Optimalizace dopravní křižovatky I/49 v obci Lípa s akcentem na její povolovací proces a rizika s tím spojená

Bc. Dalibor Drkal

Diplomová práce
2024

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Bc. Dalibor Drkal**
Osobní číslo:	**L22341**
Studijní program:	**N1032A020002 Bezpečnost společnosti**
Specializace:	**Rizikové inženýrství**
Forma studia:	**Kombinovaná**
Téma práce:	**Optimalizace dopravní křižovatky I/49 v obci Lípa s akcentem na její povolovací proces a rizika s tím spojená**

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte z dostupných domácích i zahraničních zdrojů teoretická východiska k řešení diplomové práce.
2. Proveďte analýzu současného stavu vybrané dopravní křižovatky.
3. Optimalizujte dopravní křižovatku I/49 v obci Lípa za pomocí multikriteriálního hodnocení.
4. Vyberte vhodné řešení a zhodnoťte návrh jednotlivých variant vybrané dopravní křižovatky z hlediska bezpečnosti.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. MACIOSZEK, El Bieta, Rahmi AKCELIK a Grzegorz SIERPINSKI. *Roundabouts as Safe and Modern Solutions in Transport Networks and Systems*. Katowice: Springer, 2018. ISBN 978-3-319-98617-3.
2. ŠIROKÝ, Jaromír. *Technologie dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020. ISBN 978-80-7560-309-8.
3. ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. ISBN 978-80-7380-762-7.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucí diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Kateřina Víchová, Ph.D.**
Ústav logistiky

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. dubna 2024**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 4. prosince 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA
DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 26.4.2024

Jméno a příjmení studenta: Bc. Dalibor Drkal

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá řízením bezpečnostních rizik na vybrané dopravní křižovatce, kdy účelem bylo pomocí optimalizačních kritérií, které jsou bezpečnost a plynulost silničního provozu, zlepšit tyto atributy na lepší úroveň, než má křižovatka dosud. Cílem práce je navrhnout nejlepší úpravu daného dopravního prostoru vzhledem k těmto výše zmíněným kritériím. Metody použité ke splnění stanoveného cíle byly multikriteriální hodnocení a cost-benefit analýza vyjádřená v celospolečenských ztrátách.

Na základě aplikace těchto dvou metod bylo dosaženo návrhu optimální varianty pro stanovený analyzovaný významný prvek dopravní infrastruktury na území Zlínského kraje.

Doporučení, které plyne z textu této diplomové práce je stavební úprava dané křižovatky na okružní, kdy tato varianta, i z hlediska budoucího vývoje dopravní infrastruktury v daném území, je na základě stanovených kritérií, ta nejvhodnější z důvodů, jak snížení nehodovosti, tak, z důvodu zlepšení plynulosti celého dopravního prostoru.

Úprava křižovatky na okružní je nejvýhodnější z hlediska úspor plynoucích z celospolečenských ztrát i hlediska odhadu účinnosti kombinace opatření.

Klíčová slova: dopravní infrastruktura, úprava křižovatky, multikriteriální hodnocení

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the management of safety risks at a selected traffic intersection, where the purpose was to improve these attributes to a better level than the intersection has so far, using optimization criteria, which are the safety and smoothness of road traffic. The goal of the work is to propose the best arrangement of the given traffic space with regard to the above mentioned criteria. The methods used to meet the set goal were multi-criteria evaluation and cost benefit analysis expressed in societal losses.

On the basis of the application of these two methods, the design of the optimal variant for the analyzed significant element of the transport infrastructure in the territory of the Zlín Region was achieved.

The recommendation that follows from the text of this diploma thesis is the construction modification of the given intersection into a roundabout, when this option, also from the point of view of the future development of the transport infrastructure in the given area, is based on the established criteria, the most suitable for the reasons of both reducing the accident rate and improving the flow of the entire traffic area.

Changing the intersection to a roundabout is the most advantageous in terms of savings resulting from societal losses as well as in terms of estimating the effectiveness of the combination of measures.

Keywords: transport infrastructure, intersection modification, multi-criteria evaluation

Poděkování směřuji celé Fakultě logistiky a krizového řízení, z důvodu všestranného rozvoje svých vědomostí a schopností, které jsem díky ní získal.

„Bohu věříme, všichni ostatní musí překládat fakta.“

Wiliam E. Deming

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD **10**
CÍLE A METODY PRÁCE **11**
I TEORETICKÁ ČÁST **13**
1 DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURA **14**
1.1 POZEMNÍ KOMUNIKACE 20
1.2 DOPRAVNÍ KŘIŽOVATKA 27
2 POVOLOVACÍ PROCES STAVEB DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY **34**
3 BEZPEČNOST PROVOZU NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH **40**
4 VÍCEKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ **42**
DÍLČÍ ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI **45**
II PRAKTICKÁ ČÁST **46**
5 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA LOKALITY **47**
5.1 DOPRAVNÍ KŘIŽOVATKA SILNIC I/49 A II/491 47
5.2 VLIV PŘIVEDENÍ DOPRAVNÍCH INTENZIT Z NOVÉ BUDOVANÉ NAVAZUJÍCÍ ČÁSTI DÁLNICE D49 48
5.3 VYMEZENÍ KONTEXTU ŘÍZENÍ RIZIK 49
6 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU KŘIŽOVATKY **50**
6.1 IDENTIFIKACE RIZIKOVÝCH FAKTORŮ KŘIŽOVATKY 50
6.2 ANALÝZA DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI 60
6.3 HODNOCENÍ RIZIK POMOCÍ MATICE RIZIK 63
7 OŠETŘENÍ RIZIK **65**
8 ZHODNOCENÍ VARIANT ÚPRAVY **69**
9 VÝBĚR VHODNÉ VARIANTY PRO OŠETŘENÍ RIZIK **75**
9.1 POMOCÍ VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ 75
9.2 STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ 79
9.3 VÝBĚR KOMPROMISNÍ VARIANTY 82
9.4 EKONOMICKÉ SROVNÁNÍ OPATŘENÍ PRO ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI 85
9.4.1 Stanovení celkových nákladů 85
9.4.2 Ekonomické hodnocení ztrát z dopravní nehodovosti 85
9.4.3 Posouzení efektivity opatření 90
10 RIZIKA Z HLEDISKA POVOLOVACÍHO PROCESU VYBRANÉ ÚPRAVY **94**
ZÁVĚR **98**
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY **99**
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK **103**

SEZNAM OBRÁZKŮ 104
SEZNAM TABULEK 105
SEZNAM PŘÍLOH 106

ÚVOD

Každý nás, kdo nějakým způsobem cestuje, tak využívá prvků dopravní infrastruktury. Bezpečnost dopravní infrastruktury je důležité téma a týká se neomezeného okruhu účastníků, ne-li nás všech.

Dle dostupných dat, např. dle Kontrolního závěru Nejvyššího kontrolního úřadu z kontrolní akce na téma: „Peněžní prostředky vynakládané na zvýšení bezpečnosti silničního provozu“ , byl pokles počtu osob usmrcených při silničních dopravních nehodách v roce 2022 oproti roku 2011 celkem 35,8 %. Osob usmrcených v tomto období bylo celkem 127, což bohužel znamená nedosažení strategického cíle snížení počtu osob usmrcených při silničních dopravních nehodách v roce 2020. Dále NKÚ nepovažuje stanovený počet usmrcených osob do roku 2030 za příliš pravděpodobný.

Stav a rozsah dopravní infrastruktury v ČR je na dobré úrovni. Místa častých dopravních nehod se upravují, aby byly bezpečnější, přibývají prvky pro zvýšení bezpečnosti, síť pozemních komunikací se také hojně rozšiřuje. Nicméně komplexnost dopravního systému je interakcí tří subjektů: vozidla, řidiče a dopravního prostoru. Statisticky se uspořádání dopravního prostoru dle zahraničních výzkumů (např. Road Safety Manual, 2004) spolupodílí na 34% všech dopravních nehod. Nehody způsobené špatným technickým stavem vozidla zaujímají podíl 8% a zaviněním řidiče je zhruba 58%.

Velmi častý problémem je neustále narůstající intenzita provozu, generující zvýšené riziko potencionálních nebezpečí vzniku dopravních nehod.

Důvodem pro výběr tohoto tématu je zlepšení jednoho významného dopravního prvku na území Zlínského kraje. Stávající stav konkrétně této dopravní křižovatky z hlediska analýzy dopravní nehodovosti není ideální, a navíc do budoucna s plánovaným rozvojem dopravní infrastruktury ještě vzroste.

Toto téma se zabývá zlepšením stávajícího stavu dopravní křižovatky i za předpokladu nově přivedených intenzit provozu do tohoto dopravního území. Pomocí metod posuzovaní a ošetření rizik je nastíněna možná úprava této křižovatky, co do bezpečnosti. Dále je v práci provedeno ekonomické zhodnocení variant úpravy z hlediska celkových nákladů a celospolečenských ztrát. Jedná se o téma, které se dotýká nás všech, protože všichni se chceme cítit na pozemních komunikacích bezpečněji.

CÍLE A METODY PRÁCE

Cíle diplomové práce

Hlavním cílem diplomové práce je snížení rizik na vybrané dopravní křižovatce. Snížení rizik bude dosaženo návrhy k její úpravě. Návrhy úpravy budou zpracovány formou variant, které budou hodnoceny pomocí multikriteriálního hodnocení a ekonomického srovnaní. Hlavním cílem práce je vybrat nejlepší variantu vzhledem:

- ke snížení kritických rizik,
- ke kritériím pomocí multikriteriálního hodnocení a
- ke snížení celospolečenských ztrát pomocí ekonomického srovnání.

Dílčí cíle práce jsou zpracování literární rešerše na dané téma, popis stávajícího stavu vybraného prvku dopravní infrastruktury i vzhledem dopravnímu vývoji celého území a zhodnocení rizik při schvalovacích procesech daných variant.

Metody zpracování diplomové práce

Pro zpracování literární rešerše bylo použito odborné literatury z dané oblasti a dále právní předpisy a normy pro danou problematiku.

Popis stávajícího stavu dané lokality a území bylo užito veřejně známých informací volně dostupných z internetových zdrojů a vlastního místního šetření dané lokality.

V rámci managementu rizik bylo užito základního principu z ČSN IS 31000. Pro identifikaci rizikových faktorů bylo použita bezpečnostní inspekce zpracována v roce 2019. Analýza dopravní nehodovosti byla zpracována z volně dostupných dat. K hodnocení rizik byla použita matice rizik, která je dle odborné literatury k tomu účelu určená, např.: *„Účelem matice rizika je kategorizace kombinací pravděpodobností výskytu a závažnosti poškození, čímž se stanoví úroveň rizika“* (POPOV, 2016). K ošetření rizik bylo užito základních metod ošetření rizik jako retence (podstoupení) rizika, transfer (přenesení) rizika, diverzifikace rizika, vyhnutí se riziku a redukce (snížení) rizika. Zhodnocení variant úpravy bylo použita odborná literatura od Centra dopravního výzkumu s aplikací na danou lokalitu. K výběru varianty úpravy bylo přistoupeno pomocí metody vícekriteriálního (multikriteriálního) rozhodování. Kdy k výběru vhodných kritérií byla použita metoda dotazníkového šetření od oslovených expertů na danou část problematiky dopravní infrastruktury. Na základě vybraných kritériích, kterým byly stanoveny hodnoty pro výpočet, byla kritériím přiřazena

váha pomocí Saatyho metody a následně bylo provedeno multikriteriální hodnocení jednotlivých variant s výběrem nejvhodnější. Rizika byla identifikována k jednotlivým variantám i z hlediska jeho schvalovacího procesu. Na závěr pro ekonomické zhodnocení variant byla použita metoda cost-benefit analýza z odborné literatury od centra dopravního výzkumu, kdy náklady byly vyjádřeny pomocí celospolečenských ztrát.

Limity diplomové práce

Limity diplomové práce byly stanoveny na úpravu vybraného úseku dopravní infrastruktury. Pro křižovatku byly zvoleny dostupné varianty úpravy, které zlepšují její bezpečnost a byl reflektován i kontext budoucího plánovaného vývoje daného území.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURA

Dopravní infrastruktura je spolu s technickou infrastrukturou nejdůležitější prvek veřejné infrastruktury. Do prvků veřejné infrastruktury ještě patří občanské vybavení a veřejná prostranství (Česko, 2006).

Infrastrukturu obecně lze definovat jako množinu vzájemné fungujících a spojených bodů, které podporují funkci daného kompilátu. Infrastruktura je základní klíč k ekonomickému i sociálnímu pokroku daného celku (společenství, stát nebo obchodní korporace).

Dopravní infrastruktura zahrnuje stavby a zařízení:

- vodních cest,
- drah,
- letišť a
- pozemních komunikací. (Česko. 2006)

Důležitost dopravní infrastruktury je demonstrována i tom, že každá vláda se její funkcí zabývá a klade na její rozvoj důraz. *„Jedním z klíčových úkolů státu je dostavba chybějící dopravní infrastruktury a zajištění jejího provozu. Bezpečná a funkční dopravní spojení jsou jednou ze základních podmínek dalšího rozvoje naší země a jejích regionů.“* (programové prohlášení vlády České republiky, Praha 2023).

Dopravní infrastruktura je tedy základní funkční prvek dobře fungujícího celku, *„…dopravní infrastruktura je inherentně spjata s životem každého.“* (JACURA, 2022)

„Doprava ovlivňuje strukturaci geografického prostoru, protože ve svém důsledku umožňuje existenci ekonomických a sociálních kontaktů mezi vzdálenými územími“ **(**Seidenglanz, 2005 cit. podle JACURA, 2022)

Nebo jinými slovy: Význam dopravy pro společnost spočívá ve vzájemném kontaktu a z toho plynoucího obohacování se navzájem nehmotně (sdílení se s ostatními v životě soukromém a pracovním) i hmotně (obchod a dělba práce), což vede k jejímu rozvoji. V současnosti se doprava řadí mezi stěžejní odvětví ekonomiky, kde působí především jako integrující faktor. Díky dopravě obecně stoupá využitelnost potenciálu jednotlivých oblastí.

Jednou z priorit Bílé knihy o evropské dopravní politice je odpoutání ekonomického růstu od růstu dopravy (tzv. decoupling). Tedy aby nebyl nutný pro ekonomický růst i růst dopravy a naopak, aby se ekonomický růst nutně neprojevoval i růstem dopravy" (JACURA, 2022)

Význam dopravní infrastruktury jako motoru rozvoje ekonomiky chápeme všichni, protože je nezbytná pro fungování společnosti, ale objevují se i názory, že přínos rozvoje a výstavby dopravní infrastruktury není nutně přímo spjata se zmiňovaným ekonomickým a sociálním rozvojem např. *„Rovněž v případě hodnocení dálnic jako faktoru regionálního rozvoje, autoři prakticky shodně konstatují, že přítomnost dálnice je pouze jednou, nikoliv však postačující podmínkou rozvoje přilehlých regionů. V Česku zatím nejpodrobnější studie tohoto charakteru provedena Jeřábkem a Maradou (2003) a Vondráčkovou (2006) na příkladu dálnice D8 v úseku Praha-Lovosice. Sledování ukázalo, že přítomnost dálnice podpořila vznik rezidenčních čtvrtí a lokalizaci určitého typu ekonomických aktivit, zvláště v blízkém zázemí Prahy, mírně i v okolí Lovosic. V případě pražské suburbánní zóny se však často jednalo o přesun existujících ekonomických aktivit k dálnici. Dálnice tedy podporují územní koncentraci určitého typu aktivit k dálnici (logistické areály, nákupní centra apod.). Posun ve vnímání dálnic je patrný také v oblasti technických věd, kde jsou si odborníci daleko více vědomi i nepřímých efektů dálnic na regiony (viz. např. práce Lehovec a kol. 2003 vzniklá s účastí geografů pokoušejících se o ocenění nepřímých efektů). Přehled významnějších případových studií z anglosaské oblasti z poslední doby uvádí např. Preston (2001). Ve studiích zmíněných v Prestonově článku většinou nebyl prokázán jasný vliv dálnic či vysokorychlostních železnic na růst zaměstnanosti anebo afekt velmi slabý.*

Je spíše potřeba střediska vyššího řádu propojit s rychlejší a kapacitnější infrastrukturou. Ačkoliv si to aktéři rozhodující o výstavbě možná ani neuvědomují, hlavním hybnou silou zkvalitnění sítí je zde tlak celkového ekonomického vývoje na zajištění „makroinfrastruktury" a zlepšení dostupnosti a stavu periferních regionů je až druhotným efektem. Druhou rovinou diskuse vlivu dopravy na proces koncentrace je význam dopravy jako prostředku k zvýšení mobility obyvatel, což umožnuje koncentraci pracovních příležitostí. Opět se ovšem nejedná o jednoznačný a jednostranný vztah…" (Marada, 2010).

Pozitivní dopady dopravní infrastruktury shrnuje například Lukášová (2010):

Ekonomický, sociální a kulturní význam dopravy spočívá v tom, že:

- uspokojuje potřeby společnosti v oblasti přepravy zboží a obyvatel,
- ovlivňuje rozvoj výroby služeb a tím podporuje ekonomický růst společnosti,

- přemisťuje zboží, osoby a zprávy, což umožnuje vyšší dostupnost různého zboží na různých místech, a tím výrazně ovlivňuje (snižuje) cenu v místě poptávky.

Dále lze definovat nevýhody, které rozvoj dopravní infrastruktury může společnosti přinést. Jedná se zejména o negativní dopady na:

i. životní prostředí,

ii. ekonomické dopady a

iii. sociální dopady.

Negativní dopady na životní prostředí jsou spatřovány ve zvyšování znečištění ovzduší, které dopravní infrastruktura generující dopravu způsobuje. Znečištění ovzduší má negativní vliv na lidské zdraví. Jde o emise zplodin výfukových plynů v rámci spalovacích procesů vozidel, které zajišťují dopravu. Z nespalovacích procesů lze zmínit otěry povrchu silnic, otěry brzdového a spojkového obložení; nečistoty z vozidel, koroze, ztráty z převáženého materiálu, které mohou vyvolat znečistění podpovrchových vod a půd. Další z výčtu negativních dopadů je fragmentace krajiny při výstavbě nových prvku dopravní infrastruktury. Tato fragmentace může mít závažný dopad na migrační koridory zvířat. Krajinotvorný prvek krajiny může být také negativně ovlivněn (narušení estetiky krajiny). V poslední řadě je nutno zmínit, že dopravní infrastruktura s pořád se zvyšující intenzitou dopravy, klade nároky na zábory zemědělského půdního fondu. *„Inženýrské stavby jsou vždy značným zásahem do životního prostředí. V projektu musí být tyto zásahy minimalizovány“* (Rozsypal, 2008).

Do ekonomických dopadů zahrnujeme značné náklady na výstavbu, ale i následnou údržbu dopravní infrastruktury, kterou nesou investoři tohoto infrastrukturního prvku. Pokud se jedná o veřejnou infrastrukturu, tyto náklady nese zejména státní rozpočet a rozpočty jednotlivých municipalit.

K sociálním dopadům lze zařadit hluk a vibrace způsobené dopravou, nehodovost, inaktivitu obyvatelstva a možnost prohloubení sociální nerovnosti obyvatel.

Nicméně v dnešní době jsou všechny tyto negativní dopady posuzovány a klade se důraz na jejich snižování.

Možnosti snižování negativních dopadů dopravní infrastruktury:

i. životní prostředí

a. znečištění ovzduší (podpora elektromobility a hybridních pohonů motorových vozidel),

   např. výzva z Národního plánu obnovy (NPO) na podporu nákupu elektromobilů a pořízení a výstavbu dobíjecích stanic. *„Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) zveřejňuje výzvu z Národního plánu obnovy (NPO) na podporu nákupu elektromobilů a pořízení a výstavbu dobíjecích stanic. Podpora bude poskytována formou bankovní záruky a finančního příspěvku prostřednictvím Národní rozvojové banky (NRB). Dle avíza ze strany NRB budou malé, střední i velké podniky moci podávat žádosti od 1. ledna 2024 do 30. září 2025*“. Dále je v článku uvedeno:

   „Automobilový průmysl je páteří naší ekonomiky. Udržet tempo s rozvojem elektromobility je proto jedním z důležitých úkolů pro české hospodářství. Proto jsme připravili ve spolupráci s NRB výzvu jak na podporu nákupu elektromobilů v hodnotě 1,65 miliardy korun, tak pořízení a výstavbu dobíjecích stanic za 300 milionů korun. Podpora se skládá z bankovní záruky za komerční úvěr a finančního příspěvku podle typu vozu. říká ministr průmyslu a obchodu Jozef Síkela“ (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2023)

b. fragmentace krajiny (možnosti pro nezabránění přirozené migrace živočichů),

   např. úprava způsobů opevnění pod mosty, doplnění migračních objektů, propustků a stěn proti omezení srážek s ptáky a netopýry.

   V příkladu aktuálně nově budovaného úseku dálnice D55 se inovativně využijí tzv. průchozí bariéry proti ptactvu.

Obrázek 1 Průchozí bariéry proti ptactvu (zdroj ŘSD)

„Toto řešení už bylo použité při výstavbě dálnice na Slovensku. Je unikátní v tom, že nejde o pevnou bariéru, do které ptáci narážejí, ale je průchozí. To znamená, že má ptáky pouze odklonit, a neměli by se o ni zranit,“ přiblížil Jiří Vinklárek, ředitel závodu Inženýrské stavitelství Morava Skanska, který je zhotovitelem těchto dálničních úseků. „Je to unikátní projektové a technické řešení, vlastně vůbec první použité v rámci České republiky“. (Fuksová, Jana. Ptáky a netopýry u dálnice D55 ochrání speciální síť, je první v Česku. In: idnes.cz [online]. 8. února 2024 [2024-02-08]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zlin/zpravy/polesovice-d55-dalnice-ptaci-netopyri-ochranna-sit-instalace.A240208_125330_zlin-zpravy_hoo).

c. zábory zemědělského půdního fondu (omezení záboru nejpodnětnější zemědělské půdy).

   např. zvýšení ceny odvodů za zábor této půdy – změna oceňovací vyhlášky č. 441/2013 Sb.

d. Další kompenzační opatření pro snižování vlivu dopravní infrastruktury na životní prostředí jsou například nová výsadba zeleně, snižování emisí způsobené dopravou (podpora cyklistické a pěší dopravy, podpora veřejné dopravy a carpoolingu /spolujízdy/).

Obrázek 2 Příklad využití jízdního pruhu pouze pro spolujízdu (zdroj https://www.thenewstribune.com)

K vyhodnocení dopadu dopravní infrastruktury na životní prostředí (proces posuzovaní dopadů – EIA) podrobněji v kapitole 1.3 Povolovací proces prvků dopravní infrastruktury.

ii. ekonomické dopady

   a. náklady na výstavbu, ale i následnou údržbu (snížení doby povolovacího procesu staveb, zvýšení efektivnosti vynakládaných peněžních prostředků na výstavbu dopravní infrastruktury).

      Např. Národní ekonomická rada vlády ve svých návrzích k vyššímu dlouhodobě udržitelnému ekonomickému růstu publikovaných v začátkem roku 2024, uvádí jako jeden z návrhu *radikální zkrácení povolovacích lhůt.* S navrženým opatřením: *„Procesní a právní audit 20 nejčastější typů povolovacích řízení v ČR s návrhem kroků pro jejich radikální snížení“* (NERV, 2024).

   b. náklady na zvyšování bezpečnosti silničního provozu (snížení počtu usmrcených osob dle aktuální strategie BESIP).

      Např. Nejvyšší kontrolní úřad dle svého závěru z kontrolního akce č. 22/26

      nazvané „Peněžní prostředky vynakládané na zvýšení bezpečnosti silničního provozu“. Zjistil např., že *„shledal nedostatky v účelnosti i hospodárnosti vynakládání peněžních prostředků na využívání nástrojů pro zvýšení bezpečnosti pozemních komunikací podporovaných strategickými dokumenty v oblasti bezpečnosti silničního provozu. Těmi byly v kontrolovaném období audity bezpečnosti pozemních komunikací, bezpečnostní inspekce pozemních komunikací a identifikace a řešení nehodových lokalit. Tyto nástroje mají pozitivní vliv na bezpečnost na pozemních komunikacích, avšak nedostatky zjištěné kontrolou NKÚ, týkající se např. neprovedení auditů bezpečnosti pozemních komunikací v některých fázích staveb pozemních komunikací sítě TEN-T, neupřednostnění odstraňování dopravně bezpečnostních deficitů v kategorii primárních sanačních opatření, …“* (NKÚ, 2023).

iii. a sociální dopady:

   a. hluk a vibrace (technologie nízkohlučných povrchů vozovek, protihlukové stěny),

   b. nehodovost (inteligentní dopravní systémy tzn. využívání technologií pro optimalizaci dopravy a snižování dopravních nehod, strategie BESIP),

c. inaktivitu obyvatelstva (programy podporující omezující intenzitu automobilové dopravy např. „do práce na kole“) a

d. možnost prohloubení sociální nerovnosti obyvatel (participace veřejnosti na tvorbě dopravní politiky).

Konkrétněji Agentura ochrany přírody a krajiny ČR ve své metodice Doprava a ochrana fauny v České republice uvádí např. tyto vlivy dopravy na ŽP:

- ztráta přírodních stanovišť,
- fragmentace stanovišť (bariérový efekt),
- mortalita živočichů způsobená dopravou,
- rušení a znečištění,
- rozšiřování nepůvodních a invazních druhů,
- vznik nových stanovišť na okrajích dopravní infrastruktury.

„Je důležité zmínit, že tyto vlivy velmi často působí ve vzájemné souvislosti, přičemž výsledné synergické efekty mohou mít ještě silnější negativní dopad“ (Hlaváč, 2020).

„K sekundárním vlivům dopravní infrastruktury na volně žijící živočichy patří změny ve využití krajiny, rozvoj sídel nebo průmyslový rozvoj, vznikající jako důsledek výstavby nových silnic a železnic. Dalším důležitým faktorem je lepší přístup lidí a tím pádem i vyšší míra rušení spojená s hustší dopravní infrastrukturou“ (Hlaváč, 2019).

Dopravní infrastruktura je motor ekonomiky každého státu a všichni bychom měli přispívat k jejímu rozvoji, samozřejmě s velkým důrazem na přísná pravidla z hlediska bezpečnosti a ochrany životního prostředí.

„Česka republika je srdcem Evropy a tomu musí odpovídat i její dopravní infrastruktura. Potřebujeme vybudovat takové komunikace, aby se z naší země stala křižovatka evropské osobní i nákladní dopravy. To v budoucnu napomůže ekonomickému rozvoji, protože zvýšení propustnosti území našeho státu může například přilákat významné investory, aby se u nás usadili“ (Kupka, 2024).

1.1 Pozemní komunikace

„Pozemní komunikace je dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti.“

(Česko, 1997). Dopravní cesty slouží k pohybu osob a k přepravě zboží. Mezi dopravní cesty patří pozemní komunikace a železnice. *„Pozemní komunikace tvoří nejrozsáhlejší a jednu z nejdůležitějších součástí infrastruktury České republiky*“ (důvodová zpráva k zákonu č. 13/1997 Sb., Česko. 1997). Pozemní komunikace navzájem tvoří dopravní síť vzájemně propojených dopravních cest. *„Základem dopravní infrastruktury je tedy dopravní síť“* (Novák, 2018).

Pozemní komunikace se rozdělují podle jejich dopravního významu, účelu a vlastnictví do kategorií:

a) dálnice,

b) silnice,

c) místní komunikace a

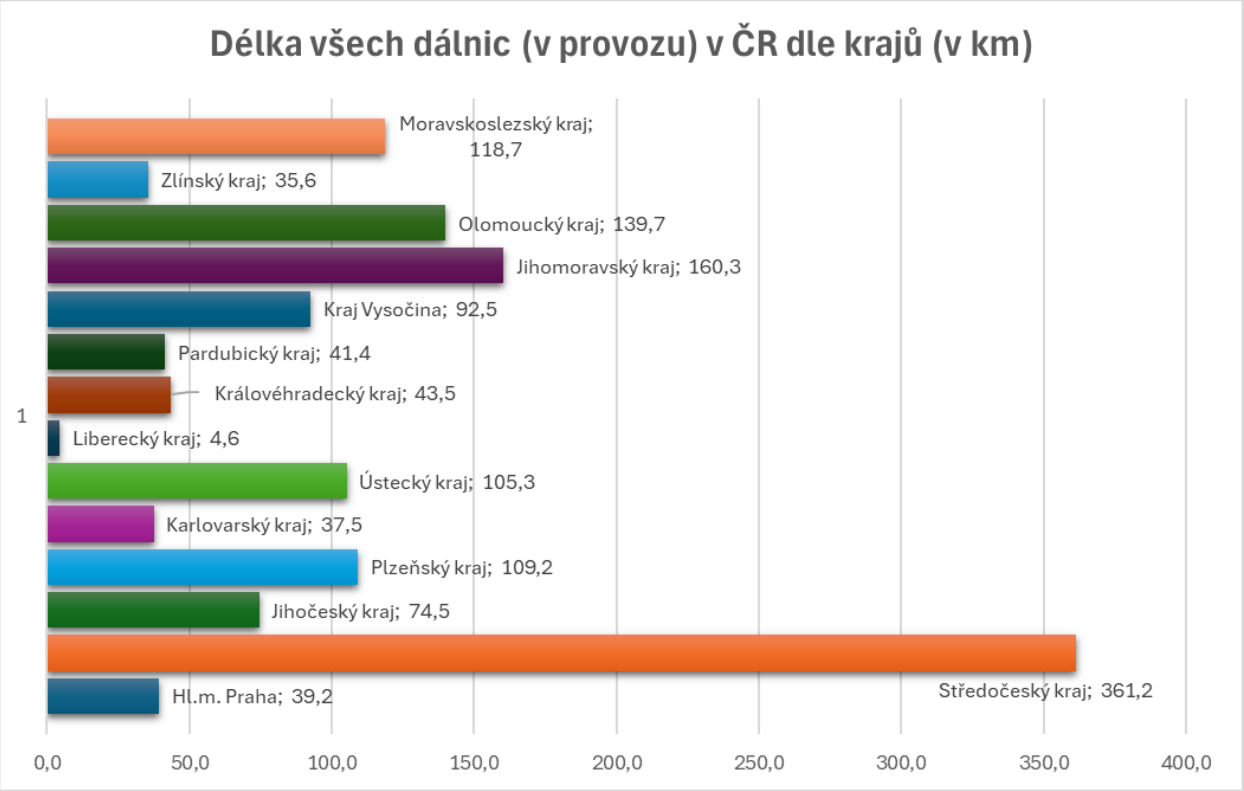
d) účelové komunikace.

Dálnice je určená pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu, která je budována bez úrovňových křížení, s oddělenými místy napojení pro vjezd a výjezd a která má směrově oddělené jízdní pásy. Dálnice se rozdělují na dálnice I. třídy a dálnice II. třídy. (Převzato Česko. 1997). Vlastníkem dálnic je stát, majetkovou správu dálnic vykonává jejich zákonem stanovený správce (Ředitelství silnic a dálnic s.p.).

„Dálnice tvoří páteř silniční dopravy a jejich dostatečná a racionálně budovaná síť přináší pozitivní ekonomické efekty, např. v podobě atraktivity pro investory rozhodující se o budování výrobních závodů či logistických center. Její společenský přínos spočívá především v poskytování rychlého a kapacitního spojení mezi vzdálenými místy. Primárně má sloužit tranzitní dopravě, a nikoliv živelně generovat další stavební zásahy do krajiny, jíž prochází. Dálnice by také měly být maximálně využívány pro těžkou silniční nákladní dopravu, která by na ně prostřednictvím dopravního značení, eventuálně ekonomických nástrojů (zpoplatnění jak dálnic, tak i souběžných alternativních tras po silnicích nižších tříd), měla být směrována tak, aby došlo ke skutečnému odlehčení pozemních komunikací, které konkrétním úsekem dálnice byly nahrazeny. Při plánování a výstavbě dálnic a silniční sítě vůbec by měly kromě právních předpisů a technických norem být brány v úvahu i doprovodné sociologické jevy, zejména fenomén tzv. dopravní indukce. Ten lze zjednodušeně vystihnout příměrem "čím více silnic, tím více aut". "Jak dokazují četné empirické výzkumy, zvýšení celkové kapacity vede k nárůstu celkového objemu dopravy. Po zkapacitnění komunikace obvykle dochází ke zvýšení její dopravní zátěže" (Kurfurst,

2002 cit. podle Černínová, 2015). *Pokud má nová komunikace nahradit stávající, dochází k nárůstu zátěže obou. Je tomu tak proto, že po nové komunikaci jezdí vozidla, jejichž řidiči dosud užívali obtížně propustnou původní trasu. Uvolněná kapacita původní trasy pak přitahuje další dopravní výkony, které by se nebýt takto nově vzniklého prostoru vůbec neuskutečnily. Laicky řečeno, uvolněné místo na původní trase žene stávající uživatele veřejné dopravy zpět do aut (doprava autem se stává zase o něco atraktivnější) a vede pak k přetížení jak trasy nové, tak stávající, což znamená, že výstavba nové pozemní komunikace pouze zvýšila počet dopravních výkonů, namísto toho, aby jejich původní objem zachovala a přesunula na novou trasu. Z toho se pak stává začarovaný kruh potřeby výstavby nových a nových silnic v důsledku neustálého zvyšování dopravních výkonů"* (Černínová, 2015).

Celková délka zprovozněných dálnic v ČR k roku 2022 je 1 363,2 km. Oproti roku 2015, kdy byl stejný ukazatel na hodnotě 776,0 km (Ročenka dopravy 2022. Ministerstvo dopravy). Dálniční síť se tedy oproti roku 2015 rozrostla o skoro 587,2 nových zprovozněných km dálnic (konktrétně 1,7x více).



Obrázek 3 Délka dálnic dle krajů (Ročenka dopravy 2022, zpracování vlastní)

Ve srovnání s ostatními státy v Evropě je ČR v počtu km dálnic na plochu území státu na dobré úrovni. *„Hustotou 0,70 km silnic a dálnic na 1 km^2 plochy republiky se ČR řadí na jedno z předních míst v Evropě"* (Široký, 2018).

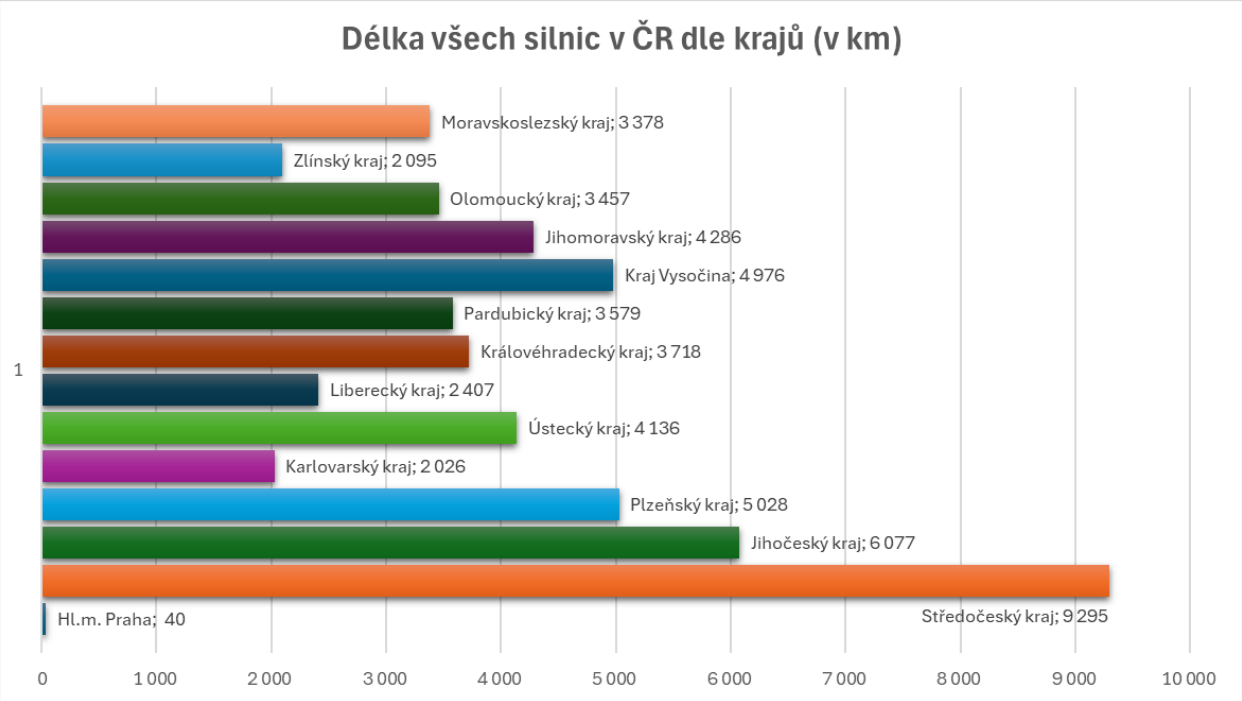
Silnice se podle svého určení a dopravního významu rozdělují do těchto tříd:

a) silnice I. třídy, která je určena zejména pro dálkovou a mezistátní dopravu,

b) silnice II. třídy, která je určena pro dopravu mezi okresy,

c) silnice III. třídy, která je určena k vzájemnému spojení obcí nebo jejich napojení na ostatní pozemní komunikace (Převzato Česko. 1997).

„Silnice tvoří síť, což znamená, že každá silnice musí vždy navazovat na silnici jinou. Požadavek síťového uspořádání silnic je s ohledem na jejich funkci nezbytný. Při absenci vzájemného propojení by silnice postrádaly dopravní význam odůvodňující náklady na jejich vybudování. Základním článkem sítě pozemních komunikací jsou silnice I. třídy, které spojují významné cíle ve vnitrostátní i mezinárodní dopravě. Z nich se odpojují silnice II. a III. třídy. V zastavěných územích se na síť silnic napojují místní komunikace, které slouží převážně pro dopravu na území obce“ (Černínová, 2015).



Obrázek 4 Délka silnic dle krajů (Ročenka dopravy 2022, zpracování vlastní)

Vlastníkem silnic I. třídy je stát a majetkový správce je Ředitelství silnic a dálnic s.p., vlastníkem silnic II. a III. tříd jsou jednotlivé kraje dle územního členění krajů.

Místní komunikace je veřejně přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně místní dopravě na území obce. Místní komunikace se rozdělují podle dopravního významu, určení a stavebně technického vybavení do I. až IV. třídy (Převzato Česko. 1997). *„Místní komunikace představují jednu ze čtyř kategorií pozemních komunikací. Typicky půjde*

o středně frekventovanou ulici uvnitř města či obce, asfaltovou silničku spojující dvě části obce nebo o cestu vedoucí z obce k vlakové zastávce či ke hřbitovu" (Černínová, 2015).

„Místní komunikace nemůže být ve vlastnictví jakékoliv právnické či fyzické osoby, jejím vlastníkem může být pouze obec. Ve vlastnictví obcí je odhadem 65 000 km místních komunikací" (Černínová, 2015).

Poslední kategorií pozemních komunikací jsou účelové komunikace, jedná se z hlediska dopravního významu o co nejméně významné. „*Účelová komunikace je pozemní komunikace, která slouží ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků těchto nemovitostí nebo ke spojení těchto nemovitostí s ostatními pozemními komunikacemi nebo k obhospodařování zemědělských a lesních pozemků* (Černínová, 2015).

Nutno konstatovat, že (i dle Širokého 2018) může být účelová komunikace veřejně nepřístupná.

Vlastnictví, které je uvedeno u každé kategorie pozemní komunikace, je důležité, protože vlastník je povinen ze zákona se o danou pozemní komunikaci adekvátně starat. Je tím myšleno udržovat je sjízdné a dobrém stavebně technickém stavu. Nutno zmínit, že se nejedná jen o samotnou vozovku, ale i o její součásti (mostní objekty, tunely, protihlukové stěny, opěrné zdi, dopravní značení, svodidla) a příslušenství (veřejné osvětlení, světelná signalizační zařízení sloužící k řízení provozu, ale i hlásiče náledí, hlásky a jiná zařízení pro provozní informace /Převzato Česko. 1997/). Kdy např. u mostů a tunelů nejde o zanedbatelné částky, které vyžadují jejich provoz a údržbu.

Dále je nutné k dané problematice zmínit, že na všech pozemních komunikacích kromě dálnic, platí jejich tzv. obecné užívání, které v praxi znamená, že danou pozemní komunikaci, lze užívat bezplatně a nikdo nesmí její užívání zakazovat nebo znemožňovat, krom zákonem stanovených důvodů, zejména důležitý je tento aspekt u poslední kategorie, kterou jsou účelové komunikace, ale toho téma je samo o sobě na několik diplomových prací. V předchozí větě nemluvíme o nákladní dopravě, která je zpoplatněna na dálnicích a některých silnicích I. třídy. U dálnic je užívání zpoplatněno pro všechna motorová vozidla, toho užívání je tzv. úplatné. „*V mezích zvláštních předpisů upravujících provoz na pozemních komunikacích a za podmínek stanovených tímto zákonem smí každý užívat pozemní komunikace bezplatně obvyklým způsobem a k účelům, ke kterým jsou určeny (dále jen "obecné užívání"), pokud pro zvláštní případy nestanoví tento zákon nebo zvláštní předpis jinak. Uživatel se musí přizpůsobit stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu*

dotčené pozemní komunikace“ (Česko. 1997). Pro úplnost musíme doplnit i režim tzv. zvláštního užívání, ten je umožněn jen pro zákonem stanovené druhy činností a podléhá povolení příslušného úřadu. *„Pod pojmem obecné užívání je třeba si představit činnosti, které přirozeně patří na pozemní komunikace. Jedná se o chůzi, jízdu, zastavení a stání. Zvláštním užíváním je pak to, co sice lze na komunikaci provádět, avšak není to zcela běžné či ve větší míře žádoucí. Jako příklady je možné uvést umisťování reklam nebo stánků, ale i zřizování vyhrazeného parkování či přepravu rozměrných předmětů“* (Černínová, 2015).

Tento zákonný aspekt si mnozí z nás neuvědomují (myšleno obecné užívání), že vlastně užití silnice k přepravě třeba do zaměstnaní nebo k jiným způsobům je zcela bezplatné. „*Účelem každé pozemní komunikace je to, aby byla schopná sloužit ke komunikačním účelům – tedy sloužit pozemní silniční dopravě a činnostem s ní souvisejícím*“ (Černínová, 2015).

Samozřejmě jejich výstavba a údržba je u dálnic a silnic I. třídy financována z veřejného rozpočtu ale i mnohdy jiné takto financované kapitoly jsou už dávno zpoplatněné (např. veřejná linková doprava). Např. dle přílohy č. 3 k vyhlášce č. 412/2021 Sb., o rozpočtové skladbě, ve znění pozdějších předpisů se jedná o činnosti spojené se „*správou, údržbou, opravami, technickou obnovou a výstavbou dálnic a jejich součásti*“. Tudíž v těchto financích není zahrnuta pouze jen jejich medializovaná výstavba. Pro doplnění silnice II. a III. třídy jsou financované z rozpočtu jednotlivých krajů, kde nemalou část tvoří i zase finance ze státního rozpočtu. Nyní se ožehavě diskutuje o změně zákona č. 243/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů, o rozpočtovém určení výnosů některých daní územním samosprávným celkům a některým státním fondům (zákon o rozpočtovém určení daní), který vlastně rozděluje finance ze státního rozpočtu jednotlivým krajům, ve zkratce: kraje usilují o nastavením obdobného mechanismu přepočítacích podílů, jako je v současnosti stanoven pro obce. To by pro některé kraje znamenalo více finančních prostředků (výstavba, opravy a zimní údržba) na jejich silniční síť (silnice II. a III. třídy). Zdroji financování se zabývá Peková (2012), která rozděluje zdroje na veřejné a alternativní.

Financování dopravní infrastruktury dle Pekové (2012):

1. Veřejné zdroje:
    a. rozpočet MD,
    b. rozpočet SFDI,
    c. rozpočty krajů a obcí,

d. zahraniční podpůrné fondy a programy EU.

2. Alternativní zdroje:

   a. úvěry od domácích a zahraničních bank,

   b. vybírání přímých poplatků za použití dopravní infrastruktury,

   c. za účasti soukromého kapitálu např. PPP (public-private.partnership).

Dle Širokého (2018) dle ještě rozdělit pozemní komunikace z hledisek:

a) dle účelového určení:

- mezinárodní silnice,
- dálkové silnice,
- rychlostní silnice,
- výpadové silnice,
- okružní silnice,
- rekreační silnice.

b) dle rozestupu dopravních směrů:

- směrově rozdělené,
- směrově nerozdělené.

c) dle počtu dopravních směru:

- jednopruhové,
- dvoupruhové,
- třípruhové,
- vícepruhové.

Na závěr této kapitoly, ještě stručně ke silnicím s označením E, např. E50. Kdy je nasnadě vysvětlit, že tato komunikace je pořad silnicí I. třídy dle našeho rozdělení ale splňuje i parametry evropské parametry a můžeme se s ní setkat ve státech Evropy. Jde tzv. o evropsky významnou silnici, která je zahrnuta do páteřní sítě silnic určených pro usnadnění mezinárodní silniční dopravy a obchodu. Ve zlínském kraji jsou tyto silnice dvě a to tzv. páteřní silnice E50 na území zlínského kraje se jedná o silnici s označením I/50

spojující Brno a hraniční přechod Starý Hrozenkov. V evropském měřítku E50 spojuje francouzský přístav Brest s ruskou Machačkalou, tedy Atlantický oceán s Kaspickým mořem. Další významnou silnici procházející přes Zlínsky kraj je silnice E442, která nese na celém území ČR označení I/35. Prochází před šest krajů ČR (začíná na hraničním přechodu Hrádek nad Nisou/Sieniawka a končí na Hraničním přechodě Bílá-Bumbálka/Makov).

Mimo národní označení silnic, a evropsky významné komunikace s ozn. E je ještě nutno zmínit nadnárodní členění, přesněji dle směrnice evropské unie o řízení bezpečnosti silniční infrastruktury, která do českého právního řádu transponovala tzv. transevropskou silniční síť (TEN-T), …"*která podporuje evropskou integraci a soudržnost a měla by vykazovat vysokou míru bezpečnosti*" (Pokorný, 2012). Směrnice definuje tzv. multimodální osy, procházející přes členské státy EU, tedy i přes ČR, nejen v silniční dopravě, ale i železniční, vodní a letecké. Dále směrnice definuje prioritní projekty silniční sítě. Na území Zlínského kraje se například jedná o dálnici D49. Na tyto vybrané úseky silniční sítě je kladen větší důraz, z hlediska bezpečnosti, protože se předpokládá jejích velká dopravní vytíženost.

1.2 Dopravní křižovatka

U pojmu dopravní křižovatka je nejprve důležité definovat, že pojem křížení a pojem dopravní křižovatka jsou dva různé pojmy, které je potřeba od sebe vzájemně rozlišit.

Široky (2018) uvádí, že *„Křižovatka je místo, v němž se pozemní komunikace v půdorysném průmětu protínají nebo stýkají a alespoň dvě z nich jsou vzájemně propojeny. Za křižovatku se nepovažuje, není-li určeno jinak, připojení ledních a polních cest, sjezdy k nemovitostem a připojení obslužných dopravních zařízení (např. parkovištěm čerpací stanice apod.). Křížení je místem, kde se pozemní komunikace v půdorysném průmětu protínají, aniž jsou vzájemně propojeny (mimoúrovňové křížení dálnice a polní cesty), nebo místem, v němž se pozemní komunikace v půdorysném průmětu protíná s drážní komunikací (tzv. železniční přejezdy), případně jinými vedeními (inženýrské sítě apod)"* (Široký, 2018). Příslušný zákon o provozu na pozemních komunikacích definuje pojem křižovatka jako: *„křižovatka je místo, v němž se pozemní komunikace protínají nebo spojují; za křižovatku se nepovažuje vyústění polní nebo lesní cesty nebo jiné účelové pozemní komunikace na jinou pozemní komunikaci"* (Česko, 2000). Dále je důležité definovat rozsah křižovatkového prostoru, tedy kde křižovatka začíná a kde končí, jedná se tzv. o hranici křižovatky, hranice křižovatky je místo vyznačené vodorovnou dopravní značkou "*Příčná čára souvislá*", "*Příčná čára*

souvislá se symbolem Dej přednost v jízdě!" nebo "*Příčná čára souvislá s nápisem STOP*"; kde taková dopravní značka není, tvoří hranici křižovatky kolmice k ose vozovky v místě, kde pro křižovatku začíná zakřivení okraje vozovky. (Převzato Česko, 2000). Jedná se o pozitivní taxativní výčet, tedy jen pokud jsou splněny tyto požadavky (pevně stanovené) jedná se o hranici křižovatky. „*Nejasné dopravní situace mohou vznikat i na křižovatkách, na nichž je přednost v jízdě upravena dopravními značkami, pokud je dopravní značení provedeno nedostatečně, popřípadě z různých důvodů chybí*“ (Novopacký, 2022).

Pozornost pojmu hranice křižovatky je v prvé řádě věnována z důvodu, že průjezd křižovatkou je zásadní pro dopravní provoz jako takový, jelikož zde většinou vznikají kolizní situace. V řadě druhé nejednoznačnost hranice křižovatky je jeden z rizikových faktorů, které jsou řešeny v praktické části, proto je nasnadě si přesně vysvětlit tento pojem. Novopacký (2022) ve svém komentáři zmiňuje právní názor Nejvyššího správního soudu: „*že je-li výjezd na některou ze vzájemně křížících se pozemních komunikací dočasně uzavřen všem vozidlům v obou směrech, čímž se pro účastníky provozu stane dočasně nepoužitelným, a v důsledku toho v místě, které je sice stále formálně označeno jako křižovatka (v posuzovaném případě zde nebyly nijak zakryty značky upravující přednost), jakékoliv křížení jízdní dráhy vozidel nepřipadá v úvahu, nelze takové místo považovat za křižovatku. Vozidlo, které by případně vyjíždělo z uzavřeného úseku, musí dát přednost v jízdě vozidlům pohybujícím se na pozemní komunikaci, která je v provozu, a to analogicky jako kdyby vyjíždělo z místa ležícího mimo pozemní komunikaci, byť třeba formálně jede po pozemní komunikaci, která je označena jako hlavní. Uvedený závěr má vliv také na aplikaci ostatních ustanovení právních předpisů, takové místo tedy např. nebude ukončovat platnost dopravní značky stanovící zákaz, omezení nebo příkaz“* (NSS 3 As 24/2005-73).

To už jdeme do velké podrobnosti, ale je důležité čtenáři definovat, jaké situace mohou nastat z pohledu účastníka silničního provozu, pokud je například provoz omezen a dále nebezpečí v této věci nelze eliminovat, a proto je potřeba na tuto skutečnost brát, jak se říká „při sednutí za volant“, zřetel.

Dopravní křižovatka může mít různé typy a varianty provedení. Dle Kotase (2002): „*Křižovatky dělíme do několika skupin, s tím, že jednotlivé konkrétní křižovatky můžeme zařadit do dvou či více skupin zároveň*“.

Dělení dle počtu **ramen**:

1. stykové – tříramenná křižovatka ve tvaru písmene T,
2. průsečné – čtyřramenná křižovatka ve tvaru písmene X,
3. odsazené křižovatky – čtyřramenná křižovatka s dvěma stykovými křižovatkami umístěné v určité vzdálenosti od sebe,
4. vidlicovité – tříramenná křižovatka ve tvaru písmene Y,
5. hvězdicové – pěti a víceramenná křižovatka
6. okružní – tří a víceramenná se středním ostrovem kruhového tvaru.

Podle počtu **úrovní**, ve kterých se komunikace protínají:

1. úrovňové – komunikace se protínají v jedné úrovni (mohou obsahovat všechny typy kolizních bodů),
2. mimoúrovňové (tzv. úplné) – komunikace se protínají ve dvou a více úrovních (neobsahují kolizní body),
3. kombinované (tzv. neúplné mimoúrovňové) – komunikace se také protínají ve dvou a více úrovních (s rozdílem, že mohou však obsahovat i křížné kolizní body).

Široký (2018) jednoduše ještě doplňuje rozdělení na přítomnost či absenci **řízení**:

1. neřízení,
2. řízení.

„Řízením křižovatky máme na mysli použití tzv. světelného signalizačního zařízení (SSZ). Pevný signální program je program řízení SSZ, který určuje pořadí a délku signálních dob jednotlivých světelných signálů“ (Široký, 2018).

Jacura (2022) k problematice křižovatek a k jejímu rozdělení uvádí:

„Základní rozdělení křižovatek lze provést podle výškové úrovně křižujících se nivelet na úrovňové (osy se protínají/stýkají v jedné úrovni) a mimoúrovňové (osy komunikací jsou propojeny ve dvou a více úrovních pomocí ramp spojovacích větví)“ (Jacura, 2022).

Úrovňové křižovatky se dle organizace a řízení dopravy se uspořádání dělí na:

- Bez určení přednosti v jízdě dopravním značením,
- S určení přednosti dopravním značením,

- Se světelnou signalizací.

Dle stupně usměrnění dopravních proudů na hlavní a vedlejší komunikaci se uspořádání jednotlivých vzorů úrovňových křižovatek dělí:

- bez usměrnění,
- S dělícím ostrůvkem na vedlejší komunikaci,
- S řadícím pruhem pro odbočení vlevo,
- S řadícím pruhem pro odbočení vpravo,
- Atd. (Jacura et al., 2022)

Úplné vymezení všech druhu křižovatek je uvedeno v ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích. Kdy výše uvedená norma rozděluje křižovatky na úrovňové a mimoúrovňové se přihlédnutím k typu a stupni usměrnění.

Tabulka 1 Typy a usměrnění úrovňových křižovatek (zdroj ČSN 73 6102)

Druh	Uspořádání	Typ	Stupeň usměrnění dopravních proudů

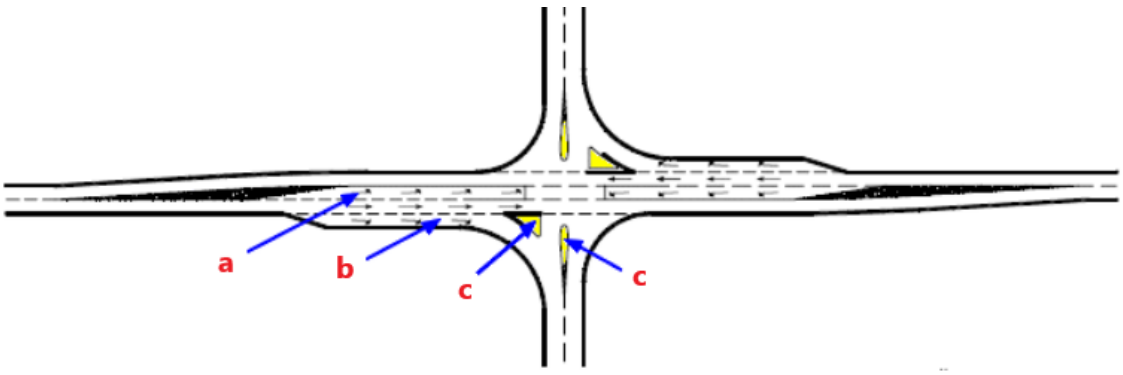
Úrovňová křižovatka	- bez určení přednosti v jízdě dopravním značením
	- s určením přednosti v jízdě dopravním značení
	- se světelnou signalizací
		- průsečná
		- styková
		- vidlicová
		- odsazená
		- hvězdicová
		- nekonvenční
		- okružní
		  - s 1 jízdním pruhem
		  - se 2 a více jízdními pruhy
		  - mini
		  - zvláštní
			- s dopravním značením určujícím přednost v jízdě
			- s dělicím ostrůvkem na hlavní komunikaci
			- s dělicím ostrůvkem na vedlejší komunikaci
			- s řadicím pruhem/pruhy pro odbočení vlevo
			- s řadicím pruhem/pruhy pro odbočení vpravo
			- s připojovacím pruhem/pruhy
			- s dopravními ostrůvky a dělicími pásy
			- s nepojížděným ostrovem
			- s částečně pojížděným středním ostrovem
			- s občas pojížděným středním ostrovem
			- se spojovací větví pro odbočení vpravo
			- s turbínovým uspořádáním jízdních pruhů na okružním jízdním pásu

Uvedené tabulky 1 a 2 jsou nejpřehlednější pro shrnutí druhu a typů křižovatek.

Tabulka 2 Typy a usměrnění mimoúrovňových křižovatek (zdroj ČSN 73 6102)

Druh	Uspořádání	Typ	Stupeň usměrnění dopravních proudů
Mimoúrovňová křižovatka	s křižnými body	- kosodélná - jednovětvová - osmičková - deltovitá - nekonvenční	- s dělicím ostrůvkem na vedlejší komunikaci - s přídatným pruhem/pruhy pro odbočení vlevo - s přídatným pruhem/pruhy pro odbočení vpravo - s připojovacím pruhem/pruhy
	s průpletovými úseky	- srdcovitá - čtyřlístková - trojlístková - dvojlístková (sousední kvadranty) - prstencovitá	- s přídatnými pruhy - s kolektorovými pásy
	bez průpletových úseků	- trubkovitá - sdružená - trubkovitá dvojlístková s vystřídanými lístky	
	útvarová	- rozštěpová - spirálová - turbinová - hvězdicová	
Schémata situačního uspořádání mimoúrovňových křižovatek zobrazuje příloha B.			

Příklad pro vysvětlení druhu, typu a stupně usměrnění dopravních proudů je patrný z obrázku 5.



Obrázek 5 příklad pro vysvětlení (zdroj centrum dopravního výzkumu v.v.i., upraveno vlastní)

Na Obrázku 5 je zobrazena úrovňová křižovatka (druh), s určením přednosti v jízdě dopravním značením (uspořádání), průsečná (typ) a s dělícím ostrůvkem na vedlejší komunikaci – c, s řadícím pruhem pro odbočování vlevo – a, s řadícím pruhem pro odbočování vpravo – b (stupeň usměrnění dopravních proudů). Na příkladu

je demonstrováno, že stupeň usměrnění dopravní proudu lze kombinovat. Obdobné uspořádání křižovatky bude rozebíráno v praktické části práce.

Okružní křižovatky

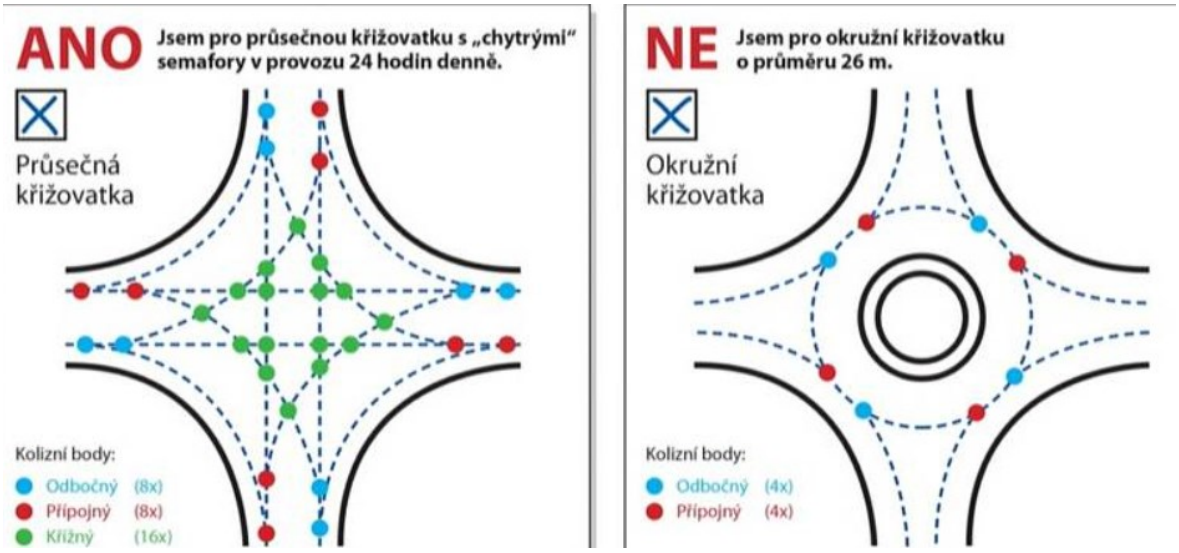
„Okružní křižovatky prožívají v dnešní době v České republice velký rozmach. Obecně a zjednodušeně lze říci, že okružní křižovatky jsou zvláštním typem usměrněné křižovatky. Okružní křižovatky se používají zejména v místech, kde je třeba snížit závažnost dopravních nehod, třeba tvarem křižovatky zdůraznit konec pozemní komunikace s vyšší povolenou rychlostí, popř. změnu dopravního režimu nebo funkce pozemní komunikace (např. přechod z extravilánu do intravilánu) a kde úhel křížení pozemní komunikace menší, než připouští ČSN 73 6102“ (Kotas, 2002).

„Pokud jsou okružní křižovatky správně navrženy, dochází k těmto pozitivním vlivům: (oproti klasickým průsečným, resp. stykovým křižovatkám/“ (Kotas, 2002).

- *snížení počtu kolizních bodů (oproti průsečné křižovatce); na okružní křižovatce s jednopruhovým okružním pásem se například vůbec nevyskytují křížné kolizní body,*
- *odstranění odbočení vlevo v obousměrném provozu,*
- *dosažení rovnoměrného a plynulého provozu a tím i snížení exhalací a hluku z dopravy,*
- *snížení rychlosti jízdy při průjezdu křižovatkou a tím i snížení následků po případné kolizi – je nutné zajistit skutečné objíždění středového ostrova okružní křižovatky.* (dle Kotase, 2002)

Kolizní body jsou možné body středu účastníků silničního provozu, které vznikají při standartních manévrech v křižovatkovém prostoru. Na obrázku č. 6 jsou graficky znázorněny počty kolizních bodů u průsečné křižovatky versus okružní křižovatky.

Dle zahraniční literatury, která uvádí stejné přínosy jako Kotas (2002) a navíc ještě zmiňuje další pozitivní vlivy: *„další důvody pro výběr kruhového objezdu mohou zahrnovat např. kratší zpoždění vozidel ve srovnání s jinými typy na křižovatc*e“ (Macioszek et al., 2018). Jako nevýhodu okružních křižovatek lze uvést, že se její aplikace nehodí na všechny typy křižovatek, dalo by se říct, že okružní křižovatka není všelék na každou křižovatku. Je důležité předem se věnovat jejímu návrhu. Například intenzity provozu u všech ramen by měli být srovnatelné.



Obrázek 6 Hlasovací lístek s vyjádřením počtu kolizních bodů, zdroj jindrichohradecky.denik.cz

U průsečné křižovatky (v tomto případě ještě s SSZ, které ale nemá na počet kolizních bodu vliv) je celkem 32 kolizních bodů, kdežto u okružní křižovatky je pouze 8 kolizních bodu, tedy o 3/4 méně. Zdroj obrázku č. 6 je vybrán účelově, z důvodu, že občané jihočeského města Dačice, v místním konaném referendu si překvapivě k úpravě křižovatky nevybraly variantu s okružní křižovatkou, ale upřednostnily s počtem 3092 hlasů z celkových 3566 platných hlasů úpravu v podobě instalace světelného signalizačního zařízení (procentuálně je to skoro 87 %/ (převzato z jindrichohradecky.denik.cz, 2021). Je zajímavé, že zastupitelé města schválily tuto formu rozhodování o úpravě křižovatky, bylo by vhodné aplikovat aspoň ekonomické srovnání opatření pro zvýšení bezpečnosti, které je rozebráno v praktické části této práce, jestli opravdu hlas lidu je srovnatelný jako hlas odborné veřejnosti.

2 POVOLOVACÍ PROCES STAVEB DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY

Dopravní stavby jsou dle stavebního zákona č. 283/2021 Sb., stavební zákon (dále jen „nový stavební zákon“) povolovány dle tohoto zákonného předpisu. Tento poměrně nový předpis (nový stavební zákon) ale na rozdíl od starého stavebního zákona č. 183/2006 Sb., ve znění platném a účinném do 31.12.2023 (dále jen „starý stavební zákon“) definuje tzn. drobné, jednoduché, vyhrazené a ostatní. Starý stavební zákon toto výše uvedené rozdělení neznal a dopravní stavby byly tzv. speciálními stavbami, které povoloval tzv. speciální stavební úřad. Výše zmíněné rozdělení staveb je uvedeno z důvodu, že v současné době totiž v ČR platí oba právní předpisy, tedy jak nový stavební zákon ve věcech vyhrazených staveb (dálnice), tak platí i starý stavební zákon ve všech ostatních staveb dle nového rozdělení. Tzn., že např. stavba nové okružní křižovatky na silnici I. třídy by se povolovala podle starého stavebního zákona, ale nový dálniční úsek v současné době se povoluje dle nového stavebního zákona. Výše zmíněná problematika, dle jakého předpisu se daná stavba povoluje je uvedena proto, protože pokud se bude jednat o stavební úpravu křižovatky silnic I. a III. třídy je nutné použit starý stavební zákon. Vzhledem k vybranému tématu, proto bude uveden povolovací proces dle starého stavebního zákona, z důvodu, že ten by se na něj až do 01.07.2024 uplatňoval. Dále nutno v kontextu uvést, že i další proces bude uplatňován na problematiku úpravy křižovatky, myšleno režim povolení, který bude společné územní a stavební řízení (dále jen „společné povolení“). Starý stavební zákon upravuje i tzv. nazvěme je zjednodušující procesy, ale ty u tohoto typu stavby nebudou uplatňované. V kontextu úpravy křižovatky zřídka, kdy je aplikován i proces ze zákona č. 100/2001 Sb., zákon o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o posuzovaní ŽP“). Tento proces posuzování vlivu na životní prostředí je ale u liniovým dopravních staveb běžný, proto bude v závěru kapitoly zkráceně uveden. Na úpravu křižovatky se aplikovat zákon o posuzování na životní prostření nebude.

U povolovacího procesu dopravních staveb se postupuje stejným postupem jako u klasických např. pozemních staveb (rodinný nebo bytový dům). Tedy je nutné u příslušného stavebního úřadu podat žádost, která obsahuje dokumentaci s grafickým zobrazením stavby. Žádost musí obsahovat obecné náležitosti, které definuje zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „správní řád“).

Dokumentace musí mimo jiné obsahovat i dokladovou část. Přílohy žádosti definuje starý stavební zákon, v našem případě se bude jednat o ust. 94l odst. 2. Jedná se o tyto náležitosti:

a) souhlas k umístění a provedení stavebního záměru podle § 184a,

b) závazná stanoviska, popřípadě rozhodnutí dotčených orgánů podle zvláštních právních předpisů nebo tohoto zákona, a jiné doklady vyžadované zvláštními právními předpisy, nevydává-li se koordinované závazné stanovisko podle § 4 odst. 7, nebo nepostupuje-li se podle § 96b odst. 2,

c) stanoviska vlastníků veřejné dopravní nebo technické infrastruktury k možnosti a způsobu napojení nebo k podmínkám dotčených ochranných a bezpečnostních pásem,

d) smlouvy s příslušnými vlastníky veřejné dopravní nebo technické infrastruktury, vyžaduje-li záměr vybudování nové nebo úpravu stávající veřejné dopravní nebo technické infrastruktury,

e) dokumentaci pro vydání společného povolení, která obsahuje průvodní zprávu, souhrnnou technickou zprávu, situační výkresy, dokumentaci objektů a technických a technologických zařízení a dokladovou část,

f) návrh plánu kontrolních prohlídek stavby,

g) plánovací smlouva podle § 43a, je-li uzavřena. (Česko, 2006)

Pokud nejsou tyto náležitosti doloženy, musí stavební úřad přistoupit k tomu, že žadatele vyzve k doplnění chybějících náležitostí. Současně se může správní řízení přerušit z důvodu nedoložení všech požadovaných náležitostí. Nedoložení všech uvedených náležitostí již při podání žádosti, má zásadní vliv na celkovou délku povolovacího procesu. Ve většině případů se žadatel vyzve k doplnění a současně se řízení přeruší. Nutno uvést, že lhůta pro vyřízení podání (žádosti) se staví, a nejen to, pokud žádost nebyla při podání žádosti kompletní, začíná lhůta běžet znovu až po doložení všech podkladů.

Až v momentě doložení všech náležitostí (nový stavební zákon tento stav definuje jako kompletní žádost) lze dle správního řádu řízení tzv. oznámit jeho zahájení a rámci tohoto může být svoláno ústní jednání. Nebo je stanovena lhůta účastníkům k podání námitek k projednávanému stavebnímu záměru. Jednotlivé možné dotčené osoby stavbou (účastníci řízení) definuje § 94k starého stavebního zákona.

Jedná se o tyto osoby:

„a) stavebník,

b) obec, na jejímž území má být požadovaný stavební záměr uskutečněn,

c) vlastník stavby, na které má být požadovaný stavební záměr uskutečněn, není-li sám stavebníkem, nebo ten, kdo má ke stavbě jiné věcné právo, není-li sám stavebníkem,

d) vlastník pozemku, na kterém má být požadovaný stavební záměr uskutečněn, není-li sám stavebníkem, nebo ten, kdo má jiné věcné právo k tomuto pozemku,

e) osoba, jejíž vlastnické právo nebo jiné věcné právo k sousedním stavbám anebo sousedním pozemkům nebo stavbám na nich může být společným povolením přímo dotčeno" (Česko, 2006).

Stanovení okruhu účastníků pod písm. e) je na správní úvaze stavebního úřadu, a musí být tato správní úvaha popsána v odůvodnění následného rozhodnutí. Ostatní písm., jsou jasně definována. Pokud by řízení nebylo oznámeno všem účastníkům řízení jedná se o závažnou vadu mající za následek v případě použití opravných prostředků nepravomocné rozhodnutí.

Po řádném doručení oznámení o zahájení řízení a konání ústního jednání, popř. uplynutí lhůty pro námitky. Stavební úřad přistoupí k vyhotovení rozhodnutí ve věci, ve kterém schvaluje nebo zamítá daný stavební záměr. Pokud jsou splněny všechny požadované podmínky, které definuje § 94o, jedná se o:

„*(1) Ve společném územním a stavebním řízení stavební úřad posuzuje, zda je stavební záměr v souladu s požadavky:*

a) tohoto zákona a jeho prováděcích právních předpisů,

b) na veřejnou dopravní nebo technickou infrastrukturu k možnosti a způsobu napojení nebo k podmínkám dotčených ochranných a bezpečnostních pásem,

c) zvláštních právních předpisů a se závaznými stanovisky, popřípadě s rozhodnutími dotčených orgánů podle zvláštních právních předpisů nebo tohoto zákona, popřípadě s výsledkem řešení rozporů.

(2) Stavební úřad dále ověří zejména, zda

a) dokumentace je úplná, přehledná, a zda jsou v odpovídající míře řešeny obecné požadavky na výstavbu,

b) je zajištěn příjezd ke stavbě, včasné vybudování technického, popřípadě jiného vybavení potřebného k řádnému užívání stavby vyžadovaného zvláštním právním předpisem.

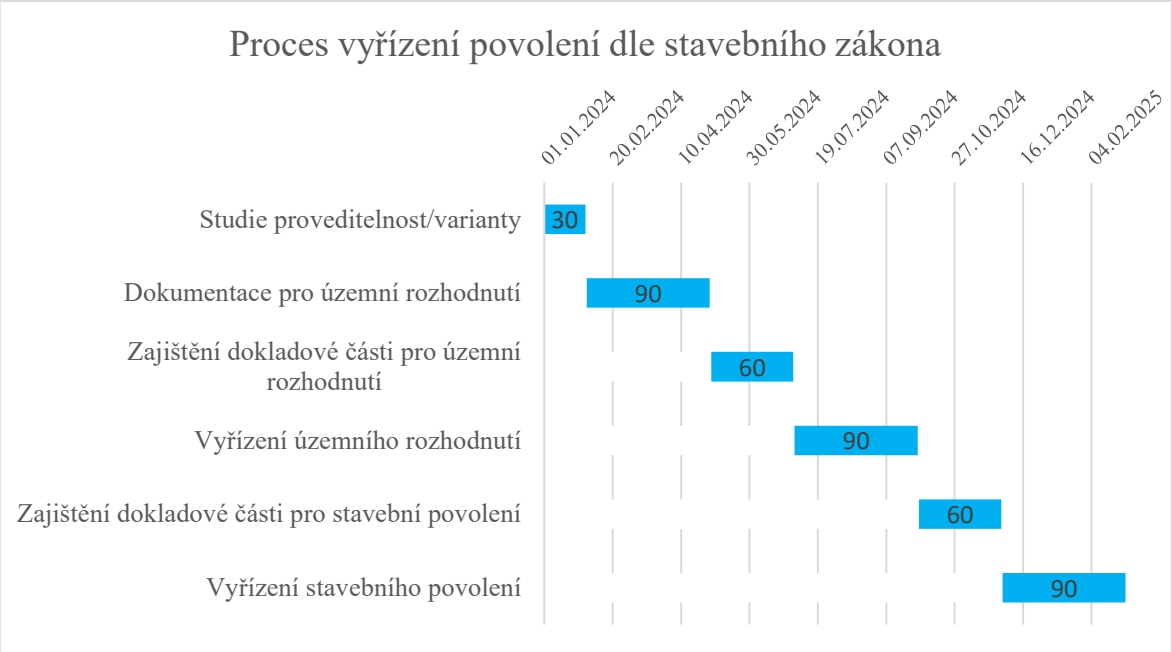
(3) Stavební úřad ověří rovněž účinky budoucího užívání stavby" (Česko, 2006).

Stavební úřad rozhodne pozitivně, tj. že schválí stavební záměr. V rozhodnutí může stavební úřad ke splnění podmínek ust. 94o stanovit podmínky k jejich dodržení.

Rozhodnutí se doručuje účastníkům řízení. Forma doručení se může v některých případech lišit, pokud se jedná o tzv. řízení s velkým počtem účastníků doručuje se některým veřejnou vyhláškou nebo pokud se na záměr stahuje zákon č. 416/2009 Sb., o urychlení výstavby strategicky významné infrastruktury, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o urychlení") doručuje se do vlastních rukou jen oznámení o zahájení řízení, ostatní písemnosti, včetně rozhodnutí se doručují veřejnou vyhláškou.

Po doručení rozhodnutí má každý účastník právo na odvolání, v případě že by s rozhodnutím nesouhlasil. Odvolání tedy celé řízení z hlediska jeho správnosti a odvolacích námitek posuzuje nadřízení správní orgán tohoto stavebního úřadu, který společné povolení vydal. V případě řádně podaného odvolání rozhodnutí nenabude právní moci a čeká se posouzení nadřízeného správního úřadu. V případě, že žádný z účastníků nepodá řádné odvolání, rozhodnutí se stává vykonatelným, tedy žadatel může začít realizovat stavbu.

Na obrázku **7** je znázorněna časová posloupnost jednotlivých kroků k vyřízení povolení dle stavebního zákona s přihlédnutím k vypracování studií a dokumentací.



Obrázek 7 Proces vyřízení povolení (zpracování vlastní)

V rámci dokladové části, která je nutná pro pozitivní rozhodnutí ve věci je vždy tzv. závazné stanovisko příslušného orgánu ochrany přírody, který musí posoudit skutečnost, jestli se na daný stavební záměr vztahuje i zákon o posuzovaní ŽP.

V případě, že by se na daný stavební záměr vztahoval zákon o posuzovaní ŽP, je nutné provést tzv. zjišťovací řízení, které určí, jestli se jedná o záměr, na který se vztahuje zákon o posuzovaní ŽP nebo zjišťovací řízení nazná, že se jedná tzv. o podlimitní záměr. Pokud by se jednalo o stavební záměr, na který se vztahuje zákon o posuzovaní ŽP, musí se k záměru doložit tzv. posouzení vlivu na životní prostředí (EIA z anglického environmental impact assessment). V rámci tohoto řízení žadatel dokládá posudek o vlivu stavby na životní prostředí. *„Posuzování vlivů nepodléhají všechny záměry ani všechny koncepce, ale jen ty, u kterých to zákon požaduje. Záměry (popř. jejich změny), které je nutné posuzovat, vyjmenovává příloha č. 1 zákona, většinou se jedná o stavby ve smyslu stavebního zákona. Příloha rozlišuje dvě kategorie záměrů, záměry uvedené v kategorii I. se musí posuzovat vždy, u záměrů kategorie II. se vede nejprve tzv. zjišťovací řízení, které teprve stanoví, zda se bude záměr posuzovat či ne“* (Bártová, 2008).

V tomto posudku obsaženy např.:

- dendrologický průzkum – vyhodnocení nutnosti kácení dřevin,

- Hluková studie – v hlukové studii se provádí hlukové zatížení území v okolí posuzované stavby a optimalizovaný návrh protihlukových opatření,
- Exhalační studie – v exhalační studii se stanovuje počet emisí a následně se odvozuje imisní příspěvek hlavních znečišťujících látek z dopravy na posuzovaných silniční úsecích do ovzduší,
- Projekt nakládání s odpady – řeší bezpečné nakládání s odpady vzniklých z výstavby,
- Biologický průzkum – se provádí s cílem zjistit, popsat a vyhodnotit výskyt rostlin a živočichů v území dotčeném realizací. Dále stanovuje opatření ke snížení negativních dopadů stavby,
- Migrační studie – prokazuje přítomnost aktivně migrujících živočichů a jejich případné migrační trasy,
- Studie vlivu na krajinný ráz – posouzení jako měrou se daný záměr bude dotýkat znaků a hodnot krajinného rázu. Zohledňuje kulturní a historické hodnoty území,
- Posouzení vlivu zimní údržby na recipienty – posouzení vlivu splachů chemického posypového materiálu na kvalitu a jakost povrchových vod recipientních vodotečí,
- Hydrogeologický průzkum – možné znečištění podzemních vod.

Proces EIA (vzhledem k dopravním stavbám) se dotýká zejména dálnic a obchvatů měst silnic I. tříd (záleží na zjišťovacím řízení).

3 BEZPEČNOST PROVOZU NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH

Na bezpečnost provozu na pozemních komunikací se musí nahlížet jako na otevřený systém, ve kterém dochází k interakcím mezi účastníky provozu na pozemních komunikacích (řidiči) jejich vozidly a také jejím bezprostředním okolím (dopravní infrastrukturou/ (CDV, 2012).

„Bezpečnost představuje jednu z vlastností systému, která je generována interakcí mezi jednotlivými komponenty systému v průběhu změny stavu tohoto systému v čase. Na dopravní nehody je možné nahlížet spíše jako na důsledek selhání celého systému než na selhání jednotlivého komponentu. Lidské selhání v nějaké podobě působí při vzniku téměř všech nehod" (CDV, 2012).

Tedy dopravní nehoda je ve většině případů způsobena lidským činitelem, ale faktor dopravní infrastruktury hraje také velmi důležitou roli. Faktorem dopravní infrastruktury je myšleno její celkový stav, tedy např. stav vozovky, přehlednost, dopravní značení anebo dostatečné rozhledy. *„Uspořádání silničního prostoru se podle zahraničních výzkumů spolupodílí na vzniku přibližně jedné třetiny dopravních nehod"* (CDV, 2012).

Pro již při návrhu nového prvku dopravní infrastruktury je uvažováno s tímto faktorem, aby celé okolí dopravního prostoru negenerovalo kritická místa nebo zbytečně vznikající kolizní body. Bezpečná dopravní infrastruktura by měla splňovat tyto následující prvky:

- **Funkčnost** – doprava je rozdělena na silniční síť tak, jak bylo plánováno. Využití pozemní komunikace odpovídá její funkci (viz rozdělení a komentář ke kategoriím pozemních komunikací v kap. 1.1).
- **Homogenita** – uspořádání pozemní komunikace zajišťuje pouze malé rozdíly v rychlostech vozidel.
- **Rozpoznatelnost** – dopravní situace jsou ve značné míře předvídatelné. Díky utváření pozemní komunikace je zřejmé, jaké chování je očekáváno od řidiče a jaké chování může být očekáváno od ostatních účastníků silničního provozu. (CDV, 2012).

Dalším prvkem bezpečné dopravní infrastruktury je její **konzistence**. *„Řidič očekává, že následující úsek pozemní komunikace bude mít shodné charakteristiky s předchozím úsekem. Případné změně by mělo předcházet dostatečné upozornění. Dopravní nehody se často stávají, pokud se očekávání řidiče neshodují se skutečným stavem"* (CDV, 2012).

Všechny prvky dopravní infrastruktury by měli tvořit ucelenou část v daném území, aby byly pro řidiče předvídatelné.

Pokud prvek dopravní infrastruktury nesplňuje tyto požadavky, je nutné se zabývat jeho návrhem na úpravu. Nejrizikovější prvky dopravní infrastruktury jsou křižovatky, protože zde dochází ke křížení dopravních proudu.

„Hlavním požadavkem na návrh křižovatky je zajištění bezpečného a efektivního pohybu všech účastníků provozu na pozemní komunikaci v oblasti křižovatky“ (ČSN 73 6102).

Nejdůležitější skutečnosti, které je nutné uvážit při návrhu křižovatky:

a) lidský činitel,

b) dopravní hlediska,

c) technická hlediska,

d) ekonomické faktory (ČSN 73 6102).

Tvar křižovatky se volí podle intenzity křižujících se dopravních proudů, kategorie křižujících se komunikací a umístění křižovatky v terénu (Česko, 1997). K inspekci dopravní infrastruktury slouží různé kontroly, audity nebo inspekce. Tyto režimy slouží k identifikaci rizikových míst. Dále je pak nutné se zabývat odstraněním nebo snížením rizika, na daných prvcích dopravní infrastruktury.

4 VÍCEKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ

„*Teorie a model vícekriteriální analýzy variant se zabývá problémy, jak vybrat jednu nebo více variant z množiny přípustných variant a doporučit je k realizaci*.“ (Šubrt, 2019). Komplexní metodou pro výběr optimální varianty při zahrnutí i jiných kritérií, než ekonomického, představuje aplikace vícekriteriálního rozhodování (multikriteriálního hodnocení). „*V modelech vícekriteriální analýzy (či hodnocení) variant je dána konečná (diskrétní) množina m variant, které jsou hodnoceny podle n kritérií. Cílem je najít variantu, která je podle všech kritérií celkově hodnocena co nejlépe, variantu kompromisní, případně seřadit varianty od nejlepší po nejhorší nebo vyloučit neefektivní varianty*. *Varianty jsou konkrétní rozhodovací možnosti, musí být pečlivě vybrány, aby byly dosažitelné, logické a aby byly vhodným řešením. Varianty jsou pak hodnoceny podle jednotlivých kritérií.“*

(Šubrt, 2019).

„Rozhodování zahrnuje kritéria a alternativy na výběr. Kritéria mají obvykle různou důležitost a alternativy se zase liší v naší preferenci podle každého kritéria“ (Saaty, 2004).

Postup rozhodování je následující:

1. Výběr vhodných hodnotících kritérií,
2. Stanovení vah kritérií
3. Výběr kompromisní varianty

Výběr vhodných hodnotících kritérií

Důležitým bodem objektivnosti výpočtu je vhodnost stanovených kritérií. *„Kritéria musí být nezávislá, měla by pokrývat všechna hlediska výběru a přitom jich nesmí být zbytečně velký počet, aby problém nebyl nepřehledný“* (Šubrt, 2019).

Stanovení vah Saatyho metodou

Postup užití Saatyho metody ke stanovení vah kritérií je následující:

a) Saatyho metoda je založena na srovnání párů kritérií k_i. K vyjádření preferencí každé dvojice kritérií Saaty doporučuje následující stupnici:

   1 – posuzovaná kritéria *a, b* jsou významem srovnatelná;

   3 – *a*-té kritérium je slabě významnější než *b*-té kritérium;

5 - *a*-té kritérium je dosti významnější než *b*-té kritérium;

7 - *a*-té kritérium je evidentně významnější než *b*-té kritérium;

9 - *a*-té kritérium je absolutně významnější než *b*-té kritérium.

b) Výsledky velikosti preferencí se zapisují do Saatyho matice $S = (S_{a,b})$

c) Prvky Saatyho matice $(S_{a,b}) \in \langle 9^{-1}; 9\rangle \wedge s_{a,b} \in Re^{+}$, kde Re^{+} znamená symbol pro množinu všech kladných reálných čísel a kritéria $a, b \in N^{*}$.

d) Saatyho matice S je čtvercová a reciproční, takže platí rovnice (1):

$$S_{a,b} = [S_{a,b}]^{-1} \tag{1}$$

Hodnotu váhy w_a *a*-tého kritéria lze vypočítat užitím vztahu (2)

$$w_a = \sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{a,b}} \; x \left[\sum_{a=1}^{n} \sqrt[k]{\prod_{b=1}^{n} S_{a,b}}\right] \wedge \sum_{a=1}^{n} w_a = 1 \;\wedge w_a \in (0;1) \tag{2}$$

v níž $s_{a,b}$ je prvek Saatyho matice S vyjadřující velikost preference *a*-tého kritéria vzhledem k *b*-tému kritériu a n představuje počet kritérií.

Saatyho bude mít matice tvar (3).

$$\mathrm{S} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1k} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nk} \end{pmatrix} \tag{3}$$

Následuje výpočet součinů $\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{a,b}}$ výrazu (2) pro každý řádek Saatyho matice. K výpočtu součinů byl pro zjednodušení užit logaritmus, načež byl získaný výsledek delogaritmován.

Výpočet součinu prvního řádku Saatyho matice:

$$\log\left\{\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{1,b}}\right\} = \\ = \frac{1}{n} \times \left(\log\{S_{1,1}\} + \log\{S_{1,2}\} + \log\{S_{1,3}\} + \log\{S_{1,4}\} + \log\{S_{1,5}\}\right) \tag{4}$$

(Převzato z Šubrt, 2019 a Saaty, 2004)

Pomocí Saatyho metody jsou určeny váhy kritérií. Jedná se o jednu vybranou metodu k určení vah kritérií. Existují i jiné metody k určení váhy jednotlivých kritérií, např. metoda pořadí nebo metoda Fullerova trojúhelníku. Určení váhy kritérií slouží k výpočtu nejvhodnější varianty.

Výběr kompromisní varianty

Po stanovení jednotlivých vah kritérií je nutné rozlišit, které maximalizační a minimalizační kritéria. Následuje uspořádaní do kriteriální matice Y. V matici sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám. Pokud se v matici vyskytují obě varianty kritérií (maximalizační a minimalizační) je nutné matici transformovat. Následně bylo vyjádřena ideální varianta a bazální (nejhorší) varianta. Poté jsou vypočteny prvků s využitím bazální a ideální varianty. Na závěr na základě znalosti vah jednotlivých kritérií a prvků matice se vypočte hodnota váženého součtu jednotlivých variant. (Šubrt. 2019).

DÍLČÍ ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část obsahuje literární rešerši z problematiky celkového popisu důležitosti dopravní infrastrukturu pro rozvoj společnosti, její výhody a nevýhody, ale je kladen důraz i na její bezpečnost zejména v oblasti dopravních křižovatek.

Dále byly vymezeny zákonné pojmy v oblasti pozemních komunikací a statisticky byl vyjádřená jednotlivý počet kategorií pozemních komunikací a způsob jejich financování a vlastnictví. Úroveň hustoty dopravní infrastruktury byla srovnána v celoevropské úrovni. Byly představeny některé nejnovější prvky v oblasti návrhu dopravní infrastruktury.

Pozornost byla věnována rozdělení a typu dopravcích křižovatek zejména pak byla rozebrána problematika okružních křižovatek.

Byl rozebrán kontext procesu povolování dopravních staveb i s ohledem na ochranu životního prostředí a jeho celková časová náročnost.

Jako další teoretické hledisko bylo reflektován návrh pozemních komunikací o ohledem na bezpečnost celého dopravního systému.

V teoretické části bylo čerpáno z právních předpisů v oblasti dopravy a aktuálních zdrojů jak literárních, tak dále například z ročenky Ministerstva dopravy nebo ze závěrů Nejvyššího kontrolního úřadu. Literatura v daných oblastech zájmu je poměrně rozsáhlá, protože téma je aktuální, a nadále aktuální zůstane.

Hlavní teoretická východiska byla stanovena s ohledem na nutnost rozvoje bezpečné dopravní infrastruktury.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA LOKALITY

Křižovatka silnic I/49 a II/491 u obce Lípa leží v km 18,500 provozního staničení silnice I/49. Komunikace I/49 je klíčovou dopravní osou Zlínského kraje, která vychází ze silnice I/55 a dálnice D55 u města Otrokovice a pokračuje přes centrum Zlína a Vizovice k Valašské Polance. Poté formou peáže (souběhu) pokračuje po silnici I/57 k Horní Lidči, odkud je vedena opět jako silnice I/49 na hraniční přechod Střelná/Strelenka. Na území Slovenské republiky je silnice též označena jako I/49 a pokračuje do Púchova, kde se napojuje na slovenskou dálnice D1 Bratislava-Žilina-Košice.

Obrázek 8 Průběh silnice I/49 (zdroj mapy.cz)

V blízkém okolí křižovatky se nachází kontejnerový terminál, sklady, logistické firmy např. Lesko-velkoobchod nápojů a služeb. Tyto zmíněné podnikatelské aktivity (napojení na větev II/491) rovněž generují značnou zdrojovou i cílovou dopravu včetně kamionové.

5.1 Dopravní křižovatka silnic I/49 a II/491

Tato křižovatka již v současné době převádí významné dopravní zátěže na příjezdu do Zlína od východu. Křižovatka je neřízená a z hlediska stavebně-technického uspořádaní se jedná o průsečnou křižovatku. Pojem neřízená znamená, že přednost není upravena světelným signalizačním zařízením (semafor), ale přednost je upravena pouze svislým dopravním

značením. Křižovatka je nachází v extravilánu, tedy nejvyšší povolená rychlost 90 km/h. Pojem průsečná znamená, že hlavní komunikaci křižuji další komunikace tzv. větvě.

Křižující, resp. ústící komunikace je v našem případě silnice II/491 směr Slušovice, Štípa a Fryšták. Tento úsek (směr Slušovice) je nadstandardně řešen jako dělený a následně nedělený čtyřpruh, který je kapacitně předimenzovaný z důvodu jeho zajímavé historie. Tento úsek souvisí s někdejším rozmachem JZD Slušovice v 80. letech („Čubova dálnice nebo dálnice do kravína“). Jako čtyřpruh ústí i do křižovatky s I/49 i proto je křižovatka plošně velmi rozsáhlá.

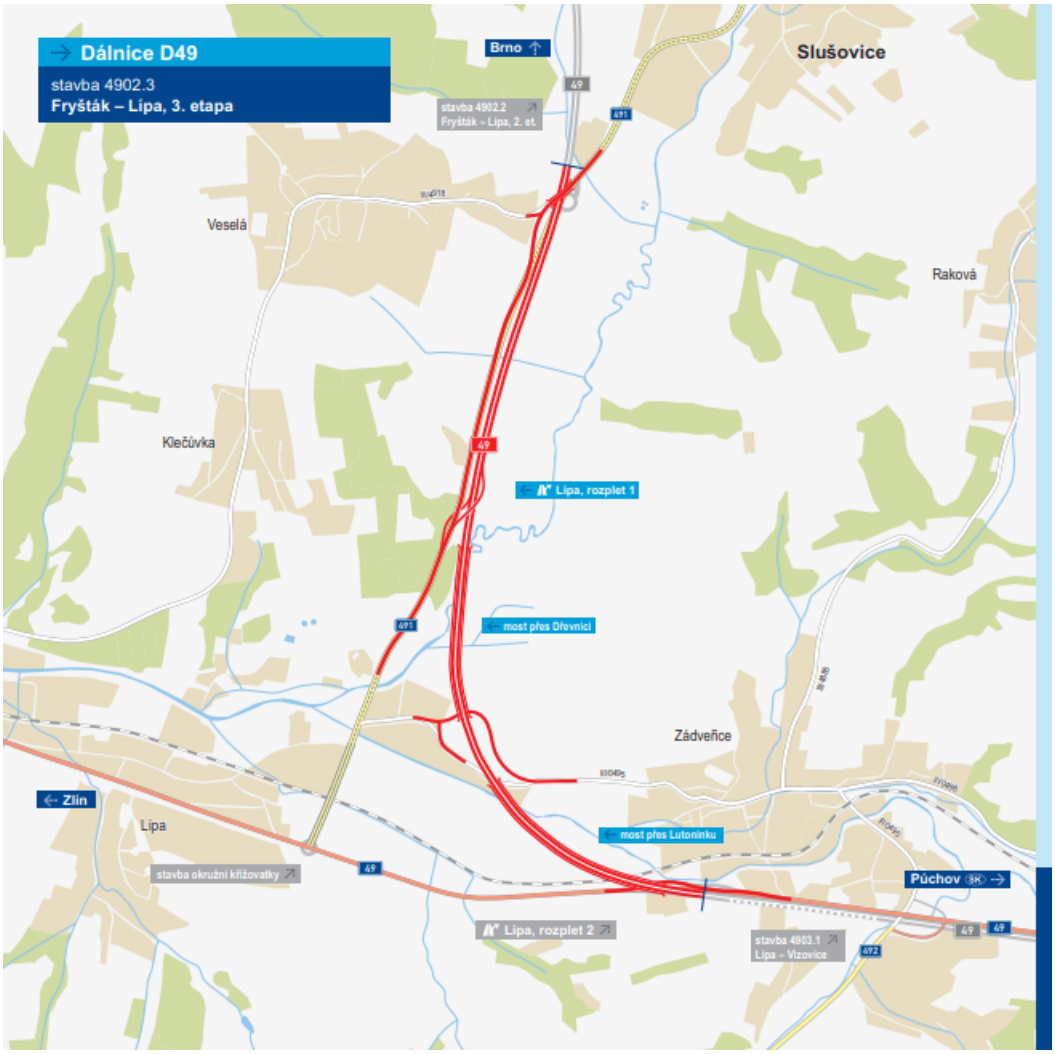
Obrázek 9 Letecký pohled na křižovatku (zdroj Mapy.cz)

Čtvrtou větví křižovatky (naproti větvě II/491 směr Slušovice) je zdánlivě nevýznamná místní komunikace do osady Lipské Paseky a okolních samot.

5.2 Vliv přivedení dopravních intenzit z nové budované navazující části dálnice D49

Je nutné zmínit i budoucí vývoj komunikační sítě v řešením území. Ten je pro tuto křižovatku zásadní, protože v dohledné době dojde ke přivedení dopravních intenzit z dalšího úseku dálnice D49. Dálnice má být v blízké budoucnosti do tohoto prostoru

přivedena a lze očekávat zásadní koncepční změny. Dálnice má být připojena, resp. dočasně ukončena zaústěním do stávající silnice II/491 pomocí okružní křižovatky u nedaleké obce Veselá a dopravní proud má být veden po II/491 směrem ke této řešené křižovatce.



Obrázek 10 Vliv přivedení dálnice D49 (zdroj ŘSD)

Proto tedy po dokončení daného úseku dálnice D49 a jeho uvedení do provozu zásadně vzroste významnost dané křižovatky. Křižovatka již nebude generovat jen dopravu z části Zlínského kraje, ale dá se říct, že křižovatka bude přenášet dopravu z celé republiky.

5.3 Vymezení kontextu řízení rizik

Dopravní křižovatka, jako každá stavba dopravní infrastruktury, bude analyzována a hodnocena zejména s ohledem na bezpečnostní rizika, které mohou způsobit ohrožení zdraví účastníků silničního provozu a dále bude analyzována a hodnocena s ohledem na plynulost silničního provozu. Hranice procesu jsou stanoveny na dopravní prostor křížení silnic I/49 a II/491.

6 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU KŘIŽOVATKY

Analýza stávajícího stavu křižovatky zahrnuje odhalení (identifikaci) rizikových faktorů křižovatky a analýzu počtu dopravních nehod s oceněním ve celospolečenských ztrátách. V dalším následném kroku budou identifikované rizika analyzovány z důvodu jejich kvantifikace.

6.1 Identifikace rizikových faktorů křižovatky

K identifikaci rizik byla použita bezpečnostní inspekce, která byla na danou křižovatku vypracována v červnu 2019. Bezpečnostní inspekce má prvky bezpečnostního auditu a byla zpracována majetkovým správcem komunikace (ŘSD ČR), V této bezpečnostní inspekci jsou identifikovány jednotlivé rizikové faktory, ty jsou rozděleny na dvě skupiny dle hlediska, které je vyvolává. Jedná se o hledisko dispozičního řešení a hledisko dopravního značení. Dále v rámci identifikace rizik byla zpracována analýza nehodovosti na dané křižovatce.

Vymezení jednotlivých bezpečnostních rizik dle skupin (každé riziko je zobrazeno pomocí obrázku, který zachycuje jeho skutečný stav, některé rizika jsou zobrazeny formou dvou obrázků /vpravo a vlevo/ pod jedním číselným označením, z důvodu jasného pochopení a přiřazení jednoho rizika k jednomu dvojobrázku):

a. Bezpečnostní rizika dispozičního řešení

1) Rozsáhlé neusměrněné plochy, nejasná hranice křižovatky

Celý dopravní prostor křižovatky je velmi velkoryse řešený a křižovatka je fyzicky neusměrněná. *„Rozsáhlé zpevněné plochy navozují pocit iluzorní bezpečnosti a dávají prostor k chaotickým (někdy i nedovoleným) křižovatkovým pohybům“* (Bezpečnostní inspekce, 2019). Důsledek prostorového komfortu a přímé vedení hlavní trasy motivuje k rychlé jízdě (střetové rychlosti jsou poměrně vysoké). *„Šířka zpevnění komunikace v oblasti řadících pruhů včetně zpevněných krajnic činí 18 metrů. Vyústění vedlejší pozemní komunikace II/491 je čtyřpruhové (jedná se o bývalou tzv. Čubovu dálnici do JZD Slušovice), což spolu s faktem fyzického neusměrnění řadicího pruhu pro pravé odbočení z I/49 od Vizovic na II/491 směr Slušovice a připojovacího pruhu od Slušovic směr Zlín generuje velké triangly, ohraničené vodorovným dopravním značením tzv. dopravním stínem. Toto řešení nevylučuje průjezd řadícím pruhem přímo a riziko kolize s vozidlem před hranicí vedlejší komunikace“* (Bezpečnostní inspekce, 2019).

Obrázek 11 Rozsáhlé neusměrněné plochy (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019/ u obrázku vlevo/ zpracování vlastní)

„Z pohledu řidiče na vedlejší pozemní komunikaci (II/491) od Slušovic pak chybějící fyzické ostrůvky vyvolávají zmatky při odhadu reálné hranice křižovatky, tím spíše že chybí příčná čára souvislá (vodorovná dopravní značka s ozn. V 5 – čára vyznačující hranici křižovatky). Řidiči od II/491 proto často zaujímají nevhodné postavení při dávání přednosti v jízdě. Buď stojí od faktické hranice příliš daleko, což neúměrně prodlužuje pobyt v kolizním prostoru a zvyšuje pravděpodobnost nehody, nebo naopak příliš blízko, což vyvolává konflikty s vozidly odbočující z I/49 vlevo (od Zlína) do Slušovic“ (Bezpečnostní inspekce, 2019).

Obrázek 12 Velké triangly (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

Řidiči, které neznají území křižovatky se v jejím uspořádání neorientují (neví, kde mají zastavit, při dávání přednosti). Zřejmé z obrázku 13 (vpravo i vlevo).

Obrázek 13 Nejasná hranice křižovatky (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

2) Nereflektovaná poptávka po levém odbočení z I/49 ve směru od Vizovic

Uspořádání dopravního prostoru křižovatky umožnuje legálně odbočit z I/49 na Lipské Paseky, bohužel při dávaní přednosti vozidlo tzv. nevyklízí průběžný prostor silnice I/49. Dochází ke zpomalování přímého směru, kdy odbočující vozidlo brání pokračování vozidel v přímém směru.

Obrázek 14 Absence levého odbočovacího pruhu (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

„Křižovatka ve směru jízdy od Vizovic neumožňuje legální levé odbočení z I/49 na zdánlivě nevýznamnou místní komunikaci směr Lipské Paseky. Plocha, kde by jinak byl vyznačen řadicí pruh pro levé odbočení, je vyplněna dopravním stínem. Po tomto odbočovacím manévru je ovšem ze strany řidičů zjevná poptávka a řidiči odbočují

nelegálně tak, že vyznačený dopravní stín užijí coby improvizovaný pruh, resp. prostor pro levé odbočení" (Bezpečnostní inspekce, 2019).

Obrázek 15 Nelegální levý odbočovací manévr (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

Manévr levého odbočení je v tomto případě v pořádku, pokud neodbočuje vozidlo z místa dopravního stínu (ukázkový příklad na obrázku 15 vpravo i vlevo).

3) Riziko skrytí vozidel na I/49 vozidly odbočujícími vpravo směr Slušovice

„Ze silnice I/49 od Vizovic odbočuje do směru Slušovice velké množství rozměrných vozidel. Tato vozidla mohou řidiči stojícímu na hranici vedlejší komunikace skrýt vozidla jedoucí přímo v sousedním jízdním pruhu. Jde o typickou nehodovou situaci u křižovatek se souběžnými řadicími pruhy" (Bezpečnostní inspekce, 2019).

Obrázek 16 Skrytí vozidla (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

4) Dovolená rychlost přes křižovatku na hlavní komunikaci je příliš vysoká

„V současné době není průjezdová rychlost přes křižovatku na hlavní pozemní komunikaci jinak regulována, platí tedy obecná úprava pravidel silničního provozu na pozemních komunikacích, tj. nejvyšší dovolená rychlost činí 90 km/h. Pro křižovatku s těmito parametry (velká kolizní plocha, velké intenzity provozu, složité manévry, velké počty kolizních bodů) jde o rychlostní limit nastavený příliš vysoko, což zvyšuje pravděpodobnost kolize a závažnost následků“ (Bezpečnostní inspekce, 2019). Na křižovatkách s obdobnými parametry je obvykle ke snížení rizik nejvyšší dovolenou rychlost omezovat (protože křižovatka je potenciálním kolizním bodem). Nejčastěji užívanou hodnotou je nejvyšší dovolená rychlost 70 km/h (která je zavedena na celé řadě dalších podobných lokalit v ČR i v zahraničí).

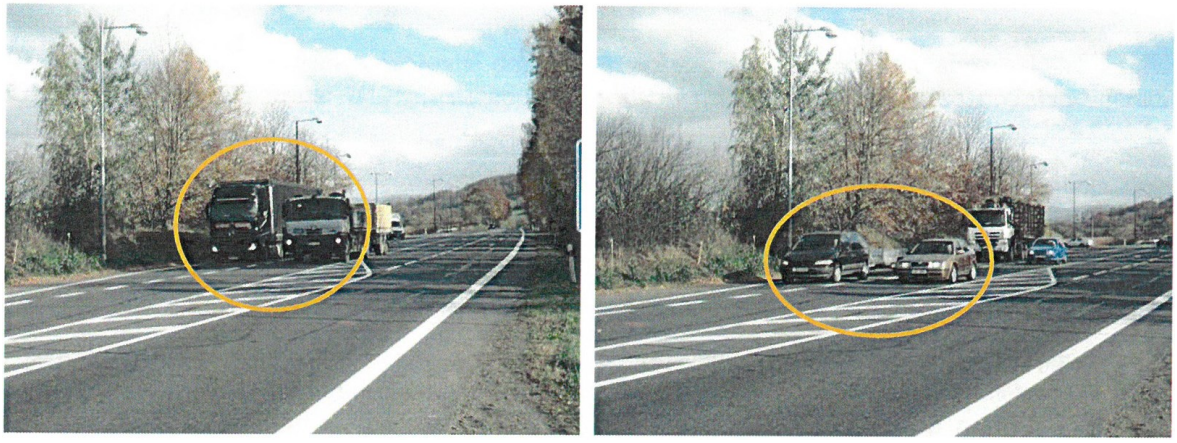
5) Vysoké intenzity provozu, dlouhé čekání při dávání přednosti v jízdě

Silnice I/49 je dne měření intenzity provozu nejvytíženější silnici I. třídy ve Zlínském kraji. *„Řada nebezpečí vyplývá i z vysokých intenzit provozu na křižovatce. Problémem je hlavně časté dlouhé čekání na vjezd na I/49 ze směru vedlejší komunikace II/491 od Slušovic (zejména pro provoz odbočující doleva směrem na Vizovice, který dává přednost oběma směrům na I/49 a navíc i protijedoucím vozidlům z místní komunikace od Lipských Pasek). Na silnici II/491 se běžně tvoří kolony, často i více než deseti vozidel, což znamená velké psychické vypětí řidičů a využívání krátkých mezer mezi vozidly na I/49 (riziko kolize následkem nepřesného odhadu)“* (Bezpečnostní inspekce, 2019). Zachycení vytváření kolon na obrázku 17 (vpravo i vlevo).

Obrázek 17 Dlouhé čekání na vjezd na I/49 (zdroj bezpečnostní inspekce. 2019)

6) Konflikty na konci připojovacího pruhu na I/49 ve směru na Zlín

„Intenzivní provoz na I/49 a vysoké rychlosti spolu s často malou vůlí řidičů na průběžném jízdním pruhu znesnadňují připojovací manévr řidičům přijíždějícím od silnice II/491 a mířícím směr Zlín. Vznikají zde časté konfliktní situace, končící i prudkým brzděním na konci připojovacího pruhu (který není vzhledem k rychlostem příliš dlouhý) či průjezdem okraje zpevnění (je to zjevné – okraje krajnice jsou rozbité, vzniká prohlubeň, což zvyšuje nebezpečí havárie vozidla, resp. vjetí do protisměru následkem příliš prudké odvratné reakce řidiče). V připojovacím pruhu též chybí předběžné šipky (VDZ s ozn. V 9c), které by zřetelně upozorňovaly řidiče na jeho ukončení a nutnost včas dát znamení o změně směru jízdy a zahájit připojovací manévr. Užití svislé dopravní značky s ozn. IP 18b „Snížení počtu jízdních pruhů“ není na připojovacím pruhu příliš obvyklé, byť není chybné“ (Bezpečnostní inspekce, 2019).



Obrázek 18 Konflikty na konci připojovacího pruhu (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

7) Špatný stav krajnic

„Nejen na konci připojovacího pruhu pro směr Slušovice-Zlín, jak bylo uvedeno v předchozím bodě, ale na celé řadě dalších míst křižovatky se setkáváme s problémem špatného stavu nezpevněných krajnic a drolících se okrajů zpevnění. Obzvláště markantní jsou tato poškození na zaobleních řadícího pruhu doprava směrem od Vizovic na Slušovice a začátku připojovacího pruhu směrem od Slušovic. Neuspokojivý stav krajnic lze konstatovat též v oblasti začátku řadícího pruhu pro pravé odbočení z I/49 od Vizovic směr Slušovice, i v úseku před ním (odnesený materiál, výškové rozdíly, prohlubně, drolící se okraj vozovky). Při odbočování evidentně běžně dochází k vjezdu některé nápravy na krajnici (hlavně u delších vozidel), což znamená její opotřebení

a neúdržba vznikajících závad pak zvyšuje nebezpečí nehody (v případě vjetí hrozí destabilizace a „rozhození" řízení)" (Bezpečnostní inspekce, 2019). Špatný stav krajnic spolusouvisí také s intenzitou dopravy.

Obrázek 19 Špatný stav krajnic (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

8) Závady u připojení hospodářského sjezdu na silnici I/49

Před začátkem řadícího pruhu pro pravé odbočení od Vizovic (z I/49 na II/491 směr Slušovice) se nachází připojení na pole (sjezd a nájezd). *„Povrch sjezdu a jeho připojení na silnici I/49 je celkově nevyhovující. Připojení a sjezd je částečně zpevněný (povrch je spíše blátivý než zpevněný, zpevněná krajnice je v těchto místě obnažena), navíc ve velkém sklonu. Připojení vozidla (vyjíždění) na silnici I/49 za těchto podmínek trvá dlouho (vyšší riziko kolize s rychle jedoucím vozidlem od Vizovic), což je zřejmé i z prohlubní vzniklých následkem prokluzování kol. Z mokrého počasí navíc lze očekávat znečištění vozovky silnice I/49"* (Bezpečnostní inspekce, 2019).

Obrázek 20 Sjezd na pole (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

9) Křížení turistické trasy se silnicí I/49

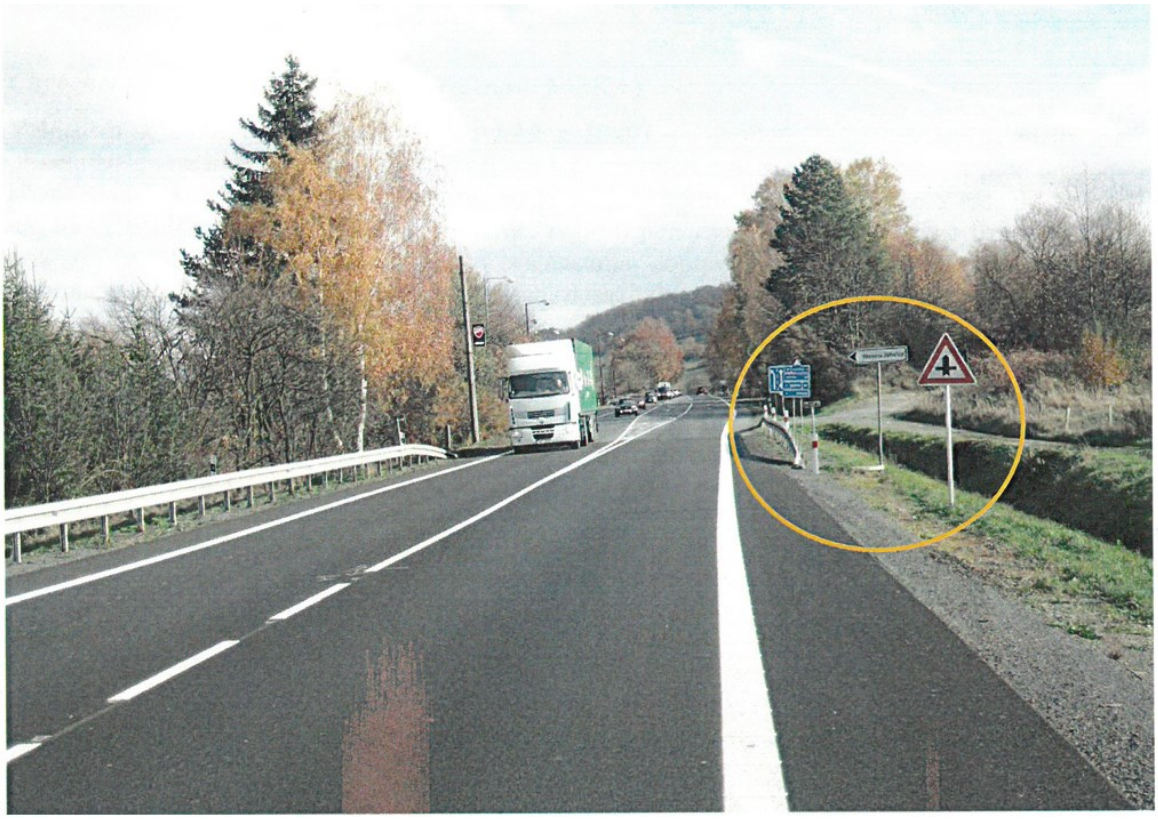
„Těsně před křižovatkou (na straně bližší k obci Lípa) vozovku silnice I/49 křižuje zelená turistická trasa, která na opačné straně pokračuje po účelové komunikaci směr na Lipské Paseky“ (Bezpečnostní inspekce, 2019). Lze tady předpokládat přecházení chodců nebo i cyklistů, které je dosti nebezpečné z důvodu šíře, intenzity provozu a vysoké jízdní rychlosti na silnici I/49.

Obrázek 21 vyústění turistické trasy na I/49 (zdroj bezpečnostní inspekce,2019)

b. Bezpečnostní rizika dopravního značení

1) Nepříliš vhodná konfigurace dopravních značek před křižovatkou od obce Lípa

„Rozmístění svislých dopravních značek před křižovatkou na silnici I/49 ve směru jízdy Lípa-Slušovice není optimální. Dopravní značka s ozn. č. P 1 „Křižovatka s vedlejší pozemní komunikací“ je umístěna dosti blízko křižovatky, resp. sled informací na této větvi je celkově nadměrný, řidič nemusí stihnout všechny informace zpracovat. Dopravní značky s ozn. č. IS 3 „Směrové tabule s cílem“ a dopravní značka s ozn. č. IP 19 „Řadící pruhy“ se navíc opticky částečně překrývají“ (Bezpečnostní inspekce, 2019). Nepozornost z důvodu velkého počtu dopravních značek může vést k nepředpokládaným manévrům, zejména u řidičů neznalých území. Na obrázku 22 je patrné, že dopravní značení se v uvedeném místě nevhodně překrývají.



Obrázek 22 Nevhodné rozmístění dopravních značek (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

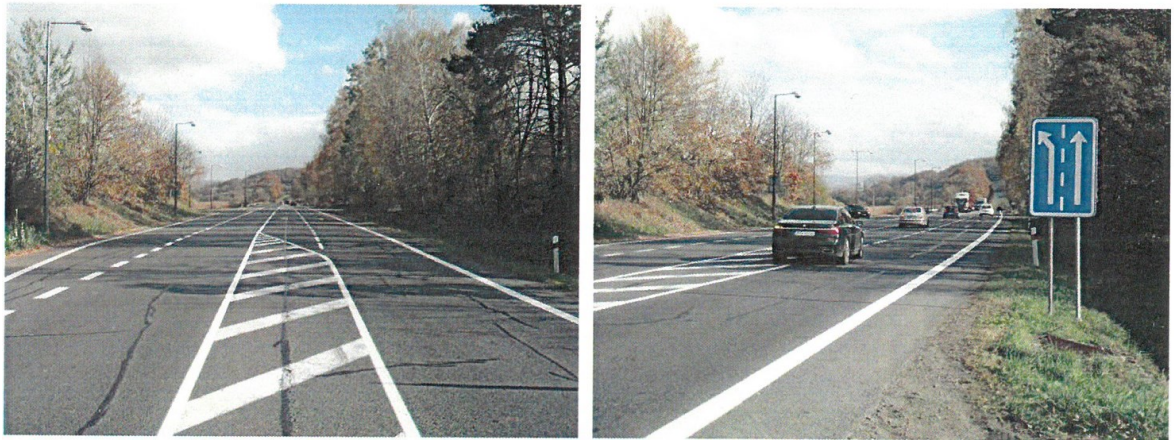
2) Chybějící návěsti před křižovatkou

„Vzhledem k tomu, že křižovatka silnic I/49 a II/491 je dopravně významná, zasloužila by si přinejmenším na I/49 dřívější upozornění formou dopravních značek s ozn. č. IS 9a „Návěst před úrovňovou křižovatkou“, které dnes chybějí. Návěsti by jednak zkvalitnily orientaci řidiče a jednak zvyšovaly povědomí o blížící se křižovatce jako takové (zvýšení pozornosti, volba přiměřené jízdní rychlosti). V současnosti v orientačním dopravním systému značení rovněž chybí jakákoliv informace o významnějších regionálních cílech, dosažených po II/491 (stávající směrníky nabízejí jen cíle k nejbližším obcím)“ (Bezpečnostní inspekce, 2019). Na obrázku 23 je příklad z dobré praxe, kdy je tato zmíněná návěst před významnou křižovatkou umístěna, informace řidiči je jasná a přehledná.

Obrázek 23 příklad vhodného umístění návěsti (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

3) Příliš strmý náběh dopravního stínu před řadícím pruhem Zlín-Slušovice

Řadící pruh pro levé odbočení z I/49 směrem na II/491 (Slušovice) je uveden dopravním stínem s dosti strmým náběhem, což vede k jeho běžnému přejíždění.



Obrázek 24 strmý náběh dopravního stínu (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019)

Na základě bezpečnostní inspekce bylo identifikováno 9 rizik, které vyplývají z dispozičního řešení křižovatky a dále 3 rizika, které vznikají vlivem dopravního značení. Celkem tedy bylo identifikováno 12 rizik na vybrané dopravní křižovatce. Shrnutí všech identifikovaných rizik je shrnuto v tabulce 3.

Tabulka 3 Shrnutí rizik (zpracování vlastní)

RIZIKO
a. Bezpečnostní rizika dispozičního řešení
1) Rozsáhlé neusměrněné plochy, nejasná hranice křižovatky
2) Nereflektovaná poptávka po levém odbočení z I/49 ve směru od Vizovic
3) Riziko skrytí vozidel na I/49 vozidly odbočujícími vpravo směr Slušovice
4) Dovolená rychlost přes křižovatku na hlavní komunikaci je příliš vysoká
5) Vysoké intenzity provozu, dlouhé čekání při dávání přednosti v jízdě
6) Konflikty na konci připojovacího pruhu na I/49 ve směru na Zlín
7) Špatný stav krajnic
8) Závady u připojení hospodářského sjezdu na silnici I/49
9) Křížení turistické trasy se silnicí I/49
b. Bezpečnostní rizika dopravního značení
10) Nepříliš vhodná konfigurace dopravních značek před křižovatkou od obce Lípa
11) Chybějící návěsti před křižovatkou
12) Příliš strmý náběh dopravního stínu před řadícím pruhem Zlín-Slušovice

6.2 Analýza dopravní nehodovosti

Pro analýzu dopravní nehodovosti bylo zvoleno období 10 let tedy od roku 2013 do roku 2023. Za zmiňované analytické období bylo na předmětné křižovatce registrováno 24 dopravních nehod. Osm příčin dopravních nehod bylo způsobených „při odbočování vlevo“, osm příčin dopravních nehod bylo způsobeno „proti příkazu dopravní značky DEJ PŘEDNOST“, že se „řidič plně nevěnoval řízení vozidla“ bylo důsledkem tři dopravních nehod, také tři dopravní nehody byly „nezaviněné řidičem“ a po jedné dopravní nehodě byly důsledkem „nepřizpůsobení rychlosti vlastnostem vozidla a nákladů“ a „nepřizpůsobení rychlosti a stavu vozovky (náledí, výtluky, bláto, mokrý povrch)“. Všechny dopravní nehody za zvolený časový úsek jsou popsané v tabulce 4.

Tabulka 4 Shrnutí dopravních nehod (zdroj nehody.cdv.cz)

Datum a čas	Druh nehody	Příčina nehody	U	TZ	LZ
30.11.2013 (sobota), 19:26	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Při odbočování vlevo	0	0	1
11.06.2014 (středa), 15:30	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Při odbočování vlevo	0	0	2
18.06.2014 (středa), 17:25	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Při odbočování vlevo	0	0	0
01.07.2015 (středa), 17:25	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Při odbočování vlevo	0	1	4
10.06.2016 (pátek), 14:35	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Při odbočování vlevo	0	0	1
19.08.2016 (pátek), 10:26	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Při odbočování vlevo	0	0	2
13.01.2017 (pátek), 17:27	Srážka s lesní zvěří	Nezaviněná řidičem	0	0	0
08.03.2017 (středa), 11:35	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Proti příkazu DZ: „DEJ PŘEDNOST“	0	1	1
07.11.2017 (úterý), 19:45	Srážka s lesní zvěří	Nezaviněná řidičem	0	0	0
18.07.2018 (středa)	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Proti příkazu DZ: „DEJ PŘEDNOST“	0	0	2
21.12.2018 (pátek), 13:30	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Proti příkazu DZ: „DEJ PŘEDNOST“	0	0	1
02.07.2019 (úterý), 17:10	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Proti příkazu DZ: „DEJ PŘEDNOST“	0	0	0
04.07.2019 (čtvrtek), 21:08	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Při odbočování vlevo	0	3	3
04.11.2019 (pondělí),07:00	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	0	0	0
03.01.2020 (pátek), 14:25	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Proti příkazu DZ: „DEJ PŘEDNOST“	0	0	1
12.03.2021 (pátek), 16:30	Srážka s pevnou překážkou	Nepřizpůsobení rychlosti vlast. vozidla a nákladu	0	0	0
03.04.2021 (sobota), 11:55	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Proti příkazu DZ: „DEJ PŘEDNOST“	0	0	1
24.01.2022 (pondělí),18:35	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	0	0	2
06.03.2022 (neděle), 19:33	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Při odbočování vlevo	0	0	2
25.04.2022 (pondělí),16:30	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Proti příkazu DZ: „DEJ PŘEDNOST“	0	0	2
19.06.2022 (neděle), 12:05	Srážka s lesní zvěří	Nezaviněná řidičem	0	0	0
18.02.2023 (sobota), 22:22	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Proti příkazu DZ: „DEJ PŘEDNOST“	0	0	0
28.03.2023 (úterý), 08:00	Srážka s pevnou překážkou	Nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky	0	0	0
04.06.2023 (neděle), 19:56	Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	Řidic se plně nevěnoval řízení vozidla	0	0	2

Tabulka 5 Shrnutí dopravních nehod (zdroj nehody.cdv.cz, zpracování vlastní)

Typ příčiny dopravní nehody	**Počet DN**	**Těžké zranění**	**Lehké zranění**
Při odbočování vlevo	8	4	16
Proti příkazu DZ „DEJ PŘEDNOST“	8	1	8
Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	3	0	4
Nezaviněná řidičem	3	0	0
Nepřizpůsobení rychlosti vlastnostem vozidla a nákladu	1	0	0
Nepřizpůsobení rychlosti a stavu vozovky (náledí, …)	1	0	0

Lehké zranění bylo způsobeno celkem 28x. K těžkému zranění došlo celkem 5x. K usmrcení nedošlo. V tabulce 6 je zobrazeno jaký typ příčiny dopravní nehody mělo za následek počet těžkých a lehkých zranění. Typ příčiny nehody „nezaviněná řidičem“ je způsobeno srážkou se zvěří. Lze říci, že stav dopravního prostoru má za následek počet dopravních nehod s příčinou:

- Při odbočování vlevo“,
- Proti příkazu dopravní značky „DEJ PŘEDNOST“
- Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla (z důvodu absence zpomalovacích prvků, když u takto velkoryse řešeních křižovatek pozornost řidiče značně klesá).

Celkem se tedy jedná o 19 dopravních nehod způsobených stavem křižovatky.

Vzhledem k počtu dopravních nehod na vybrané křižovatce, ke zraněním a škodám, kterým došlo na vybraném úseku dopravní infrastruktury lze považovat lokalitu za nehodovou a křižovatku je potřeba upravit, aby byla bezpečnější. Dále vzhledem k téměř jistému předpokladu přivedení dalších dopravních intenzit z pokračujícího úseku budované dálnice D49 bude v nadcházejících letech i vyčerpána její kapacita.

Počet rizik, které generuje daný dopravní prostor je celkem 12, což je poměrně hodně, když vezmeme v potaz, že se jedná o klasickou průsečnou křižovatku, kde se v zásadě

nevyskytuje žádný výjimečný prvek. Stavebně technický stav křižovatky také není úplně dobrý a celkový počet dopravních nehod je vysoký.

6.3 Hodnocení rizik pomocí matice rizik

Pro hodnocení rizik byla použita standartní matice rizika, vyskytující se v mnohé odborné literatuře na toto téma např. (Yoe, 2019), která uvažuje s pravděpodobností výskytu a mírou dopadu. Pravděpodobnost je odhadnuta na základě analýzy nehodovosti, tedy dle typu dopravních nehod stanovuje, které riziko tuto dopravní nehodu vyvolalo. Míra dopadu je stanovena dle závažností jednotlivých rizik na bezpečnost a plynulost silničního provozu.

Tabulka 6 Matice rizika (zpracování vlastní)

Klasifikace			**Pravděpodobnost**				
			Zanedbatelné	Malé	Střední	Vysoké	Velmi vysoké
			1	2	3	4	5
Dopad	Neakceptovatelné	5	5	10	15	20	25
	Významné	4	4	8	12	16	15
	Střední	3	3	6	9	12	15
	Malé	2	2	4	6	8	10
	Žádné	1	1	2	3	4	5

Hodnocením rizik chceme stanovit nejvýznamnější bezpečností rizika, které v následném postupu budeme ošetřovat.

Tabulka 7 Hodnocení rizik (zpracování vlastní)

Riziko	**Pravděpod.**	**Dopad**	**Výsledné hodnocení**
1) Rozsáhlé neusměrněné plochy…	4	4	16
2) Nereflektovaná poptávka po levém odbočení…	5	3	15
3) Riziko skrytí vozidel…	1	2	2
4) Dovolená rychlost je příliš vysoká	4	4	16
5) Vysoké intenzity provozu...	3	3	9
6) Konflikty na konci připojovacího pruhu	2	1	2
7) Špatný stav krajnic	1	1	1
8) Závady u hospodářského sjezdu	1	1	1
9) Křížení turistické trasy se silnicí	1	2	2
10) Nepříliš vhodná konfigurace DZ	1	1	1
11) Chybějící návěsti	1	1	1
12) Příliš strmý náběh dopravního stínu	1	1	1

Jelikož v daném období nebyla na dané křižovatce dopravní nehoda s následkem smrti nebylo žádné riziko hodnoceno s mírou dopadu 5. Rizika, které byly příčinou dopravní nehody s těžkým zraněním byly ohodnoceny mírou dopadu 4. Lehké zranění byly ohodnoceny s dopadem 3. Míra dopadu 2-1 byly ohodnoceny rizika, které neměli za následek žádnou dopravní nehodu.

U nejčastějšího typu dopravní nehody (střed vozidla odbočujícího vlevo z I/49 na místní komunikaci Lipské Paseky) byla ohodnocena pravděpodobností 5. Další nejvíce zastoupena příčina dopravní nehody (proti příkazu dopravní značky DEJ PŘEDNOST) byly ohodnoceny pravděpodobností 4. Celkově vysoké intenzity provozu byly hodnoceny 3. nevýznamná rizika, tedy ty, které neměly za následek žádnou dopravní nehody jsou ohodnoceny pravděpodobností v rozmezí 2-1.

Na základě hodnocení rizik pomocí sestavení matice rizika, jsme dospěli k třem kritickým rizikům (rozsáhlé neusměrněné plochy, nejasná hranice křižovatky; dovolená rychlost přes křižovatku na hlavní komunikaci je příliš vysoká a nereflektovaná poptávka po levém odbočení z I/49 ve směru od Vizovic), které je nutné dále ošetřit. Závažné riziko je spatřováno ve vysokých intenzitách provozu a dlouhého čekání při dávání přednosti v jízdě. Zbylá rizika jsou akceptovatelná.

7 OŠETŘENÍ RIZIK

Z tři úrovní (identifikace, analýza a hodnocení) posuzování rizik vzešly tři rizika, které jsou pro danou křižovatku kritické, jak z hlediska pravděpodobnosti, tak hlediska míry dopadu. Míra dopadu je v našem případě vyjádřena zraněním účastníků silničního provozu při dopravních nehodách a pravděpodobnost je míra jejich výskytu na dané dopravní křižovatce.

Pro shrnutí se jedná o tyto rizika:

A. rozsáhlé neusměrněné plochy, nejasná hranice křižovatky,

B. dovolená rychlost přes křižovatku na hlavní komunikaci je příliš vysoká,

C. nereflektovaná poptávka po levém odbočení z I/49 ve směru od Vizovic.

Základní metody ošetření rizik jsou retence (podstoupení) rizika, transfer (přenesení) rizika, diverzifikace rizika, vyhnutí se riziku a redukce (snížení) rizika.

V našem případě, kdy posuzujeme stávající stavbu dopravní infrastruktury a bezpečnost silničního provozu jako takovou, nelze uplatnit metody retence, transferu, diverzifikace rizik. Rizika, která generuje výše popsaná dopravní křižovatka nelze adekvátně žádným způsobem podstoupit, přenést na jiný subjekt nebo rozdělit, tak že bychom aktivum v podobě zdraví účastníků silničního provozu těmto hrozbám nevystavili.

Zbývají tedy metody redukce nebo úplné vyhnutí se rizikům. Toho lze docílit jen úpravou křižovatky, a úpravy se dle časového hlediska dají rozdělit na dočasné a trvalé.

Návrhy opatření, které se týkají metody snížení rizik jsou:

1. Dočasná

    a. neřízená křižovatka pouze doplnění a obnova dopravního značení

2. Trvalá

    a. křižovatka řízena pomocí světelných signalizačních zařízení

Návrh opatření, které se týkají metody vyhnutí se rizikům je:

2. Trvalá

    b. přestavba na okružní křižovatku

Tabulka 8 Návrh opatření What – if (zpracování vlastní)

Příčina ve smyslu rizika	**Následek (typ DN)**	**Návrh opatření**	**Ekonomická ztráta**
C. nereflektovaná poptávka po levém odbočení z I/49 ve směru od Vizovic	Při odbočování vlevo	1. a. neřízená křižovatka pouze doplnění a obnova dopravního značení 2. b. přestavba na okružní křižovatku	4x TZ + 16x LZ = **30 540 000 Kč**
B. dovolená rychlost přes křižovatku na hlavní komunikaci je příliš vysoká	Proti příkazu DZ „DEJ PŘEDNOST“	2. a. křižovatka řízena pomocí světelných signalizačních zařízení 2. b. přestavba na okružní křižovatku	1x TZ + 8x LZ = **10 235 000 Kč**
A. rozsáhlé neusměrněné plochy, nejasná hranice křižovatky	Řidič se plní nevěnoval řízení vozidla	2. b. přestavba na okružní křižovatku	4x LZ = **2 600 000 Kč**

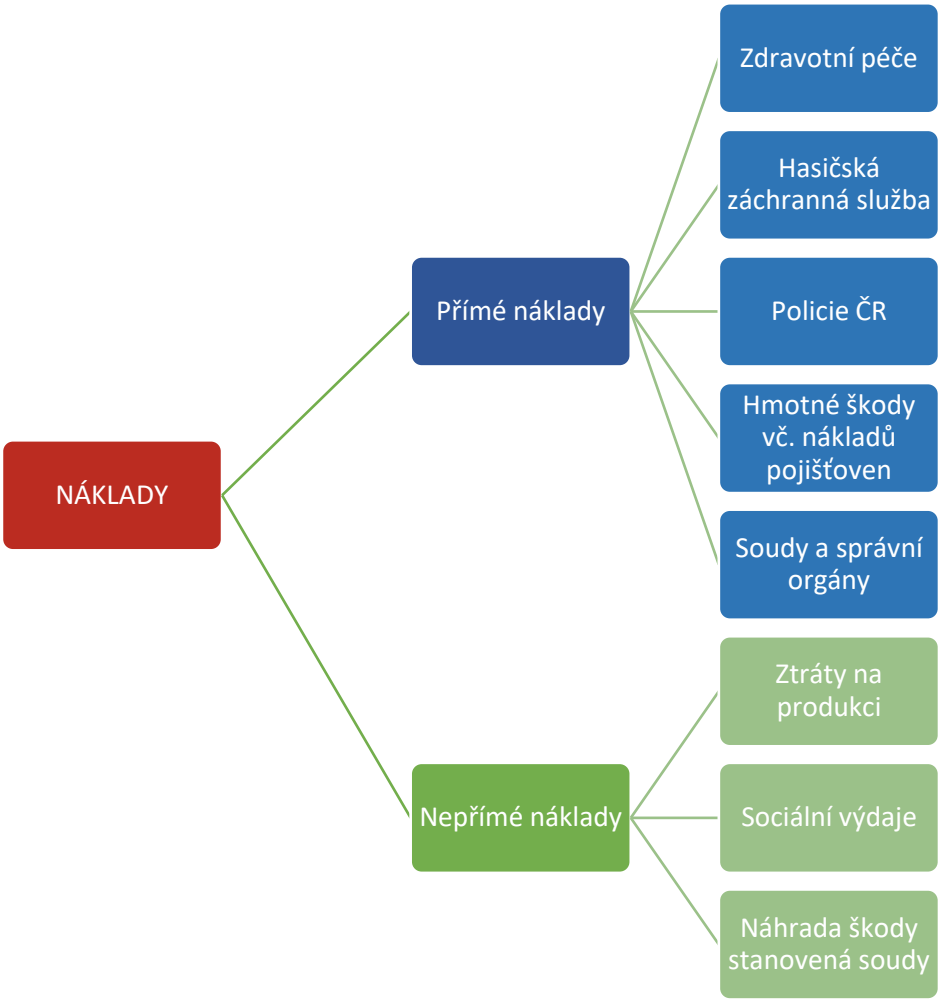
V tabulce 9 je zobrazeno jaká příčina (riziko) má za následek daný typ dopravní nehody. Tedy, že riziko nereflektované poptávka po levém odbočení z I/49 ve směru od Vizovice (absence odbočovacího pruhu) má za následek dopravní nehodu „při odbočování vlevo“. Z tabulky 6 je zřejmé, že takto bylo způsobeno 8 dopravní nehod s 4 těžkými zraněními a 16 lehkými zraněními. Návrh opatření na redukci rizika spočívá v doplnění stávajícího dopravního značení o levý odbočovací pruh ve směru od Vizovic na Lipské Paseky, toto řešení je ale pouze dočasné. Další opatření k úplnému vyhnutí se rizika je přestavba na okružní křižovatku. Dále můžeme dle typu (těžké a lehké) zranění vyčíslit i ekonomickou ztrátu. Centrum dopravního výzkumu ve své metodice k výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích stanovuje výší těchto zranění. Pro výpočet byla použita aktualizovaná poslední verze z roku 2017, ve které jsou uvedeny ztráty k roku 2015. Hodnoty jednotkových nákladů jsou zobrazeny v tabulce 10, kdy například usmrcená osoba je vyčíslena na 20 790 000 Kč, těžce zraněná osoba (TZ) na 5 035 000 Kč a lehce zraněná osoba (LZ) na 650 000 Kč. Dle této metodiky byla stanovena ekonomická ztráta z daného rizika. Z tabulky 9 je zřejmé, že absence levého odbočovacího pruhu ve směru od Vizovic při počtu 8 dopravních nehod s 4 těžce zraněnými a 16 lehce zraněnými za zkoumané období způsobila společnosti ekonomickou ztrátu něco přes 30 milionu Kč (nejsou reflektovány hmotné škody na movitém majetku).

Tabulka 9 Vývoj hodnoty jednotkových nákladů v tis. Kč (zdroj centrum dopravního výzkumu v.v.i.)

	2008	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
Usmrcená osoba	10 558	10 653	17 603	18 572	19 022	19 440	20 881	20 790
Těžce zraněná osoba	3 545	3 577	3842	4783	5 001	4868	5089	5035
Lehce zraněná osoba	398	402	651	508	433	433	429	650
Nehoda pouze s hmotnou škodou	108	109	258	226	227	267	262	345

V tabulce 10 je znázorněn vývoj hodnoty náklady dle typu zdravotních následků z dopravní nehodovosti. Lze pozorovat rostoucí trend nákladů z dopravní nehodovosti. Celkově od roku 2008 do 2015 dle nejnovějších dostupně dohledatelných dat z roku 2017 vzrostly náklady dvojnásobně u nehody s hmotnou škodou se jedná o trojnásobný přírůstek. Tyto náklady z dopravní nehodovosti tvoří tzv. negativní externality ze ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích. *„Doprava prostřednictvím dopravních nehod tak způsobuje značné negativní externality, které mají dopad jak na jednotlivce, tak na celou společnost, státní rozpočet a hospodářskou politiku státu. Vzniklé škody na zdraví, majetku, komunikaci mají velký finanční dopad na stát a mohou způsobovat tržní nerovnováhu“* (CDV, 2022).

V těchto celkových vyčíslených nákladech jsou např. zahrnuty náklady na příjezd IZS na místo dopravní nehody, následná zdravotní péče (přímé náklady) anebo z nepřímých nákladů se jedná o ztrátu produkce HDP zraněného účastníka dopravní nehody, kdy je po dobu úplného vyléčení v pracovní neschopnosti, a tudíž nepřináší žádný podíl na HDP. V obrázku jsou pro přehlednost zobrazeny jednotlivé přímé a nepřímé náklady, které vstupují do výpočtu těchto nákladů.



Obrázek 25 Struktura nákladů z dopravní nehodovosti (zdroj CDV, zpracování vlastní)

Vyčíslení jednotlivých nákladů z dopravní nehodovosti, bude použito v kap. 8.4., kde bude posuzována ekonomická efektivnost jednotlivých variant úpravy křižovatky.

8 ZHODNOCENÍ VARIANT ÚPRAVY

Možnosti (varianty) úpravy křižovatky jsou tři, kdy jedna varianta je pouze dočasná a dvě varianty jsou trvalé.

Návrhy úpravy křižovatky:

1. Dočasná

    a. neřízená křižovatka pouze doplnění a obnova dopravního značení

2. Trvalá

    a. křižovatka řízena pomocí světelných signalizačních zařízení

    b. přestavba na okružní křižovatku

Ad. 1.a. (neřízená křižovatka pouze doplnění a obnova dopravního značení):

V případě doplnění a obnovy dopravního značení by došlo ke zvýraznění stávajícího vodorovného dopravního značení, doplnění a odstranění svislého dopravního značení. Z důvodu rizika rozsáhlých neusměrněných ploch, nejasná hranice křižovatky je nasnadě doplnit do dopravních stínu prvky baliset (zelené sloupky z tvrdého plastu), které by jasně vymezily dopravní plochy. Z důvodu rizika nereflektované poptávky po levém odbočení z I/49 ve směru od Vizovic je vhodné doplnit vodorovné dopravní značení o levý odbočovací pruh na Lipské Paseky. Dále doplnit svislé dopravní značení o dopravní značku maximální dovolená rychlost 70 km/h v hlavním směru Vizovice – Zlín. Skrz riziko konflikty na konci připojovacího pruhu na I/49 ve směru na Zlín doplnit v připojovacím pruhu předběžné šipky (V9c), které by řidiče upozorňovaly na plynulé zařazení se do průběžného hlavního pruhu.

Obrázek 26 Příklad užití baliset (zdroj Observatoř bezpečnosti silničního provozu)

Sjednotit konfiguraci dopravního značení před křižovatkou ve směru na Vizovice. Umístit chybějící návěsti v hlavním směru a opravit příliš strmý náběh dopravního stínu před řadicím pruhem Zlín-Slušovice. Tedy tato varianta odstraní většinu rizik, které stávající stav křižovatky generuje, dále odstraní všechny nejvýznamnější rizika. Varianta 1.a. neodstraní rizika skrytí vozidel na I/49 vozidly odbočujícími vpravo směr Slušovice; vysoké intenzity provozu, dlouhé čekání při dávání přednosti v jízdě; špatný stav krajnic; závady u připojení hospodářského sjezdu na silnici I/49 a ani křížení turistické trasy se silnici I/49.

Vzhledem k typu dopravních nehod (celkem způsobených křižovatkou - 19) při aplikování této úpravy šlo počet výrazně snížit.

Výhody varianty 1.a.:

- krátký časový interval k provedení změn,
- úsporné řešení,
- nedojde k změně organizace dopravy,
- jednoduchý povolovací proces (stanovení místní úpravy)
- krátkodobé omezení dopravního provozu.

Nevýhody varianty 1.a.:

- neřeší riziko vysokých intenzit provozu a dlouhého čekání při dávaní přednosti v jízdě,
- dočasné řešení,
- hrozby typů dopravních nehod vznikajících na průsečných křižovatkách nebudou zcela odstraněny,
- nelze aplikovat při uvedení do provozu navazující části dálnice D49.

Ad. 2.a. (křižovatka řízena pomocí světelných signalizačních zařízení):

Další možnost úpravy křižovatky je, že se křižovatka stane tzv. řízenou, a to řízenou pomocí světelného signalizačního zařízení (instalace semaforů). Instalace SSZ musí předcházet správný návrh signálních plánů, popř. doplněné o dynamické řízení provozu. V modelu dynamického řízení provozu je účelné, kdy po sobě následuje několik stejných typů křižovatek (např. průjezd přes centrum Zlína od Malenovic po Příluky, zde je tento systém

použit a je účelný), jedná se o tzv. zelené vlny. V našem případě (ve směru do Zlína), kdy by se další světelně řízená křižovatka nacházela v centru obce Lípa ve vzdálenosti cca 1 km od naší uvažované a dále další světelně řízená křižovatka je v obci Želechovice nad Dřevnicí ve vzdálenosti cca 2,5 km od naší uvažované, není řešení úplně účelné z důvodu malého počtu takto řešených křižovatek tedy pouze dvou stávajících světelně řízených křižovatek. Navíc v opačném směru do Vizovic se nenachází žádná světelně řízená křižovatka. Světelně řízené křižovatky se doporučují v zastavěných územích obcí. Pokud se světelně řízené křižovatky umisťují mimo obec, je nutné na tento typ křižovatky řidiče upozornit dopravním značením. Pro řidiče musí být signál k zastavení (červená) očekávaný a viditelný, pokud by tomu tak nebylo, mohou vznikat kolizní situace, kdy řidič například reaguje pozdě a činí neočekávané dopravní manévry (prudce brzdí nebo zrychluje). Varianta světelně řízené křižovatky je vhodná i do lokalit, kde se stýká pěší nebo cyklistická doprava a semafory i jejich signální plány jsou zkoordinované s touto dopravou pěší nebo cyklistickou, tedy doplňují se i přechody pro chodce. V našem případě pěší nebo cyklistická intenzita dopravy takřka neexistuje, lze v malém měřítku uvažovat křížení turistické trasy (viz. riziko č. 9) ale pro vytvoření systému přechodu v obou směrem neefektivní k intenzitě dopravy na hlavní komunikaci.

Tato varianta by zahrnovala opět obnovu a instalaci nového svislého i vodorovného DZ. Vytvoření nových dopravních ostrůvků, hlavního na vedlejší komunikaci II/491 a vedlejších (vše směr od Slušovic). Pro viditelnost a orientaci řidiče v lokalitě instalace veřejného osvětlení, které by řidiče upozorňovalo na přítomnost světelně signalizačního zařízení.

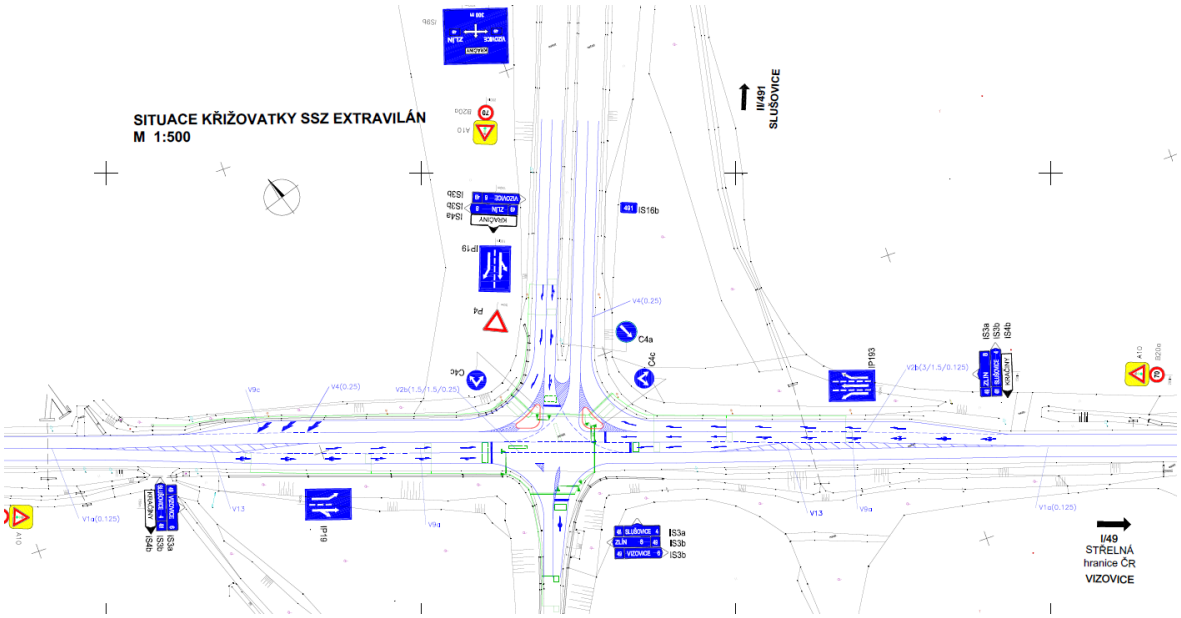
Výhody varianty 2.a.:

- kratší časový interval k provedení změn než u celé přestavby křižovatky,
- pohodlné odbočení do všech směrů,
- odstranění dopravních nehod vznikajících z důvodu nedodržení předepsané dovolené rychlosti,
- jednoduchý povolovací proces (stanovení místní úpravy),
- krátkodobé omezení dopravního provozu.

Nevýhody varianty 1.a.:

- neřeší riziko vysokých intenzit provozu,

- vznik nového rizika dopravní nehody z nedodržení předepsané vzdálenosti (brždění na červenou),
- dražší řešení než u varianty 1.a. (dopravní ostrůvky a veřejné osvětlení),
- nelze aplikovat při uvedení do provozu navazující části dálnice D49.



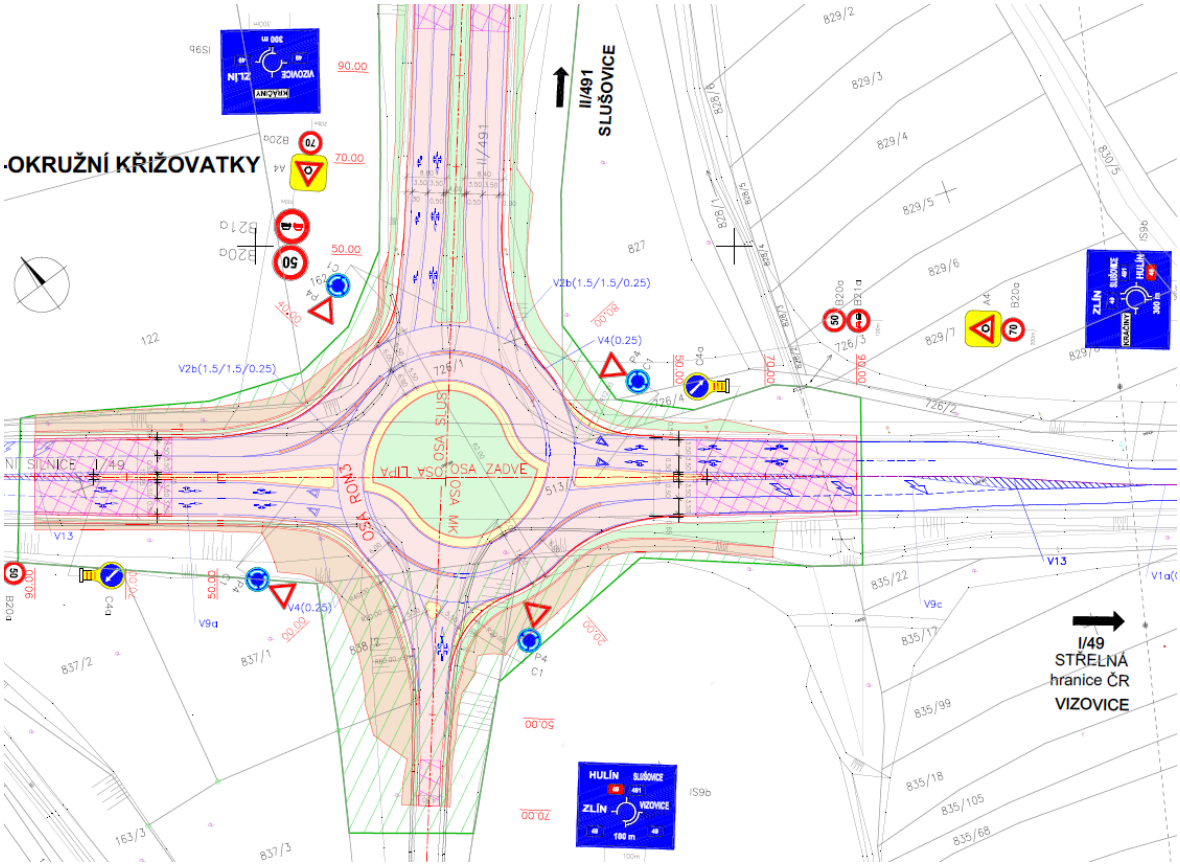
Obrázek 27 Možnost úpravy křižovatky (zdroj ŘSD)

Ad. 2.b. (přestavba na okružní křižovatku):

Poslední, trvalá varianta úpravy křižovatky, je přestavba celého dopravního prostoru na typ okružní křižovatky. Okružní křižovatky obecně jsou vhodným typem jak zklidnění intenzity dopravy, tak i zvýšení bezpečnosti provozu. Jejich geometrie logicky snižuje rychlost vozidel vjíždějících do křižovatkového prostoru a snižuje také počet kolizních bodů. Okružní dopravní křižovatka ale nevyřeší všechny dopravní problémy, tento typ křižovatky musí být pečlivě zvolen pro danou lokalitu s přihlédnutím k intenzitám dopravních proudů a celkovému řešení širšího území. Např. intenzity všech dopravních proudů by měly být vyrovnané, tedy intenzita provozu na vedlejších ramenech musí být obdobná nebo stejná jako na hlavním proudu. V případě, že by tomu tak nebylo, dochází k zhoršení plynulosti na hlavním proudu. V našem případě se z tohoto hlediska nejedná o ideální situaci, protože intenzity provozu z místní komunikace (Lipské Paseky) jsou malé a intenzity u II/491 (od Slušovic) také nejsou srovnatelné s provozem na I/49. Nutno ale uvažovat, výhledový

stav celé silniční sítě v tomto území, myšleno dovedení intenzit dopravy z uvažované dálnice D49, kdy se dopravní proudy takřka vyrovnají (I/49 versus sjezd/nájezd na D49).

Tato varianta zahrnuje kompletní přestavbu křižovatky, tedy odstranění stávajícího stavu, dílčí výkopy a podkladní vrstvy vozovky, výstavba dělících ostrůvků a hlavního prstence. Přestavba si vyžádá i nové svislé a vodorovné dopravní značení.



Obrázek 28 Přestavba na okružní křižovatku (zdroj ŘSD)

Výhody varianty 1.a.:

- plynulejší a bezpečnější provoz,
- odstranění rizika dopravních nehod s následkem těžkého zranění,
- lze aplikovat při uvedení do provozu navazující části dálnice D49,
- jasné vedení dopravních proudů.

Nevýhody varianty 1.a.:

- z hlediska finančních nákladů nejnáročnější,
- nejdelší omezení dopravního provozu.

V tabulce 11 souhrn rizik, které daná varianta snižuje nebo zcela odstraňuje.

Tabulka 10 Shrnutí variant z hlediska snížení a odstranění rizik (zpracování vlastní)

Riziko	Varianta 1.a.	Varianta 2.a	Varianta 2.b
1) Rozsáhlé neusměrněné plochy, nejasná hranice křižovatky	√	√	√
2) Nereflektovaná poptávka po levém odbočení z I/49 ve směru od Vizovic	√	√	√
3) Riziko skrytí vozidel na I/49 vozidly odbočujícími vpravo směr Slušovice	X	√	√
4) Dovolená rychlost přes křižovatku na hlavní komunikaci je příliš vysoká	√	√	√
5) Vysoké intenzity provozu, dlouhé čekání při dávání přednosti v jízdě	X	X	√
6) Konflikty na konci připojovacího pruhu na I/49 ve směru na Zlín	√	√	√
7) Špatný stav krajnic	X	X	√
8) Závady u připojení hospodářského sjezdu na silnici I/49	X	X	X
9) Křížení turistické trasy se silnicí I/49	X	X	X
10) Nepříliš vhodná konfigurace DZ před křižovatkou od obce Lípa	√	X	√
11) Chybějící návěsti před křižovatkou	√	X	√
12) Příliš strmý náběh dopravního stínu před řadícím pruhem Zlín-Slušovice	√	X	√

Rizika 8 a 9 nejsou odstraněny v žádné s navrhovaných variant, ale jejich výsledné hodnocení dle tabulky 5 je zanedbatelné. Nejdůležitější je ošetření kritických rizik (opět tabulka 5) a ty jsou ve všech navrhovaných variantách ošetřeny. Závažné riziko je ošetřeno pouze u varianty 2.b. přestavba na okružní křižovatku, pro shrnutí se jedná o vysoké intenzity provozu a dlouhého čekání při dávaní přednosti v jízdě.

9 VÝBĚR VHODNÉ VARIANTY PRO OŠETŘENÍ RIZIK

Pro výběr vhodné varianty bude použito vícekriteriální hodnocení a ekonomické srovnání opatření pro zvýšení bezpečnosti. Použitím dvou různých metod hodnocení bude dosazeno výběru vhodné varianty.

9.1 Pomocí vícekriteriálního rozhodování

Pro výběr optimální varianty byla použita metoda vícekriteriálního rozhodování. Cílem je zlepšení bezpečnosti a plynulosti na dané dopravní křižovatce. Tedy výběr vhodné varianty musí mít za následek v prvé řadě mitigaci (zmírnění) rizik spočívajících v ohrožení života a zdraví obyvatel (účastníků silničního provozu) na dané dopravní křižovatce, v druhé řadě bylo myšleno i na snížení rizik, které ohrožují plynulost dopravy na dané dopravní křižovatce.

Optimální varianta úpravy křižovatky musí zahrnovat prvky pro snížení počtu dopravních nehod a snížení vytváření dopravních kongescí na dané křižovatce.

Aplikací multikriteriálního hodnocení bude rozhodnuto o optimální úpravě křižovatky.

Postup výpočtu:

1. Výběr vhodných hodnotících kritérií,
2. Stanovení vah kritérií
3. Výběr kompromisní varianty (nejhodnější úpravy křižovatky) pomocí výpočtu multikriteriálního hodnocení.

Na základě formulace cílů byly stanoveny skupiny vlivů, které obecně dopravní infrastruktura jako taková vyvolává. Jedná se o vlivy na celospolečenské zájmy, vlivy na životní prostředí a na okolí stavby, další skupina vlivů se týká užitkem účastníků silničního provozu a neposlední řadě jsou reflektovány zájmy vlastníka pozemní komunikace, respektive jeho majetkového správce.

Skupiny vlivů:

A. Celospolečenské zájmy
B. Vliv na životní prostředí a okolí stavby
C. Užitek účastníků silničního provozu
D. Zájmy vlastníka pozemní komunikace

Kritéria dle skupin:

A. Celospolečenské zájmy

A.1 Bezpečnost silničního provozu

A.2 Plynulost silničního provozu

A.3 Vliv stavby na územní rozvoj

B. Vliv na životní prostředí a okolí stavby

B.1 Hluková zátěž území

B.2 Exhalace z provozu po pozemních komunikací

B.3 Zásah do krajinného rázu

B.4 Vliv stavby na přístup do krajiny

B.5 Možnost kontaktu s biokoridory a biocentry

B.6 Zábor zemědělského půdního fondu

B.7 Zábor pozemků určených k plnění funkce lesa

B.8 Vliv stavby na vodohospodářské poměry v území

B.9 Množství a nakládání s odpady

B.10 Zásah do lokalit NATURA 2000

C. Užitek účastníků silničního provozu

C.1 Cestovní komfort

C.2 Jízdní doba tranzitní dopravy

C.3 Dopravní obsluha daného území

C.4 Omezení provozu při realizaci

D. Zájmy vlastníka pozemní komunikace

D.1 Investiční náklady na realizaci stavby

D.2 Proveditelnost stavby

D.3 Náklady na provoz a údržbu

D.4 Majetkoprávní vypořádání

Z důvodu příliš velkého počtu kritérií, došlo v přípravné fázi multikriteriálního zhodnocení k hodnocení jednotlivých kritérií dle významnosti (dotazníkové šetření č. 1). Počet kritérií byl s ohledem na další komplikovanost závěrečného hodnocení snížen na minimální rozsah. Expertní tým pomocí bodové metody přiřadil k jednotlivým kritériím významnost vzhledem k vybrané řešené dopravní křižovatky.

Významnost byla hodnocena v rozmezí bodů 1 až 5, kdy hodnocení body 5 je významné a hodnocení bodem 1 je bezvýznamné.

Bodová stupnice významnosti v intervalu <1;5> s bodovacím krokem 1, při interpretaci počtu bodů:

1 – zanedbatelné

2 – málo významné

3 – významné

4 – velmi významné

5 – značně významné

Pro dotazníkové šetření ke stanovení kritérií byly vybrání odborníci, kteří se danou problematikou silničního hospodářství a bezpečností provozu na pozemních komunikacích denně zabývají. Jelikož se jedná o úpravu křižovatky na silnici I. třídy, byl zvolen jako jeden z expertů zástupce majetkového správce, kterému náleží dle zákona správa těchto komunikací I. třídy. Jedná se o Ing. Miroslava Šenkýře, vedoucího úseku výstavby Ředitelství silnic a dálnic, správa Zlín. Dále bylo potřeba oslovit experta na bezpečnost a plynulost silničního provozu, kterým byl zvolen zástupce Krajského ředitelství Policie ČR Zlínského kraje, vrchní komisař odboru služby dopravní policie Ing. Juraj Pipiš, DiS. Z důvodu, že jakákoliv varianta úpravy křižovatky bude podléhávat povolení správního orgánu byla dále do expertního týmu vybrána vedoucí oddělení silničního hospodářství Krajského úřadu Zlínského kraje Ing. Emilie Klinkovská. V poslední řadě bylo kritéria ohodnocena autorem práce, který zastupuje v šetření běžného uživatele silničního provozu.
V příloze práce jsou vyplněné dotazníky (dotazník č.1) expertního týmu v rámci dotazníkového šetření č. 1.
V tabulce 11 je zobrazeno výsledné hodnocení jednotlivých kritérií od všech respondentů.

Tabulka 11 Vyhodnocení stanovení kritérii (zpracování vlastní)

K	Autor	KÚZK	ŘSD	PČR	Σ
A.1	5	5	5	5	**20**
A.2	5	5	3	5	**18**
A.3	3	4	3	3	13
B.1	1	1	3	1	6
B.2	1	2	3	1	7
B.3	1	3	2	1	7
B.4	1	3	1	1	6
B.5	1	3	3	1	8
B.6	3	3	2	1	9
B.7	1	3	2	1	7
B.8	3	4	3	1	11
B.9	1	1	3	1	6
B.10	1	3	5	1	10
C.1	4	4	2	4	**14**
C.2	3	3	2	4	12
C.3	2	5	2	4	13
C.4	5	2	2	5	**14**
D.1	5	5	5	2	**17**
D.2	2	3	3	4	12
D.3	3	4	3	2	12
D.4	3	2	3	2	10

Pomocí expertního týmu bylo vytipováno následujících 5 kritérií, kterým bude následně přiřazena váha.

Soubor výsledných hodnotících kritérií byl zvolen s ohledem na jejich úplnost, která umožňuje hodnocení všech podstatných dopadů na zvolené varianty. Dále byl kladen důraz na operancionalitu, tedy aby zvolená kritéria byly srozumitelné a jednoznačné a na nerendundanci neboli duplicitnost vybraných hodnotících kritérií.

Jedná se o tyto kritéria, které vzhledem k dané dopravní křižovatce nejlépe posoudí výhodnosti jednotlivých variant.

A.1 Bezpečnost silničního provozu – K_1

A.2 Plynulost silničního provozu – K_2

C.1 Cestovní komfort – K_3

C.4 Omezení provozu při realizaci – K_4

D.1 Investiční náklady na realizaci stavby – K_5

Pro úplnost je nutné uvést, že vybraná kritéria jsou dvě ze skupiny celospolečenských zájmů (skupina A), další dvě vybraná kritéria jsou ze skupiny nazvané užitek účastníků silničního provozu (skupina B) a jedno poslední neopominutelné kritériu ze skupiny zájmů vlastníka pozemní komunikace (skupina C).

Vliv na životní prostředí a okolní stavby (skupina D) samozřejmě hraje při budování dopravní infrastruktury, také velice významnou roli, ne-li v některých případech tu nejvýznamnější, jak je nastíněno v teoretické části, ale u naší řešené optimalizace konkrétní křižovatky bylo zúženým expertním týmem vyhodnoceno jako celkově málo významné. Požadavky na životní prostředí a okolní stavby v případě varianty úpravy na světelně řízenou křižovatku z hlediska dotčení životního prostředí není žádné a v případě varianty okružní křižovatky je malé z důvodu, že jednak se jedná v našem případě vždy o pouhou úpravu stávající dopravní stavby nikoliv o budování nové dopravní infrastruktury, kdy je riziko těchto kritérií značné. U naší varianty okružní křižovatky by došlo jen ke dotčení kritéria B.6 a B.9, tedy o zábory zemědělského půdního fondu a nakládaní s odpady v průběhu stavby. Z těchto důvodů nebyly kritéria ze skupiny vlivu na životní prostředí a okolní stavby dále posuzovány.

9.2 Stanovení vah kritérií

Při praktické aplikaci Saatyho metody pro zadaný přiklad bude mít Saatyho matice tvar (5).

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 3 & 9 & 9 \\ 5^{-1} & 1 & 5 & 3 & 5 \\ 3^{-1} & 5^{-1} & 1 & 5 & 5 \\ 9^{-1} & 3^{-1} & 5^{-1} & 1 & 5 \\ 9^{-1} & 5^{-1} & 5^{-1} & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{5}$$

Výpočet součinu prvního řádku Saatyho matice:

$$\log\left\{\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{1,b}}\right\} = \frac{1}{5} \times \left(\log\{S_{1,1}\} + \log\{S_{1,2}\} + \log\{S_{1,3}\} + \log\{S_{1,4}\} + \log\{S_{1,5}\}\right) =$$

$$\frac{1}{5} \times (\log 1 + \log 5 + \log 3 + \log 9 + \log 9) = \frac{1}{5} \times 3{,}0846 \approx 0{,}6170$$

$$\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{1,b}} \approx 4{,}1392$$

Výpočet součinu druhého řádku Saatyho matice:

$$\log\left\{\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{2,b}}\right\} = \frac{1}{5} \times \left(\log\{S_{2,1}\} + \log\{S_{2,2}\} + \log\{S_{2,3}\} + \log\{S_{2,4}\} + \log\{S_{2,5}\}\right) =$$

$$\frac{1}{5} \times (-\log 5 + \log 1 + \log 5 + \log 3 + \log 5) = \frac{1}{5} \times 1{,}1761 \approx 0{,}2352$$

$$\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{2,b}} \approx 1{,}7188$$

Výpočet součinu třetího řádku Saatyho matice:

$$\log\left\{\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{3,b}}\right\} = \frac{1}{5} \times \left(\log\{S_{3,1}\} + \log\{S_{3,2}\} + \log\{S_{3,3}\} + \log\{S_{3,4}\} + \log\{S_{3,5}\}\right) =$$

$$\frac{1}{5} \times (-\log 3 - \log 5 + \log 1 + \log 5 + \log 5) = \frac{1}{5} \times 0{,}2218 \approx 0{,}0444$$

$$\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{3,b}} \approx 1{,}1076$$

Výpočet součinu čtvrtého řádku Saatyho matice:

$$\log\left\{\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{4,b}}\right\} = \frac{1}{5} \times \left(\log\{S_{4,1}\} + \log\{S_{4,2}\} + \log\{S_{4,3}\} + \log\{S_{4,4}\} + \log\{S_{4,5}\}\right) =$$

$$\frac{1}{5} \times (-\log 9 - \log 3 - \log 2 + \log 1 + \log 5) = \frac{1}{5} \times (-1{,}6021) \approx -0{,}3204$$

$$\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{4,b}} \approx 0{,}5173$$

Výpočet součinu posledního (pátého) řádku Saatyho matice:

$$\log\left\{\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{5,b}}\right\} = \frac{1}{5} \times \left(\log\{S_{5,1}\} + \log\{S_{5,2}\} + \log\{S_{5,3}\} + \log\{S_{5,4}\} + \log\{S_{5,5}\}\right) =$$

$$\frac{1}{5} \times (-\log 9 - \log 5 - \log 5 - \log 5 + \log 1) = \frac{1}{5} \times (-3{,}0512) \approx -0{,}6102$$

$$\sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{5,b}} \approx 0{,}2453$$

Dále je nutné kalkulovat hodnotu jmenovatele (součet součinů Saatyho matice) v rovnici (2):

$$\sum_{a=1}^{n} \sqrt[k]{\prod_{b=1}^{n} S_{a,b}} = \sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{1,b}} + \sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{2,b}} + \sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{3,b}} + \sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{4,b}} + \sqrt[n]{\prod_{b=1}^{n} S_{5,b}} =$$

= 4,1392 + 1,7188 + 1,1076 + 0,5177 + 0,2453 = 7,7282

Nakonec se vypočtou hodnoty jednotlivých vah w_a podle vztahu (2):

$$w_1 = \frac{4{,}1392}{7{,}7282} \approx 0{,}5356$$

$$w_2 = \frac{1{,}7188}{7{,}7282} \approx 0{,}2224$$

$$w_3 = \frac{1{,}1076}{7{,}7282} \approx 0{,}1433$$

$$w_4 = \frac{0{,}5177}{7{,}7282} \approx 0{,}0669$$

$$w_5 = \frac{0{,}2453}{7{,}7282} \approx 0{,}0317$$

Kontrola: $\sum_{i=1}^{n} w_1 = 0{,}5356 + 0{,}2224 + 0{,}1433 + 0{,}0669 + 0{,}0317 = 1{,}0000$

Hodnoty vah zjištěné Saatyho metodou činí: $w_1 \approx 0{,}5356$; $w_2 \approx 0{,}2224$; $w_3 \approx 0{,}0{,}1433$; $w_4 \approx 0{,}0667$; $w_5 \approx 0{,}0317$.

9.3 Výběr kompromisní varianty

Hodnotící kritéria K_1, K_2 a K_3 jsou maximalizační kritéria, kdy je žádoucí, aby jejich hodnota byla co největší. Zbylá kritéria K_4 a K_5 jsou minimalizační kritéria, čím nižší hodnota, tím lepší.

Maximalizační kritéria (K_1, K_2, K_3) jsou vyjádřena kvalitativně a jsou stanoveny na základě poznatků z literární rešerše v teoretické části práce a následně převedeny na bodovací škálu.

Dále jsou maximalizační kritéria (K_1, K_2, K_3) c oboru přirozených čísel v intervalu <1;10>, přičemž nejvyšší hodnota 10 značí nejlepší hodnoty pro dané kritéria. Tedy pokud je hodnoceno K_1 – bezpečnost silničního provozu pro variantu V_1 – neřízená hodnotou 2 a varianta V_2 – okružní s hodnotou 9 je zřejmé, že varianta úpravy křižovatky na okružní (V_2) je pro bezpečnost silničního provozu výrazně výhodnější než varianta úpravy neřízené křižovatky.

Minimalizační kritérium K_4 je kvantitativně vyčísleno na základě expertního odhadu člena expertního týmu z předchozích zkušenosti s obdobným rozsahem úpravy křižovatky.

Minimalizační (nákladové) kritérium K_5 je kvantitativně vyčísleno na základě odhadu cenových nákladů poskytnutých od majetkového správce silnice Ředitelství silnic a dálnic České republiky.

Tabulka 12 Hodnoty kritérií zvolených variant úpravy křižovatky (zpracování vlastní)

Varianta	Kritérium				
	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
	Bezpečnost silničního provozu	**Plynulost silničního provozu**	**Cestovní komfort**	**Omezení provozu při realizaci** [Počet dní dopravního omezení]	**Investiční náklady na realizaci stavby** [Mil. Kč]
v_1 - neřízená	2	2	5	5	0,7
v_2 - okružní	9	9	7	210	21
v_3 - světelně řízená	3	4	3	30	8
	Max.	Max.	Max.	Min.	Min.

Na základě hodnot kritérií k_i, které jsou uvedeny v Tab. 9 byla sestavena kriteriální matice $Y\,(10)$, v jejichž řádcích jsou prezentovány zkoumané varianty $v_j, j \in \langle 1{,}3\rangle \wedge j \in N^*$, a ve sloupcích pak zvažovaná kritéria $k_i, j \in \langle 1{,}5\rangle \wedge i \in N^*$. N^*je množina přirozených čísel.

$$Y = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 5 & 5 & 0{,}7 \\ 9 & 9 & 7 & 210 & 21 \\ 3 & 4 & 3 & 30 & 8 \end{pmatrix} \tag{6}$$

V kriteriální matici se objevují jak kritéria maximalizační (k_1, k_2 a k_3), tak kritéria minimalizační (k_4 a k_5).

Kritéria byla transformací převedena na stejný typ, a to na maximalizační, kdy prvky $y_{j,i}$ každého kritéria k_i s nejvyšší hodnotou myjí prioritu řešení.

K transformaci byl použit vztah:

$$y_{j.i}^{T} = y_i^{MAX} - y_{j,i} \tag{7}$$

$y_{j,i}^{T}$ hodnota transformovaného *i*-tého kritéria *j*-té varianty

y_i^{MAX} maximální hodnota kritéria k_i

Výše uvedenou transformací vznikne transformovaná maximalizační matice Y^T (8).

$$Y^T = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 5 & 205 & 20{,}3 \\ 9 & 9 & 7 & 0 & 0 \\ 3 & 4 & 3 & 180 & 13 \end{pmatrix} \tag{8}$$

Následně bylo vyjádřena ideální varianta *h* prezentovanou vztahem (9) a bazální (nejhorší) varianta *b*, která je dána vzorcem (10):

$$h = (9; 9; 7; 205; 20{,}3) \tag{9}$$

$$b = (2; 2; 3; 0; 0) \tag{10}$$

Poté byl nutný výpočet prvků $z_{j,i}$ normalizované (generalizované) matice *Z* ze vztahu (11) využitím bazální b_i a ideální varianty h_i a odpovídajícího prvku $y_{j,i}^T$ transformované matice podle Y^T dle rovnice (12).

$$z_{j,i} = \frac{y_{j,i\,-\,b_i}^T}{h_i - b_i} \tag{11}$$

$$Z = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0{,}5 & 1 & 1{,}5615 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0{,}1429 & 0{,}2857 & 0 & 0{,}8780 & 1 \end{pmatrix} \tag{12}$$

Na základě znalosti vah w_i jednotlivých kritérií a prvků $z_{j,i}$ normalizované matice *Z* se vypočetla hodnota váženého součtu $u(v_i)$ jednotlivých variant v_j pro úpravu křižovatky dle rovnice (13):

$$u(v_j) = \sum_{i=1}^{n} w_i \times z_{j,i} \tag{13}$$

Výpočet hodnoty $u(v_1)$ první varianty úpravy křižovatky (neřízená):

$$u(v_1) = \sum_{i=1}^{n} w_1 \times z_{1,i} = 0{,}5 \times 0{,}1433 + 1 \times 0{,}0669 + 1{,}5615 \times 0{,}0317 \approx \mathbf{0,1881}$$

Výpočet hodnoty $u(v_2)$ druhé varianty úpravy křižovatky (okružní):

$$u(v_2) = \sum_{i=1}^{n} w_2 \times z_{2,i} = 1 \times 0{,}5356 + 1 \times 0{,}2224 + 1 \times 0{,}1433 \approx \mathbf{0,9013}$$

Výpočet hodnoty $u(v_3)$ třetí varianty úpravy křižovatky (světelně řízená):

$u(v_3) = \sum_{i=1}^{n} w_3 \times z_{3,i} =$

$= 0{,}1429 \times 0{,}5356 + 0{,}2857 \times 0{,}2224 + 0{,}8780 \times 0{,}0669 + 1 \times 0{,}0317 \approx \mathbf{0,2304}$

Z vypočtených hodnot $u(v_i)$ je evidentní, že jako optimální opatření z navržených alternativ se jeví opatření v_2 reprezentující přestavbu křižovatky na okružní, protože hodnota $u(v_2)$ je z vypočtených hodnot $u(v_i)$ nejvyšší, jelikož se jedná o maximalizační kriteriální matici.

9.4 Ekonomické srovnání opatření pro zvýšení bezpečnosti

Na základě ekonomického hodnocení jednotlivých variant úpravy bude provedena analýza návratnosti (efektivity) opatření, která srovnává celkové náklady na realizaci a údržbu opatření s celospolečenskými ztrátami z dopravní nehodovosti, kterým je realizací opatření (úpravy křižovatky) zabráněno. Postup výpočtu výše uvedeného ekonomického srovnání je převzat z *Metodiky popisující postup pro úpravu křižovatek*, kterou zpracovalo Centrum dopravního výzkumu (dále jen „Metodika pro úpravu křižovatek“), aplikace postupu z výše uvedené metodiky je vlastního zpracování.

9.4.1 Stanovení celkových nákladů

Celkové náklady jsou tvořeny investičními a provozními náklady. Investiční náklady zahrnují prostředky na realizaci opatření, provozní náklady zahrnují náklady spojení s provozem daného opatření (náklady na údržbu, náklady na případné opravy). Návrhové období je 20 let.

Celkové náklady za navrhované období

$$N_z = t_z \cdot \sum_{i=1}^{k} \frac{N_{vi}}{t_{zi}} \tag{14}$$

N_z celkové náklady za návrhové období [Kč]

t_z návrhové období [roky]

N_{vi} náklady jednotlivých opatření (investiční a provozní náklady) [Kč]

t_{zi} životnost jednotlivých opatření [roky]

9.4.2 Ekonomické hodnocení ztrát z dopravní nehodovosti

Vyčíslení celospolečenských ztrát ze zjištěných dopravních nehod ve finančních jednotkách je dle *Metodiky výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích*,

také zpracované Centrem dopravního výzkumu. Jelikož data stará téměř 13 let by nebyly pro vypočet validní. Byly použity data z poslední verze z roku 2017, ve které jsou uvedeny ztráty k roku 2015. Jedná se o data z aktualizované metodiky výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích, vydané centrem dopravního výzkumu v roce 2022 (vývoj hodnoty nákladů=ztrát je uveden v tabulce 9 v kapitole 5 teoretické části). Pro shrnutí výše uvedena metodika je vypracována v roce 2017 s posledními daty k roku 2015, vydaná po verifikaci Ministerstvem dopravy až v roce 2022.

V tabulce 13 jsou uvedeny jednotlivé ekonomické ztráty z jednotlivých zranění a jejich souhrnný počet na vybrané křižovatce.

Tabulka 13 Vyčíslení ekonomických ztrát z dopravní nehodovosti (CDV, zpracování vlastní)

Vyčíslení ekonomických ztrát z dopravních nehod									
Aktuální rok	Ekonomické ztráty z dopravních nehod [tis. Kč]				Počet zranění			Počet nehod s hm. škodou	Ekonomické hodnocení ztrát z následků DN vyčíslení za aktuální rok [tis. Kč]
	Smrtelné	Těžké	Lehké	Hm. škoda	Smrtelných	Těžkých	Lehkých		
2015	20 790	5035	650	345	0	5	28	18	49 585
								E – ekonomické ztráty z dopravní nehodovosti v dostupném obd. [Kč]	**49 585 000**
								t – sledované období [měsíce]	**120**
								He – ukazatel hustoty ztrát [Kč/rok]	**4 958 500**

V následujících tabulkách 14, 15 a 16 jsou ke každé variantě úpravy vyčísleny jejich náklady. Struktura nákladů se dělí na vstupní náklady a náklady za navrhované období. Vstupní náklady jsou vyčísleny na základě rozsahu opatření v jakém k realizaci dojde (jednotka, např. u tabulky 14 - počet kusů nových svislých dopravních značek potřebných k realizaci opatření činí 10 ks, kdy jednotková cena jedné svislé dopravní značka je 5.000,- Kč, z toho vstupní náklady daného opatření činí 50.000,- Kč) a náklady za návrhové období jsou stanoveny na základě jejich životnosti, kdy je cena vyčíslena v rozmezí minimální životnosti opatření do maximální možné životnosti opatření. Jednotková cena, účinnost opatření a životnost jsou stanoveny pomocí Metodiky pro úpravu křižovatek.

Tabulka 14 Vyčíslení nákladů pro variantu I (zpracování vlastní)

Opatření/veličina	**Jednotka**	**Jednotková cena [Kč]**	**Vstupní náklady [Kč]**	**Účinnost [%]**		**Životnost [roky]**		**Náklady za navrhované období**	
				min	**max**	**od**	**do**	**min**	**max**
Dělící ost. hlavní od Slušovic/m^2	40	1 300	52 000	25	25	10	20	52 000	104 000
Obnova VDZ/m^2	250	500	125 000	10	15	1	5	500 000	2 500 000
Obnova SDZ/ks	10	5 000	50 000	1	5	5	10	100 000	200 000
Dělící ostrůvky na vedlejší (MK)/m^2	10	1 300	13 000	35	35	10	20	13 000	26 000
*Veřejné osvět. - stožáry a lampy/ks	20	3 000	60 000	/	/	10	20	60 000	120 000
*Veřejné osvětlení – kabely/m	500	350	175 000	/	/	10	20	175 000	350 000
*Přechodné DZ během realizace/kpt	1	150 000	150 000	/	/	/	/	150 000	150 000
Celkem/kombinace účinnosti			**625 000**	**42**	**45**			**1 050 000**	**3 450 000**

Pozn.: * vyvolané investice nemají účinnost na snížení nehodovosti

Tabulka 15 Vyčíslení nákladů pro variantu II (zpracování vlastní)

Opatření/veličina	**Jednotka**	**Jednotková cena [Kč]**	**Vstupní náklady [Kč]**	**Účinnost [%] ****		**Životnost [roky]**		**Náklady za navrhované období**	
				min	**max**	**od**	**do**	**min**	**max**
Výkopy/m^2	250	400	100 000	/	/	20	20	100 000	100 000
Odstranění stávajícího stavu/m^2	2 500	750	1 875 000	/	/	20	20	1 875 000	1 875 000
Pás + větvě/m^2	2 200	2 500	5 500 000	/	/	20	20	5 500 000	5 500 000
Ostrůvky + prstenec/m^2	200	2 150	430 000	/	/	20	20	860 000	860 000
Vodorovné DZ/m^2	150	500	75 000	/	/	1	5	300 000	1 200 000
Svislé DZ/ks	35	5 000	175 000	/	/	20	20	175 000	175 000
*Výkupy pozemků/m^2	850	250	212 500	/	/	20	20	212 500	212 500
*Přechodné DZ během realizace/kpt	1	750 000	750 000	/	/	/	/	750 000	750 000
Celkem/kombinace účinnosti			**9 117 500**	**70**	**70**			**9 772 500**	**10 672 500**

Pozn.: * vyvolané investice nemají účinnost na snížení nehodovosti

Pozn.: ** Účinnost okružní křižovatky jako celku je brána jako účinnost jednoho opatření

Tabulka 16 Vyčíslení nákladů pro variantu III (zpracování vlastní)

Opatření/veličina	**Jednotka**	**Jednotková cena [Kč]**	**Vstupní náklady [Kč]**	**Účinnost [%]**		**Životnost [roky]**		**Náklady za navrhované období**	
				min	**max**	**od**	**do**	**min**	**max**
Dělící ost. hlavní od Slušovic/m^2	40	1 300	52 000	25	25	10	20	52 000	104 000
Obnova VDZ/m^2	250	500	125 000	10	15	1	5	500 000	2 500 000
Obnova SDZ/ks	10	5 000	50 000	1	5	5	10	100 000	200 000
Dělící ostrůvky na vedlejší (MK)/m^2	10	1 300	13 000	35	35	10	20	13 000	26 000
Světelné SZ/ks	8	248 000	1 984 000	30	30	10	20	1 984 000	3 968 000
*Veřejné osvět. - stožáry a lampy/ks	20	30 000	600 000	/	/	10	20	600 000	1 200 000
*Veřejné osvětlení – kabely/m	500	350	175 000	/	/	10	20	175 000	350 000
*Údržba SSZ/kpt	1	80 000	80 000	/	/	1	2	800 000	1 600 000
*Přechodné DZ během realizace/kpt	1	150 000	150 000	/	/	/	/	150 000	150 000
Celkem/kombinace účinnosti			**625 000**	**42**	**45**			**4 374 000**	**9 948 000**

Pozn.: * vyvolané investice nemají účinnost na snížení nehodovosti, doba funkčnosti SSZ je uvažována 16 hodin

9.4.3 Posouzení efektivity opatření

Posouzení efektivity opatření je založeno na principu cost-benefit analýzy (analýzy nákladů a výnosů). Celkové náklady tvoří náklady na realizaci a údržbu daného opatření. Z hlediska posuzované oblasti dopravy výnosy tvoří ušetřené celospolečenské ztráty z dopravní nehodovosti v důsledku realizace opatření.

Pro rozhodovací proces jsou důležité tyto ukazatele:

Úspora snížením nehodovosti

$$U = \eta + \frac{E}{t} = \eta \,.\, H_e \tag{15}$$

Za návrhové období [20 let]

$U_z = U \,.\, t_z$

U úspora z počtu nehod při realizaci opatření za dobu jednoho roku [Kč/rok]

η odhad účinnosti kombinace [-]

E ekonomické (celospolečenské) ztráty z dopravní nehodovosti v dostupném období [Kč]

t časové období sledování dopravních nehod [roky]

H_e ukazatel hustoty ztrát [Kč/rok] – průměrné roční ekonomické ohodnocení ztrát z následků dopravních nehod

U_z úspora na nehodách při realizaci úprav za návrhové období [Kč]

t_z návrhové období [roky]

Návratnost opatření

$$T = \frac{N_v}{U} \,.\, 12 \tag{16}$$

T návratnost investičních prostředků na úpravu křižovatky [měsíce]

N_v celkové náklady vynaložené na realizaci všech opatření v úpravě křižovatky včetně vyvolaných investic [Kč]

U finanční úspora na nehodách při realizaci opatření za dobu jednoho roku [Kč/rok]

Ekonomické hodnocení

Ekonomické hodnocení je dáno rozdílem výše snížených ztrát z dopravní nehodovosti a náklady na přestavbu a údržbu křižovatky v rozmezí návrhového období křižovatky.

$$EH = U_z - N_z \tag{17}$$

EH ekonomické zhodnocení [Kč]

U_z úspora (snížení ztrát z dopravní nehodovosti) po realizaci úprav za návrhové období [Kč]

N_z celkové náklady za návrhové období [Kč]

Tabulka 17 Srovnání ekonomického hodnocení (zpracování vlastní)

SROVNÁNÍ EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ

Úprava			NK	OK	SSZ
Úspory (roční) [Kč]	U	min	2 424 660	4 041 100	3 348 340
		max	2 597 850	4 041 100	3 636 990
Náklady (vstupní) [Kč]	Nv		625 000	9 117 500	3 229 000
Návratnost (vstupních nákladů) [měsíce]	T	min	3	27	11
		max	3	27	11
Úspory za navrhované období [Kč]	Uz	min	48 493 200	80 822 000	66 966 800
		max	51 957 000	80 822 000	72 739 800
Náklady za návrhové období [Kč]	Nz	min	1 050 000	9 022 500	4 374 000
		max	3 450 000	10 222 500	10 098 000
Návrhové období [rok]	tz		20	20	20
Ekonomické hodnocení [Kč]	EH	min	**45 043 200**	**70 599 500**	**56 868 800**
		max	**50 907 000**	**71 799 500**	**68 365 800**
Odhad účinnosti kombinace [%]	n	min	42	70	58
		max	45	70	63

Na základě vypočtených hodnot ekonomického hodnocení lze zjistit výslednou variantu s největší efektivitou. Vzhledem k tomu, že některé vstupy vcházejí do srovnání v určitém rozpětí (minimální a maximální účinnost, minimální a maximální životnost), ekonomické hodnocení je vyčísleno také v intervalu (minimální a maximální), kterou nazýváme pravděpodobný interval ekonomického hodnocení. Za této podmínky se ale mohou jednotlivé intervaly ekonomického hodnocení variant překrývat, a proto nelze určit nejlepší

výslednou. V takovém případě se přistoupí k porovnání odhadu účinnosti kombinace opatření. Rozhodující jsou intervaly na konci návrhového období.

Když

$$EH_{var_1} > Eh_{var_2} > EH_{var_i} > EH_{var_n}; i = 1,2, \dots, n$$

n počet uvažovaných variant úpravy křižovatky

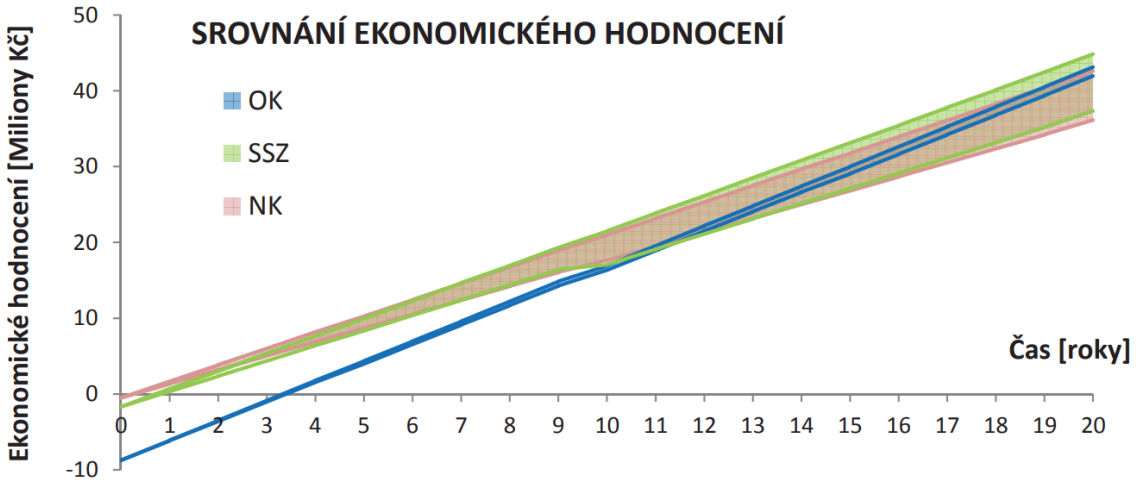
a zároveň průnik intervalů ekonomického hodnocení variant 1 a 2 (nejvyšší EH) není prázdný

$$\langle EH_{min_1};\ EH_{max_1} \rangle \cap \langle EH_{min_2};\ EH_{max_2} \rangle \neq \emptyset$$

pak se přistoupí ke srovnání účinnosti jednotlivých variant.

$$\eta_{var_1} > \eta_{var_2} => varianta\ 1$$

$$\eta_{var_1} < \eta_{var_2} => varianta\ 2$$



Obrázek 29 Graf ekonomického srovnání úprav křižovatky Lípa (zdroj CDV)

Předpokládané ekonomického hodnocení (vyjádřené v celospolečenských úsporách) za 20 let životnosti úprav neřízené křižovatky se pohybuje v rozmezí 45–51 milionů Kč, z přestavby na okružní křižovatku se pohybuje v rozmezí 70-71 milionů Kč a z přestavby na světelné signalizační zařízení v rozmezí 57-68 milionů Kč. V tomto momentě bychom hodnotili jako nejlepší variantu, která má největší úspory z celospolečenských ztrát, tedy úpravu na okružní křižovatky. Dále je nutné uvést, že varianta úpravy neřízení křižovatky nepřipadá v úvahu, z důvodu budoucího přivedení dopravních intenzit z budované části

dálnice D49, a úprava neřízené křižovatky kapacitně nevyhovuje těmto novým intenzitám. Proto volíme z variant 2 a 3, z grafu je ale zřejmé, že intervaly variant 2 a 3 se překrývají a musí tedy rozhodnout odhad účinnosti kombinace variant. Okružní křižovatka má účinnost 70 %, světelně řízená křižovatka má odhad účinnosti v rozmezí 58–63 %.

Výsledkem srovnání ekonomického hodnocení variant úpravy křižovatky doporučení na přestavbu na okružní křižovatku.

10 RIZIKA Z HLEDISKA POVOLOVACÍHO PROCESU VYBRANÉ ÚPRAVY

Všechny jednotlivé varianty křižovatky vyžadují nějaký schvalovací proces od příslušného orgánu státní správy. Začněme tedy u nejnáročnějšího, pokud se bavíme o variantě přestavby na okružní křižovatku, jedná se o proces schválení dle stavebního zákona a dle zákona o provozu na pozemních komunikacích. Dle stavebního zákona se schvalují stavební úpravy křižovatky a nová stavba okružní křižovatky. Z důvodu, že se jedná o stavbu definovanou ve stavebním zákoně. Tento proces je popsán v teoretické části práce v kapitole 2.

Další varianta úpravy doplnění světelně signalizačního zařízení a poslední varianta úpravy spočívající v doplnění a obnově dopravního značení vyžaduje schvalovací proces dle zákona o provozu na pozemních komunikacích, jedná se o tzv. místní úpravu provozu. Tento proces není v teoretické části nastíněn z důvodu, že se nejedná o stavbu. Bude popsán krátce v této části, protože do jisté míry generuje rizika.

Místní úpravu provozu definuje § 77 zákona o provozu na pozemních komunikacích (nebo též zákon o silničním provozu). Pojem místní úprava provozu se týká trvalého dopravního značení. Je důležité rozlišit od pojmu přechodná úprava provozu, který toto ust. také definuje. Přechodná úprava provozu slouží jen k dočasným úpravám, nejčastěji u uzavírek pozemních komunikací a jejich objízdných trasách. V našem případě se jedná o návrh úpravy křižovatky a proces realizace, kdy bude dozajista použito i přechodné dopravní značení, není předmětem této práce.

Ke stanovení místní úpravy provozu je potřeba příslušnému správnímu orgánu podat tzv. návrh na stanovení této úpravy provozu, který obsahuje specifikaci tohoto návrhu. Jedná se o grafické zobrazení umístění, přesunu nebo zrušení dopravního značení na stávající pozemní komunikaci, a to v případě *„jde-li o světelné signály, příkazové a zákazové dopravní značky, dopravní značky upravující přednost a dodatkové tabulky k nim nebo jiné dopravní značky ukládající účastníku silničního provozu povinnosti odchylné od obecné úpravy provozu na pozemních komunikacích“* (Česko, 2000). Jedná se o náš případ ve variantách úpravy „světelně signalizační zařízení“ i „obnova a doplnění dopravního značení“. Na základě předložení návrhu správní orgán přezkoumává vhodnost a zákonnost daného návrhu. Podklad pro stanovení je stanovisko příslušného Krajského ředitelství policie ČR z hlediska bezpečnosti a plynulosti na pozemních komunikacích. Za předpokladu, že je návrh z výše uvedených hledisek v pořádku, správní orgán návrh

doručuje účastníkům. Jelikož se jedná o neurčitý okruh účastníků, doručuje se proces zveřejnění na úřední desce daného úřadu. Lhůta pro námitky nebo připomínky je stanovena na 30 dní od doručení, tedy formou veřejné vyhlášky (doručovaní na úřední desku) 15 dní od jejího vyvěšení je dokument doručen. Zjednodušeně, 15 dní zveřejněno, poté ještě 30 dní na ony námitky nebo připomínky. Po této době správní orgán vydá tzv. opatření obecné povahy, ve kterém schvaluje stanovení místní úpravy provozu. Tyto úkony jsou vždy s přílohou grafického zobrazení daného návrhu. Opatření (stanovení) je účinné 15. den po vyvěšení.

Celková časová náročnost z hlediska schvalovacího procesu je tedy těchto variant výrazně kratší než u schvalovacího procesu dle stavebního zákona.

Rizika plynoucí z schvalovacího procesu dle zákona o provozu na pozemních komunikacích jsou popsána v tabulce 18, kdy všechna rizika mají za následek prodloužení doby vyřízení procesu, ale pokud jsou závazná a nejsou do lhůty odstraněna můžou mít za následek až zamítnutí žádosti.

Tabulka 18 Rizika v procesu schválení místní úpravy provozu (zpracování vlastní)

Příčina ve smyslu rizika	**Následek**	**Návrh opatření k nápravě**	**Časová ztráta**
1. Nedostatečný návrh	Prodloužení doby vyřízení až zamítnutí návrhu	Doplnění návrhu	14 dní
2. Neschválení návrhu Policií ČR	Prodloužení doby vyřízení až zamítnutí návrhu	Přepracování návrhu	30 dní
3. Uplatnění námitek	Prodloužení doby vyřízení až zamítnutí návrhu	Vypořádání námitek	30 dní

Rizika plynoucí z procesu povolení varianty na okružní křižovatku byla definována s přihlédnutím na popsaný proces povolení v kapitole 2. K vydaní společného povolení, které by uvedenou úpravu křižovatky na okružní schvalovalo je zapotřebí doložení zejména těchto náležitostí (§ 94l odst. 2 starého stavebního zákona):

b) závazná stanoviska, popřípadě rozhodnutí dotčených orgánů (dále jen „DOSS“) podle zvláštních právních předpisů (např. od Krajské hygienické stanice z důvodu hlukových limitů, Krajského ředitelství policie ČR z důvodu bezpečnosti a plynulosti,

příslušného orgánu životního prostředí z důvodu záborů ZPF nebo ochrany přírody a krajiny),

c) stanoviska vlastníků veřejné dopravní nebo technické infrastruktury k možnosti a způsobu napojení nebo k podmínkám dotčených ochranných a bezpečnostních pásem (např. od správce kanalizačního nebo vodovodního řadu v daném území – technická infrastruktura),

d) smlouvy s příslušnými vlastníky veřejné dopravní nebo technické infrastruktury, vyžaduje-li záměr vybudování nové nebo úpravu stávající veřejné dopravní nebo technické infrastruktury (např. od správce el. energie z důvodu přeložky této sítě z důvodu kolize s navrhovanou stavbou),

e) dokumentaci pro vydání společného povolení, která obsahuje průvodní zprávu, souhrnnou technickou zprávu, situační výkresy, dokumentaci objektů a technických a technologických zařízení a dokladovou část.

Tyto 4 oblasti požadovaných podkladů z hlediska povolení prvku dopravní infrastruktury nejdůležitější. Nejčastěji se stává, že nejsou kompletně doloženy, což má za následek časové prodlení při vyřizování dané žádosti.

Nedoložení daný podkladů lze pokládat za riziko při procesu povolení stavby. V tabulce 19 jsou rizika shrnuta i s časovou prodlevou, který takové riziko, pokud nastane, vyvolá. Časová prodleva má zásadní vliv na dobu vyřízení žádosti a také doby realizace.

Tabulka 19 Rizika v procesu schválení dle stavebního zákona (zpracování vlastní)

Příčina ve smyslu rizika	**Následek**	**Návrh opatření k nápravě**	**Časová ztráta**
1. Nedoložení všech závazných stanovisek DOSS	Prodloužení doby vyřízení až zastavení řízení	Výzva k doplnění	60 dní
2. Nedoložení stanovisek správců infrastruktury	Prodloužení doby vyřízení až zastavení řízení	Výzva k doplnění	30 dní
3. Nedoložení smluvních vztahů se správci infrastruktury	Prodloužení doby vyřízení až zastavení řízení	Výzva k doplnění	30 dní
4. Nedoložení dokumentace záměru	Zastavení řízení	V rámci dobré správy možnost neformální výzvy k doplnění	15 dní

Riziko nedoložení dokumentace je kritické, protože dle starého stavebního zákona může správní orgán (v tomto případě speciální stavební úřad) řízení hned zastavit. Je na místě v rámci základních zásad dle správního řádu tzv. v rámci dobré správy, učinit alespoň neformální výzvu k doplnění. Ostatní rizika jsou závažného charakteru, protože mají za následek prodloužení doby k vyřízení celého řízení a odložení doby realizace. V teoretické části je délka procesu (dle obrázku 7) stanovena na 420 dní. V případě, že riziko nastane se doba prodlužuje dle daného rizika o časovou prodlevu dle tabulky 19.

ZÁVĚR

V diplomové práci na základě aplikace metod pro výběr optimální úpravy křižovatky bylo dospěno k výsledkům, které byly definovány jako cíle práce.

Jedná se o výběr optimální varianty úpravy křižovatky pro zlepšení bezpečnosti a plynulosti na dané dopravní křižovatce pomocí multikriteriálního hodnocení a dále pomocí cost benefit analýzy vyjádřené v úsporách z celospolečenských ztrát.

Stávající stav dopravního prostoru, který je významnou dopravní tepnou ve Zlínském kraji není, co se týče bezpečnosti provozu, která je v práci vyjádřena statistikou dopravních nehod za posledních 10 let, uspokojivá.

Aplikací obou zmíněných metod bylo dosaženo stejného výsledku, kterým je úprava křižovatky na okružní křižovatku. Tato úprava bude sloužit ke zvýšení bezpečnosti silničního provozu a dále bude adekvátně propustná z hlediska navýšení budoucích výhledových intenzit dopravy z důvodu přivedení dopravních intenzit z budované dálnice D49.

Uvedené metody a postupy lze aplikovat na jiné prvky dopravní infrastruktury při rozhodování o jejich úpravě. Ekonomické srovnání opatření pro zvýšení bezpečnosti je navrženo přímo na úpravu těchto obdobných křižovatek. Aplikace multikriteriálního hodnocení variant k úpravě křižovatky není v obdobné veřejnosti jinak rozšířena. Dokládá to konzultace s experty v rámci stanovení vhodných kritérií pro toto hodnocení. Použití metody multikriteriálního hodnocení, jak je demonstrováno v této práci, je velice užitečné při výběru a rozhodování o možných úpravách křižovatek.

K naplnění strategického cíle snížení počtu usmrcených osob při silničních dopravních nehodách by bylo vhodné na každém takto nebezpečném úseku dopravní infrastruktury zpracovat bezpečnostní inspekci, která bude identifikovat rizikové prvky a následné pomocí metod v diplomové práci tyto rizika mitigovat a přispět ke zlepšení tohoto celospolečenského tématu v podobě bezpečnosti na pozemních komunikacích.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BÁRTOVÁ, Hana a RŮŽIČKA, Miroslav, 2008. *Územní plánování a doprava*. Stavební právo. Praha: ABF – Arch. ISBN 9788086905488.

ČERNÍNOVÁ, Michaela, 2015. *Zákon o pozemních komunikacích: komentář*. Komentáře Wolters Kluwer. Praha: Wolters Kluwer, ISBN 978-80-7478-652-5.

ČESKO, 1997. *Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů*. In: *Sbírka zákonů*.

ČESKO, 1997. *Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů*. In: *Sbírka zákonů*.

ČESKO, 2021. *Vyhláška č. 412/2021 Sb., o rozpočtové skladbě, ve znění pozdějších předpisů.* In: *Sbírka zákonů*.

ČESKO, 2012. *ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*.

ČESKO, 2000. *Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů.* In: Sbírka zákonů.

FUKSOVÁ, Jana, 2024. *Ptáky a netopýry u dálnice D55 ochrání speciální síť, je první v Česku.* In: idnes.cz [online]. 8. února 2024 [2024-02-08]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zlin/zpravy/polesovice-d55-dalnice-ptaci-netopyri-ochranna-sit-instalace.A240208_125330_zlin-zpravy_hoo.

HLAVÁČ, Václav; ANDĚL, Petr; MATOUŠKOVÁ, Jana; DOSTÁL, Ivo; STRNAD, et al., 2019. *Wildlife and Traffic in the Carpathians.* Guidelines how to minimize impact of transport infrastrukture development on nature in the Carpathian countries. Danube Transnational Programme TRANSGREEN Project, The State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Banská Bystrica. ISBN 978-80-8184-068-5.

HLAVÁČ, Václav; ANDĚL, Petr; PEŠOUT, Pavel; LIBOSVÁR, Tomáš; ŠIKULA, Tomáš et al., 2020. *Doprava a ochrana fauny v České republice: metodika AOPK ČR*. Metodika AOPK ČR. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, ISBN 978-80-7620-070-8.

JACURA, Martin; ŠEVČÍK, Filip; LOPOUR, Pavel a VNENK, Petr, 2022.. *Základy dopravní cesty*: vysokoškolská učebnice pro posluchače předmětu Základy dopravní cesty a další zájemce. Pardubice: Univerzita Pardubice, ISBN 978-80-7560-435-4.

KUPKA, Martin, 2024. *Příspěvek zveřejněný na sociální sítí Facebook ze dne 29.02.2024*: Facebook.

KOTAS, Patrik, 2002. *Dopravní systémy a stavby*. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-01-02321-4.

LUKÁŠKOVÁ, Eva a NEDOROST, Libor, 2010. *Veřejná ekonomika II.: financování vybraných odvětví veřejného sektoru*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788073189549.

MACIOSZEK, El Bieta; Rahmi AKÇELIK a Grzegorz SIERPINSKI, 2018. *Roundabouts as Safe and Modern Solutions in Transport Networks and Systems*. Katowice: Springer. ISBN 978-3-319-98617-3.

MARADA, Miroslav, 2010. *Doprava a geografická organizace společnosti v Česku*. Geographica. Praha: Česká geografická společnost, ISBN 978-80-904521-2-1. Dostupné také z: http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:04bbf310-3951-11e7-8e0f-005056827e52.

MINISTERSTVO DOPRAVY, 2022. *Ročenka dopravy 2022*. Dostupné z: https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2022/index.html.

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, 2023. *MPO připravilo výzvu na podporu elektromobility. Pro podnikatele je připraveno 1,95 miliardy korun.* In: mpo.cz [online]. 1. prosince 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/mpo-pripravilo-vyzvu-na-podporu-elektromobility--pro-podnikatele-je-pripraveno-1-95-miliardy-korun--278466/.

NÁRODNÍ ROZPOČTOVÁ RADA VLÁDY, 2024. *Návrhy NERV k vyššímu dlouhodobě udržitelnému ekonomickému růstu*.

NEJVYŠŠÍ KONTROLNÍ ÚŘAD, 2023. *Peněžní prostředky vynakládané na zvýšení bezpečnosti silničního provozu.*

NOVOPACKÝ, Daniel, 2022. *Zákon o silničním provozu: komentář*. Komentáře Wolters Kluwer. Praha: Wolters Kluwer. ISBN 978-80-7676-494-1

PEKOVÁ, Jitka; PILNÝ, Jaroslav a JETMAR, Marek, 2012. *Veřejný sektor – řízení a financování.* Praha: Wolters Kluwer Česká republika. ISBN 9788073579364.

PIARC, 2004. Road Safety Manual (RSM). Dostupné z https://www.piarc.org/en/PIARC-knowledge-base-Roads-and-Road-Transportation/Road-Safety-Sustainability/Road-Safety/safety-manual.

POKORNÝ, Petr, 2012. *Audit bezpečnosti pozemních komunikací: metodika provádění: v souladu se směrnicí EU 2008/96/EC: schváleno Ministerstvem dopravy ČR*. Brno: Centrum dopravního výzkumu. ISBN 978-80-86502-44-1. Dostupné také z: http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:d27f7dd0-d6b7-11e8-bbaa-005056827e52.

POPOV, Georgi, Bruce K. LYON a HOLLCROFT, Bruce, 2016. *Risk Assessment: A Practical Guide to Assessing Operational Risks*. Hoboken, Wiley. ISBN 978-1-118-91104-4.

POSPÍŠIVOVÁ, Lenka, 2021. *V Dačicích vyhrála křižovatka se semafory, podpořilo ji 3 092 lidí.* In: jindrichohradecky.denik.cz [online]. 10. listopadu 2021 [cit. 2021 10-10]. Dostupné z https://jindrichohradecky.denik.cz/zpravy_region/v-dacicich-vyhrala-krizovatka-se-semafory-podporilo-ji-3-092-lidi-20211010.html.

ROZSUDEK NEJVYŠŠÍHO SPRÁVNÍHO SOUDU (NSS), 2006. *zn.: 3 As 24/2005-73 ze dne 02.08.2006*. Provoz na pozemních komunikacích: priorita přenosných dopravních značek.

ROZSYPAL, Alexandr, 2008. *Inženýrské stavby: řízení rizik.* Bratislava: JAGA. ISBN 9788080760663.

SKLÁDANÝ, Pavel a TUČKA, Pavel, 2019. *Bezpečnostní inspekce a analýza nehodovosti na křižovatce I/49 a II/491 u obce Lípa*. Centrum dopravního výzkumu v.v.i.

STRIEGLER, Radim a SIMONOVÁ, Eva, 2012. *Metodika provádění auditu bezpečnosti pozemních komunikací*. Centrum dopravního výzkumu v.v.i.

STRIEGLER, Radim, 2013. *Metodika popisující postup pro úpravu křižovatek*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, ISBN 978-80-86502-68-7.

ŠIROKÝ, Jaromír, 2018. *Technologie dopravy*. Čtvrté doplněné vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice, ISBN 978-80-7560-159-9.

ŠUBRT, Tomáš, 2019. *Ekonomicko-matematické metody*. 3. upravené a rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, ISBN 978-80-7380-762-7.

NOVÁK, Radek, 2018. *Mezinárodní silniční nákladní přeprava a zasílatelství*. V Praze: C.H. Beck. ISBN 9788074000416.

SAATY, Thomas L, 2004. *Decision making – the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP).* Journal of Systems Science and Systems Engineering. ISSN 1004-3756/04/1301/1

VYSKOČILOVÁ, Alena; TECL, Jan; VALACH, Ondřej a AMBROS, Jiří, 2017. Aktualizovaná Metodika výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích. Centrum dopravního výzkumu v.v.i. ISBN 978-80-88074-50-2.

YOE, Charles E, 2019. *Principles of risk analysis: decision making under uncertainty.* Second edition. Boca Raton: CRC Press, ISBN 978-1-138-47820-6.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DZ Dopravní značení

AOPK Agentura ochrany přírody a krajiny

NKÚ Nejvyšší kontrolní úřad

SSZ Světelné signalizační zařízení

VDZ Vodorovní dopravní značení

ŽP Životní prostředí

CDV Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

MD Ministerstvo dopravy

DOSS Dotčený orgán státní správy

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Průchozí bariéry proti ptactvu (zdroj ŘSD) 17

Obrázek 2 Příklad využití jízdního pruhu pouze pro spolujízdu (zdroj https://www.thenewstribune.com) 18

Obrázek 3 Délka dálnic dle krajů (Ročenka dopravy 2022, zpracování vlastní) 22

Obrázek 4 Délka silnic dle krajů (Ročenka dopravy 2022, zpracování vlastní) 23

Obrázek 5 příklad pro vysvětlení (zdroj centrum dopravního výzkumu v.v.i., upraveno vlastní) 31

Obrázek 6 Hlasovací lístek s vyjádřením počtu kolizních bodů, zdroj jindrichohradecky.denik.cz 33

Obrázek 7 Proces vyřízení povolení (zpracování vlastní) 38

Obrázek 8 Průběh silnice I/49 (zdroj mapy.cz) 47

Obrázek 9 Letecký pohled na křižovatku (zdroj Mapy.cz) 48

Obrázek 10 Vliv přivedení dálnice D49 (zdroj ŘSD) 49

Obrázek 11 Rozsáhlé neusměrněné plochy (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019/ u obrázku vlevo/ zpracování vlastní) 51

Obrázek 12 Velké triangly (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 51

Obrázek 13 Nejasná hranice křižovatky (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 52

Obrázek 14 Absence levého odbočovacího pruhu (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 52

Obrázek 15 Nelegální levý odbočovací manévr (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 53

Obrázek 16 Skrytí vozidla (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 53

Obrázek 17 Dlouhé čekání na vjezd na I/49 (zdroj bezpečnostní inspekce. 2019) 54

Obrázek 18 Konflikty na konci připojovacího pruhu (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 55

Obrázek 19 Špatný stav krajnic (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 56

Obrázek 20 Sjezd na pole (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 56

Obrázek 21 vyústění turistické trasy na I/49 (zdroj bezpečnostní inspekce,2019) 57

Obrázek 22 Nevhodné rozmístění dopravních značek (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 58

Obrázek 23 příklad vhodného umístění návěsti (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 59

Obrázek 24 strmý náběh dopravního stínu (zdroj bezpečnostní inspekce, 2019) 59

Obrázek 25 Struktura nákladů z dopravní nehodovosti (zdroj CDV, zpracování vlastní) .. 68

Obrázek 26 Příklad užití baliset (zdroj Observatoř bezpečnosti silničního provozu) 69

Obrázek 27 Možnost úpravy křižovatky (zdroj ŘSD) 72

Obrázek 28 Přestavba na okružní křižovatku (zdroj ŘSD) 73

Obrázek 29 Graf ekonomického srovnání úprav křižovatky Lípa (zdroj CDV) 92

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Typy a usměrnění úrovňových křižovatek (zdroj ČSN 73 6102)..... 30
Tabulka 2 Typy a usměrnění mimoúrovňových křižovatek (zdroj ČSN 73 6102) 31
Tabulka 3 Shrnutí rizik (zpracování vlastní) 60
Tabulka 4 Shrnutí dopravních nehod (zdroj nehody.cdv.cz)..... 61
Tabulka 5 Shrnutí dopravních nehod (zdroj nehody.cdv.cz, zpracování vlastní)..... 62
Tabulka 6 Matice rizika (zpracování vlastní) 63
Tabulka 7 Hodnocení rizik (zpracování vlastní)..... 63
Tabulka 8 Návrh opatření What – if (zpracování vlastní) 66
Tabulka 9 Vývoj hodnoty jednotkových nákladů v tis. Kč (zdroj centrum dopravního výzkumu v.v.i.) 67
Tabulka 10 Shrnutí variant z hlediska snížení a odstranění rizik (zpracování vlastní) 74
Tabulka 11 Vyhodnocení stanovení kritérii (zpracování vlastní)..... 78
Tabulka 12 Hodnoty kritérií zvolených variant úpravy křižovatky (zpracování vlastní)..... 82
Tabulka 13 Vyčíslení ekonomických ztrát z dopravní nehodovosti (CDV, zpracování vlastní) 86
Tabulka 14 Vyčíslení nákladů pro variantu I (zpracování vlastní)..... 87
Tabulka 15 Vyčíslení nákladů pro variantu II (zpracování vlastní) 88
Tabulka 16 Vyčíslení nákladů pro variantu III (zpracování vlastní) 89
Tabulka 17 Srovnání ekonomického hodnocení (zpracování vlastní)..... 91
Tabulka 18 Rizika v procesu schválení místní úpravy provozu (zpracování vlastní) 95
Tabulka 19 Rizika v procesu schválení dle stavebního zákona (zpracování vlastní)..... 97

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Dotazníkové šetření č. 1

PŘÍLOHA P I: DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ Č.1

Dotazník (č. 1) ke stanovení hodnotících kritérií

Jméno a přímení experta:	Ing. Emilie Klinkovská
Organizace:	
Pracovní zařazení:	Krajský úřad Zlínského kraje Vedoucí oddělení silničního hospodářství

Kritérium	Významnost
A. Celospolečenské zájmy	
A.1 Bezpečnost silničního provozu	5
A.2 Plynulost silničního provozu	5
A.3 Vliv stavby na územní rozvoj	4
B. Vliv na životní prostředí a okolí stavby	
B.1 Hluková zátěž území	1
B.2 Exhalace z provozu po pozemních komunikací	2
B.3 Zásah do krajinného rázu	3
B.4 Vliv stavby na přístup do krajiny	3
B.5 Možnost kontaktu s biokoridory a biocentry	3
B.6 Zábor zemědělského půdního fondu	3
B.7 Zábor pozemků určených k plnění funkce lesa	3
B.8 Vliv stavby na vodohospodářské poměry v území	4
B.9 Množství a nakládání s odpady	1
B.10 Zásah do lokalit NATURA 2000	3
C. Užitek účastníků silničního provozu	
C.1 Cestovní komfort	4
C.2 Jízdní doba tranzitní dopravy	3
C.3 Dopravní obsluha daného území	5

C.4 Omezení provozu při realizaci	2
D. Zájmy vlastníka pozemní komunikace	
D.1 Investiční náklady na realizaci stavby	5
D.2 Proveditelnost stavby	3
D.3 Náklady na provoz a údržbu	4
D.4 Majetkoprávní vypořádaní	2

Bodová stupnice významnosti:

1 – zanedbatelné

2 – málo významné

3 – významné

4 – velmi významné

5 – značně významné

Dotazník (č. 1) ke stanovení hodnotících kritérií

Jméno a přímení experta:	*Ing. Miroslav Šenkýř*
Organizace:	Ředitelství silnic a dálnic s. p., Správa Zlín
Pracovní zařazení:	*Vedoucí úseku výstavby*

Kritérium	Významnost
A. Celospolečenské zájmy	
A.1 Bezpečnost silničního provozu	5
A.2 Plynulost silničního provozu	3
A.3 Vliv stavby na územní rozvoj	3
B. Vliv na životní prostředí a okolí stavby	
B.1 Hluková zátěž území	3
B.2 Exhalace z provozu po pozemních komunikací	3
B.3 Zásah do krajinného rázu	2
B.4 Vliv stavby na přístup do krajiny	1
B.5 Možnost kontaktu s biokoridory a biocentry	3
B.6 Zábor zemědělského půdního fondu	2
B.7 Zábor pozemků určených k plnění funkce lesa	2
B.8 Vliv stavby na vodohospodářské poměry v území	3
B.9 Množství a nakládání s odpady	3
B.10 Zásah do lokalit NATURA 2000	5
C. Užitek účastníků silničního provozu	
C.1 Cestovní komfort	2
C.2 Jízdní doba tranzitní dopravy	2
C.3 Dopravní obsluha daného území	2
C.4 Omezení provozu při realizaci	2

D. Zájmy vlastníka pozemní komunikace	
D.1 Investiční náklady na realizaci stavby	5
D.2 Proveditelnost stavby	3
D.3 Náklady na provoz a údržbu	3
D.4 Majetkoprávní vypořádaní	3

Bodová stupnice významnosti:

1 – zanedbatelné

2 – málo významné

3 – významné

4 – velmi významné

5 – značně významné

Dotazník (č. 1) ke stanovení hodnotících kritérií

Jméno a přímení experta:	kpt. Ing. Juraj Pipiš, DiS.
Organizace:	Krajské ředitelství policie Zlínského kraje
Pracovní zařazení:	Vrchní komisař, odbor služby dopravní policie

Kritérium	Významnost
A. Celospolečenské zájmy	
A.1 Bezpečnost silničního provozu	5
A.2 Plynulost silničního provozu	5
A.3 Vliv stavby na územní rozvoj	3
B. Vliv na životní prostředí a okolí stavby	
B.1 Hluková zátěž území	1
B.2 Exhalace z provozu po pozemních komunikací	1
B.3 Zásah do krajinného rázu	1
B.4 Vliv stavby na přístup do krajiny	1
B.5 Možnost kontaktu s biokoridory a biocentry	1
B.6 Zábor zemědělského půdního fondu	1
B.7 Zábor pozemků určených k plnění funkce lesa	1
B.8 Vliv stavby na vodohospodářské poměry v území	1
B.9 Množství a nakládání s odpady	1
B.10 Zásah do lokalit NATURA 2000	1
C. Užitek účastníků silničního provozu	
C.1 Cestovní komfort	4
C.2 Jízdní doba tranzitní dopravy	4
C.3 Dopravní obsluha daného území	4
C.4 Omezení provozu při realizaci	5

D. Zájmy vlastníka pozemní komunikace	
D.1 Investiční náklady na realizaci stavby	2
D.2 Proveditelnost stavby	4
D.3 Náklady na provoz a údržbu	2
D.4 Majetkoprávní vypořádání	2

Bodová stupnice významnosti:

1 – zanedbatelné

2 – málo významné

3 – významné

4 – velmi významné

5 – značně významné

Dotazník (č. 1) ke stanovení hodnotících kritérií

Jméno a přímení experta:	Bc. Dalibor Drkal (autor práce)
Studijní obor:	Bezpečnost společnosti
Specializace studia:	Rizikové inženýrství

Kritérium	Významnost
A. Celospolečenské zájmy	
A.1 Bezpečnost silničního provozu	5
A.2 Plynulost silničního provozu	5
A.3 Vliv stavby na územní rozvoj	3
B. Vliv na životní prostředí a okolí stavby	
B.1 Hluková zátěž území	1
B.2 Exhalace z provozu po pozemních komunikací	1
B.3 Zásah do krajinného rázu	1
B.4 Vliv stavby na přístup do krajiny	1
B.5 Možnost kontaktu s biokoridory a biocentry	1
B.6 Zábor zemědělského půdního fondu	3
B.7 Zábor pozemků určených k plnění funkce lesa	1
B.8 Vliv stavby na vodohospodářské poměry v území	3
B.9 Množství a nakládání s odpady	1
B.10 Zásah do lokalit NATURA 2000	1
C. Užitek účastníků silničního provozu	
C.1 Cestovní komfort	4
C.2 Jízdní doba tranzitní dopravy	3
C.3 Dopravní obsluha daného území	2
C.4 Omezení provozu při realizaci	5

D. Zájmy vlastníka pozemní komunikace

D.1 Investiční náklady na realizaci stavby	5
D.2 Proveditelnost stavby	2
D.3 Náklady na provoz a údržbu	3
D.4 Majetkoprávní vypořádaní	3