakém by se hodnoty měly pohybovat, je vypočten jako bodový odhad \pm koeficient spolehlivosti pro zvolenou hladinu krát standardní chyba. V tomto intervalu spolehlivosti se poté nachází všechny hodnoty v celé populaci.

Úmrtí a těžká zranění

V této části se práce zabývá dopravními nehodami s následkem úmrtí nebo těžkého zranění některého z účastníků nehody. Jak již bylo uvedeno výše, pokud člověk zemře do 24 hodin po dopravní nehodě, je tato nehoda klasifikována jako nehoda s usmrcením. Zhodnocení závažnosti zranění se provádí přímo dle vyjádření zasahujícího lékaře na místě nehody. Tento údaj je poté zanesen do elektronického formuláře, který vyplňují příslušníci PČR a prostřednictvím toho se dostává do policejní databáze. Avšak prvotní odhad je dále upravován lékaři v nemocnicích podle anatomického kódovacího systému AIS, což je 6stupňový systém hodnotící závažnost zranění od nejlehčích po nejtěžší. Pro to, aby byl pacient zahrnut do kategorie těžkých zranění v nemocničních databázích, musí dosáhnout na úroveň 3+.

Vzhledem k faktu, že v celém datovém souboru byla identifikována pouze jedna jediná dopravní nehoda s následkem úmrtí, nebudu se již dále úmrtím věnovat. Těžkých zranění se již událo za sledované období na vybraných křižovatkách více, ale i tak se jedná o relativně malý vzorek. Celkem se na kontrolovaných i kontrolních křižovatkách jednalo o 16 nehod s následkem těžkého zranění. V tabulce 10 jsou uvedeny opět naměřené měsíční průměry u zkoumané a kontrolní skupiny křižovatek, dále směrodatné odchylky určující variabilitu vzorků od průměru výběru a následně také standardní chyby, vyjadřující o kolik se liší průměr vybraných dat od průměru celkové populace.

Tab. 10 Základní charakteristiky dat pro měsíční průměry těžkých zranění

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Standardní chyba	Rozptyl	Medián
Přebudovaná před	0,0029	0,0128	0,0020	0,0002	0
Přebudovaná po	0,0047	0,0154	0,0024	0,0002	0
Kontrolní před	0,0111	0,0351	0,0055	0,0012	0
Kontrolní po	0,0058	0,0184	0,0029	0,0003	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Ve vztahu k absolutním četnostem vypočteným pro každou skupinu je patrné, že i samotných nehod s následkem těžkého zranění se neudálo na vybraných křižovatkách mnoho.

Lehká zranění

Jak již bylo uvedeno v části, která se věnuje těžkým zraněním, pro stanovení závažnosti zranění účastníka dopravní nehody jako lehké se využívá posudku zasahujícího lékaře, který je dále upřesňován pomocí zmíněného anatomického kódovacího systému AIS. Pokud zranění nepřesáhnou stanovenou hranici 3+ pro těžká zranění, můžeme hovořit o zraněních lehkých.

U lehkých zranění je již četnost vyšší než u zranění těžkých, kterých bylo na obou skupinách křižovatek pouze 16. U vybraných zkoumaných křižovatek se vyskytlo celkem za celé tříleté období 50 záznamů o lehkém zranění. Přesně stejný

počet byl identifikován na skupině křižovatek kontrolních, tedy také 50 lehkých zranění. Naměřené měsíční průměry počtu lehkých zranění v časovém úseku před přestavbou a po přestavbě na kontrolované i kontrolní skupině křižovatek je uveden v tabulce 11.

Tab. 11 Základní charakteristiky dat pro měsíční průměry lehkých zranění

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Standardní chyba	Rozptyl	Medián
Přebudovaná před	0,0306	0,0721	0,0114	0,0052	0
Přebudovaná po	0,0159	0,0401	0,0063	0,0016	0
Kontrolní před	0,0329	0,0607	0,0096	0,0037	0
Kontrolní po	0,0293	0,0657	0,0104	0,0043	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Opět jsou také vypočteny základní statistické charakteristiky, jako tomu bylo u nehod v obecném pojetí a těžkých zranění. V porovnání s měsíčními průměry těžkých zranění je zde již rozsáhlejší počet měření a v souvislosti s tím i vyšší měsíční průměry.

Jak je z výše uvedené tabulky možné vyčíst, v období před přestavbou křižovaty byl měsíční průměr počtu lehkých zranění u obou skupin relativně podobný, a to po zaokrouhlení 0,0306 u vybraných křižovatek, které prošly přestavbou a 0,0329 na křižovatkách, u kterých přestavba na kruhový objezd neproběhla. V období po přebudování se již naměřené průměry liší výrazněji. U všech zkoumaných křižovatek se po přestavbě na okružní křižovatku vyskytlo měsíčně v průměru 0,0159 lehkého zranění. Ve srovnání s kontrolní skupinou, na které se dle statistiky Policie České republiky a následného přepočtení na měsíční průměr počtu lehkých zranění, vyskytlo 0,0293 lehkého zranění.

Směrodatná odchylka a standardní chyba opět vyjadřují, jak je vzdálen vypočtený měsíční průměr od celkového průměru vzorku a o kolik se liší od průměru celkové populace.

Hmotné škody

Tato část diplomové práce se zabývá dalším možným pohledem na racionalitu výstavby kruhových objezdů. Pokud vezmeme v úvahu poznatky získané z odborné literatury věnující se problematice kruhových objezdů, tak jedním z nich byl dopad kruhových objezdů na absolutní rychlost, jakou se vozidla v daném úseku pohybují. Pokud tedy dojde k dopravní nehodě v nižší rychlosti, ovlivní to jednak následky na zdraví účastníků nehody, ale také poškození vozidel. Obdobně by měly působit i další charakteristiky kruhových objezdů, které byly identifikovány v podkapitole věnující se výhodám okružních křižovatek. Z dat poskytnutých Policií České republiky bylo možné zjistit výši hmotné škody na vozidlech účastnících se jednotlivých dopravních nehod. Počet záznamů však může být ovlivněn vymezením povinnosti ohlásit dopravní nehodu Policii České republiky. Pokud totiž nedojde ke hmotné

škodě na majetku třetí osoby, hmotné škodě na vybavení nebo přímo na pozemní komunikaci a nebo nemohou účastníci provozu bez vynaložení nepřiměřeného úsilí zabezpečit obnovení plynulosti provozu a dále nedojde-li ke zranění či usmrcení některé osoby a na některém ze zúčastněných vozidel včetně přepravovaných věcí není hmotná škoda zřejmě vyšší než 100 000 Kč, není nutné dopravní nehodu hlásit na Policii České republiky (Ministerstvo vnitra, 2012).

V tabulce 12 jsou zaznamenány měsíční průměry hodnoty hmotných škod na kontrolované i kontrolní skupině křižovatek. Obdobně jako u předchozích kritérií jsou zde dopočteny i základní statistické charakteristiky, a to směrodatná odchylka a standardní chyba. Hodnoty jsou uvedeny ve stovkách korun, jelikož toto měřítko využívá přímo databáze Policie České republiky.

Tab. 12 Základní charakteristiky dat pro měsíční průměry hmotných škod

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Standardní chyba	Rozptyl	Medián
Přebudovaná před	76,852	177,939	28,135	31662,20	0
Přebudovaná po	49,744	209,847	33,180	44035,74	0
Kontrolní před	32,753	63,183	9,990	3992,05	0
Kontrolní po	24,416	49,211	7,781	2421,70	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Sloupec s názvem průměrná hodnota uvádí průměrnou měsíční výši hmotných škod na křižovatkách uvedených jak ve zkoumané, tak v kontrolní skupině. Rozlišena jsou dále také obě období, před výstavbou kruhového objezdu a po výstavbě kruhového objezdu. Nejvyšších průměrných měsíčních hmotných škod dosahovaly křižovatky ve skupině zkoumaných před přestavbou. V porovnání s kontrolními křižovatkami za stejné období vznikly na těchto křižovatkách hmotné škody v průměru o 4 410 Kč vyšší.

4.5 Ekonometrická metodologie

V této části práce bude aplikována ekonometrická metoda rozdílů v rozdílech popsaná v podkapitole 2.2.1., a to na průměrné počty nehod v obecném pojetí a také na naměřené počty následků vzniklých v souvislosti s dopravními nehodami.

4.5.1 Dopravní nehody v obecném pojetí

Při aplikaci vzorce z rovnice 1 dostaneme výsledky, které jsou zachyceny v tabulce 13.

Tab. 13 Výpočet Difference-in-Differences pro nehody obecně

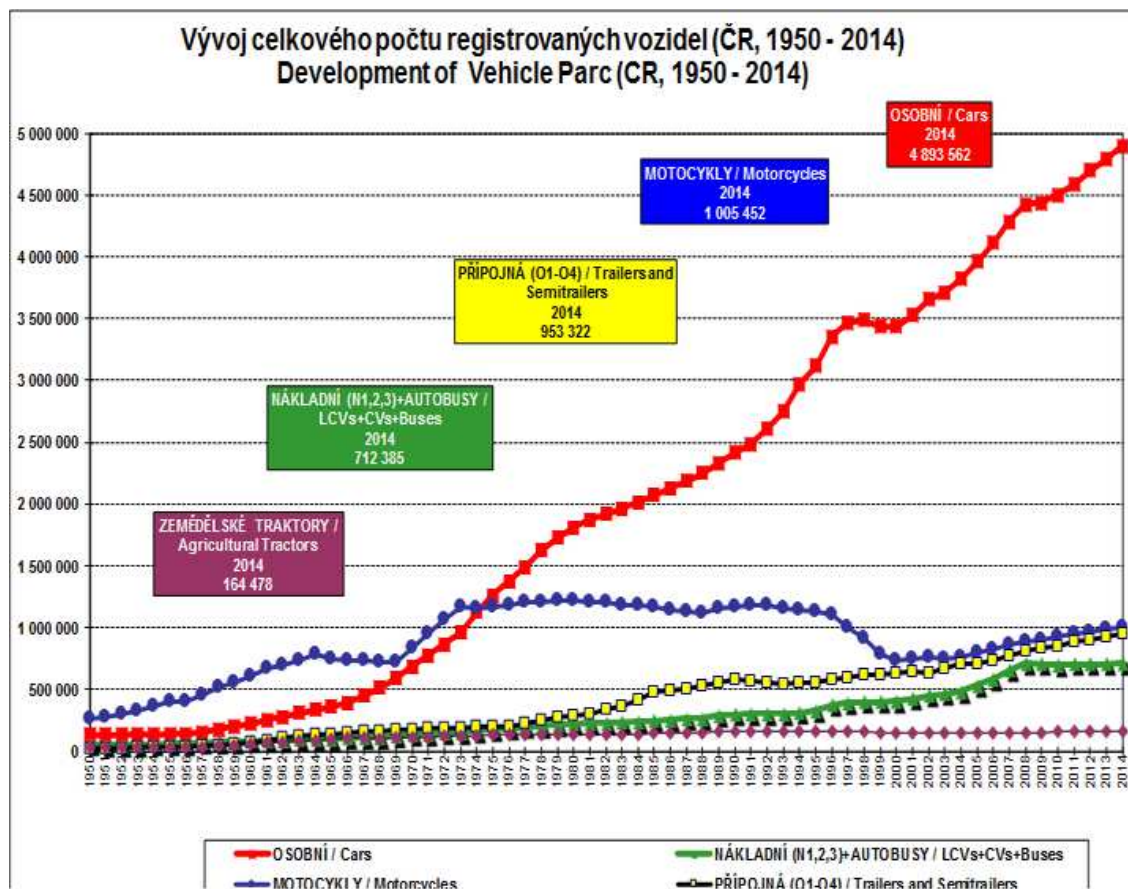
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Standardní chyba
$T_a - T_b$	-0,0129	0,1692	0,0268
$C_a - C_b$	0,0037	0,1114	0,0176
DiD	-0,0166	0,2157	0,0341

Zdroj: Vlastní zpracování

Jednotlivé hodnoty před přestavbou a po přestavbě u testované skupiny a u kontrolní skupiny jsou zaznamenány v sloupci s názvem Průměrná hodnota. Výsledku bylo dosaženo výpočtem rozdílu mezi průměrem z naměřených měsíčních průměrů dopravní nehodovosti po přestavbě a identickým průměrem před přestavbou. Výsledná hodnota - 0,0129 značí, že efekt přestavby původních úrovnových křižovatek na kruhové objezdy je snížení průměrného měsíčního počtu dopravních nehod o přibližně 0,013 nehody měsíčně. Tento údaj však nehodnotí čistý dopad přestavby na dopravní nehodovost, jelikož zahrnuje také globální trend, o který je nutné jej očistit. Právě zmíněný trend je vyjádřen v dalším řádku tabulky. Je zachycen na skupině kontrolních křižovatek, které, jak bylo popsáno v kapitole věnující se kontrolní skupině a také v charakteristice metody Difference-in-Differences, se svými vlastnostmi co nejvíce přibližují kontrolované skupině křižovatek. Pokud by tedy nedošlo k žádnému zásahu do vybraných dopravních řešení, navýšil by se průměrný měsíční počet nehod na křižovatkách o 0,0037 nehody měsíčně.

Růst průměrného počtu nehod může být zapříčiněn zvyšujícím se počtem registrovaných vozidel v České republice. Vývoj tohoto ukazatele je zachycen na obrázku 10, který poskytuje informaci o počtu registrovaných vozidel od roku 1950. V souhrnu došlo dle uveřejněných dat na portálu Sdružení automobilového průmyslu (2012) ke zvyšování počtu registrovaných vozidel. V roce 2011 bylo registrováno v České republice celkem 6 229 600 vozidel všech skupin, v následujícím období se tento počet ke konci roku 2012 navýšil na 6 369 361. Další rok došlo opět k růstu počtu registrovaných vozidel, a to až na 6 477 656 vozidel. S nárůstem tohoto ukazatele lze předpokládat, že se zvyšoval i počet vozidel provozovaných na pozemních komunikacích, a tudíž docházelo k navýšení hustoty provozu.

Obr. 10 Vývoj počtu registrovaných vozidel



Zdroj: Sdružení automobilového průmyslu (2012)

Průměrný efekt přestavby očištěný o vliv globálního trendu poté zachycuje právě vypočtená hodnota Difference-in-Differences v tabulce označena zkratkou DiD. Odečtením rozdílu u kontrolní skupiny v období před přestavbou a po přestavbě od rozdílu kontrované skupiny před přebudováním a po něm vyšla tato výsledná hodnota mínus 0,016629119, tedy po zaokrouhlení je výsledek přibližně -0,0166. Toto číslo lze interpretovat jako průměrný efekt přestavby běžné křižovatky na kruhový objezd. Pokud se tedy přebuduje úroňová křižovatka na okružní křižovatku, mělo by dojít v daném úseku k průměrnému měsíčnímu poklesu počtu dopravních nehod o 0,0166 dopravní nehody tj. v procentuálním vyjádření se jedná o 21 % pokles.

Vypočtené rozdíly jak u křižovatek, na kterých proběhla změna, tak u křižovatek kontrolních, je však nutné podrobit testování, zda jsou výsledky statisticky významné.

Pro zjištění statistické signifikance se v praxi využívá velké množství testů. V práci bude využit dvouvýběrový párový t-test. První testovanou charakteristikou je právě rozdíl mezi měsíčními průměry dopravní nehodovosti. Pro výpočet testového kritéria byl využit software MS Excel. Tento test se využívá k otestování roz-

dílnosti nebo shodnosti středních hodnot dvou výběrů, nebo jednoho výběru testovaného dvakrát. První množinu dat představují tedy naměřené měsíční průměry před přestavbou. Druhá množina jsou měsíční průměry po přestavbě. Test byl využit jako dvojstranný test. Výsledné testové kritérium pro obě skupiny křížovatek je zachyceno v následující tabulce, kde je zároveň uvedena i kritická hodnota Studentova t -rozdělení, se kterým se následně vypočtené testové kritérium porovná. Počet stupňů volnosti je stanoven na 39 a hladina významnosti je 0,95, tedy $\alpha = 0,05$. Statistický software GRETl vypočetl kritickou hodnotu se stanovenými parametry jako 1,685.

Tab. 14 Párový t -test pro nehody v obecném pojetí

	Testové kritérium	p-hodnota
Treated	0,4949	0,6278
Control	0,2114	0,8337
Kritická hodnota		1,685

Zdroj: Vlastní zpracování

Dalším krokem pro zjištění statistické významnosti rozdílu mezi křížovatkami před a po přestavbě je porovnání vypočteného testového kritéria se získanou kritickou hodnotou. Následně je-li:

$$t \leq t_{1-\alpha/2}(v) \Rightarrow \text{statisticky nevýznamný rozdíl } \mu_1 \text{ a } \mu_2$$

$$t \geq t_{1-\alpha/2}(v) \Rightarrow \text{statisticky významný rozdíl } \mu_1 \text{ a } \mu_2$$

V tomto případě je patrné, že testové kritérium t je menší nebo rovno kritické hodnotě ($t_{1-\alpha/2}(v)$), a to v obou případech. Nezamítáme tedy nulovou hypotézu H_0 , která říká, že střední hodnota před intervencí se neliší od střední hodnoty po intervenci.

Efekt přestavby se tedy jeví jako statisticky nevýznamný, jelikož neovlivnil střední hodnotu výběru. Obdobně se jeví nárůst měsíční průměrné nehodovosti u kontrolních křížovatek.

Druhým způsobem zjišťování statistické signifikance je využití p -hodnoty, která udává nejnižší možnou hladinu významnosti, na které zamítáme H_0 . Porovnáním získané p -hodnoty a hodnoty zvolené α je ověřena statistická signifikance výsledků StatSoft CR s.r.o. (2014). Pokud tedy:

$$\alpha > p \Rightarrow H_0 \text{ zamítáme ve prospěch } H_a$$

$$\alpha < p \Rightarrow H_0 \text{ nezamítáme}$$

V tomto případě je vypočtená p-hodnota výrazně větší než stanovená hladina významnosti, a tudíž i tento pohled potvrzuje nezamítnutí nulové hypotézy o nevýznamnosti zásahu.

Pro potvrzení dosažených výsledků byly naměřené hodnoty testovány ještě pomocí Wilcoxonova neparametrického testu, a to z důvodu toho, že zkoumaná proměnná nedisponuje normálním rozdělením.

Tento test byl proveden za pomoci statistického softwaru GRET. Wilcoxonův test je využit pro hodnocení párových pokusů. Dochází k porovnání dvou měření, která byla provedena na jednom výběrovém souboru. Sledovaným cíle je poté rovnost distribučních funkcí. Párové hodnoty naměřené na jednom souboru jsou většinou shromažďovány před a po zásahu, což zcela vyhovuje naměřeným datům v této práci. Hodnoty získané před a po intervenci se následně od sebe odečtou a vzniklé rozdíly seřadí do neklesající posloupnosti bez rozdílu znamének. Každému z rozdílu je přiřazeno pořadové číslo. Pokud jsou některé rozdíly shodné, obdrží průměrné pořadí. Nulové rozdíly jsou z testování vyřazeny a také celkový počet měření n je o počet nulových rozdílu snížen. Dalším krokem je součet pořadí všech kladných a záporných rozdílu, kde výsledkem jsou poté dva součty označované jako W_+ pro součet pořadí u kladných rozdílu a W_- pro součet pořadí u záporných rozdílu. Menší z obou součtu je poté porovnán s testovým kritériem zjištěným ze statistických tabulek. Rozhodnutí o statistické signifikanci zásahu je provedeno dle následujících kritérií.

Je-li $W < W_{(\alpha, n)}$ \Rightarrow zamítá se hypotéza o shodnosti rozdělení naměřených veličin, což znamená, že byl provedený zásah účinný a rozdíl je statisticky významný.

Je-li $W > W_{(\alpha, n)}$ \Rightarrow nemůžeme zamítnout hypotézu o shodnosti rozdělení naměřených veličin. Pokusný zásah je tedy neúčinný, jelikož se naměřené hodnoty před a po zásahu neliší ve svém rozdělení (Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2011).

Výstup ze statistického softwaru GRETl je zachycen v tabulce 12 i s kritickými hodnotami, které je nutné vyhledat v tabulkách.

Tab. 15 Wilcoxonův párový test pro nehody v obecném pojetí

	Treated	Control
n	30	29
W+	331	336
W-	434	418
Nulové difference	10	11
Nenulové shody	3	2
Oboustranná p-hodnota	0,4892	0,5818
Kritická hodnota $(0,05; 30)$		137,1
Kritická hodnota $(0,05; 29)$		129

Zdroj: Vlastní zpracování

Následným porovnáním menšího ze součtů pořadí, kterým je u obou skupin křížovatek součet pořadí kladných rozdílů, vyhledanou kritickou hodnotou zjistíme, zda je rozdíl vyvolaný přestavbou křížovanky na kruhový objezd statisticky významný. Tedy pro skupinu kontrolovaných křížovatek, kde přestavba reálně proběhla, je menší ze součtů pořadí roven 331 a kritická hodnota pro Wilcoxonův test s hladinou rizika 5 % a počtem měření 30 je rovna 137,1. Vzhledem k tomu, že součet pořadí diferencí je větší než zmíněná kritická hodnota, nemůžeme zamítnout hypotézu o shodnosti rozdělení naměřených veličin, a tudíž pokusný zásah v podobě přestavby křížovanky na kruhový objezd nemá v letech 2011 až 2013 statisticky významný vliv na průměrný počet dopravních nehod za měsíc. Obdobně tomu je u kontrolní skupiny křížovatek, kde Wilcoxonův test potvrzuje závěry dříve využitého t-testu. Nárůst měsíčního průměrného počtu nehod je v tomto případě také statisticky nevýznamný.

Dalším z vypočtených estimátorů je hodnota DiD, kterou je také nutné otestovat na statistickou signifikanci. U tohoto ukazatele je využít nepárový t-test. V případě nehod v obecném pojetí je použita forma testu s předpokladem rozdílnosti rozptylů. Statisticky významný rozdíl v rozptylech obou souborů dat je potvrzen výsledky F-testu, které jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 16 F-test pro nehody v obecném pojetí

	T_a-T_b	C_a-C_b
n	40	40
n-1	39	39
Rozptyl	0,0286	0,0124
F		2,308
$F_{(0,025;39;39)}$		1,890

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkový počet měření je u obou souborů 40. Počet stupňů volnosti je stanoven jako $n-1$, v tomto případě je tedy roven 39. Výsledné testové kritérium je vypočteno jako podíl rozptylů obou datových souborů. Porovnáním testového kritéria se získanou kritickou hodnotou pro F – test je patrné, že překračuje zmíněnou hodnotu, a tudíž existuje statisticky významný rozdíl mezi rozptyly souborů.

Tabulka 17 poté uvádí výsledky dosažené využitím nepárového t-testu s předpokladem rozdílnosti rozptylů.

Tab. 17 Nepárový t-test s předpokladem rozdílnosti rozptylů

	T_a-T_b	C_a-C_b
n	40	40
Průměr	-0,0132	0,0037
Rozptyl	0,0286	0,0124
t		0,5296
$t_{(0,025;\infty)}$		1,96
p-hodnota		0,6014

Zdroj: Vlastní zpracování

Vzhledem k vypočtenému testovému kritériu a získané tabulkové kritické hodnotě pro tento test na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a počtem stupňů volnosti $\nu = \infty$ a jejich vzájemnému porovnání je možné dojít k závěru, že nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu o shodnosti středních hodnot u testovaného a kontrolního souboru dat. Naměřené hodnoty u proměnné vyjadřující výstup metody rozdílů v rozdílech jsou tedy také statisticky nevýznamné, jelikož intervence neovlivnila střední hodnotu vyšetřované skupiny křížovatek oproti střední hodnotě v souboru kontrolních křížovatek.

Výsledek porovnání testového kritéria s kritickou hodnotou je potvrzen i pomocí vypočtené p-hodnoty, která převyšuje zvolenou hladinu významnosti.

4.5.2 Těžká zranění

Obdobně jako byla aplikována metoda Difference-in-Differences na data získaná pro všechny dopravní nehody, tak bude využita i na data věnující se počtu těžkých zranění vzniklých z důvodu dopravní nehody. Tabulka 18 zachycuje vypočtené průměrné rozdíly mezi měsíčními průměry počtu těžkých zranění u skupiny křižovatek, která se změnila na kruhové objezdy a zároveň u kontrolních křižovatek bez přestavby.

Tab. 18 Výpočet Difference-in-Differences pro těžká zranění

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Standardní chyba
$T_a - T_b$	0,0018	0,0207	0,0033
$C_a - C_b$	-0,0053	0,0412	0,0065
DiD	0,0071	0,0430	0,0068

Zdroj: Vlastní zpracování

Z dosažených výsledků lze usuzovat, že přestavba na kruhový objezd vedla k nárůstu měsíčního průměru dopravních nehod, a tedy že zmíněný zásah měl spíše opačný efekt, než jaký je předpokládán. Naměřený efekt je tedy navýšení tohoto počtu 2,4 krát. Opětovným využitím t-testu a porovnáním vypočteného testového kritéria s kritickou hodnotou ověříme statistickou významnost dosažených hodnot.

Tab. 19 Párový t-test pro těžká zranění

	Testové kritérium	p-hodnota
Treated	0,5550	0,5821
Control	0,8091	0,4233
Kritická hodnota		1,685

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak je z tabulky 19 patrné, testová kritéria pro obě dvě skupiny křižovatek jsou menší, než-li kritická hodnota pro $\alpha=0,05$ a počet stupňů volnosti v roven 39. Naměřené rozdíly v měsíčním průměrném počtu těžkých zranění jsou tedy opět statisticky nevýznamné. V neprospěch provedeného testování hovoří již zmíněný nízký počet zaznamenaných těžkých zranění ve vybraných datech. Pokud bychom disponovali souborem dat o větším rozsahu, výsledky by se zcela jistě značně lišily.

Vzhledem k velmi malému počtu těžkých zranění nelze využít Wilcoxonův test, jak tomu bylo u nehod v obecném vyjádření. Předpokladem pro použití tohoto testu je alespoň rozsah souboru $n=6$, čemuž tak v tomto případě není.

Tabulka 20 dále uvádí výsledky pro F-test, který byl použit za účelem zjištění rozdílnosti rozptylů u obou souborů dat.

Tab. 20 F-test pro těžká zranění

	$T_a - T_b$	$C_a - C_b$
n	40	40
n-1	39	39
Rozptyl	0,00043	0,0017
F		3,967
$F_{(0,025;39;39)}$		1,890

Zdroj: Vlastní zpracování

Obdobně jako v předchozí části i zde porovnáваме vypočtené testové kritérium F s tabulkovou kritickou hodnotou zjištěnou pomocí funkce FINV v Excelu. Z tabulky je patrné, že testové kritérium je opět větší než kritická hodnota pro danou hladinu významnosti a počet stupňů volnosti. Zamítáme tedy H_0 o rovnosti rozptylů souborů dat.

Na základě závěru získaného z předchozího testu je dále využít znovu nepárový t-test s předpokladem statisticky významných rozdílů mezi rozptyly obou souborů dat. Výsledky t-testu sumarizuje tabulka 21.

Tab. 21 Nepárový t-test pro těžká zranění

	$T_a - T_b$	$C_a - C_b$
n	40	40
Průměr	0,0018	-0,0053
Rozptyl	0,00043	0,0017
t		0,9721
$t_{(0,025;\infty)}$		1,96
p-hodnota		0,3351

Zdroj: Vlastní zpracování

Vypočtené testové kritérium t nepřevyšuje tabulkovou kritickou hodnotu pro tento test se stanovenou hladinou významnosti a počtem stupňů volnosti. Opět nezamítáme nulovou hypotézu o shodnosti středních hodnot. Na základě nezamítnutí této hypotézy lze předpokládat neúčinnost intervence na měsíční průměr počtu těžkých zranění.

Dosažený výsledek je opět potvrzen pomocí porovnání vypočtené p-hodnoty a zvolené hladiny významnosti $\alpha = 0,05$.

4.5.3 Lehká zranění

Obdobně, jako tomu bylo u těžkých zranění i u rozboru efektu kruhových objezdů na počet lehkých zranění, je využito aplikace metody Diff-in-Diff. Dosažené výsledky jsou zachyceny v následující tabulce.

Tab. 22 Výpočet Difference-in-Differences pro lehká zranění

	Hodnota	Směrodatná odchylka	Standardní chyba
$T_a - T_b$	-0,0147	0,0825	0,0131
$C_a - C_b$	-0,0036	0,0929	0,0147
DiD	-0,0111	0,1191	0,0188

Zdroj: Vlastní zpracování

Záporný rozdíl mezi měsíčním průměrem počtu lehkých zranění po přestavbě na kruhový objezd a před přestavbou indikuje již zmíněný pokles počtu lehkých zranění mezi oběma obdobími na vybraných zkoumaných křižovatkách. V absolutním vyjádření by tedy efekt přestavby bez očištění o vliv globálního trendu měl představovat pokles měsíčního průměrného počtu lehkých zranění o 0,0147. Tento výsledek naznačuje, že přestavbou běžné křižovatky na kruhový objezd se následky dopravní nehody v průměru zmírní. Celkový trend v počtu lehkých zranění způsobených dopravní nehodou je zachycen na skupině kontrolních křižovatek. Odečtením celkového měsíčního průměru za stejně dlouhé období před přestavbou jako u kontrolované skupiny, a po přestavbě získáme právě globální vývoj v této proměnné. Dosažený výsledek -0,0036 také charakterizuje pokles průměrného měsíčního počtu lehkých zranění u skupiny křižovatek, kde nebyla provedena žádná intervence. Celkový čistý efekt přestavby je poté zachycen pomocí DiD obdobně jako tomu bylo u dopravních nehod v obecném pojetí a u dopravních nehod s těžkým zraněním. Odečtením rozdílu vypočteného u kontrolních křižovatek před a po přestavbě od výsledku získaného u kontrolované skupiny dosáhneme na celkový čistý průměrný efekt přestavby, který u zvoleného souboru dat tvoří -0,0111 lehkého zranění za jeden měsíc. V procentuálním vyjádření se jedná o 36 % pokles oproti naměřené hodnotě před přestavbou. Opět je nutné dosažené výsledky podrobit testům statistické signifikance.

Obdobně, jako tomu bylo u nehod v obecném pojetí a těžkých zranění, bude využit t-test. Získané kritické hodnoty a vypočtené testové kritérium jsou uvedeny v následující tabulce 23.

Tab. 23 Párový t-test pro lehká zranění

	Testové kritérium	p-hodnota
Treated	1,129	0,2658
Control	0,247	0,8061
Kritická hodnota		1,685

Zdroj: Vlastní zpracování

Pokud tedy vyjdeme opět z porovnávání vypočteného testového kritéria a získané kritické hodnoty, dosáhneme závěru, že přestavba běžného typu křižovatky na kruhový objezd neměla statisticky významný dopad na průměrný měsíční počet

lehkých zranění vyskytujících se na daných dopravních řešeních. Obdobně jako tomu bylo u dopravních nehod v celkovém pojetí, ani zde není testové kritérium t větší nebo rovno kritické hodnotě Studentova t -rozdělení pro $\alpha = 0,05$ a počet stupňů volnosti $\nu = 39$, což značí, že střední hodnota měření získaných před přestavbou a po přestavbě se neliší, tudíž zásah v podobě přestavby kruhového objezdu je neúčinný. Stejně tak je tomu u kontrolní skupiny křižovatek, kde pokles počtu lehkých zranění mezi oběma obdobími je také statisticky nevýznamný. Zde však žádný zásah neproběhl.

Opět je zde nutné využití také neparametrických testů, a to především proto, že získaná data o měsíčních průměrech počtu lehkých zranění nemají normální rozdělení. Tento závěr je podpořen výsledky testů normality, především poté Shapiro-Wilkova testu. Pro otestování statistické signifikance poklesu počtu lehkých zranění po přestavbě bude dále využit Wilcoxonův test, který jsem využil již v předcházejících částech práce. Postup je obdobný jako u prokazování statistické významnosti u dopravních nehod v obecném pojetí. Dosažené výsledky ze statistického softwaru GRETL shrnuje níže uvedená tabulka 24.

Tab. 24 Wilcoxonův test pro lehká zranění

	Treated	Control
n	20	20
W+	345	312
W-	265	298
Nulové diference	20	20
Nenulové shody	1	1
Oboustranná p-hodnota	0,5693	0,9254
Kritická hodnota $W_{(0,05; 20)}$		52
Kritická hodnota $W_{(0,05; 20)}$		52

Zdroj: Gretl, vlastní zpracování

Porovnáním menšího z vypočtených součtů pořadí kladných a záporných diferencí s kritickou hodnotou W pro $\alpha = 0,05$ a $n = 20$, kterou lze získat ze statistických tabulek, zjistíme, zda jsou naměřené poklesy u měsíčního průměru počtu lehkých zranění statisticky signifikantní či nikoliv. Pokud tedy pro zkoumanou skupinu křižovatek vezmeme menší ze součtů pořadí $W-$, který je roven 265, a srovnáme s kritickou hodnotou $W_{(0,05;20)}$, je patrné, že kritická hodnota je mnohem menší než získaný součet pořadí diferencí. Nemůžeme tedy zamítnout nulovou hypotézu o shodnosti rozdělení veličin X a X' . Kladné a záporné rozdíly párových hodnot mají tedy symetrické rozdělení a zásah v podobě přestavby křižovatky na kruhový objezd byl neúčinný z hlediska průměrného měsíčního počtu lehkých zranění v období před přestavbou a v období po přestavbě na okružní křižovatku. Pokud se podíváme na dosažené výsledky pro kontrolní skupinu křižovatek, tak ani zde není zaznamenán pokles statisticky významný.

V tabulce 25 jsou uvedeny vypočtené charakteristiky pro F-test.

Tab. 25 F-test pro lehká zranění

	T_a-T_b	C_a-C_b
n	40	40
n-1	39	39
Rozptyl	0,0068	0,0086
F		1,268
$F_{(0,025;39;39)}$		1,890

Zdroj: Vlastní zpracování

Ze získaných výsledků je patrné, že datové soubory pro lehká zranění disponují statisticky shodnými rozptyly, resp. rozdíly mezi rozptyly obou souborů jsou statisticky nevýznamné. Z tohoto důvodu je nutné modifikovat dále využitý nepárový t-test. V tomto případě je využit test s předpokladem shodnosti rozptylů datových souborů, který byl potvrzen pomocí F-testu.

Výsledky tohoto testu shrnuje tabulka 26.

Tab. 26 Nepárový t-test pro lehká zranění

	T_a-T_b	C_a-C_b
n	40	40
Průměr	-0,0147	-0,0036
Rozptyl	0,0068	0,0086
t		0,5650
$t_{(0,025;\infty)}$		1,96
p-hodnota		0,5737

Zdroj: Vlastní zpracování

Z porovnání vypočteného testového kritéria t s tabulkovou kritickou hodnotou vychází i v případě průměrného měsíčního počtu lehkých zranění rozdíl mezi zkoumanou a kontrolní skupinou křížovatek jako statisticky nevýznamný, jelikož opět nezamítáme nulovou hypotézu o shodnosti středních hodnot datových souborů.

4.5.4 Hmotné škody

Pokud využijeme opět rozdílu mezi naměřenými průměry před a po přestavbě a následný výpočet rozdílů v rozdílech, dostaneme výsledky zachycené v tabulce 27.

Tab. 27 Aplikace Difference-in-Differences pro hmotné škody

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Standardní chyba
$T_a - T_b$	-27,108	274,564	43,412
$C_a - C_b$	-8,337	80,161	12,675
DiD	-18,770	290,864	45,990

Zdroj: Vlastní zpracování

Dopad přestavby křižovatky na kruhový objezd je opět zachycen v prvním sloupci na prvním řádku. Na vybraných křižovatkách došlo vybudováním kruhového objezdu k průměrnému měsíčnímu poklesu výše hmotných škod o 2 710 Kč. Tento efekt je opět neočištěný o vliv globálního trendu, který je obdobně jako u předchozích následků dopravní nehody a počtu dopravních nehod obecně zachycen na skupině kontrolních křižovatek nacházejících se v okolí zkoumané skupiny. Z dat naměřených na této skupině je patrné, že i bez zásahu v podobě přestavby křižovatky na kruhový objezd došlo v letech 2011 – 2013 k mírnému poklesu výše hmotných škod u dopravních nehod. Celkem se na kontrolní skupině křižovatek snížila tato měsíční průměrná výše o 833,7 Kč. Aplikací Difference-in-Differences vychází tedy očištěný efekt výstavby kruhového objezdu jako pokles průměrné měsíční výše hmotných škod vzniklých v souvislosti s dopravní nehodou o 1 877 Kč, což představuje snížení výše hmotných škod o 24 %.

Dosažené výsledky je opět nutné podrobit testování statistické signifikance. V prvním kroku bude znovu využit párový t-test pro obě skupiny křižovatek. Vzhledem k neprokázání normálního rozdělení veličin bude v druhém kroku využit také Wilcoxonův test.

Vypočtené testové kritérium pro zkoumanou a kontrolní skupinu křižovatek a získaná kritická hodnota jsou zaznamenány v tabulce 28.

Tab. 28 Párový t-test pro hmotné škody

	Testové kritérium	p-hodnota
Treated	0,6244	0,536
Control	0,6578	0,5145
Kritická hodnota		1,685

Zdroj: Vlastní zpracování

Porovnáním testového kritéria se získanou kritickou hodnotou znovu docházíme k závěru, že naměřený průměrný měsíční pokles v hodnotě hmotných škod je statisticky nevýznamný, a to jak pro skupinu křižovatek přestavěných, tak nepřestavěných.

Pro potvrzení závěru o statistické nevýznamnosti poklesu zkoumané proměnné je využito obdobně jako v předchozích kapitolách Wilcoxonův test. Výstup ze statistického softwaru GRETl shrnuje následující tabulka.

Tab. 29 Wilcoxonův test pro hmotné škody

	Treated	Control
n	30	27
W+	455	410
W-	310	319
Nulové difference	10	13
Nenulové shody	0	0
Oboustranná p-hodnota	0,3289	0,5377
Kritická hodnota $W_{(0,05; 30)}$		137
Kritická hodnota $W_{(0,05; 27)}$		107

Zdroj: Vlastní zpracování

I tento test potvrzuje závěr o nezamítnutí nulové hypotézy o shodnosti rozdělení veličin X a X' . Součet pořadí diferencí je vyšší než kritická hodnota získaná ze statistických tabulek, a to u obou skupin křižovatek. Pokusný zásah v podobě přestavby běžného typu křižovatky na kruhový objezd neměl statisticky významný dopad na průměrnou velikost hmotných škod vzniklých v souvislosti s dopravními nehodami. Avšak ani pokles výše škod na kontrolní skupině křižovatek není dle tohoto testu statisticky významný.

Pro otestování statistické významnosti získaných výsledků pro estimátor DiD je znovu nutné provést základní F-test a v dalším kroku rozhodnout o formě nepárového t-testu. Výsledky testů pro naměřené průměrné hodnoty hmotných škod jsou uvedeny v tabulkách 30 a 31.

Tab. 30 F-test pro hmotné škody

	$T_a - T_b$	$C_a - C_b$
n	40	40
n-1	39	39
Rozptyl	75385,52	6425,74
F		11,732
$F_{(0,025;39;39)}$		1,890

Zdroj: Vlastní zpracování

Ani v tomto případě nebyla potvrzena shodnost rozptylů u datových souborů a proto je nutné využít nepárový t-test s předpokladem rozdílnosti rozptylů.

Tab. 31 Nepárový t-test pro hmotné škody

	$T_a - T_b$	$C_a - C_b$
n	40	40
Průměr	-27,108	-8,337
Rozptyl	75385,515	6425,737
t		0,4150
$t_{(0,025;\infty)}$		1,96
p-hodnota		0,68

Zdroj: Vlastní zpracování

I v případě průměrné výše hmotných škod je očištěný efekt přestavby běžné křižovatky na kruhový objezd statisticky nesignifikantní a to z toho důvodu, že opět testové kritérium t nepřevyšuje kritickou hodnotu zjištěnou pro danou hladinu významnosti a počet stupňů volnosti, která je stanovena jako hodnota 1,96. Tudíž nelze zamítnout nulovou hypotézu o shodnosti středních hodnot pokusného souboru a kontrolní skupiny křižovatek.

4.6 Výsledky

V předchozích částech byly z dostupných dat, získaných prostřednictvím policejních databází a webových aplikací, vypočteny měsíční průměry počtu všech dopravních nehod. Dále byly rozlišeny následky těchto nehod na množství úmrtí, těžkých zranění, lehkých zranění a velikost hmotných škod vzniklých v souvislosti s dopravními nehodami. Veškeré veličiny jsou uvedeny v měsíčních průměrech. Toto měřítko se jeví jako nejvhodnější z hlediska výpočtů a interpretace výsledků. Nižší frekvence výskytu dopravních nehod v průběhu zvolených tří let a především potom odlišné termíny výstavby kruhových objezdů představují překážku pro využití ročních průměrů. Zde by bylo nutné přepočítávat období před přestavbou a po ní na části roku vyjádřené zlomkem. Veškeré dopočtené měsíční průměry počtů

nehod a jednotlivých druhů následků dopravních nehod sumarizuje následující tabulka 32.

Tab. 32 Celkový přehled naměřených měsíčních průměrů

	Nehody celkem	Úmrtí	Těžká zranění	Lehká zranění	Hmotné škody
Přebudovaná před	0,0789	0	0,0029	0,0306	76,852
Přebudovaná po	0,0660	0	0,0047	0,0159	49,744
Kontrolní před	0,0539	0	0,0111	0,0329	32,753
Kontrolní po	0,0577	0,25	0,0058	0,0293	24,416

Zdroj: Vlastní zpracování

Veškeré zobrazené údaje jsou tedy v průměrném počtu dopravních nehod, respektive počtu vyskytnutých se zranění či úmrtí, za jeden měsíc. Pouze poslední z uvedených charakteristik, tedy výše hmotných škod, je zaznamenána ve stovkách korun. Jedná se také o měsíční průměr.

V řádku úmrtí se na zkoumané skupině křižovatek v obou obdobích nevyskytla ani jediná dopravní nehoda s následkem úmrtí účastníka nehody. Obdobně tomu tak bylo za časový interval odpovídající období před přestavbou u kontrolních křižovatek. Pouze v časovém úseku po přestavbě se vyskytla jedna dopravní nehoda s následkem úmrtí. Vzhledem k téměř nulové četnosti výskytu úmrtí se práce již touto proměnnou nezabývala.

Rozdíly v průměrných měsíčních počtech dopravních nehod, veškerých druhů následků a výše hmotných škod pro obě skupiny křižovatek je uveden v následující tabulce společně s vypočítanými hodnotami estimátoru Difference-in-Differences.

Tab. 33 Změny měsíčních průměrů

	Nehody celkem	Těžká zranění	Lehká zranění	Hmotné škody
$T_a - T_b$	-0,0129	0,0018	-0,0147	-27,108
$C_a - C_b$	0,0037	-0,0053	-0,0036	-8,337
DiD	-0,0166	0,0071	-0,0111	-18,770

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledné odhadnuté efekty přestavby styčné nebo průsečné křižovatky na kruhový objezd, které nejsou očištěny o vliv běžného vývoje, jsou zachyceny v prvním řádku tabulky. Pokud je výsledná hodnota záporná, znamená to, že měsíční průměr dané veličiny byl v období před přestavbou větší nežli v období po přestavbě. Z výše uvedené tabulky je patrné, že tomu tak bylo u zkoumaných křižovatek v případě celkového počtu nehod, počtu lehkých zranění a hmotných škod. U měsíčního průměru těžkých zranění je hodnota před přestavbou nižší než hodnota po přestavbě.

V řádku kontrolních křížovatek (C_a-C_b) je poté zachycen vývojový trend, který není ovlivněn zásahem v podobě výstavby okružní křížovatky. Poslední řádek tabulky uvádí očištěný efekt přestavby na kruhový objezd. Výsledků je dosaženo odečtením řádku věnujícího se kontrolním křížovatkám a řádku zachycujícího efekt přestavby na kontrolovaných křížovatkách.

Dalším nutným krokem bylo otestování statistické signifikance získaných výsledků. Pro tento účel byl zvolen parametrický test, konkrétně dvouvýběrový párový t-test pro otestování významnosti rozdílů mezi průměry za období před a po přestavbě a to jak na kontrolních tak zkoumaných křížovatkách. Vzhledem k neprokázání normálního rozdělení veličin byl ještě pro potvrzení výsledků t-testu proveden Wilcoxonův pořadový test. Oba dva testy shrnují tabulky 34 a 35.

Tab. 34 Souhrn výsledků párového t-testu

	Testové kritérium (t)	
	Treated	Control
Nehody celkem	0,4949	0,2114
Těžká zranění	0,5550	0,8091
Lehká zranění	1,1291	0,2471
Hmotné škody	0,6244	0,6578
Kritická hodnota	1,685	

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 35 Souhrn výsledků Wilcoxonova testu

	Nehody celkem		Lehká zranění		Hmotné škody	
	Treated	Control	Treated	Control	Treated	Control
n	30	29	20	20	30	27
W+	331	336	345	312	455	410
W-	434	418	265	298	310	319
Nulové difference	10	11	20	20	10	13
Nenulové shody	3	2	1	1	0	0
Oboustranná p-hodnota	0,4892	0,5818	0,5693	0,9254	0,3289	0,5377
Kritická hodnota ($\alpha;n$)	137,1	129	52	52	137	107

Zdroj: Vlastní zpracování

Hladina významnosti α byla pro oba dva testy stanovena na úrovni 0,05 tedy 5 %. Jak již bylo okomentováno v předchozí části textu, ani jeden z provedených testů neprokázal na zvolené hladině významnosti statistickou významnost rozdílů v měřených veličinách, a to jak pro zkoumané křížovatky označené jako Treated, tak

pro kontrolní skupinu křížovatek označenou jako Control. U počtu těžkých zranění nebylo možné provést druhý z uvedených testů, jelikož počet záznamů byl příliš nízký a nedosahoval ve většině období minimálního požadovaného množství stanoveného jako $n = 6$.

Na závěr testování statistické významnosti byl proveden ještě nepárový t-test pro otestování estimátoru vypočteného metodou Diff-in-Diff. Tyto testy společně s F-testem, kterým byla prokázána shodnost nebo rozdílnost rozptylů datových souborů sumarizují tabulky 36 a 37.

Tab. 36 Souhrn F-testů

		n	n-1	Rozptyl	F	$F_{(\alpha/2;nt-1;nc-1)}$
Nehody celkem	T _a -T _b	40	39	0,0286	2,3083	1,890
	C _a -C _b	40	39	0,0124		
Těžká zranění	T _a -T _b	40	39	0,00043	3,9665	
	C _a -C _b	40	39	0,0017		
Lehká zranění	T _a -T _b	40	39	0,0068	1,2679	
	C _a -C _b	40	39	0,0086		
Hmotné škody	T _a -T _b	40	39	75385,51	11,732	
	C _a -C _b	40	39	6425,74		

Zdroj: Vlastní zpracování

Pokud testové kritérium F přesahuje hodnotu kritické hodnoty F se zvolenou hladinou významnosti a počtem stupňů volnosti, nepřijímáme nulovou hypotézu o shodnosti rozptylů datových souborů a je nutné využít t-test s předpokladem rozdílnosti této charakteristiky. Pokud tomu tak není, mají data statisticky stejný rozptyl a je dále využít t-test s předpokladem shodnosti rozptylů, který má odlišný výpočet testového kritéria.

Tab. 37 Souhrn nepárových t-testů

		Průměrná hodnota	Rozptyl	Rozdíl průměrů v absolutní hodnotě	t	$t_{(\alpha/2;v;v)}$
Nehody	T_a-T_b	-0,0132	0,0286			
celkem	C_a-C_b	0,0037	0,0124	0,0169	0,5296	
Těžká	T_a-T_b	0,0018	0,00043			
zranění	C_a-C_b	-0,0053	0,0017	0,0071	0,9721	1,96
Lehká	T_a-T_b	-0,0147	0,0068			
zranění	C_a-C_b	-0,0036	0,0086	0,0111	0,5650	
Hmotné	T_a-T_b	-27,108	75385,51			
škody	C_a-C_b	-8,337	6425,74	18,771	0,4151	

Zdroj: Vlastní zpracování

Pokud je testové kritérium t nižší nežli tabulková kritická hodnota $t_{(\alpha/2;v;v)}$ pro určenou hladinu významnosti a daný počet stupňů volnosti pro oba datové soubory, je zkoumaný pokusný zásah na kontrolované skupině křížovatek neúčinný, jelikož nedošlo k ovlivnění střední hodnoty souboru dat, na kterých intervence proběhla oproti souboru dat z kontrolní skupiny.

4.7 Cost-Benefit analýza efektivity kruhových objezdů

V této části diplomové práce je vypracována analýza výnosů a nákladů výstavby kruhového objezdu. Jako vstupní data poslouží výpočty čistých efektů přebudování styčných a průsečných křížovatek na kruhový objezd, zjištěné v předešlých kapitolách a hodnota statistického života. Vzhledem k značnému rozsahu kompletní Cost-Benefit analýzy zde využiji poznatky z již provedených odborných prací.

První náležitostí této metody je potřeba definovat hodnocený projekt. V tomto případě je to právě zmiňovaná přestavba běžného typu křížovanky na kruhový objezd. Ovlivněnou skupinou jsou jednoznačně řidiči motorových vozidel, chodci a cyklisté. Dále by se dali uvažovat i obyvatelé v dané lokalitě, ale ti budou z dalšího uvažování vypuštěni především proto, že lze těžko identifikovat jejich výnosy z přestavby.

Do výpočtu nákladů projektu nevstupují náklady vzniklé v předinvestiční fázi, jelikož tyto náklady by byly vynaloženy i v případě, že by projekt nebyl zrealizován. Jedná se například o náklady spojené s projektovou dokumentací a nebo to mohou být náklady vzniklé samotným vypracováním analýzy. Další fází projektu je poté investiční fáze, kde vystupují náklady spojené přímo s realizací investičního projektu. V tomto případě jsou to investiční náklady potřebné na výstavbu kruhového objezdu. Vzhledem k nedostupnosti přesných výpočtů průměrných nákladů na realizaci výstavby kruhového objezdu, jsem přistoupil k výpočtu těchto nutných finančních prostředků přes veřejné zakázky vyhlašované jednotlivými institucemi.

Na portálu Ministerstva pro místní rozvoj jsem vyhledal několik ohlášených veřejných zakázek a z dokumentace získal odhadovanou cenu projektů výstavby kruhových objezdů. Aby byly poskytnuté informace věrohodné, vyseletoval jsem pouze takové projekty, které zahrnovaly pouze výstavbu kruhového objezdu včetně nejnutnějších úprav, jako přeložky inženýrských sítí a vybudování chodníků v okolí dopravního řešení. Celkové průměrné investiční náklady poté byly odhadnuty jako průměr z předběžných cen uváděných v zadávací dokumentaci veřejných zakázek, a to ve výši 5 000 000 Kč.

Nedílnou součástí vypracování CBA je stanovení diskontní míry. Pro potřeby práce je diskontní míra odhadnuta ve výši 5 %. Tento odhad byl realizován na základě prostudování několika jiných prací.

V úvodní části diplomové práce je napsáno, že k vyhotovení této analýzy bude využito odhadu hodnoty statistického života. Ta ovšem zachycuje hodnotu života pouze v případě úmrtí. Vzhledem k tomu, že za sledované roky nebylo zaznamenáno žádné úmrtí na přebudovaných křižovatkách, není odhad hodnoty statistického života vhodnou veličinou. Z tohoto důvodu bude dále využito ocenění jednotlivých následků dopravních nehod vytvořené Centrem dopravního výzkumu, v.v.i., které jsou dostupné na stránkách projektu BESIP realizovaného Ministerstvem dopravy.

V Cost-Benefit analýze se používá ukazatele čisté současné hodnoty, který bude využit i v této práci.

Mějme tedy vypočtené odhady čistých efektů přestavby běžného typu křižovatky na kruhový objezd vyjádřené pomocí indexu DiD a hodnoty ztrát z dopravní nehodovosti vypočtené pro rok 2012. Tyto ukazatele jsou zachyceny v tabulce 38.

Tab. 38 Celkové roční přínosy výstavby kruhového objezdu

	DiD	Výše ztrát v Kč	Průměrná roční ztráta v Kč
Těžké zranění	0,0076	-5062000	-461654,4
Lehké zranění	-0,0111	-413000	55011,6
Hmotné škody	-1877		22524
Celkové přínosy			-384118,8

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak je z tabulky patrné, průměrná roční ztráta z přestavby křižovatky na kruhový objezd je odhadnuta na 384 119 Kč. Dopad konverze na těžká a lehká zranění je vyjádřen v měsíčním průměru počtu těchto následků. Hmotné škody poté v průměrné výši. Výše ztrát je, jak již bylo uvedeno výše, převzata z odhadu Centra dopravního výzkumu, v.v.i. Průměrná roční ztráta zachycuje množství peněžních prostředků, které se výstavbou kruhového objezdu ušetří, respektive ztratí. Dle těchto výsledků by ročně přestavba křižovatky na kruhový objezd s sebou nesla dodatečné náklady ve výši 384 119 Kč. Dosažený výsledek je značně znepokojující, avšak je nutné říci, že vliv růstu počtu těžkých zranění byl odhadnut na základě velmi malého počtu měření.

Hodnocení projektu přestavby je provedeno na základě čisté současné hodnoty, která je vypočtena dle následující rovnice.

$$\check{C}SH = CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

- CF_0 – peněžní tok získaný z investice v roce 0
- CF_t – peněžní tok získaný z investice v roce t
- t – počet období od 0 do t
- r – diskontní míra

Peněžní tok plynoucí z investice v roce 0 představuje prvotní náklady spojené s výstavbou, které byly stanoveny na úrovni 5 000 000 Kč. Peněžní toky získané z investice v průběhu let byly vypočteny ve výši 384 119 peněžních jednotek, avšak zde je nutné si uvědomit, že tyto peněžní toky představují ztrátu vzhledem k nárůstu počtu těžkých zranění. Proto budou ve výpočtu považovány za záporné. Počet let trvání investice t je stanoven dle metodiky CDV, která je odvozena od ADT. Pokud ADT přesáhne 8 000 vozidel za 24 hodin, je životnost stanovena na 20 let. Pokud nepřesáhne danou hranici, činí životnost 30 let. Diskontní míra představující nejnižší požadovanou výnosnost investice byla stanovena na úrovni 5 %.

Výsledná hodnota poté činí -7 755 169,27 Kč pro kruhový objezd s životností 30 let a pro kruhový objezd s životností 20 let je čistá současná hodnota stanovena jako -8 040 177,05 Kč. Ve výpočtu nebyly uvažovány dodatečné provozní náklady potřebné například k opravám povrchu vozovky nebo vynaložené na údržbu kruhového objezdu.

4.8 Diskuse

Vysoká nehodovost na běžných typech křižovatek nutí odborníky k hledání nových řešení, která by snižovala pravděpodobnost vzniku dopravní nehody. Jedním z řešení je právě výstavba kruhových objezdů na místech, kde je nehodovost vysoká.

Identifikaci dopadů takové přestavby je věnováno mnoho výzkumných prací, především potom zahraničních. V západní Evropě jsou kruhové objezdy velmi oblíbeným řešením, a právě proto je jim věnována zvýšená pozornost.

Například autor studie Jensen (2012) zabývající se dopadem přestavby konvenčních křižovatek na kruhové objezdy v Dánsku došel k závěru, že po přebudování křižovatky se v daném místě snížila dopravní nehodovost o 27 % a také množství zranění se výrazně snížilo, a to až o 60 %. Dalším závěrem, ke kterému autor dospěl, je významné snížení závažnosti dopravních nehod, především poté nehod s následkem úmrtí, jejichž počet se po přestavbě snížil o 87 %. Počet dopravních nehod s těžkým zraněním některého z účastníků se také snížil, a to o 58 %. Obdobný dopad měla přestavba křižovatky i na dopravní nehody s následkem lehkého zranění, kterých dle autora ubylo o 59 %. Vliv kruhového objezdu na výši hmotných škod vzniklých v souvislosti s dopravní nehodou již nebyl

tak výrazný, pouze 16% pokles. Autor dále uvádí, že dosažené výsledky závisí na geometrických a stavebních prvcích využitých při výstavbě okružní křižovatky.

Další z publikovaných studií Elvik (2002), která se zabývá zhodnocením 28 vědeckých prací provedených mimo území Spojených států amerických a využívá pokročilou metodu meta-analýzy, dospěla k relativně podobným závěrům jako předchozí autor. Odhadnutý efekt přestavby křižovatky na kruhový objezd na počet dopravních nehod s následkem zranění bez rozdílu závažnosti je pokles těchto nehod v rozmezí 30 % - 50 %. Významným závěrem je také to, že v období po přestavbě došlo ke snížení počtu dopravních nehod s následkem úmrtí o 50 % - 70 %. Konkrétní procentuální vyjádření poklesu záleží na typu dopravního řešení v období před přestavbou. Při pohledu na výsledky týkající se zkoumaného efektu na výši hmotných škod vzniklých v souvislosti s dopravní nehodou je patrné, že tato studie dosahuje podobných výsledků jako Jensen (2012). Zde autor přímo uvádí, že efekt kruhových objezdů na výši hmotných škod je vysoce nejistý a je zatížen výraznou variabilitou.

Některé dostupné studie jako například Daniels (2007) se zabývají především vlivem kruhových objezdů na bezpečnost cyklistů. Většina z těchto odborných prací dosahuje obdobných výsledků, které potvrzují výrazný negativní efekt výstavby kruhových objezdů na nehodovost a závažnost dopravních nehod spojených s cyklisty.

Výsledky této diplomové práce jsou shrnuty v kapitole 4.4. Data, na kterých byla analýza provedena, nejsou v agregované podobě, jako u některých jiných studií, ale v podobě měsíčních průměrů počtů dopravních nehod, respektive zranění s různými následky. Vzhledem k téměř nulovému výskytu dopravních nehod s následkem úmrtí byla tato kategorie z dalších činností vypuštěna. Vezmeme-li výsledky dosažené pomocí metody Before-After a dále Difference-in-Differences, které vyjadřují čistý efekt přestavby křižovatky na kruhový objezd, je patrné snížení průměrného počtu dopravních nehod po přebudování přibližně o 21%. Tento efekt je tedy v souladu s výsledky uvedených studií, avšak v průběhu testování statistické významnosti se jeví jako statisticky nesignifikantní. Z tohoto důvodu nelze objektivně říci, zda je pokles dílem náhody a nebo zda je opravdu ovlivněn výstavbou kruhového objezdu. Toto tvrzení je založeno na provedených t-testech a Wilcoxonovu testu.

V případě počtu těžkých zranění vychází celkový čistý efekt přestavby jako navýšení výskytu těchto následků. V období po přebudování křižovatky na kruhový objezd se průměrný počet těžkých zranění zvýšil 2,4 krát, což není v souladu se závěry jiných studií, kde se tato proměnná většinou velmi výrazně snižovala. Avšak ani u tohoto výsledku se nepotvrdila statistická významnost. V tomto případě je však nutné uvést, že celkový počet měření je velmi malý, a to pouze 6 těžkých zranění.

Počet lehkých zranění se na vybraných křižovatkách také snížil. Vypočtený index DiD zachycuje tento pokles očištěný o globální trend. Výsledkem je poté 36% snížení průměrného měsíčního počtu lehkých zranění oproti stejnému počtu před přestavbou na kruhový objezd. Opět dosažený závěr koreluje s výsledky publiko-

vaných prací, avšak znovu je nutné dodat, že provedením testů na statistickou signifikanci byl výsledek shledán jako statisticky nevýznamný.

Průměrná měsíční výše hmotných škod vzniklých v souvislosti s dopravními nehodami zaznamenala v období po přestavbě na kruhový objezd také pokles, a to ve výši 24 %. Tento závěr je v souladu s výsledky například studie Jensen (2012), která uvádí snížení hmotných škod na úrovni 16 %. Ani u této proměnné se však nedá jednoznačně potvrdit, že zmíněný efekt je zapříčiněn pouze vlivem kruhového objezdu, jelikož i v tomto případě se nepotvrdila statistická signifikance výsledku. K obdobnému výsledku došla studie Elvik (2002), kde autor říká, že vliv na hmotné škody je vysoce nejistý.

Výstup Cost-Benefit analýzy získaný na základě dříve odhadnutých čistých průměrných efektů na dopravní nehodovost poukazuje na to, že výstavba okružních křižovatek nepřináší žádné zisky, ale naopak je spojena s dodatečnými ztrátami.

5 Závěr

Nejčastějším místem vzniku dopravní nehody jsou průsečné a styčné křižovatky. Na vysokou nehodovost při těchto dopravních řešeních má vliv několik faktorů, mezi které se například řadí špatné rozhledové poměry, nedostatečná úprava směrových poměrů dopravním značením apod. Především z důvodu vysoké nehodovosti na běžných typech křižovatek se neustále vyvíjí nová řešení, která by omezovala pravděpodobnost vzniku dopravních nehod a nebo alespoň snižovala závažnost následků při nich vzniklých. Jedním z těchto řešení je právě výstavba kruhového objezdu namísto křižovatky.

Celkovým dopadům kruhových objezdů na počet a závažnost dopravních nehod se již relativně dlouhou dobu věnuje zvýšená pozornost. Vzhledem k nárůstu oblíbenosti tohoto řešení se zvyšují i požadavky na identifikaci kladných efektů, které výstavba kruhových objezdů přináší. Po celém světě jsou vytvářeny studie identifikující tyto efekty. Zmiňované studie jsou často vyhotoveny na agregátních datech za celé roky, zatímco v této práci se zabývám daty převedenými na měsíční průměry.

Tato práce se zaměřuje na křižovatky v České republice, které byly za období let 2011 až 2013 přestavěny na kruhové objezdy. Celkem bylo vybráno 40 křižovatek splňujících tento předpoklad. Pomocí procesu sběru dat pospaného v podkapitole nazvané Sběr dat byly sestaveny datové soubory o celkovém počtu dopravních nehod, počtu úmrtí, těžkých zranění, lehkých zranění a výši hmotných škod vzniklých v souvislosti s dopravními nehodami. Dále byla také stanovena délka období, kdy byla v provozu původní křižovatka, a délka období, kdy se již v dané lokalitě nacházel kruhový objezd. Obě dvě období byla stanovena v měsících.

U dopravních nehod v celkovém pojetí je z výsledku patrný vyšší průměrný počet nehod na křižovatkách, kde proběhla přestavba na kruhový objezd, než u křižovatek kontrolních. Důvodem pro tuto odlišnost může být fakt, že k výstavbě kruhových objezdů dochází v lokalitách s vysokým průměrným dopravním vytížením (ATD), zatímco kontrolní skupina křižovatek byla vybrána pomocí stanoveného pravidla. Toto pravidlo, popsané v předchozí části diplomové práce, zajistilo relativně náhodný výběr těchto křižovatek. Z tohoto důvodu se některé kontrolní křižovatky nacházejí v oblastech s výrazně nižším průměrným denním provozem, což ovlivňuje pravděpodobnost výskytu dopravní nehody a snižuje tedy vypočtené měsíční průměry. Zjištěný čistý efekt přestavby činí u dopravních nehod v obecném pojetí pokles o 0,0169 nehody měsíčně. V procentuálním vyjádření se poté jedná o 21% snížení této proměnné, což je v souladu s ostatními studiemi. Následné podrobení výsledku statistickým testům však neprokázalo statistickou významnost, a tudíž nelze jednoznačně říci, že efekt je vyvolaný pouze přestavbou křižovatky na kruhový objezd.

Důležitým vlivem kruhových objezdů je také snižování počtu úmrtí při dopravních nehodách. Práce se zabývá i těmito následky, avšak na vybraných přestavěných křižovatkách se za celé období 2011 – 2013 nevyskytla žádná dopravní nehoda s následkem úmrtí. Na kontrolních křižovatkách byla poté identifikována

jedna nehoda s tímto následkem. Vzhledem k téměř nulovému počtu měření se práce dále nezabývala efektem kruhových objezdů na počet úmrtí vzniklých v souvislosti s dopravními nehodami.

Dalšími vybranými následky byl počet těžkých zranění. V případě této proměnné bylo celkově identifikováno na kontrolovaných křižovatkách 6 dopravních nehod, u kterých se vyskytla těžká zranění. U vybrané kontrolní skupiny to bylo celkem 10 dopravních nehod s následkem těžkých zranění. Na základě provedené analýzy byl průměrný čistý efekt výstavby kruhového objezdu stanoven jako nárůst o 0,0071 těžkého zranění měsíčně. Tento výsledek je v rozporu s naměřenými efekty jiných studií, ve kterých došlo i u této skupiny následků k výraznému poklesu. Testování statistické významnosti ani zde neprokázalo statistickou signifikanci. Dosažený výsledek může být zapříčiněn malým rozsahem datového souboru.

U lehkých zranění je naměřený efekt v souladu s výsledky většiny ostatních studií. Průměrný měsíční pokles počtu lehkých zranění po přestavbě na kruhový objezd vyšel 0,0111 lehkého zranění, tedy 36% snížení tohoto počtu. Ač je tento výsledek relativně vysoký, testy statistické signifikance nepotvrdily významnost dosažené hodnoty. Opět tedy nelze jednoznačně určit, zda je tento pokles dílem náhody a nebo čistě vlivem přestavby křižovatky na kruhový objezd.

Dalším zkoumaným kritériem byla výše hmotných škod vzniklých v souvislosti s dopravními nehodami. Zde je průměrná výše uváděna ve stokorunách, tak jak toto měřítko využívá i Policie České republiky ve svých databázích. Průměrný čistý efekt změny běžné křižovatky na kruhový objezd je poté odhadnut ve výši 1 877 Kč za jeden měsíc. Vyjádřeno v procentech, je dosaženo 24% snížení průměrné výše hmotných škod. Avšak ani v tomto případě využití testy na statistickou významnost nepotvrdily statisticky významný vliv přestavby na tuto veličinu.

Provedením Cost-Benefit analýzy využívající vypočtené hodnoty čistého efektu konverze křižovatky na kruhový objezd a velikosti ztrát z dopravní nehodovosti, které uveřejňuje Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., dospěla práce k závěru, že budování kruhových objezdů není racionální veřejnou politikou vzhledem k vypočtené čisté současné hodnotě. Zde je však nutné uvést, že marginální dopad na výslednou výši současné hodnoty měl odhadnutý nárůst průměrného počtu těžkých zranění, pro který bylo podkladem pouze 16 měření.

Výstavba kruhových objezdů je nejen v České republice, ale i v celé západní Evropě velmi oblíbeným řešením dopravní situace. Mnohé z dřívějších odborných studií potvrzují kladný efekt, který s sebou okružní křižovatky přinášejí. V této práci je zmíněný dopad také potvrzen, avšak pomocí testů na statistickou významnost není dokázáno, že je pokles v počtu dopravních nehod a snížení závažnosti následků s dopravními nehodami spojených zapříčiněn pouze touto přestavbou. Tento jev může být zapříčiněn nedostatečným počtem dostupných měření. Při umělém navýšení tohoto počtu docházelo k zvyšování statistické signifikance, takže lze předpokládat, že odhadnutý směr efektu je správný.

Dopravní nehody zatěžují celou společnost a způsobují nejen ztráty finančních prostředků, které by bylo možné dále využít v hospodářství, ale i negativně působí na zdraví obyvatelstva. Proto je nutné neustále vyvíjet nová řešení, která by ome-

zovala jejich počet a pravděpodobnost vzniku. Těmito nástroji jsou nejen opatření zvyšující bezpečnost vozidel, ale i řešení upravující dopravní situace na nepřehledných a rizikových místech. Přesně takovým řešením je kruhový objezd. Avšak ani okružní křižovatky nejsou všelékem a je nutné pečlivě zhodnotit veškeré přínosy a náklady s nimi spojené. Provedení dopravně-bezpečnostních analýz napoví, zda je pro vybranou lokalitu kruhový objezd vhodný, a nebo zda by zde působil kontraproduktivně. Důležitým krokem pro zvýšení kvality vyhodnocování takovýchto projektů je průběžný sběr dat o dopravní nehodovosti v dané lokalitě. Na základě těchto dat by bylo poté možné zhodnotit efektivitu daného stavebního záměru a rozhodnout o jeho přijetí či odmítnutí.

6 Seznam využitě literatury

ALBERINI, Anna, Milan SCASNY, Marketa Braun KOHLOVA. *The Value of a Statistical Life in the Czech Republic: Evidence from a Contingent Valuation Study* [online]. Bremen: 2005. Dostupné z: <http://www.webmeets.com/files/papers/EAERE/2005/24/alberini%20scasny%20EAERE%202005.pdf>

ALPHAND, F., U. NOELLE a G. GUICHET. *Evolution of Design Rules for Urban Roundabouts in France*. In: *Intersections without Traffic Signals II* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1991, s. 126 [cit. 2015-03-18]. ISBN 978-3-642-84539-0. DOI: 10.1007/978-3-642-84537-6_10. Dostupné z: http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-3-642-84537-6_10

BLAEIJ, Arianne de, Raymond J.G.M FLORAX, Piet RIETVELD a Erik VERHOEF. *The value of statistical life in road safety: a meta-analysis*. *Accident Analysis* [online]. 2003, vol. 35, issue 6, s. 973-986 [cit. 2015-02-14]. DOI: 10.1016/s0001-4575(02)00105-7.

BOLCHA, Peter a Alena ZEMPLINEROVÁ. *Dopad investičních pobídek na objem investic v České republice*. *Politická ekonomie* [online]. 2012, č. 1, s. 81-100 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://www.vse.cz/polek/833>

BRILON, Werner. *Roundabouts: a State of the Art in Germany* [online]. 2010 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: http://www.teachamerica.com/RAB14/RAB14papers/RAB14ppr045_Brilon.pdf

BRILON, Werner. *Studies on Roundabouts in Germany: Lessons Learned*. [online]. 2011 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: http://www.ruhr-uni-bochum.de/verkehrswesen/download/literatur/Brilon_roundabouts_2011_05_29_cit.pdf

BRONZINI, Raffaello a Guido DE BLASIO. *Evaluating the impact of investment incentives: The case of Italy's law 488/1992* [online]. Řím, 2006, 33 s. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://nb.vse.cz/~FIGLOVA/Bronzini.pdf>

BROWN, Mike. *The design of roundabouts* [online]. London: HMSO, 1995 [cit. 2015-02-15]. ISBN 01-155-1741-3. Dostupné z: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=458975>

- DANIELS, Stijn, Erik NUYTS a Geert WETS. *Converting Intersections to Roundabouts: Effects on Accidents with Bicyclists* [on-line]. 2007, 16 s. [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: https://doclib.uhasselt.be/dspace/bitstream/1942/10621/1/Converting_intersections_to_roundabouts_effects_on_accidents_with_bicyclists.pdf
- DAŇKOVÁ, Alena. *Ekonomická stránka dopravních nehod*. Dopravní inženýrství [online]. 2007 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.dopravniinzenyrstvi.cz/clanky/ekonomicka-stranka-dopravnich-nehod/>
- ELVIK, Rune. *Effects on road safety of converting intersections to roundabouts: A review of evidence of non-US studies* [on-line]. 2002, 25 s. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: http://www.ruhr-uni-bochum.de/verkehrswesen/download/literatur/Brilon_roundabouts_2011_05_29_cit.pdf
- FLANNERY, Aimee a Tapan DATTA. Modern Roundabouts and Traffic Crash Experience in United States. *Transportation Research Record* [online]. 1996-1-1, vol. 1553, issue 1, s. 103-109 [cit. 2015-02-14]. DOI: 10.3141/1553-15. Dostupné z: <http://trb.metapress.com/openurl.asp?genre=article>
- HANLEY, Nick a Clive L. SPASH. *Cost-benefit analysis and the environment* [online]. Brookfield, Vt.: E. Elgar, 1993, 278 s. [cit. 2015-02-15]. ISBN 18-527-8455-5. Dostupné z: <http://www.ima.kth.se/utb/mj2694/pdf/CBA.pdf>
- HILL, Travis, Lucas SPRAGUE, Olga BOCHAROV a Colby RIDDLE. *Six Leg Intersection* [online]. 2007, 10 s. [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: http://www.cityofsalem.net/Residents/Sustainable-Salem/SCI/Documents/CE550_s11_WinterFairgrounds_rpt.pdf
- History of the modern roundabouts. *Roundabout USA* [online]. 2013 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: <http://www.roundaboutsusa.com/history.html>
- HRUBEŠ, Pavel. *Analýza statistických dat silniční nehodovosti* [online]. Praha, 2010 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: www.lss.fd.cvut.cz/Members/ph/gis-1/habilitace/at_download/file. Habilitační práce. České vysoké učení technické v Praze.

- JACQUEMART, Georges. *Modern roundabout practice in the United States* [online]. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998, 73 p. [cit. 2015-02-14]. ISBN 03-090-6120-2.
- JENSEN, Søren Underlien. *Safety effect of converting intersections to roundabouts*. TRAFITEC APS. [on-line]. 2012, 14 s. [cit. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://docs.trb.org/prp/13-1319.pdf>
- LAVETTI, Kurt. *Estimating Preferences in Hedonic Wage Models: Lessons from the Deadliest Catch* [online]. 2015, 46 s. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: http://www.kurtlavetti.com/DLS_vc.pdf
- MANDAVILLI, Srinivas, Margaret J. RYS, Eugene R. RUSSELL. *Environmental impact of modern roundabouts* [online]. 2003 [cit. 2015-02-15]. ISBN 10.4271/741033. Dostupné z: <http://www.stadtherr.com/PDF%20Articles/Impact%20of%20Modern%20Roundabouts%20on%20Vehicle%20Emissions.pdf>
- MAYCOCK, G. a R.D. HALL.: *Accidents at four-arm roundabouts*. [online]. 1984 [cit. 2015-03-18]. TRRL. Dostupné z: <http://www.trl.co.uk/reports-publications/trl-reports/traffic-management/report/?reportid=4674>
- MEYER, Bruce a David DURBIN. *Workers' Compensation and Injury Duration: Evidence from a Natural Experiment*. In: *The American Economic Review* [online]. 85. vyd., 1995 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.crest.fr/ckfinder/userfiles/files/Pageperso/givord/eval/meyerviscusidurbin.pdf>
- MINISTERSTVO VNITRA. *Dopravní nehody*. Portál veřejné správy [online]. 2012, 2013 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/portal/obcan/situace/116/117/3973.html>
- MONTAG, Josef. *A radical change in traffic law: effects on fatalities in the Czech Republic*. *Journal of Public Health* [online]. 2014. 36(4): 539-545 [cit. 2015-04-14]. DOI: 10.1093/pubmed/fdu005. ISSN 1741-3842. Dostupné z: <http://jpubhealth.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/pubmed/fdu005>
- PELTZMAN, Sam. *The Effects of Automobile Safety Regulation*. *Journal of Political Economy* [online]. 1975, (4): 677-726 [cit. 2015-02-08]. Dostupné z: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1830396?uid=3737856>

- PERSAUD, Bhagwant, Richard RETTING, Per GARDER, Dominique LORD. *Safety Effect of Roundabout Conversions in the United States: Empirical Bayes Observational Before-After Study*. Transportation Research Record [online]. 2001, vol. 1751, issue 1, s. 47-72 [cit. 2015-02-14]. DOI: 10.2172/238569. Dostupné z: https://ceprofs.civil.tamu.edu/dlord/Papers/trb_01-0562CDFINcor.pdf
- RODEGERDTS, Justin BANSEN a Chritopher TIESLER. *Roundabouts: An informational guide* [on-line]. 2. vyd. 2010b, 407 s. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_672.pdf
- RODEGERDTS, Lee A a Bruce W ROBINSON. *Roundabouts: an informational guide* [online]. 2nd ed. /. Washington, DC: Transportation Research Board, 2010a, 1 v. (various pagings) [cit. 2015-02-14]. ISBN 978-030-9155-113. Dostupné z: <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/00067/00067.pdf>
- Roundabouts. *CBRD* [online]. 2001 - 2014 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: <http://www.cbrd.co.uk/articles/roundabouts/>
- SDRUŽENÍ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU. *Složení vozového parku v ČR.. AutoSAP* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/zakladni-prehledy-a-udaje/slozeni-vozoveho-parku-v-cr/#graf-celk>
- SIEBER, Patrik. MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ. *Analýza nákladů a přínosů: metodická příručka*. [online] 2004, 44 s. [cit. 2015-02-15] Dostupné z: http://editp.praha.eu/public/29/e4/9e/471317_62687_Priloha_B1.pdf
- STATSOFT CR S.R.O. *Nebojte se p-hodnot*. [online]. 2014, s. 1-3 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2014_06_26_StatSoft_Nebojte_se_p-hodnot.pdf
- SŮRA, Jan. *Ekonomika: Kruhových objezdů je moc, říká nový ministr. Boom chce zrazit*. iDnes.cz [online]. 2013 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: http://ekonomika.idnes.cz/rozhovor-ministr-dopravy-zdenek-zak-kruhove-objezdy-pd2-/ekonomika.aspx?c=A130711_201627_ekonomika_brd
- ŠČASNÝ, Milan. UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE. *Oceňování dopadů na úmrtnost* [online]. 2012 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: http://www.czp.cuni.cz/czp/images/stories/2012/Dopady/5_Ocenovani_dopadu_na_umrtnost-Scasny.pdf

- ŠENK, P. a J. AMBROS. 2011-01-1. *Estimation of Accident Frequency at Newly-built Roundabouts in the Czech Republic*. Transactions on Transport Sciences [online]. 4(4): - [cit. 2015-02-11]. DOI: 10.2478/v10158-011-0018-4. ISSN 1802-9876. Dostupné z: <http://www.degruyter.com/view/j/trans.2011.4.issue-4/v10158-011-0018-4/v10158-011-0018-4.xml>
- TOLLAZZI, Tomaz, Marko RENCELJ a Saso TURNSEK. *Slovenian experiences with alternative types of roundabouts – „turbo“ and „flower“ roundabouts*. Environmental Engineering [online]. 3. vyd. Vilnius: Vilnius Gediminas Technical University, 2011, 1220 - 1226 [cit. 2015-03-15]. ISBN 978-9955-28-827-9. Dostupné z: http://leidykla.vgtu.lt/conferences/Enviro2011/Articles/5/1220_1226_Tollazzi_Rencelj_Turnsek.pdf
- TOLLAZZI, Tomaz. *Moderní a alternativní typy kruhových objezdů: náklady, čerstvá praxe a perspektivy řešení*. Silnice Železnice [online]. 2014, 16. 10. 2014 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/moderni-a-alternativni-typy-kruhovy-ch-objezdu-naklady-cerstva-praxe-a-perspektivy-reseni/>
- Věstník veřejných zakázek [online]. 2012 [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://www.vestnikverejnychzakazek.cz/>
- VETERINÁRNÍ A FARMACEUTICKÁ UNIVERZITA BRNO. *Wilcoxonův test*. Statistika a výpočetní technika [online]. 2011 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn4/Wilcoxon.htm>
- WOOLDRIDGE, Jeff. MICHIGAN STATE UNIVERSITY. *Difference-in-Differences Estimation* [online]. 2012 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.ifs.org.uk/docs/wooldridge%20session%205.pdf>

Přílohy

Příloha č. 1

ID	Obec	GPS souřadnice	Předchozí dopravní řešení
1	Teplice	50.637501, 13.808504	křižovatka průsečná čtyřramenná
2	Kravaře u Hlučína	49.932707, 18.017184	křižovatka průsečná čtyřramenná
3	Ústí n. L.	50.692176, 14.018520	přímý úsek
4	Ústí n. L.	50.688985, 14.018198	křižovatka průsečná čtyřramenná
5	Radvanice	49.817589, 18.333233	křižovatka průsečná čtyřramenná
6	Třebíč	49.226415, 15.875359	křižovatka průsečná čtyřramenná
7	Čáslav	49.917512, 15.387833	křižovatka průsečná čtyřramenná
8	Čáslav	49.913545, 15.388690	křižovatka průsečná čtyřramenná
9	Sadská	50.133933, 14.985640	křižovatka průsečná čtyřramenná
10	Mimoň	50.654833, 14.725772	křižovatka styková tříramenná
11	Dolany	49.639785, 17.318838	křižovatka průsečná čtyřramenná
12	Jesenice	49.961107, 14.525296	křižovatka styková tříramenná
13	Bystřice	49.630920, 18.719908	křižovatka průsečná čtyřramenná
14	Dolní Lánov	50.620026, 15.655714	křižovatka průsečná čtyřramenná
15	Pohořelice	49.178397, 17.535275	křižovatka pěti a víceramenná
16	Olomouc	49.597410, 17.252559	křižovatka styková tříramenná
17	Rokycany_Střelnice	49.742802, 13.590583	křižovatka průsečná čtyřramenná
18	Třanovice	49.709645, 18.533903	křižovatka průsečná čtyřramenná
19	Šumperk	49.967472, 16.984091	křižovatka průsečná čtyřramenná
20	Brodek u Prostějova	49.369181, 17.081098	křižovatka průsečná čtyřramenná

21	Uherský Brod	49.024952, 17.656162	křižovatka styková tříramenná
22	Brno Hraničky	49.168344, 16.575349	křižovatka průsečná čtyřramenná
23	Plzeň Křimice	49.756690, 13.304941	křižovatka styková tříramenná
24	Příbram	49.697881, 14.016951	křižovatka průsečná čtyřramenná
25	Náchod	50.423303, 16.187966	křižovatka průsečná čtyřramenná
26	Plzeň_Lochotín	49.771594, 13.367321	křižovatka průsečná čtyřramenná
27	Rychnov nad Kněžnou	50.156771, 16.276885	křižovatka styková tříramenná
28	Týniště nad Orlicí	50.148361, 16.069721	křižovatka pěti a víceramenná
29	Trutnov	50.568519, 15.895981	křižovatka styková tříramenná
30	Kladno_ v Ostrovci	50.150664, 14.089343	přímý úsek
31	Jedovnice	49.340105, 16.748381	křižovatka styková tříramenná
32	Těšany	49.039514, 16.770395	křižovatka pěti a víceramenná
33	Králíky	50.081166, 16.761477	přímý úsek
34	Přeskáče	49.015927, 16.105695	křižovatka průsečná čtyřramenná
35	Solnice_na Kvasiny	50.195496, 16.247251	přímý úsek
36	Mukařov	49.989506, 14.742617	křižovatka průsečná čtyřramenná
37	Holešov	49.335279, 17.574511	křižovatka pěti a víceramenná
38	Solnice_obchvat	50.197496, 16.235091	přímý úsek
39	České Budějovice_Borek	49.013677, 14.493226	přímý úsek
40	Čáslav_Jablonského	49.910978, 15.396640	křižovatka průsečná čtyřramenná

Příloha č. 2

ID	Obec	Počet nehod evidovaných Policíí ČR na daném dopravním řešení v letech 2011 - 2013	Počet nehod se zraněním	Druh a počet zranění účastníků nehod		
				Lehké	Těžké	Smrtelné
1	Teplice	4	0	0	0	0
2	Kravaře u Hlučína	3	1	1	0	0
3	Ústí n. L.	1	1	1	0	0
4	Ústí n. L.	0	0	0	0	0
5	Radvanice	9	1	0	1	0
6	Třebíč	1	1	1	0	0
7	Čáslav	0	0	0	0	0
8	Čáslav	2	1	1	0	0
9	Sadská	4	2	2	0	0
10	Mimoň	0	0	0	0	0
11	Dolany	3	1	0	1	0
12	Jesenice	3	1	1	0	0
13	Bystřice	8	5	5	1	0
14	Dolní Lánov	0	0	0	0	0
15	Pohořelice	1	1	1	0	0
16	Olomouc	2	1	1	0	0
17	Rokycany_Střelnice	0	0	0	0	0
18	Třanovice	5	4	4	0	0
19	Šumperk	3	0	0	0	0

20	Brodek u Prostějova	0	0	0	0	0
21	Uherský Brod	3	1	1	0	0
22	Brno Hraničky	0	0	0	0	0
23	Plzeň Křimice	3	1	4	0	0
24	Příbram	10	7	13	0	0
25	Náchod	10	5	5	2	0
26	Plzeň_Lochotín	1	0	0	0	0
27	Rychnov nad Kněžnou	1	1	1	0	0
28	Týniště nad Orlicí	2	0	0	0	0
29	Trutnov	2	0	0	0	0
30	Kladno_ v Ostrovci	0	0	0	0	0
31	Jedovnice	1	0	0	0	0
32	Těšany	3	1	1	0	0
33	Králíky	0	0	0	0	0
34	Přeskáče	0	0	0	0	0
35	Solnice_na Kvasiny	2	0	0	0	0
36	Mukařov	6	3	2	1	0
37	Holešov	2	1	1	0	0
38	Solnice_obchvat	2	1	3	1	0
39	České Budějovice_Borek	4	0	0	0	0
40	Čáslav_Jablonského	2	1	1	0	0

Příloha č. 3

Obec	Počet nehod evidovaných Policií ČR na daném dopravním řešení v letech 2011 - 2013	Počet nehod se zraněním	Druh zranění účastníků nehod		
			Lehké	Těžké	Smrtelné
Teplice	8	3	3	1	0
Kravaře u Hlučína	1	0	0	0	0
Ústí n. L.	0	0	0	0	0
Ústí n. L.	1	1	1	0	0
Radvanice	8	0	0	0	0
Třebíč	3	3	3	0	0
Čáslav	1	1	0	1	0
Čáslav	5	2	3	1	0
Sadská	1	1	4	0	0
Mimoň	2	1	1	0	0
Dolany	1	0	0	0	0
Jesenice	2	0	0	0	0
Bystřice	3	1	4	1	0
Dolní Lánov	0	0	0	0	0
Pohořelice	0	0	0	0	0
Olomouc	5	2	2	1	0
Rokycany_Střelnice	3	2	2	0	0
Třanovice	0	0	0	0	0
Šumperk	4	2	3	1	0
Brodek u Prostějova	0	0	0	0	0
Uherský Brod	1	1	1	0	0
Brno Hraničky	10	6	7	1	0
Plzeň Křimice	1	1	0	0	1
Příbram	2	0	0	0	0
Náchod	5	3	3	0	0
Plzeň_Lochotín	6	3	3	1	0
Rychnov nad Kněžnou	5	2	2	1	0
Albrechtice nad Orlicí	1	1	2	0	0
Trutnov	2	1	1	0	0
Kladno_ v Ostrovci	1	0	0	0	0
Jedovnice	3	2	3	1	0
Těšany	0	0	0	0	0

Králíky	2	0	0	0	0
Přeskáče	0	0	0	0	0
Solnice_na Kvasiny	2	0	0	0	0
Mukařov	4	1	1	0	0
Holešov	0	0	0	0	0
Solnice_obchvat	0	0	0	0	0
České	0	0	0	0	0
Budějovice_Borek	0	0	0	0	0
Čáslav_Jablonského	3	1	1	0	0
