



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA DOPRAVNÍ

Jiří Vondrášek

PROGRESIVNÍ PRVKY INFRASTRUKTURY ZVYŠUJÍCÍ BEZPEČNOST NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH

Bakalářská práce

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K616.....Ústav dopravních prostředků

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jiří Vondrášek

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Progresivní prvky infrastruktury zvyšující bezpečnost na pozemních komunikacích**

Název tématu (anglicky): Progressive elements of road infrastructure that serve to increase safety

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Prostudujte a vyhledejte nekonvenční prvky infrastruktury, které mají za cíl zvyšovat bezpečnost na pozemních komunikacích
- Prostudujte příčiny nehod na stávajících typech komunikací a navrhňte vhodnou implementaci bezpečnostních prvků
- Vyberte vhodný úsek reálné komunikace a navrhňte implementaci zkoumaných prvků zvyšujících bezpečnost
- Na vybraném úseku komunikace proveďte experiment za pomoci vozidlového simulátoru, který ověří funkčnost navrženého opatření



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: PŘIBYL, Pavel a Miroslav SVÍTEK. Inteligentní dopravní systémy. Praha: BEN - technická literatura, 2001. ISBN 80-7300-029-6.

ROOSEGAARDE, Daan. SMART HIGHWAY [online]. 2012 [cit. 2018-01-04]. Dostupné z: <https://www.studioroosegaarde.net/project/glowing-lissaa>

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Alina Mashko
doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

22. června 2017

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce:

13. června 2018

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Jiří Vondrášek
jméno a podpis studenta

V Praze dne 22. června 2017

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této bakalářské práce. Chtěl poděkovat Ing. Alina Mashko za odborné vedení a doc. Ing. Stanislavovi Novotnému Ph.D za pomoc a konzultace při psaní této bakalářské práce. Dále bych chtěl jmenovitě poděkovat Ing. Adamu Orlickému a Janu Válkovi za pomoc po celou dobu studia na Dopravní fakultě.

Chtěl bych také poděkovat studiu Roosegarden z Nizozemí za poskytnutí materiálů pro tvorbu práce. V neposlední řadě děkuji rodičům a blízkým za morální a materiální podporu v průběhu celého studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 13. června 2018

.....

Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

PROGRESIVNÍ PRVKY INFRASTRUKTURY ZVYŠUJÍCÍ BEZPEČNOST NA POZEMNÍCH
KOMUNIKACÍCH

Bakalářská práce

červen 2018

Jiří Vondrášek

ABSTRAKT

Bakalářská práce „Progresivní prvky infrastruktury zvyšující bezpečnost na pozemních komunikacích“ se zaměřuje na zkoumání prvků zvyšující bezpečnost na komunikacích.

V teoretické části jsou popsány a vysvětleny běžně používané i nekonvenční prvky. Je zde také popsána a zhodnocena nehodovost v České republice a její časté příčiny. V praktické části je popsán experiment na vozidlovém simulátoru, který zkoumá možný vliv světelných pruhů na zvýšení bezpečnosti a chování řidiče. Vyhodnocují se subjektivní názory z dotazníku a získaná data z experimentu.

Key words: Světelné pruhy, Bezpečnost, Doprava, Smart Highway

PROGRESIVE ELEMENTS OF ROAD INFRASTRUCTURE THAT SERVER TO INCREASE
SAFETY

Bachelor thesis

June 2018

Jiří Vondrášek

ABSTRACT

Bachelor thesis „Progressive elements of road infrastructure that serve to increase safety“ is focused on exploration of safety enhancing elements on the roads.

In the theoretical part commonly used elements as well as unconventional elements are described and explained. Traffic accident analysis including their types and causes is then provided. Practical part provides the description of experiment on a vehicle simulator to study the possible effects of Glowing lanes on safety increase and driving behavior. The study results are represented by analyses of subjective data obtained from questionnaires and experimental data of driving behavior.

Key words: Glowing Lines, Safety, Traffic, Smart Highway

Obsah

Obsah	6
Úvod	8
Teoretická část	10
1 Nehodovost	10
1.1 Druhy nehod	10
1.2 Silnice číslo I/11	11
2 Bezpečnostní prvky infrastruktury	14
2.1 Používané bezpečnostní prvky infrastruktury	14
2.1.1 Únikové zóny	14
2.1.2 Zařízení pro provozní informace (ZPI)	15
2.1.3 Vodorovné značení na silnici	17
2.2 Nekonvenční bezpečnostní prvky infrastruktury	17
2.2.1 Rumble strips	18
2.2.2 Automatické rozmrazování silnic	19
2.2.3 Svodidla z točivých barelů	20
2.2.4 Tichý asfalt	21
3 Vybrané bezpečnostní asistenční systémy ve vozidlech	22
3.1 Adaptivní světlometry	22
3.2 Lane assist	22
4 Smart Highway	24
4.1 Dynamic lines	24
4.2 Proměnné vodorovné značení teploty vozovky	24
4.3 Daan Roosegaarde	25
4.4 Glowing Lines	25
4.4.1 Fotoluminiscenční barva	26
4.4.2 Možná aplikace Glowing Lines v ČR	27
Praktická část	29
5 Experiment	29
5.1 Cíle experimentu	29
5.2 Vozidlový simulátor	29
5.3 Trasa pro simulátor	29
5.4 Popis experimentu	30
5.5 Dotazník	31
5.5.1 Úvodní část dotazníku	32
5.5.2 Druhá část dotazníku zaměřená na vyzářovací pruhy	32

5.6	Měření na simulátoru	33
5.6.1	Vzorek probandů	35
6	Vyhodnocení dat	36
6.1	Vyhodnocení dotazníku	36
6.2	Vyhodnocení rychlosti	38
6.3	Vyhodnocení plochy vyjetí z pruhu	39
6.4	Detailní zhodnocení probanda	40
7	Vyhodnocení vlivu a přínosu světelných proužků v dopravě	43
	Závěr	44
	Seznam použitých značek a symbolů	46
	Seznam použité literatury a zdrojů informací	47
	Seznam obrázků a tabulek	49
	Seznam použitého softwaru	51
	Seznam příloh	52

Úvod

Doprava je v dnešní době nedílnou součástí každodenního života každého z nás. Zatím největší podíl stále zastává automobilová, a i když i ostatní druhy dopravy se dnes také využívají. Automobilová doprava bude velice důležitá i pro budoucnost, v jaké to bude formě, zda zůstanou auta tak jak je známe dnes, a nebo dojde k nějaké zásadní změně, to bude záležet na postupném vývoji.

Silnice a infrastruktura s ní spojená, je důležitý prvek při provozu jakékoliv dopravy. U automobilové hraje stav vozovky a zajištění bezpečnosti velmi důležitý faktor.

Vývoj automobilů jde velkou rychlostí dopředu, používají se různé asistenční a automatické systémy, senzory, navigace a další zařízení podporující řidiče a usnadňují mu řízení přímo v autě. Tyto systémy a nástroje, ale vždy slouží primárně pouze automobilu, řidiči který je schopný si zaplatit lepší výbavu. Budování silnice je na rozdíl oproti automobilového průmyslu, převážně v režii státu v podobě výstavby, vlastnění, správy. Tomu odpovídají velké rozdíly v přístupu k zavedení moderních technologií pro zlepšení bezpečnosti na silnicích.

Počty nehod na silnicích stále rostou za poslední roky, i když se daří snižovat jejich následky, klesá počet mrtvých a těžce zraněných. Je však také důležité se zaměřit na příčiny těchto dopravních nehod a na opatření které by pomohli řidiči při jízdě, tak aby se vyvaroval případných chyb, které mohou mít vážné následky.

Pro všechny uživatele je silnice stejná, a proto by měl být na její stav, zabezpečení a prvky informovanosti, kladen zvýšený důraz. Každé auto, nové anebo i desítky let staré, jezdí po stejné infrastruktuře, neexistuje žádná silnice pro lepší, novější auta, a i když tento nápad by byl teoreticky zajímavý v praxi je neřešitelný. Má práce se zaměřuje na zkvalitnění stávajících silnic pro všechny řidiče bez rozdílu značky vozidla.

Provozní inspirací ke zpracování této bakalářské práce byla pro mne zmínka o možném způsobu vylepšení silnic, z hlediska bezpečnosti, pomocí světelných pruhů literatury [1]. V tomto případě se nejednalo primárně o bezpečnostní prvek, ale převážně o vizuální experiment. Jednalo se o projekt nizozemské firmy z roku 2013, který od té doby nebyl nijak více rozvíjen. Ve své práci jsem použil novou, zatím testovanou technologii, nazývanou světelné postranní pruhy. Toto je jedna z věcí, která by se dala patřila do kategorie silnic budoucnosti. Sám, jako řidič, jsem tento projekt viděl, jako velice přínosný, zejména při jízdě v noci.

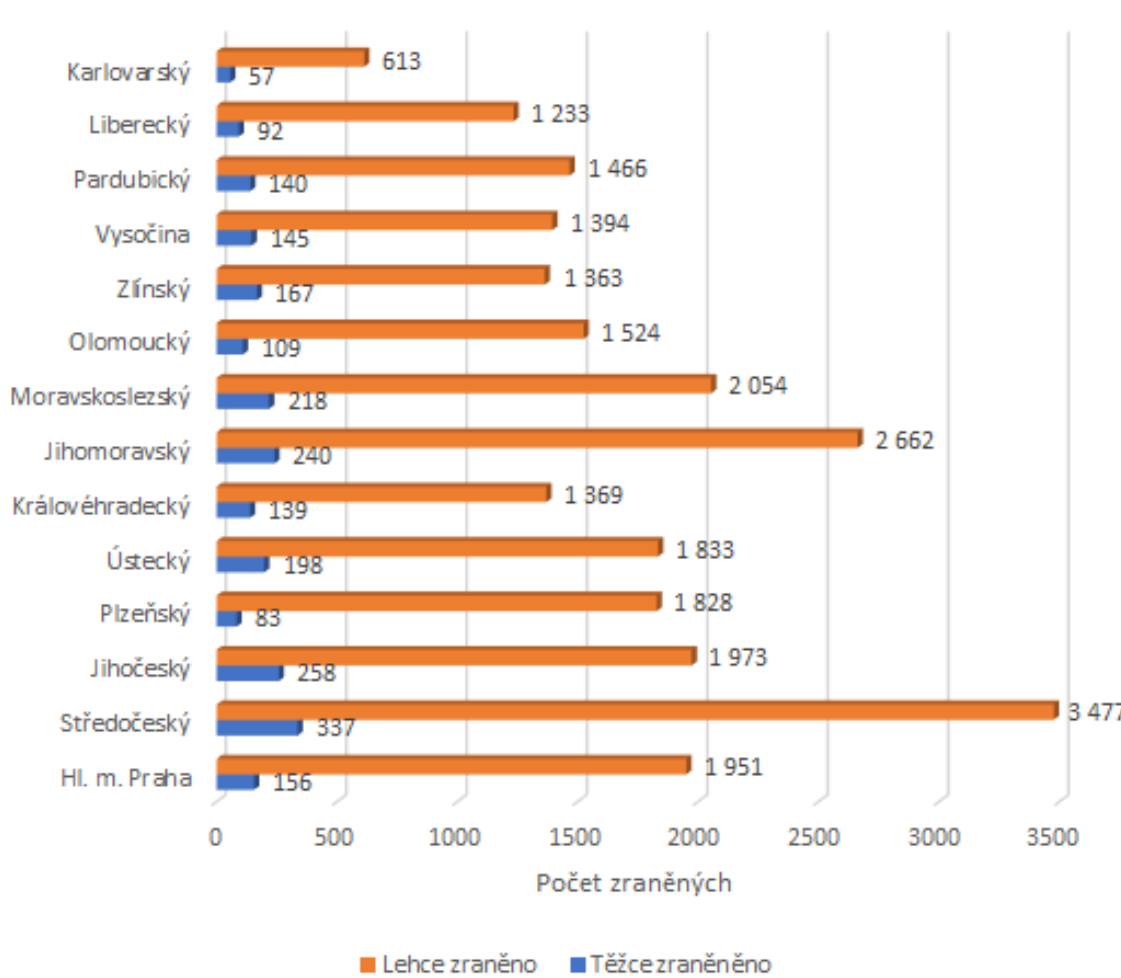
Základní je myšlenka prozkoumání a prokázání možného přínosu této technologie v noci za zhoršené viditelnosti. Následné zavedení v praxi by mělo vést ke snížení počtu nehod a zvýšení bezpečnosti na českých komunikacích. Pracnost, výroba této technologie a její instalace na reálné silnice, by byla nad mou kapacitu. Proto jsem se rozhodl využít již existující simulátor automobilu a vytvoření vlastního experimentu. Vymodeloval jsem trasu představující možnou reálnou situaci. Tento způsob testování je bezpečný oproti přímému použití v provozu, kde by tato instalace mohla vyvolat nepředvídatelné reakce.

Moje práce by měla ukázat, zda a jak dokáží světelné pruhy na vozovce pomoci řidiči a o kolik zvýší bezpečnost při jízdě v noci. V případě prokázání pozitivních výsledků této technologie, by se mohl uspořádat výzkum a rozvoj tohoto bezpečnostního vylepšení.

V první části bakalářské práce popisuji stav na českých komunikacích za poslední rok, ale i z dlouhodobého hlediska. Dále se zaměřuji na běžně používané bezpečnostní prvky na silnicích a přecházím k nekonvenčním prvkům, které se využívají u nás i v zahraničí. Volně přecházím k mnou vybranému bezpečnostnímu prvku světelné pruhy a popisuji jejich možné využití. Druhou část bakalářské práce věnuji popisu mnou navrženému experimentu. Popisu přípravu testovací tratě a měření na dopravním simulátoru. V poslední části práce se nachází vyhodnocení výsledků a shrnutí závěrů, které tato práce přinesla.

1 Nehodovost

V České republice se každých pět minut a tři desetiny sekundy stane jedna dopravní nehoda. Na každý den připadá hodnota škody způsobená dopravní nehodou na 60 miliónů korun. Každých 18 hodin zemřel na silnicích jeden člověk. Za poslední rok 2017 bylo nejvíce dopravních nehod za posledních 8 let. Celkem bylo 103 821 nehod na našem území. Za rok 2017 bylo celkem zraněno 27 079 osob z toho 2 339 těžkých zranění a 24 740 lehkých. Nejvíce zraněných bylo ve Středočeském kraji. [17]

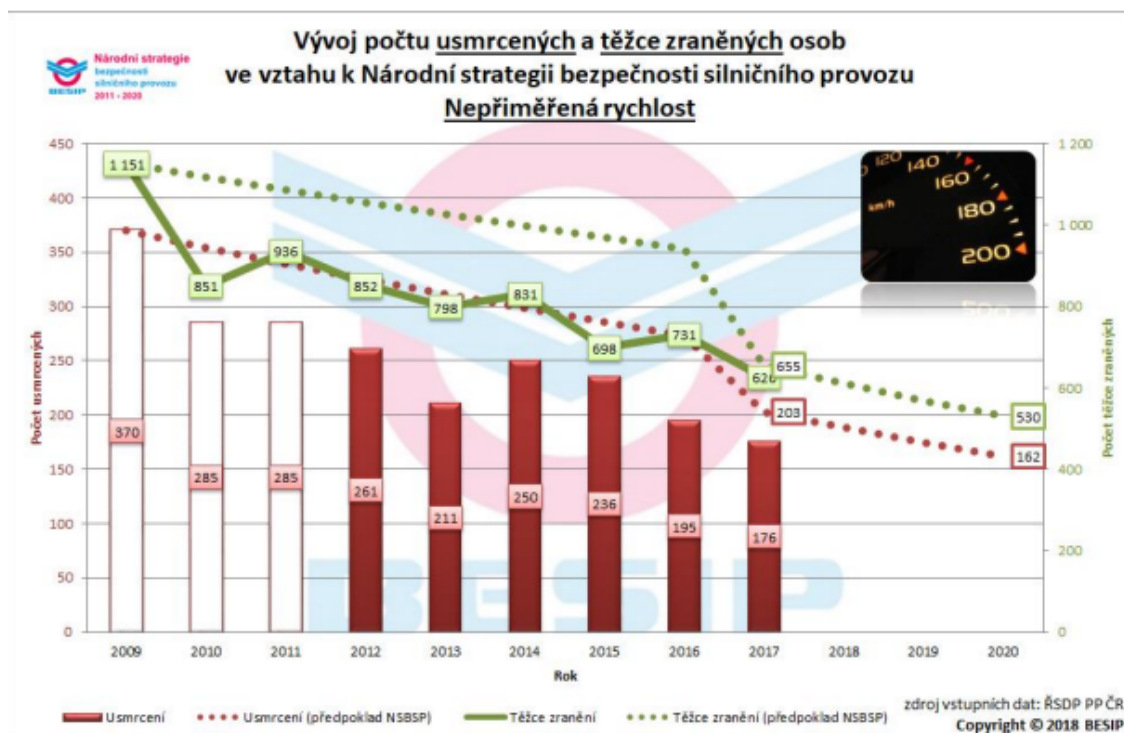


Obrázek 1: Graf nehodovosti za rok 2017 dle krajů

1.1 Druhy nehod

Dle plánu Národní strategie bezpečnosti silničního provozu (NSBSP) zpráva BESIPu z roku 2017 uvádí, že naštěstí nebyl naplněn celoroční předpoklad zraněných a usmrcených osob na pozemních komunikacích. Podíl usmrcených a těžce zraněných osob dopravních nehod, konkrétně v důsledku nepřiměřené rychlosti, klesá. Za posledních 10 let došlo k poklesu

o více jak 50 % (Obr. 2). Například z celkového počtu nehod v minulém roce bylo 28 % těžce zraněných osob v důsledku nedání přednosti v jízdě a 27 % kvůli nepřiměřené rychlosti. [16]



Obrázek 2: Vývoj počtu usmrcených a zraněných kvůli nepřiměřené rychlosti

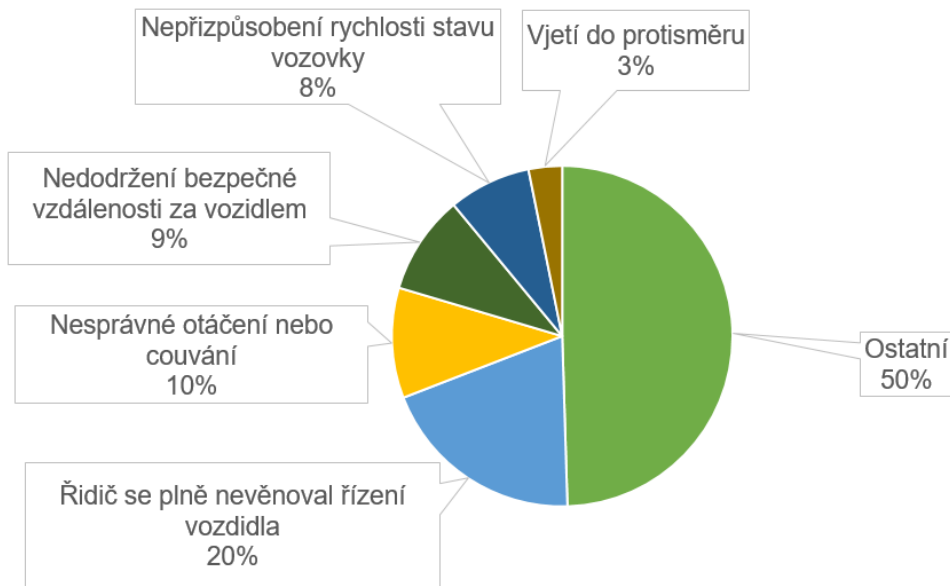
Z celkového počtu nehod řidiči motorového vozidla je 3,18% zaviněných vjetím do protisměru. Což je poměrně vysoké číslo a je zajímavé se zaměřit proč se tomu tak děje a hlavně jak toto co nejvíce snížit. Mnou navrhované vyzařovací pruhy, které jsou popsány v dalších kapitolách, jsou jednou z variant, které by mohly pomoci. Nevěnování se plně řízení motorového vozidla je nejčastějším důvodem nehodovosti. Nevěnování se řízení má mnoho podob a i na tuto problematiku je potřeba se zaměřit.

Prošel jsem údaje jednotné dopravní vektorové mapy (JDVM)[14] o nehodovosti na silnicích první třídy. Zaměřil jsem se na období posledních deseti let. Zkoumal jsem nehody, při kterých nedošlo k požití alkoholu, staly se v noci, bez veřejného osvětlení a se sníženou viditelností. Hledání jsem zúžil pouze na druh nehody srážka s pevnou překážkou, typ vozidla jsem neuvažoval.

Šlo převážně o nehody se zvýšenou rychlostí a špatnými rozhledovými podmínkami řidiče. Převážně mě zajímalo nezvládnutí řízení, náraz do svodidel, stromu a jiných překážek.

1.2 Silnice číslo I/11

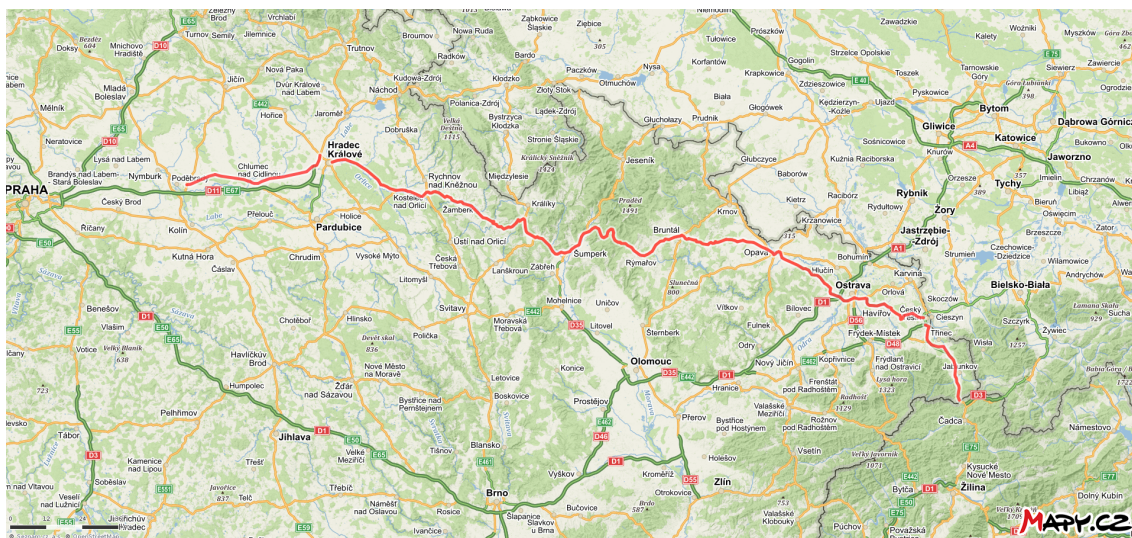
Nejhůře vyšla silnice s označením I/11 v oblasti severní Moravy, na kterou jsem se také detailně zaměřil a prozkoumal důvody vysoké nehodovosti. Jedná se o nejdelší silnici první třídy v Čechách, silnice měří 374,4 km. Začíná na kruhovém objezdu za městem Poděbrady, pokračuje do Hradce Králové dále přes Šumperk, Opavu, Ostravu až ke slovenským hranicím.



Obrázek 3: Graf pěti nejčastějších příčin nehod za rok 2017

Tato silnice je velmi vytížená, slouží jako páteřní síť ve směru západ-východ v České republice. Silnice je vedena v intravilánu převážně v zalesněné části s mírnými zatáčkami.

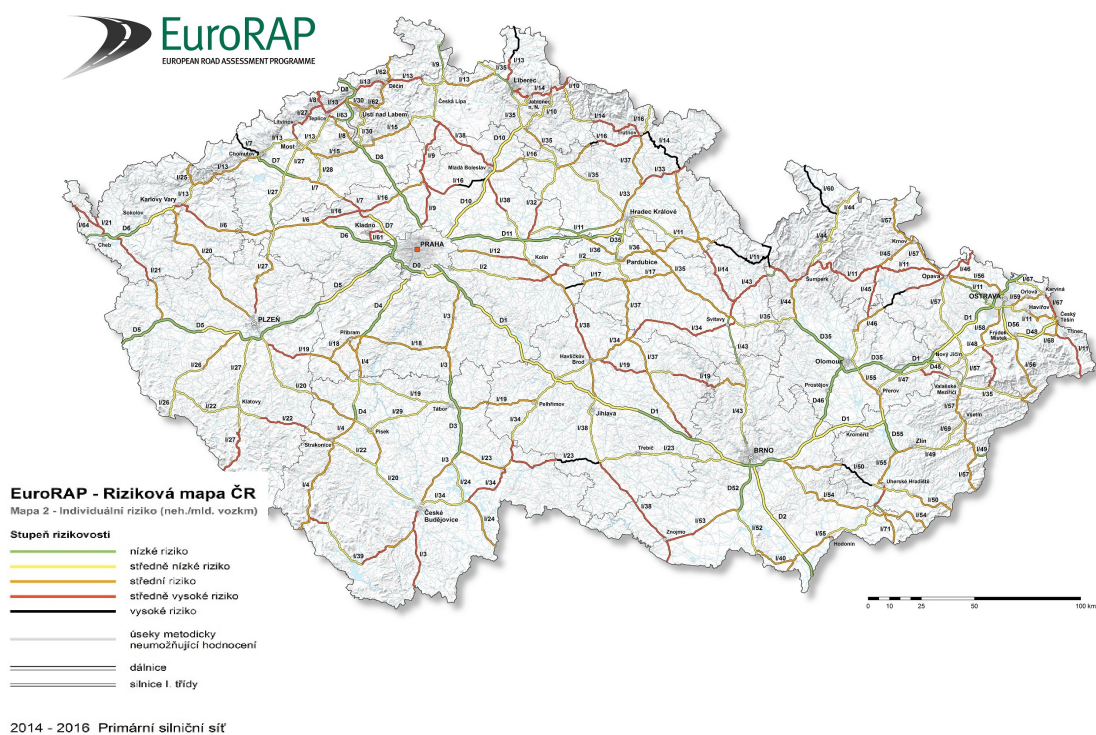
Pomocí údajů z jednotné dopravní vektorové mapy jsem zpracoval pro silnici I/11 detailnější tabulku s výčtem nehod v noci za zhoršené viditelnosti za posledních deset let s následkem na zdraví (Tab. 1). Počet nehod na rovném úseku je téměř identický s nehodami v zatáčce, pokud připočteme ještě nehody po projetí zatáčkou, tak nehod na rovném úseku je více. Řidič si myslí, že vidí dlouhý rovný úsek a může zrychlit, ale následně se pro něj situace velmi rychle změní, protože ve skutečnosti nemá dostatečný přehled o trase před sebou a v důsledku toho způsobí dopravní nehodu. Všechny nehody způsobené na této komunikaci byly kvůli rychlosti a lišily se pouze podmínkami vzniku. Zaměřil jsem se na tento problém a i proto jsem vymodeloval rovnější trasy do simulátoru v praktické části bakalářské práce.



Obrázek 4: Detail vedení silnice I/11

Tabulka 1: Příčiny nehod na silnici I/11 za snížené viditelnosti

Č.	Příčina nehody	Směrové poměry	Druh pevné překážky	Místo
1	Špatný stav vozovky	přímý úsek	prvek komunikace	louka
2	Špatná viditelnost	kruhový objezd	prvek komunikace	intravilán
3	Špatný stav vozovky	přímý úsek	strom	louka
4	Neodhadnutí vedení trasy	zatáčka	strom	les
5	Špatný stav vozovky	zatáčka	strom	louka
6	Špatný stav vozovky	zatáčka	prvek komunikace	les
7	Špatný stav vozovky	zatáčka	svodidlo	les
8	Neodhadnutí vedení trasy	po vyjetí ze zatáčky	součástí komunikace	louka
9	Špatný stav vozovky	po vyjetí ze zatáčky	telefonní sloup, podjezd	louka
10	Špatný stav vozovky	zatáčka	prvek komunikace	louka
11	Špatná viditelnost	přímý úsek	svodidlo	les
12	Neodhadnutí vedení trasy	zatáčka	prvek komunikace	louka
13	Neodhadnutí vedení trasy	zatáčka	svodidlo	les
14	Špatný stav vozovky	přímý úsek	strom	intravilán



Obrázek 5: Mapa nehod 2014 až 2016

2 Bezpečnostní prvky infrastruktury

2.1 Používané bezpečnostní prvky infrastruktury

Používání bezpečnostních prvků v dopravě je nezbytné pro ochranu cestujících a snížení materiálních škod. Se zvyšující se rychlostí automobilů se zlepšují i jejich ochranné prvky, ale je potřeba se zaměřit i na infrastrukturu. Příklady nejpoužívanějších bezpečnostních prvků, které se používají u nás i po celém světě je níže, nejsou uvedeny všechny. Dále v textu jsou popsány pouze první tři.

- Únikové zóny
- ZPI (Zařízení pro provozní informace)
- Vodorovné značení
- Svodidla
- Směrové sloupky
- Dopravní značky

2.1.1 Únikové zóny

Na pozemních komunikacích vznikají speciální únikové zóny, které slouží k zpomalení a nebo zastavení jedoucího vozidla v případě přehřátí nebo selhání brzd. Jedná se o ochranu uživatelů vozovky a jejího okolí před možnými nehodami. Úkolem únikové zóny je pohltit co největší část kinetické energie vozidla a zamezit nebo snížit poškození vozidla a ochránit tak posádku. Toto bezpečnostní opatření se instaluje na místech s větším podélným sklonem.

Únikové zóny se umísťují na dálnicích, rychlostních silnicích a i na ostatních komunikacích. Důležitý faktor, který rozhoduje o umístění je počet nehod v dané oblasti a podélný sklon v závislosti na klesání vozovky, který vychází z TP 57. [21]

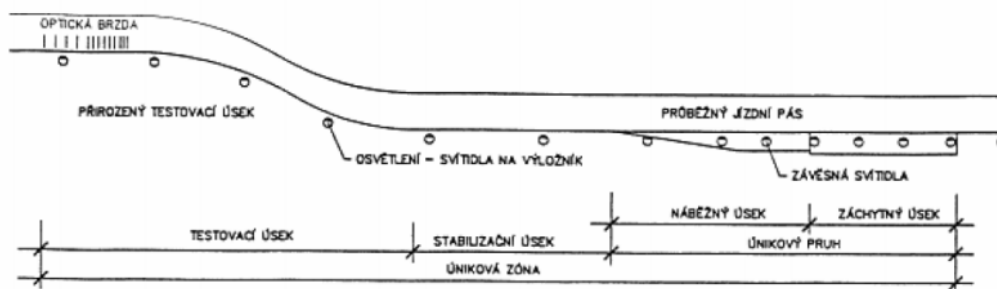
Únikové zóny dělíme na souběžné a samostatné, podle umístění únikového pruhu. Úniková zóna se skládá z testovacího a stabilizačního úseku, po nich následuje samotný únikový pruh u kterého rozlišujeme náběžný a záchytný úsek.

Testovací úsek je součástí pravého pruhu, kde řidič ověřuje, zda brzdový systém na jeho vozidle vykazuje dostatečnou účinnost a musí se zde rozhodnout, jestli únikovou zónu využije nebo ne. Tento úsek musí zahrnovat navazující protisměrné směrové oblouky, aby každý řidič byl přinucen použít brzdový systém. V testovacím úseku by také měla být stálá svislá dopravní značka IP5

Stabilizační úsek slouží ke směrové stabilizaci vozidla před najetím do únikového pruhu a také dává čas na to, aby se řidič vozidla mohl na vjezd do únikového pruhu psychicky připravit. Tento úsek musí být u každé únikové zóny. Nachází se v přímé části pozemní komunikace a jeho délka je okolo 200 m.

Náběžný úsek je zpevněná plocha mezi pozemní komunikací a záchytným úsekem. Tento úsek je přímý a na ploše náběžného úseku je vyznačena červenobílá šachovnice.

Záchytný úsek slouží k úplnému zastavení vozidla, které má poruchu brzdového systému. V tomto úseku dochází k úplnému pohlcení veškeré kinetické energie. Záchytné úseky většinou tvoří kombinace brzdného lože, záchytného valu a protisklonu. Brzdné lože je nejdůležitější částí a je tvořeno vrstvou oblázků, které se ve styku s koly otáčejí a spotřebovávají velké množství energie.



Obrázek 6: Znázornění únikové zóny

Lze také využít deformovatelné překážky a pevné překážky. Deformovatelné překážky se zřizují na místech, kde není možné navrhnout optimální délku brzdného lože a za únikovým pruhem následuje velký výškový rozdíl. Jsou tvořeny ojetými pneumatikami, sadou dřevěných zábran, záchytnými sítěmi atd. Naproti tomu překážky se navrhují jen ve stísněných podmínkách a ve zvláště odůvodněných případech. Jedná se o masivní bloky, které slouží k zachycení vozidla, jež nebylo zachyceno v brzdném loži. Pevná překážka bývá chráněna deformovatelnou překážkou. Samostatné užití pevné překážky bez brzdného lože se nenavrhuje. [4] [5]

Aby mohla úniková zóna správně plnit svoji funkci, je nutná správná a pravidelná údržba. Po každém použití záchytného úseku je třeba znovu upravit materiál brzdného lože a srovnat jeho plochu. Pokud došlo k úniku nebezpečných látek, je třeba veškerý kontaminovaný materiál odstranit, vyčistit dno brzdného lože a navézt nový materiál. I když nedojde k použití záchytného úseku, je nutná pravidelná údržba. Každá úniková zóna má svůj provozní řád, ve kterém jsou přiblíženy jednotlivé postupy údržby a jejich intervaly.

2.1.2 Zařízení pro provozní informace (ZPI)

Zařízení pro provozní informace zkráceně ZPI se používá pro zobrazení informace řidiči. Je složena ze světelných bodů umístěných v matici. Vzdálenost bodů od sebe je maximálně 22 mm, které určuje viditelnost textu dle DIN 1451. Display umožňuje měnit velikost písma a výšku řádků. Proměnné tabule zobrazují text na 3 řádcích a na jednom řádku maximálně 15 znaků. Jas jednotlivých bodů je řízen v závislosti na okolním osvětlení z čidla a nebo z centrálního řídicího systému. [29] Mezi zařízení pro dopravní informace patří tyto značky:

I01 Nápisy (Obr. 7) zobrazuje aktuální údaje o plynulosti a bezpečnosti na pozemních komunikacích například nehoda, smog, doba jízdy k významným cílům.



Obrázek 7: I01 Nápisy

I03 Teploměr zobrazuje údaje o teplotě vzduchu a vozovky (Obr.8)



Obrázek 8: I03 Teploměr

Zařízení pro dopravní informace zobrazují informace o aktuální dopravní situaci přímo řidičům. Je možné zobrazovat vedle zařízení pro provozní informace i piktogram proměnného dopravního značení.

Mezi proměnné značení patří značky z obrázku 9



Obrázek 9: PDZ

Na ZPI se zobrazují i dopředu plánované události jedná se o uzavírky, stavební práce, údržby. Dále se může jednat o události snižující bezpečnost v závislosti na počasí. Například silný

vítr, sníh, srážky, náledí, snížená viditelnost. Další skupina jsou aktuální a nenadálé informace o provozu může se jednat o zprávu o nehodě, kongesci, chodec ve vozovce, odstavené vozidlo a jiné. Dále se ZPI využívá k informacím pro řidiče o odhadu dojezdového času do cíle. Odhad vzniká na základě aktuálních dopravních dat a modelového výpočtu. [10]

2.1.3 Vodorovné značení na silnici

Vodorovné dopravní značky jsou podélné, příčné čáry a šipky vyznačené bílou barvou. V dopravním značení má toto označení nejnižší prioritu.

Bílá dělicí čára se používá na silnicích širších než 7 metrů. Jedná se o silnice II. a vyšší třídy. Bílá dělicí čára patří v dnešní době ke standardům na silnicích. Zaujal mě názor doc. Ing. Josefa Kocourka viz. níže o rozhodování o upřednostňování priorit mezi opravou silnice a obnovou vodorovného dopravního značení. [6]

Doc. Ing. Josef Kocourek z Dopravní fakulty ČVUT (2010, auto.idnes.cz) uvádí: „*vodorovné značení je určité důležité, ale obnovovat ho na silnici plné výtluků by bylo vyhazování peněz. Má se najít kompromis*“ míní Kocourek s tím, že by bylo lepší na silnicích vyznačovat bílé linky uprostřed. Dále uvádí "*Pro řidiče je důležité prostřední značení, hlavně když napadne sníh.*"

Tabulka 2: Bílá čára parametry

Druh čáry	Šířka [m]	Průměrná cena za metr v roce 2017 [Kč]
Bílá barva	0,25	26
Plast	0,25	70
Zdrsněný povrch	0,25	110

Podélná čára souvislá používá se ve dvou tloušťkách 0,125 m a 0,25 m. Užší varianta je určena pro rozdělení pruhů a zakázání předjíždění. Širší varianta se používá pro oddělení jízdních pruhů s protisměrným provozem a k oddělení řadících a odbočovacích pruhů.

Podélná přerušovaná se dělí na typy V2a a V2b lišící se délkou mezery. Šířka 0,125 m obou dvou typů čar je stejná.

V2a má dvojnásobnou délku mezery než bílá vrstva (Obr. 10) Význam této značky je rozlišení na úseky vozovky kde je dovoleno předjíždění a nevyskytuje se zde místo s omezeným výhledem. [27]

V2b má délku mezery stejnou nebo poloviční jako bílá vrstva. (Obr. 11) Slouží k vyznačení místa, kde je nutná zvýšená pozornost a nebo kde dochází ke změně přerušované čáry v souvislou. Značku lze přejíždět, pokud se dodrží ostatní bezpečnostní předpisy. [28]

2.2 Nekonenční bezpečnostní prvky infrastruktury

Kromě dnes již poměrně hodně rozšířených bezpečnostních prvků popsaných v předcházející části textu, existuje mnoho dalších, které nejsou tak známé a rozšířené. Nekonenční



Obrázek 10: V2a



Obrázek 11: V2b

bezpečnostní prvky patří mezi neobvyklá řešení bezpečnostního problému na silnicích, jsou ve fázi testování a zkoušení po celém světě.

2.2.1 Rumble strips

Jedním z nekonvenčních bezpečnostních prvků je Rumble strips, česky nazývané zdrsněné pruhy nebo také budící pruhy. Poprvé byli nainstalované v roce 1952 ve Spojených Státech v New Jersey. Dnes je můžeme vidět na mnoha nových komunikacích a stává se z nich standard dálnic.

Rumble strips představují jednoduché řešení úpravy vozovky pro upozornění řidiče. Jedná se o vhodné řešení, které zamezuje vyjetí řidiče z pruhu v případě oslabené pozornosti únavou nebo nepříznivých klimatických podmínek déšť, sníh, mlha, tma. Používají se jako postranní pruhy na dálnicích a rychlostních komunikacích, lze je použít i pro středové pruhy. [11]

Výzkumy ukázaly [25] že v závislosti na typu pneumatiky a typu zdrsněného pruhu se vytvářejí různé druhy zvuků a vibrací. Různé druhy pruhů mají jinou strukturu a hloubku. Platí pravidlo, že čím hrubší a hlubší jsou vrstvy v pruhu, tím vydávají více zvuku a vyvolávají více vibrací. Pruhy nemohou být zase naopak moc hluboké a drsné aby nedocházelo k případnému poškození vozidel a způsobení dopravních nehod. Nevýhodou je, že těžká nákladní vozidla jsou hlučná sama o sobě, a tento bezpečnostní prvek nemusí být pro ně tedy někdy užitečný.

Dle studie National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) dochází při použití zdrsněných pruhů ke snížení o 38 % až 50 % v extravilánu a o 37 % až 91 % v intravilánu, počtu čelních a bočních srážek vozidel. [25]

Z hlediska materiálu a stavby jsou rozděleny na čtyři typy:

- Frézované
- Válcované
- Tvarované
- Zvýšené

Frézované

Frézované pruhy jsou tvořeny strojem s otočnou řezací hlavou, která vyřeže rovnoměrné drážky do povrchu vozovky (Obr. 12). Optimální hloubka je 13 mm délka mezi jednotlivými drážkami je 18 až 30 cm. Frézované pruhy jsou nejčastěji používané.

Válcované

Válcové pruhy se vyrábí pomocí válečku s ocelovými trubkami, jsou zaoblené nebo ve tvaru V. U tohoto typu lze upravovat míru zvuku a vibrací díky změně šířky a hloubky konstrukce jednotlivých částí.

Tvarované

Vyrábí se lisováním do betonových ramen již při konstrukci vozovky. Mají válcový tvar. Používají se drážky ve tvaru písmene V a o průměru 32 a 40 mm.

Zvýšené

Jsou v rozmezích 50 a 305 mm zaoblené nebo obdélníkové pruhy. Jejich výška je 6 až 13 mm. Používají se převážně v teplém podnebném pásmu, kvůli komplikovanějšímu odstraňování sněhu.



Obrázek 12: Frézované zdrsňené pruhy

2.2.2 Automatické rozmrazování silnic

Automatické rozmrazování silnice je jednou z možností jak bojovat se sněhem na silnicích a převážně na příjezdových cestách a chodnících (Obr. 13). Jedná se o zavedení kabelů pod povrch vozovky a následné vytápění. Není potřeba používat již žádné chemické prostředky,

keré ničí životní prostředí. Ušetří se čas i peníze při odklizení silnic. Tento systém se používá ve Spojených státech převážně pro soukromé účely. Systém pomocí čidla rozpozná teplotu okolního vzduchu a stav vozovky. Na základě změřených hodnot rozpozná, kdy se má zapnout a na jak dlouho.

V případě zjištění sněhu na vozovce se zahřejí dráty pod vozovkou a zvýšením teploty sněh roztaje. Spotřeba elektrické energie se pohybuje okolo 50 W/m^2 . Cena se pohybuje od 200 do 500 Kč/m^2 . V tomto systému vidím možnost rozsáhlejšího využití. Pokud by se tento systém využil s některým ekologickým generátorem elektrického proudu z okolních silnic, jednalo by se o úspornou a dobře fungující variantu pro zimní údržbu. Pokud by silnice nezamrzala, a nedržel by se na ní sníh, nemuselo by docházet k tak častým nehodám za zhoršeného počasí. Možné využití je i pro chodníky pro pěší. [26]



Obrázek 13: Samorozmrazující se silnice

2.2.3 Svodidla z točivých barelů

Svodidla vybavena točivými barely byla vynalezena v Jižní Korei. Začala se používat teprve v nedávné době. Jedná se o svodidla ve kterých jsou nainstalovány válcovité barely, které se točí okolo své vlastní osy při nárazu. Dochází zde ke dvojímu způsobu absorpce kinetické energie, při nárazu nastane změna kinetické energie na energii rotační a potenciální (Obr. 14), část energie se přemění na rotační pohyb barelů. Tyto barely, stejně jako běžná svodidla, pomáhají udržet vozidla na silnici a zabraňují proražení svodidla a vyjetí z vozovky. Automobil se po nich sveze a udrží na vozovce. Fungují dobře pro osobní i nákladní automobily.

Po nehodě je snadná oprava barelů, pouze výměna několika poškozených kusů svodidla. Výhodou těchto barelů je i použití reflexní žluté barvy pro lepší viditelnost.

Záznamy z crash testů říkají, že pokud vozidlo o hmotnosti 900 kg narazí do svodidel pod úhlem 20°, bude vráceno zpět do původní dráhy, ochrání se řidič, cestující a minimalizují se hmotné škody. Stejně tak při nárazu nákladního automobilu o hmotnosti 10 tun pod úhlem 15° rotační barely sniží sílu nárazu. Jsou tak stejně vhodné pro osobní i nákladní dopravu. [13] [24]



Obrázek 14: Svodidla z točivých barelů

2.2.4 Tichý asfalt

Speciální druh asfaltu, který se vytvoří tím, že do normálního asfaltu je přimíchán určitý podíl gumového granulátu z použitých pneumatik. Snížení hluku se pohybuje v řádu 2 až 6 decibelů v závislosti na rychlosti vozidel. Důležitým faktorem je, že dochází ke snižování vyšších tónů, na které je lidské ucho citlivé. Výhoda používání tohoto asfaltu je jak pro okolní obyvatele silnic tak i pro řidiče, snížením hluku a otřesů automobilu. [7]

Směs tichého asfaltu od francouzské firmy Eurovia se jmenuje Viaphone a je použita např. v Černokostelecké ulici v Říčanech u Prahy. Využívá zrnitost betonu 0,6 a 0,8 a vlákno na která je beton navázán. Zde bylo prokázáno snížení hlučnosti o 6,5 decibelu při rychlostech 50 km/h. [20]

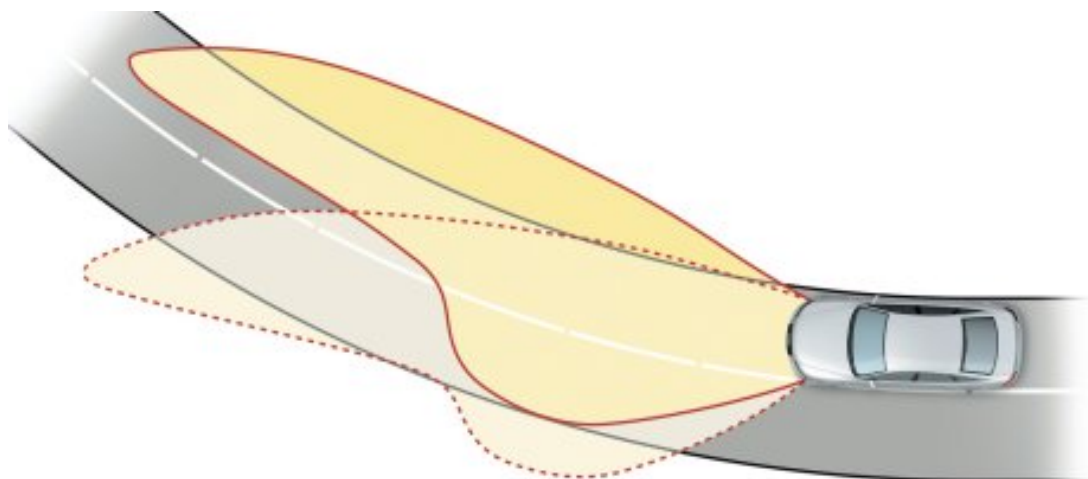
Pro rozšíření užití nových typů asfaltů jsou důležité především tyto vlastnosti snížení hluku, vibrací, vysoká životnost, přilnavost, schopnost odvádět vodu a jejich cena.

3 Vybrané bezpečnostní asistenční systémy ve vozidlech

Pro bezpečnost silničního provozu jsou samozřejmě důležité i bezpečnostní prvky používané ve vozidlech. Jelikož i tyto systémy pracují s bezpečnostními prvky na silnicích. V současné době se jednotlivé automobilky velmi zabývají zvyšování bezpečnosti a zavádění různých systémů do sériové výroby. Mezi asistenční systémy ve vozidlech patří např. adaptivní světlomety, lane assist, tempomat, automatické parkování a mnoho dalších.

3.1 Adaptivní světlomety

Adaptivní světlomety mění podle natočení volantu směr natočení světlometů, což vede k lepšímu osvětlení trasy pro zlepšení rozhledových podmínek řidiče. (Obr. 15) Technicky je to řešeno dvěma způsoby. Jedno řešení spočívá v zakrytí přední čočky světlometu a tím se trasa osvětlí v požadovaném úhlu. Druhé řešení je otáčení celým světlometem, výhodou oproti prvnímu řešení je zvýšení rozhledových poměrů v zatáčkách při snížené viditelnosti. Tyto systémy lze i kombinovat. Řidič tak může snáze a rychleji reagovat na případnou překážku v jinak neosvětleném úhlu. [12]



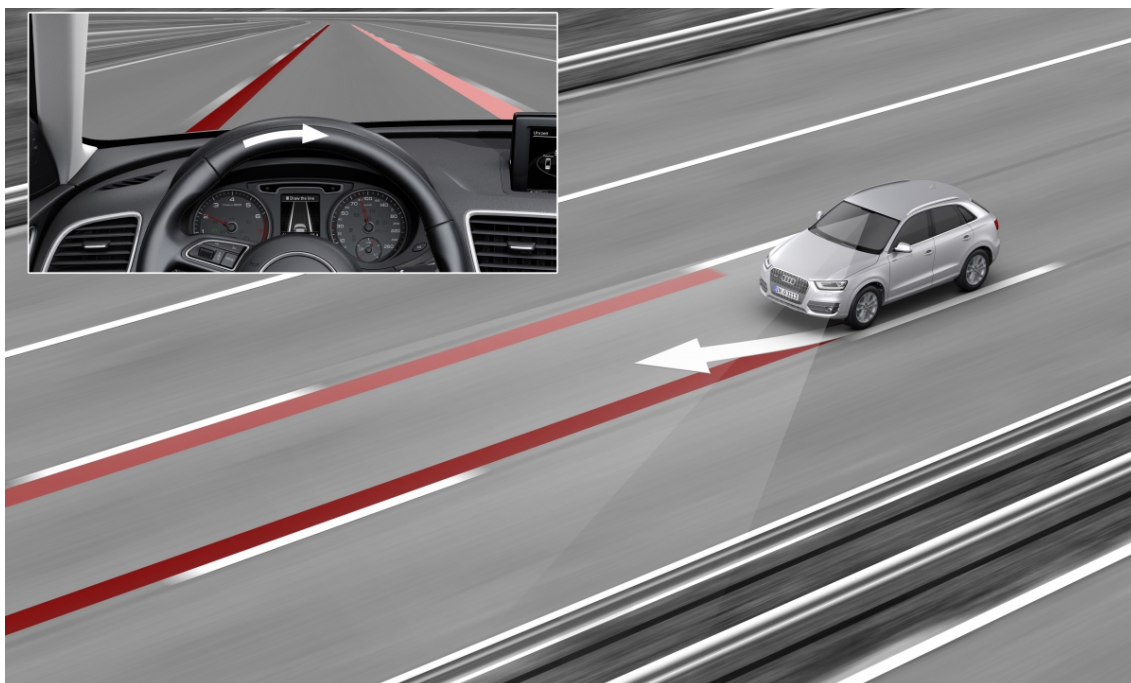
Obrázek 15: Adaptivní světlomety

3.2 Lane assist

Lane assist patří v dnešní době k moderním bezpečnostním systémům, které jsou již delší dobu používané v nákladní dopravě. Systém lane assist je vybaven přední kamerou, většinou umístěnou za čelním sklem v oblasti zpětného zrcátka. Tento systém je navržen tak, aby udržel řidiče v jízdním pruhu a zabraňoval nechtěnému vybočení. Systém dokáže rozeznat plnou i přerušovanou čáru po stranách vozovky. Funguje při rychlostech nad 60 km/h. (Obr. 16)

Systém lane assist lze vypínat a zapínat přes uživatelské rozhraní na volantu, kde je také zabudován vibrační motor. V případě vyjetí z pruhu lze nastavit vibraci volantu. Další varianta

pro pokročilejší modely automobilů spočívá v automatickém vracení se do pruhu. Slouží k usnadnění řízení a snížení chyb řidiče. Platí ale, že tento systém je pouze podpůrný a řidič je stále zodpovědný za řízení vozidla. [8]



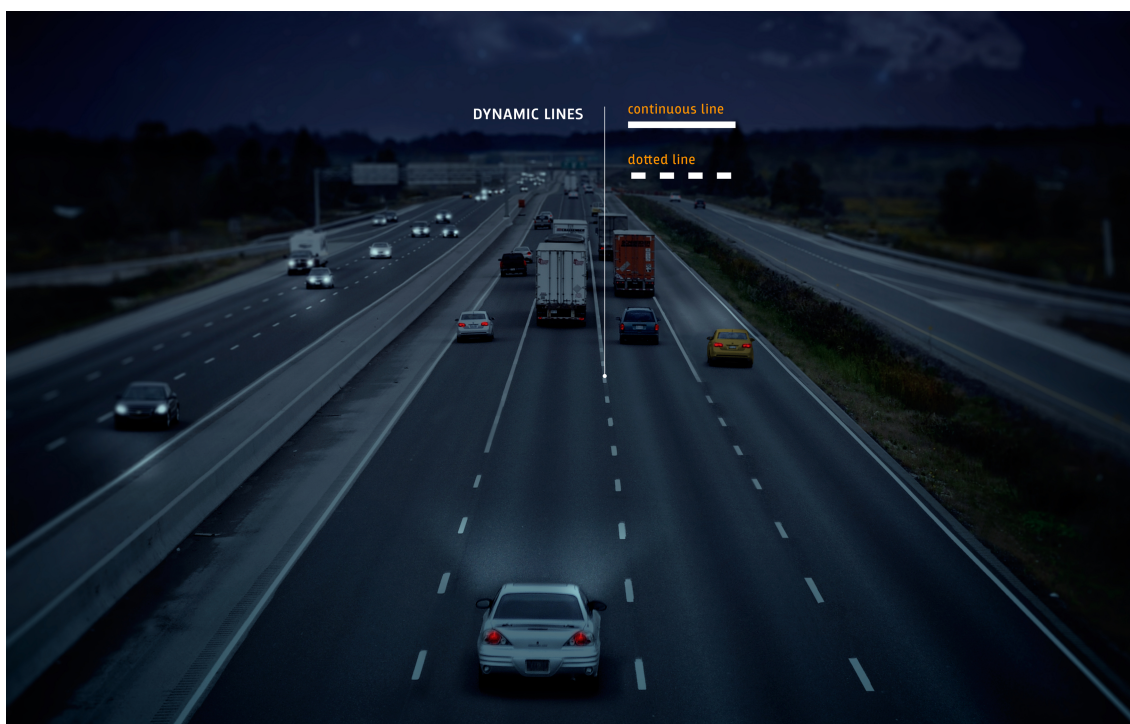
Obrázek 16: Lane assist

4 Smart Highway

Smart Highway neboli inteligentní dálnice je projekt silnic budoucnosti. Spojuje několik moderních technologií pro zkvalitnění jízdy po silnicích, zvýšení informovanosti řidičů a bezpečnosti. Jedná se o projekty ke zkvalitnění komfortu z dopravy automobily, zvýšení bezpečnosti a plynulosti dopravy. Tyto projekty jsou zatím v plánování a není jisté zda se vůbec realizují. Případně v jaké podobě, protože technologicky se stále vyvíjejí a zdokonalují. Tyto projekty jsou samo o sobě velmi finanční náročné a často by znamenaly zásadní rozšíření infrastruktury.

4.1 Dynamic lines

Jedním z projektů Smart Highway je proměnné dynamické značení vodicích pruhů. Bude možné měnit bílou dělicí čáru na silnici podle aktuálního stupně dopravy, druhu vozidel nebo při mimořádných událostech. Je možné, že tento systém bude plně automatický a data se budou vyhodnocovat v reálném čase, druhá varianta je ovládání z řídicího střediska. Tento projekt je zatím pouze ve fázi návrhu. [23]



Obrázek 17: Dynamic lines

4.2 Proměnné vodorovné značení teploty vozovky

Mezi projekty pro Smart Highway patří i proměnné vodorovné značení teploty vozovky. Funguje na principu změny teploty materiálu a následné zobrazení patřičného symbolu přímo na

vozovce. V případě vysokých teplot je zobrazen znak slunce, pokud venkovní teplota klesne pod bod mrazu zobrazí se sněhová vločka.



Obrázek 18: Značení teploty vozovky

4.3 Daan Roosegaarde

Daan Roosegaarde spoluautor nápadu Smarth Highway a autor projektu Glowing Lines se narodil v roce 1979. Daan Roosegaarde vystudoval architekturu na univerzitě The Berlage v Delftu. Zaujalo mě jeho kreativní myšlení, chytré a neobvyklé nápady a experimentální projekty. Jeho návrhy jsou moderní zaměřené na vztah mezi přírodou a technologiemi. V roce 2016 byl jmenován umělcem roku v Nizozemsku. Také získal několik ocenění, mimo jiné v roce 2017 cenu za světelný design v Los Angeles.[23]

Studio Roosegaarde

Daan Roosegaarde založil v roce 2007 společnost Studio Roosegaarde se sídlem v Nizozemí. Někdy také přezdíváné Dream Factory „Továrna na sny“. Společnost se zaměřuje na spojení umění a dopravní architektury. Ve společnosti se vytvářejí netradiční věci a realizují rozmanité nápady.

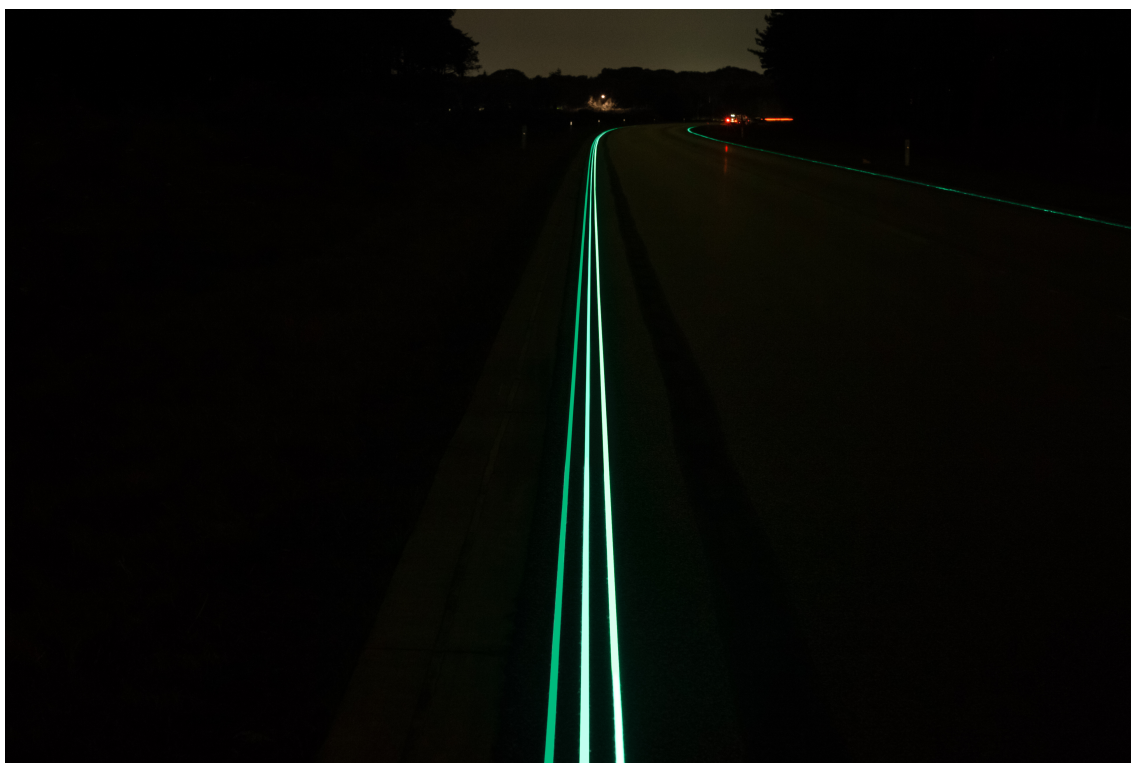
4.4 Glowing Lines

Glowing Lines neboli česky světelné pruhy, je pilotní projekt od umělce Daana Roosegaarde a stavební firmy Heijmans.

Jedná se o projekt, který byl realizován v roce 2013 společností Studio Roosegaarde. Vedle bílých postranních pruhů jsou vyfrézované žlábkové drážky, ve kterých je nanášena fotoluminiscenční barva, která se nabíjí ve dne za pomoci sluneční energie, a poté následně svítí v noci. Světelné pruhy dokáží svítit až 10 hodin přes noc. Okolní krajině to dodává působivou atmosféru. Na druhou stranu působí světelný smog, může ovlivňovat okolní živočichy a znamená vysoké náklady na další výzkum.

Silnice se světelnými pruhy najdeme v Nizozemsku na jihu od města Oss, na silnici N329. Úsek pokrytý vyzařovacími proužky v obou dvou směrech je dlouhý 2 kilometry. Pruhy jsou umístěny v nezpevněné části krajnice. [23]

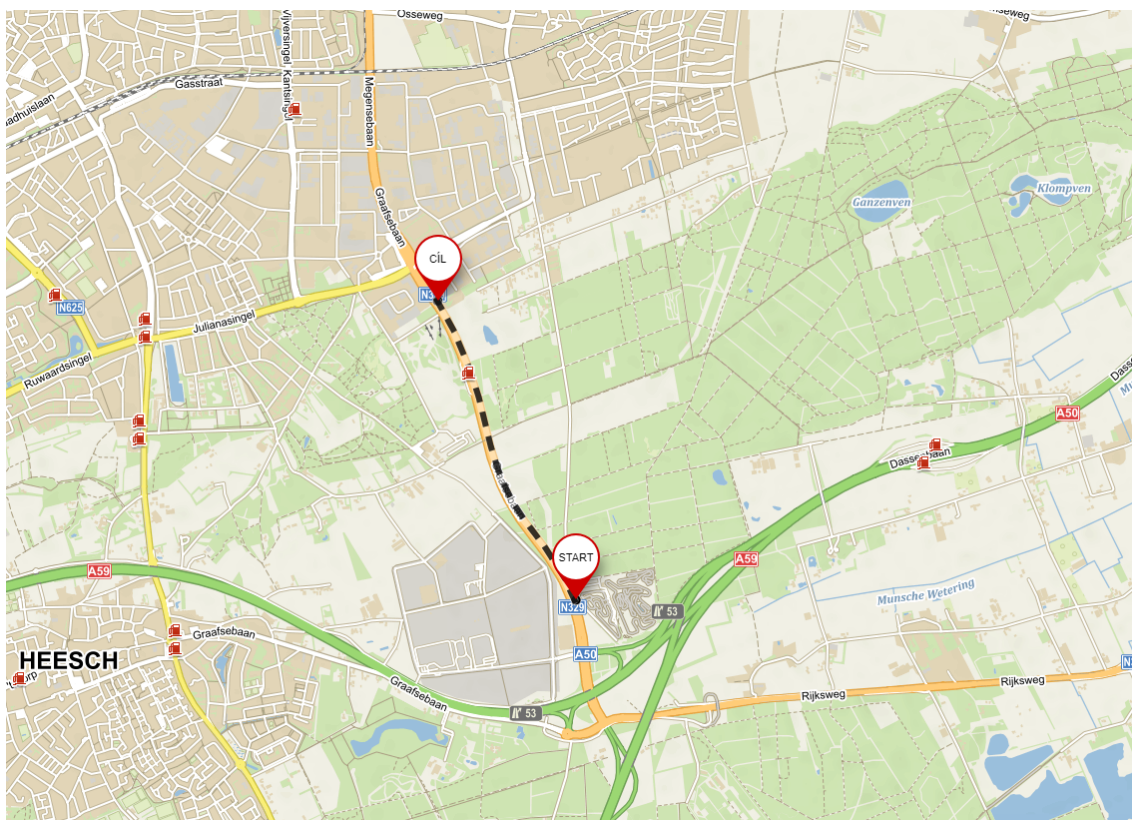
Kvůli velké vlhkosti se začala barva, kterou byly pruhy natřeny, rychle opotřebovávat a její vlastnosti slábly. Proto i tento projekt zůstal pouze v základní fázi a je potřeba ho dále rozvíjet po technické stránce, tak aby barva byla odolná i vůči klimatickým změnám.



Obrázek 19: Glowing lines na silnici N329

4.4.1 Fotoluminiscenční barva

Fosforescence je proces, při kterém chemická sloučenina absorbuje foton s vlnovou délkou viditelného elektromagnetického záření, přechází na vyšší elektronové energetické hladiny, tím vydává foton, a pak se dostane zpět na úroveň s nižší energií. Období mezi absorpcí a emisí je extrémně krátká v řádu 10 nanosekund. V některých případech však může být tato doba prodloužena na několik minut, nebo dokonce hodin, jako je tomu v případě fosforeskující barvy.[22]



Obrázek 20: Mapa s umístěním světelných pruhů na silnici N329

Fotoluminiscenční barva se vyrábí v různých variantách. Liší se zásadně cenou a dobou po jak dlouho dokáže svítit. Běžně se používá pro označení a snadné rozpoznání únikových cest. Z nařízení vlády č. 375/2017 Sb. [15] je potřeba zajistit u některých objektů snadné dohledání únikové cesty i při výpadku proudu. Životnost těchto barev se odhaduje od sedmi let ve venkovním prostředí a dvaceti let v uzavřeném prostředí.[9]

4.4.2 Možná aplikace Glowing Lines v ČR

Tento způsob osvětlení, díky speciálnímu povrchu, dokáže bez připojení k elektrické síti svítit po celou noc. Po přečtení a dohledání dalších informací o daném tématu mě napadlo, využít světelných prvků jako skvělé bezpečnostní zlepšení na silničních komunikacích v České republice za zhoršené viditelnosti v noci. Pokud bude řidič vědět jak se chová silnice před ním, bez toho aby musel zapínat dálková světla, značně mu to usnadní řízení. Dálková světla mohou oslňovat okolní účastníky dopravního provozu a řidič se musí více soustředit, kdy je má zapínat a kdy vypínat.

Pokud silnice sama ukáže kudy vede, řidič automobilu se bude cítit bezpečněji, když uvidí kam má jet. Řidiče nepřekvapí žádná ostrá zatáčka nebo hůře viditelný úsek. Věřím, že toto řešení může zabránit častým dopravním nehodám.

Fotoluminiscenční barva by byla aplikována na existující bílý pruhy. Šířka nátěru by byla maximálně 0,25 m nebo i méně na některých úsecích. Rozhodující doba je délka slunečního záření na daný povrch během běžného dne.

Pro ověření mého nápadu jsem vytvořil vlastní experiment ve vozidlovém simulátoru pro prozkoumání, abych ověřil možnost uplatnění této technologie v praxi.

5 Experiment

5.1 Cíle experimentu

Zkoumal jsem jak moc je technologie Glowing Lines prospěšná pro řidiče. Zajímal mě jak subjektivní názor řidičů tak, ale i výsledky z reálného měření na simulátoru na naší fakultě. Z dat ze simulátoru jsem se zaměřil na prokázání zvýšení rychlosti v části, kde jsem simuloval světelné pruhy. Pokud řidič dokáže za podmínek snížené viditelnosti jet rychleji a zároveň stejně bezpečně, tak by toto opatření mohlo výrazně pomoci při plánování dopravních silnic a navrhování jejich bezpečnostních prvků.

Za cíl jsem si určil zjistit míru zvýšení bezpečnosti na komunikacích v extravilánu. Faktor, kterým jsem toto posuzoval je naměřená rychlost a plocha vyjetí řidiče z ideální trajektorie pruhu.

Vyhodnocení výsledků bude na základě srovnání dvou stejných úseků, které se liší pouze přítomností nebo nepřítomností vyzařovacích pruhů. Očekávám že ve světelné části pojedou řidiči rychleji a budou méně vyjíždět z ideální stopy. Dále se zaměřím na subjektivní pocity řidičů hned po jízdě a jejich zhodnocení.

5.2 Vozidlový simulátor

Vozidlový simulátor, který je použit pro tento experiment je z kategorie lehkých simulátorů. V tomto simulátoru je použit kokpit z Octavie II. nabízí tzv. „cave“ projekční systém, který je realizován pomocí 3 a nebo 6 projektorů, je zde možná i 3D projekce. Pomocí soustavy zrcadel je obraz promítán na tři obrazovky, které jsou z průhledného kusu plastu na který se promítá zezadu obraz. Kokpit je kompletně vybavena od sedaček, dveří, volantů, pedálů, bezpečnostního pásu po zobrazení palubní desky s funkčním tachometrem a dalších součástí, které se běžně nachází v přední části interiéru automobilu.

Základem simulačního systému je matematicko - fyzikální model a modul vizualizace virtuálního prostředí spolu s generátorem prostorového zvuku. Matematicko - fyzikální model periodicky reaguje na vstupy z ovládacích prvků a počítá hodnoty působících sil a momentů, ze kterých určuje při zohlednění vlivu okolního prostředí následující stav vozidla poloha, rychlost atd.

Výstupy simulátoru jsou především o rychlost a trajektorii vozidla (lze dopočítat odchylku od ideální jízdní dráhy či ke středu vozovky) a otáčky motoru. Technická data dále doplňují např. úroveň sešlápnutí jednotlivých pedálů (plyn, brzda, spojka), zařazený rychlostní stupeň či pohyby volantů.

5.3 Trasa pro simulátor

Trasu pro vozidlový simulátor auta jsem vytvořil v programu Rhinoceros 3D ve verzích 5 a 6 [18], slouží ke 3D konstrukcím, kde jsou očekávány dokonale přesné modely. Nižší verzi jsem



Obrázek 21: Fotografie ze simulátor

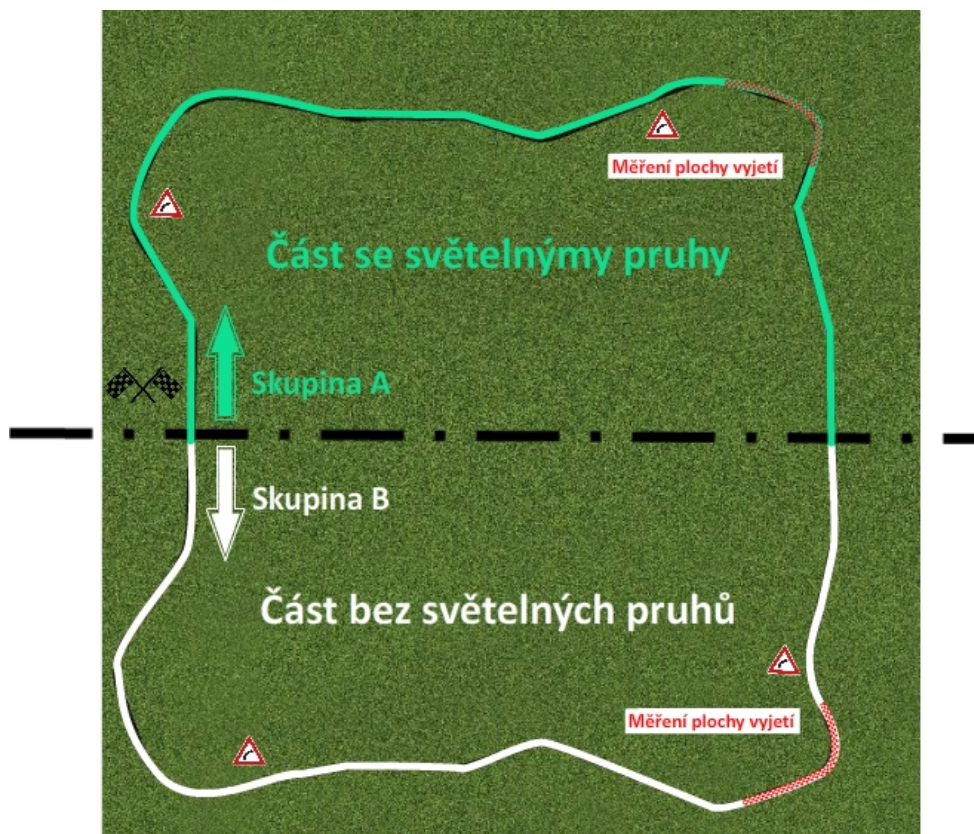
používal kvůli kompatibilitě pluginu RoadCreator, který vytvořil pro účely simulátoru Ing. Adam Orlický v roce 2015 jako součást diplomové práce [2]. Navrhl jsem scénář s deseti oblouky v mírně zvlněném terénu. Okolo trasy jsem přidal stromy pro navození atmosféry jízdy v lese v extravilánu. Jako vzor jsem použil převážně jedle, borovice, smrky a předdefinované textury trávy. Silnici jsem navrhl v délce 15 kilometrů. V programu jsem použil silnici s prostřední rozdělovací čarou přerušovanou a plnou postranní čarou, kterou jsem si upravil. Do krajních zatáček jsem umístil dvě značky „Pozor zatáčka“. Po celé délce trasy okolí lemují směrové sloupky Z11 s odrazkami vzdálené od sebe 50 metrů. Na trase se nevyskytují žádné křižovatky a není zde žádná jiná doprava. Celá trasa i s popisem jednotlivých částí je zobrazena na obrázku , jsou zde zobrazeny i plochy vyjetí na, kterých bude probíhat další vyhodnocování.

Trasu do simulátoru jsem následně zrcadlil a tím vznikl ucelený okruh. V druhé polovině trasy jsem nahradil normální bílý vodící proužek po obou stranách silnice žluto-zelenou texturu, která v simulátoru bude vyzařovat světlo. Prostřední bílý rozdělovací pruh jsem nechal beze změny. Na obrázku tratě (Obr. 22) je horní polovina se světelnými pruhy a spodní s běžnými vodícími pruhy.

Soubory z Rhinoceros 3D jsem musel převést do formátu .pbt. Jako kolizní plochy jsem si určil pouze silnici a terén. Záměrně jsem vynechal směrové sloupky, stromy a značky, aby nekazily měření v případě střetu řidiče s nimi.

5.4 Popis experimentu

V praktické části jsem realizoval nápad na zlepšení bezpečnosti na silnici pomocí světelných proužků s využitím vozidlového simulátoru Dopravní fakulty.



Obrázek 22: Trasa experimentu

Samotný experiment se skládá z několika částí, vytvoření dotazníku, trasy pro simulátor, zajištění dostatečného vzorku probandů. Následuje samotná realizace a otestování příslušného vzorku lidí ve vozidlovém simulátoru a vyplnění dotazníku.

Skupinu lidí kteří se budou účastnit experimentu rozdělím na dvě stejné části. Skupina A budou probandi, kteří jeli nejdříve část se světelnými pruhy a skupina B bude začínat v tmavé části. V polovině jízdy dojde ke změně trasy, jelikož je trať symetrická, tento postup zajistí lepší výsledky a sníží chybovost.

Praktickou část jsem si rozdělil na 3 části: vytvoření modelu trasy do vozidlového simulátoru, vlastní měření na vozidlovém simulátoru, vyhodnocení výsledků.

5.5 Dotazník

Součástí měření na vozidlovém simulátoru je i dotazník. Dotazník má elektronickou podobu v aplikaci Google a je rozdělen na dvě části. První část dotazníku vyplní řidiči před jízdou na simulátoru a druhou po jízdě. Dotazník je variantně strukturován s možnostmi rozvětvení při různých odpovědích. Dotazník je stejný pro řidiče, kteří začínali na světelné části i na tmavé části.

5.5.1 Úvodní část dotazníku

V první části dotazníku zjišťuji základní informace o řidičích, abych výstupy mohl dále členit a přesněji pracovat s daty. Zajímám se pouze o základní údaje o účastnících a o jejich řídičské schopnosti.

- Pohlaví
- Vzdělání
- Řidičské zkušenosti
- Jaké vozidlo používají
- Po jakých typech komunikací jezdí
- Jak často jezdí v noci
- Co využívají aby se udrželi v jízdním pruhu

Mezi přechodem z první do druhé části dotazníku je jedna kontrolní otázka, která dotazník větví na možnost, zda jízdu proband v simulátoru již absolvoval a nebo ji nedokončil, pokud jízdu nedokončil dotazník se nebude dále vyhodnocovat, ale přejde se na otázku týkající se důvodu jeho neúspěchu.

5.5.2 Druhá část dotazníku zaměřená na vyzařovací pruhy

Ve druhé části, která je vyhodnocována až po jízdě na simulátoru je jedna klíčová otázka. Tato otázka je zaměřena na to, zda uživatel zaznamenal světelné pruhy po stranách komunikace. Pokud uživatel odpoví ano, dotazník pokračuje částí, ve které se zjišťuje jeho názor na světelné pruhy. Ptám se, zda dle jeho subjektivního názoru ovlivnily jeho rychlost a zda by ocenil i svítící bílou prostřední rozdělovací čáru.

- Jak na řidiče působily světelné pruhy
- Jak by ohodnotili svítivost světelných pruhů
- Zda světelné pruhy ovlivnily jejich rychlost
- Názor zda by měla svítit i prostřední rozdělovací čára
- Subjektivní názor na světelné pruhy

Pokračování druhé části dotazníku o zhodnocení experimentu

Závěrečná část dotazníku je zaměřena na celkové zhodnocení dojmu ze simulátoru. Uživatel se sem dostal až po vyplnění celé předchozí části, anebo pokud nezaznamenal žádné světelné pruhy po stranách komunikace. Otázky jsou směřované obecně na průběh experimentu, zhodnocení jízdy a ověření pozornosti. Vyskytuje se zde i jedna kontrolní otázka na pozornost, zda řidič zaznamenal nějaké dopravní značky. Na trase jsou celkem 4 značky A1, „Zatáčka vpravo/vlevo“ pro ověření pozornosti řidiče.

- Odhad průměrné rychlosti
- Výskyt dopravní značky
- Ohodnocení vlastní jízdy v simulátoru
- Délka experimentu
- Postřehy a návrhy na zlepšení

Výsledky těchto závěrečných otázek mohou být využity pro další experimenty a zlepšení měření. Celý dotazník je uveden v příloze.

5.6 Měření na simulátoru

Při přípravě testování jsem se musel potýkat s několika technickými problémy, které se mi povedlo postupně vyřešit. Bylo nutné upravovat textury tak, aby se odstranily mezery mezi nimi, které vznikly při modelování v Rhinu. Na simulátoru bylo potřeba nastavit zhoršení viditelnosti pro nasimulování jízdy v noci. Tmu není úplně snadné v našem simulátoru nastavit. Jan Válek přišel s řešením. Do zorného pole řidiče jsme vložili objekt a nastavili mu černou barvu. Následně bylo potřeba nadefinovat jednotlivé prvky například silnici, značky, směrové sloupky, kulisy lesa, zda mají být nasvětlené nebo ne. Dále jsem musel vše správně nastavit a nakonfigurovat pro simulátor.

Samotné měření probíhalo během sedmi dnů. Celkem bylo otestováno 25 osob z toho jeden jízdu nedokončil. Osoby jsem vybíral záměrně tak, aby byli zastoupeni muži i ženy s rozdílnými řidičskými zkušenostmi.

Vyplnění první části dotazníku (3 minuty)

Účastník experimentu před jízdou vyplnil první část dotazníku. Dotazník vyplňoval ve vedlejší učebně na notebooku. V dotazníku zadal základní údaje o sobě a svých řidičských zkušenostech.

Instrukce k ovládání simulátoru (1 minuta)

Nejdříve dostal základní instruktáž k ovládání automobilu s automatickou převodovkou. Nastavení sedačky a zapnutí pásu. Vyzkoušel si samotné ovládání vozidla na jednotném testovacím scénáři, který se používá pro tyto účely.

Cvičná jízda na simulátoru (3-10 minut)

Testovací scénář obsahuje rovnou prázdnou plochu s možností vyjet ven po cestě podél lesa. Jednalo se o vyzkoušení citlivosti volantu, zatáčení, pedálů plyn a brzda a osahání celého způsobu řízení, které je přeci jenom trochu odlišné od reálného provozu. Testovací okruh se mi velmi osvědčil, několik jedincům při tomto scénáři nezvládlo řízení, a proto jsem se vyvaroval stavu, kdy by mohli by pokazit můj vlastní experiment. Někdo potřeboval na testovacím okruhu víc času někdo méně, ale to se odvíjí od jejich zkušeností se simulátorem a s řízením automobilu.

Instrukce k experimentu a chování se na dané trase (1 minuta)

Po testovacím scénáři zůstali probandi v autě a pouze došlo k výměně scénáře. Před jízdou všichni dostali stejné instrukce:

- Držet se v pruhu
- Nikam neodbočovat
- Jet tak, aby se cítili bezpečně
- Být schopen kdykoliv zastavit na viditelnou vzdálenost před sebou
- Chovat se tak jako ve svém vlastním autě
- Bez omezení maximální rychlosti

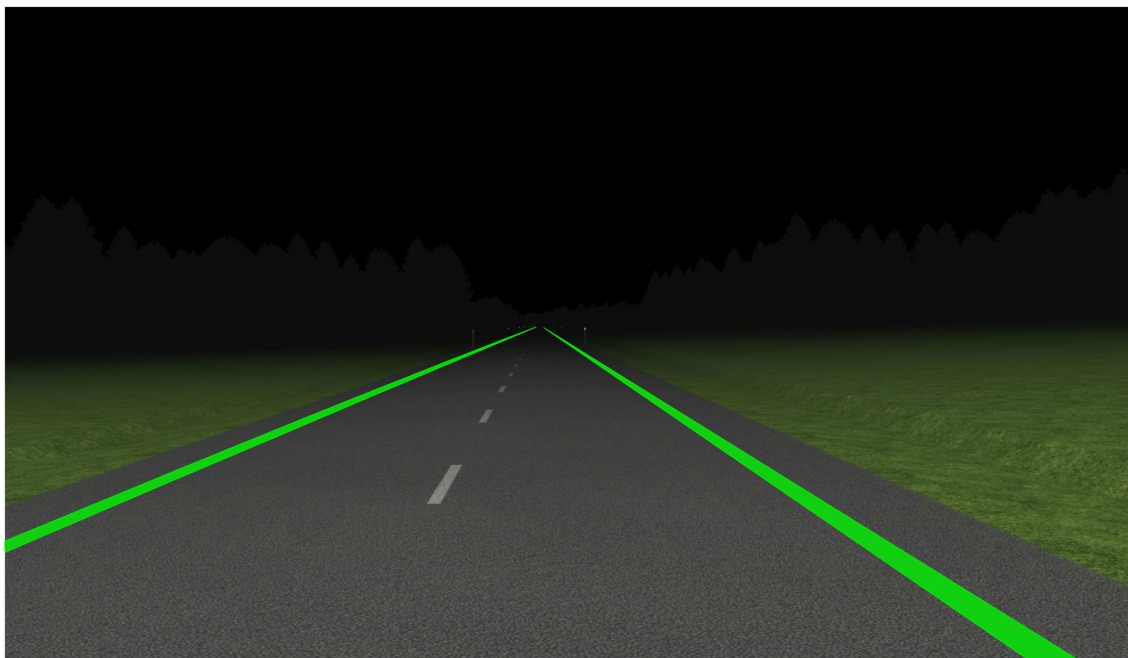
Jízda na simulátoru pro účely vlastního měření (15-20 minut)

Řidiči nebyli nijak omezeni maximální rychlostí, důležitý faktor byl aby se cítili při jízdě bezpečně. Rychlost jsem neomezoval záměrně abych některé řidiče nelimitoval jet rychleji, než umožňuje zákon na této komunikaci což je $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, pokud jim to rozhledové podmínky dovolí. Informaci o konci jízdy dostali v podobě mého pokynu, když jsem zaznamenal projetí okruhu. Určoval jsem to formou souřadnic a změnou světelného pruhu. Samotná jízda a chování řidičů bylo rozdílné. Každý řidič má jiný styl jízdy. Někdo byl zamlklý a plně koncentrovaný na jízdu, někdo si chtěl povídat a řešit věci okolo. Dostal jsem dotaz i na absenci rádia. To je očekávané a individuální v závislosti na typu člověka. Všichni účastníci měli řidičský průkaz skupiny B, měření se plně věnovali. Subjektivní pocity z jízdy z data z dotazníku jsou vyhodnoceny v další části zároveň s daty ze simulátoru.

V průběhu měření se vyskytl jeden případ nedokončení jízdy na simulátoru. Důvodem byla vyšší rychlost přes $160 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, nezvládnutí řízení a překlopení automobilu.



Obrázek 23: Trasa ze simulátoru s přechodem z tmavé části do části se světelnými pruhy



Obrázek 24: Trasa ze simulátoru s osvětlenou částí

Závěrečná část dotazníku (3-5 minut)

Po dokončení jízdy se probandi vrátili k rozpracovanému dotazníku a dokončili jej. Často měli problém jak napsat název dopravní značky *zatáčka vlevo/vpravo*, kterou viděli při jízdě. Na konci dotazníku byla možnost se i více rozepsat vlastními slovy o názoru na světelné pruhy, často ji využili a výsledky jsou popsány ve vyhodnocení dotazníku.

Celý experiment s jízdou a dotazníkem trval přibližně čtyřicet minut, záleželo na rychlosti jízdy a potřebnou dobu na cvičném okruhu.

5.6.1 Vzorek probandů

Celkem experiment probíhal na 25 probandech s tím že měření dokončilo pouze 24. Muži a ženy byli zastoupeni v poměru 15:9, tedy 38% všech testovaných tvořily ženy a 62% muži. Nepodařilo se mi sehnat nikoho s nižším vzděláním než středoškolské s maturitou s tím, aby měl řidičský průkaz skupiny B. Celkem bylo 6 osob s vysokoškolským vzděláním a 18 se středoškolským s maturitou. V mém experimentu jsou zastoupeny jak pravidelní řidiči, kteří jezdí každý den, tak řidiči, kteří vyjedou jen několikrát do měsíce nebo jen o víkendu a dalších 5 řidičů, kteří tak často neřídí. A od tohoto se odvíjí i jejich řidičské schopnosti. 8 řidičů odpovědělo, že jsou začátečníci, dalších 14 průměrní řidiči a dva řidiči z povolání. Větší počet respondentů uvedl, že jezdí převážně ve městě případně na meziměstských silnicích. Více jak polovina uvedla, že nejezdí na dálnici vůbec anebo jenom zřídkka.

6 Vyhodnocení dat

První část dotazníku vyplnilo 25 osob a ty se účastnili i jízdy na simulátoru, toho jeden jízdu nezvládl dokončit, z důvodu vysoké rychlosti a tím nezvládnutí řízení a otočením automobilu na střechu. Vyhodnocování dat z experimentu a druhá část dotazníku probíhá na 24 osobách. Tento vzorek je dostatečný pro můj způsob měření a získání relevantních výsledků.

Pro vyhodnocení dat ze simulátoru jsem použil program Matlab, který je k dispozici v prostorách školy, jedná se o složitější program k práci s velkým množstvím dat. Jednotlivé soubory se lišily svojí velikostí, záleželo na probandovi jak rychle jel, simulátor zaznamenává data po 8 ms, proto i některé soubory dosahovaly velikosti přes 100 MB a 180 000 řádků. Z tohoto důvodu byl vhodný programu Matlab k vyhodnocení výsledků. Součástí vyhodnocování je i dotazník, který jsem vyhodnotil nejdříve, abych získal informace o typu řidičů, kteří se účastnili experimentu a získal jejich subjektivní názor. Poté jsem vyhodnotil data z rychlosti a následně vyhodnotil odchylku vozidla od ideální trasy v jednom určitém úseku.

6.1 Vyhodnocení dotazníku

V tabulce č. 3 jsou vyhodnoceni odpovědi řidičů na otázku týkající se způsobu udržení se v jízdním pruhu na silnici. Pro prostřední dělicí i pravou postranní čáru vyšel stejný počet odpovědí. Toto zjištění je velice zajímavé a bylo by možné se na něj zaměřit v dalším výzkumu. Jelikož tyto pruhy slouží většině řidičů k udržení správné stopy.

Tabulka 3: Způsoby udržení řidiče v pruhu

Která z možností Vám nejvíce pomáhá při orientaci, abyste se udržel/a v jízdním pruhu		
Levá dělicí čára	11	44%
Pravá postranní čára	9	36%
Auta předemnou	3	12%
Okolní krajina	2	8%

Tabulka 4: Vlivy omezující řidiče

Která z nabízených možností je pro Vaše řízení nejvíce omezující (více možností)		
Mlha	14	38%
Sníh	9	24%
Noc/tma	5	14%
Děšť	4	11%
Silný vítr	2	5%
Hluk	2	5%
Náledí	1	3%

Účastníci experimentu vypověděli ve většině případů, že v noci nejezdí nebo ne tak často. To znamená, že nemají ani takové zkušenosti s touto jízdou a světelné pruhy by jim pomohly. Při možnosti výběru z více nepříznivých klimatických podmínek se se více než polovina respondentů shodla viz tabulka č 4, že jim dělá problémy jízda za mlhy. Toto ukazuje mlhu jako

hlavní problém pro řidiče. Mnou navrhované světelné pruhy mají sice převážně využití v noci, ale za mlhy by šly také využívat ke zvýšení orientace. Jízda v noci na kterou se převážně můj experiment zaměřuje vychází na třetím místě klimatických vlivů omezující řidiče při řízení.

Dva lidé z celkových 24 nezaznamenali a nebo si nevšimli světelných pruhů po stranách komunikace. Proto odpovědi týkající se světelných pruhů mají pouze 22 respondentů.

Více jak 80 % respondentům světelné pruhy pomáhaly se lépe orientovat v noci. 91 % se zdála míra svítivosti pruhů dostatečná. pouze dva odpověděli, že svítily příliš.

Věšíně probandů se tento nápad líbil a jeho užití hodnotí pozitivně viz tab5. Jasně vyplývá že toto řešení není pro řidiče omezující a nemají s ním problém v praxi. Naopak jim světelné pruhy pomáhaly při jízdě ať už do zatáček nebo ke zvýšení orientace. Pouze 9% se nelíbily.

Přesně 50% probandů uvedlo, že by ocenili, kdyby prostřední čára svítila viz. tabulka č 6. Ať už stejnou zeleno žlutou fotoluminiscenční barvou nebo jinou.

Tabulka 5: Způsoby udržení řidiče v pruhu

Jak na Vás působily světelné pruhy po stranách vozovky?		
Pomáhali mi při jízdě se lépe orientovat v noci	15	68%
Využil jsem je k lepšímu vjíždění do zatáček	3	14%
Nelíbily se mi	2	9%
Zajímavé na efekt, ale nepotřebné	1	5%
Nezvyklá barva na silnici	1	5%

Tabulka 6: Vlivy omezující řidiče

Ocenil/a byste i kdyby prostřední rozdělovací bílá čára svítila?		
Ano stejně jako postranní čáry	11	50%
Ano, ale jinou barvou	5	23%
Nevím neumím posoudit	4	18%
Ne	2	9%

Další zajímavá otázka je, zda světelné pruhy ovlivnily jejich rychlost 8. Jedná se o subjektivní vnímání rychlosti, kterou lidé při experimentu jeli. 7 z 12 lidí, kteří uvedli že jeli rychleji na světelné části měli pravdu, ostatní jeli pomaleji a nebo si subjektivně mysleli jinou možnost.

Reakce všech řidičů byla ve slovním hodnocení tohoto bezpečnostního prvku velice pozitivní. Pochvalovali si lepší orientaci, zvýšení pocitu bezpečnosti, větší rozhledové podmínky, příjemnější jízdu, často se vyskytoval i výraz „ výborná pomoc“. Zaujal mě nápad jednoho respondenta, že by světelné pruhy při jízdě k horizontu mohly signalizovat protijedoucí auto.

Na celém okruhu se nacházely 4 stejné značky všechny upozorňovaly na zatáčku. Více než polovina respondentů se shodla že viděli značku „zatáčka vlevo/vpravo“, která se opravdu na okruhu vyskytovala. Z tabulky 7 je překvapující že více než čtvrtina dotázaných uvedla jinou značku často si ji spletli se značkou P4 - dej přednost v jízdě. Je zde uvedeno celkem 25 odpovědí protože řidiči mohli napsat více značek.

V závěrečné části hodnotili samotný simulátor a probíhání experimentu. Pro 6 lidí z celkových 24 byla jízda dlouhá. Naopak 14 lidí si jízdu užilo a délka jim vyhovovala. Z postřehů co zlepšit

Tabulka 7: Značka pozor zátáčka

Zaregistroval/a jste nějakou dopravní značku během jízdy? Pokud ano uveďte kterou.		
Pozor zátáčka vlevo/vpravo	14	56%
Uvedl jinou značku	7	28%
Vystražná značka	3	12%
Nezaznamenal	1	4%

Tabulka 8: Ovlivnění rychlosti světelnými pruhy

Ovlivnily světelné pruhy Vaši rychlost?		
Ano jel jsem rychleji	12	54%
Nevím neumím posoudit	4	18%
Ne jel jsem stále stejně	3	14%
Ano jel jsem pomaleji	3	14%

v průběhu měření byla nejčastější odpověď citlivost řízení a mírné cukání automobilu na silnici, ztížení trasy, přidání překážek.

6.2 Vyhodnocení rychlosti

Získaná data ze simulátoru jsem vyhodnotil v programu Matlab. Nebyla určena žádná maximální ani minimální rychlost, aby každý řidič mohl jet tak jak mu to jeho řidičské schopnosti a míra viditelnost před sebou dovolí. Rozdělil jsem si data na dvě části, jednu část se světelnými pruhy druhou část bez nich. Rozdělení a vyhodnocování probíhalo pomocí známých souřadnic trasy, protože simulátor nedokáže spočítat ujetou vzdálenost. Data jsem vyhodnocoval až po prvních 1500 metrech, kdy se řidič rozjížděl. A také jsem neuvažoval přechodový a konečný úsek, kde by mohlo docházet k ovlivnění dat.

V jednotlivých úsecích jsem si rychlost převedl na $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Pro jednotlivé probandy jsem vynesl data rychlosti do burzovního grafu pro možné srovnání jízdy v světelné a tmavé části. Nelze srovnávat jednotlivá data mezi sebou, jelikož každý řidič jel svou rychlostí.

Z výsledků v tabulkách 9 a 10 vyplývá, že velmi záleželo na volbě, kterou trať řidiči pojedou jako první. Vychází, že v první části jeli opatrněji a pomaleji. I když absolvovali jízdu na testovacím okruhu, ale přes den, jízda v noci je překvapila a nevěděli, co mají očekávat. Je zde ale vidět, že pokud řidič začínal na tmavé části (tab. 10), tak po přejetí do světelné části došlo k výraznému zrychlení kolem $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Naopak pokud začínali na světelné části (tab. 9) jejich rychlost nepatrně stoupla v tmavé části, zvykli si na jízdu v simulátoru a nejspíš jim trať připadala dlouhá a proto nepatrné zrychlení. Je zde také vidět že pro skupinu A je celková průměrná rychlost vyšší pohybuje se okolo $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ v obou dvou úsecích. Pro skupinu B celková průměrná rychlost nižší okolo $86 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Ve skupině B se nacházelo více řidičů začátečníků, kteří nejezdí tak často. Zeleně jsou označeni probandi u kterých docházelo ke zvýšení rychlosti v části pokryté testovanými světelnými pruhy. Na (Obr. 10) můžeme vidět rozložení jednotlivých hodnot rychlosti na burzovním grafu pro skupinu B, která vyšla zajímavěji, vždy jsou vedle sebe k porovnání části se světelnými pruhy a části bez nich.

Tabulka 9: Rychlost pro skupinu A začínající ve světelné části

Začátek na světelné	Rychlost - světelná část [km/h]	Rychlost tmavá část [km/h]	Rozdíl [km/h]
A1	89,3	87,0	2,3
A2	86,3	88,6	-2,2
A3	105,8	103,3	2,5
A4	102,1	104,7	-2,6
A5	97,5	100,1	-2,6
A6	104,0	107,0	-3,1
A7	74,9	77,1	-2,2
A8	98,4	100,7	-2,3
A9	103,4	107,2	-3,8
A10	113,1	116,1	-3,0
A11	113,9	113,5	0,4
A12	104,5	110,9	-6,4
Průměr	99,4308	101,3450	-1,91425

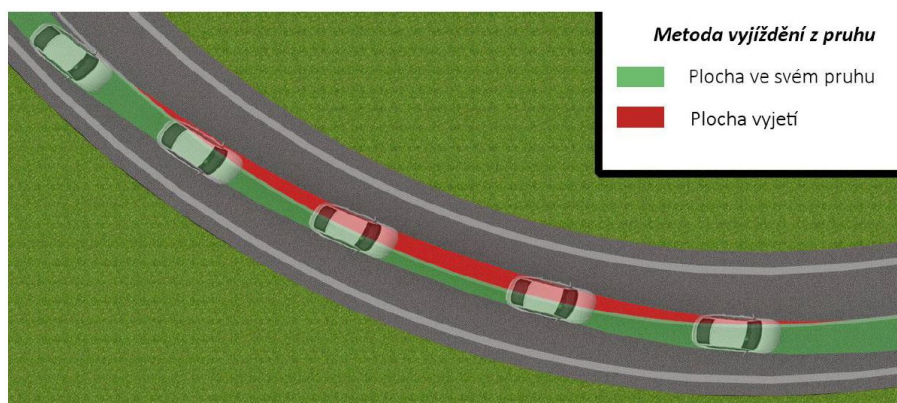
Tabulka 10: Rychlost pro skupinu B začínající v tmavé části

Začátek na tmavé	Rychlost - světelná část [km/h]	Rychlost tmavá část [km/h]	Rozdíl [km/h]
B1	85,9	75,5	10,5
B2	98,8	81,3	17,5
B3	99,2	92,7	6,5
B4	99,2	92,7	6,5
B5	88,5	81,2	7,3
B6	90,8	80,8	10,0
B7	71,0	58,7	12,3
B8	102,3	92,7	9,6
B9	99,7	90,3	9,3
B10	98,8	88,8	10,0
B11	74,2	75,2	-1,1
B12	86,8	87,7	-0,8
Průměr	91,2710	83,1382	8,13286

Závěry vyhodnocování rychlosti hodnotím pozitivně, pokud řidič začínal v tmavé části a pokračoval do světelné jeho rychlost se na světelné částí zvýší zhruba o $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. V opačném případě dojde k mírnému nárůstu rychlosti okolo $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, který si vysvětluji učícím se efektem. Se zvyšující se dobou, kterou řidič strávil na simulátoru a při jízdě v noci se zlepšovali i jeho řídičské vlastnosti a dovolil si jet rychleji.

6.3 Vyhodnocení plochy vyjetí z pruhu

K vyhodnocení plochy od ideální trasy (Obr. 25) jsem použil již napsaný script pro Rhinoceros 2015 od Ing. Adama Orlického z předchozích let. Zadal jsem rozměry automobilu, který je použit pro simulátor 1,77 m a šířku pruhu 3,05 m. Vybral jsem ideální křivku a určil pravou stranu komunikace. Tento proces vyhodnocování a výpočtu zabral několik hodin i na výkonném počítači. Následně jsem získal data o ploše vyjetí automobilu od ideální trasy, kterou je osa pruhu, v textovém souboru i jako křivku v Rhinocerosu (obr. 27). Data jsem následně musel zpracovat v programu Matlab.



Obrázek 25: Metoda vyjždění z pruhu

Vyhodnocování plochy automobilu od ideální trasy jsem prováděl v poslední velké zatáčce pro oba dva úseky, která je červeně zobrazena na obrázku 22 a srovnával jsem plochu mezi částí se světelnými pruhy a částí bez nich. Vyfiltroval jsem si oblast dat za pomoci souřadnic zatáčky z Rhinocerosu a cyklu v Matlabu. Pokud byla hodnota plochy nulová, znamená to, že řidič jel v ideální trase. Pro data z ploch jsem vypočítal střední hodnotu pro obě dvě skupiny probandů.

V tabulkách 11 a 12 jsou zobrazeny střední hodnoty pro jednotlivé probandy v tmavé části zatáčky a v osvětlené části. Rozdělené do dvou skupin A a B stejně jako u rychlosti v závislosti na realizaci experimentu, v které části začínali. Pro některé výsledky vyšla hodnota nulová a to znamená, že v obou částech okruhu jeli bez vyjetí z pruhu. Pokud jsou data ze světlé nebo tmavé části záporná znamenají, že řidič jel více vpravo. Pokud jsou kladná jel blíže k postranní čáře. Pro obě skupiny platí že převažují zelené hodnoty, které znamenají menší plochu vyjetí od osy trasy pro část se světelnými pruhy.

Tabulka 11: Průměrná plocha vyjetí pro skupinu A začínající ve světelné části

#	Světelná část [mm ²]	Tmavá část[mm ²]	Rozdíl[mm ²]
A1	-13,9	-23,3	9,4
A2	0,0	-49,0	49,0
A3	22,2	41,9	-19,7
A4	23,6	-55,8	32,2
A5	12,9	-30,1	17,1
A6	-5,3	-26,5	21,2
A7	0,0	0,0	0,0
A8	-33,0	-17,1	-15,9
A9	-68,2	-1,7	-66,6
A10	2,9	43,7	40,8
A11	-60,4	-61,9	1,5
A12	0,0	0,0	0,0

Tabulka 12: Průměrná plocha vyjetí pro skupinu B začínající v tmavé části

#	Světelná část [mm ²]	Tmavá část[mm ²]	Rozdíl[mm ²]
B1	-35,5	-12,3	-23,23
B2	-10,0	-10,0	0,00
B3	-28,9	-26,4	-2,45
B4	-27,4	-31,8	4,41
B5	-19,7	-20,9	1,16
B6	-20,5	-10,0	-10,50
B7	-10,0	-12,5	2,49
B8	-66,8	-58,2	-8,63
B10	-55,9	-38,5	-17,40
B11	-134,9	-131,5	-3,38
B12	-17,0	-17,7	0,71
B13	-16,5	-71,2	54,64

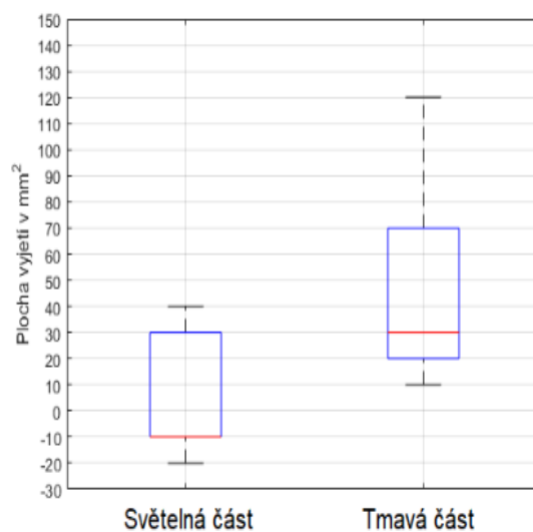
6.4 Detailní zhodnocení probanda

Zpracoval jsem detailně probanda, který začínal na světelné části tratě. Jedná se o průměrného řidiče který jezdí několikrát do měsíce, převážně ve městě a u řízení sleduje levou dělicí čáru. V dotazníku vybral jako odpověď, že mu světelné pruhy pomohli při vjíždění do zatáček a zvýšení rychlosti, obě jeho vyjádření se potvrdila. I když jeho odhad průměrné rychlosti byl 120 ·h⁻¹ a on této průměrné hodnoty nedosáhl ani na jedné části tratě.

Pokud je hodnota mediánu z obrázku 26 kladná znamená to, že jel více vlevo blíže ke středové čáře, protože se jí i převážně řídí. Záporná hodnota ve světelné části značí že jel blíže k pravé postranní čáře a držel se u krajnice. Jeho průměrná výchylka je zobrazena na obrázku 11. U celkové plochy vyjetí je vidět, že jsou hodnoty oprati sobě abnormální, protože zde záleželo na rychlosti, kterou proband jel pokud jel pomaleji hodnot nasbíral více hodnot a i celková plocha vyjetí je větší, proto porovnávám průměrnou plochu vyjetí. Jeho rozdíly rychlostí jsou na tomto úseku taky znát a je vidět že musel do zatáčky přibrzdit a poté zase přidal rychlost. Pokud porovnám s celkovou rychlostí za celý úsek (tab. 9), tak ve světelné části se nijak zásadně

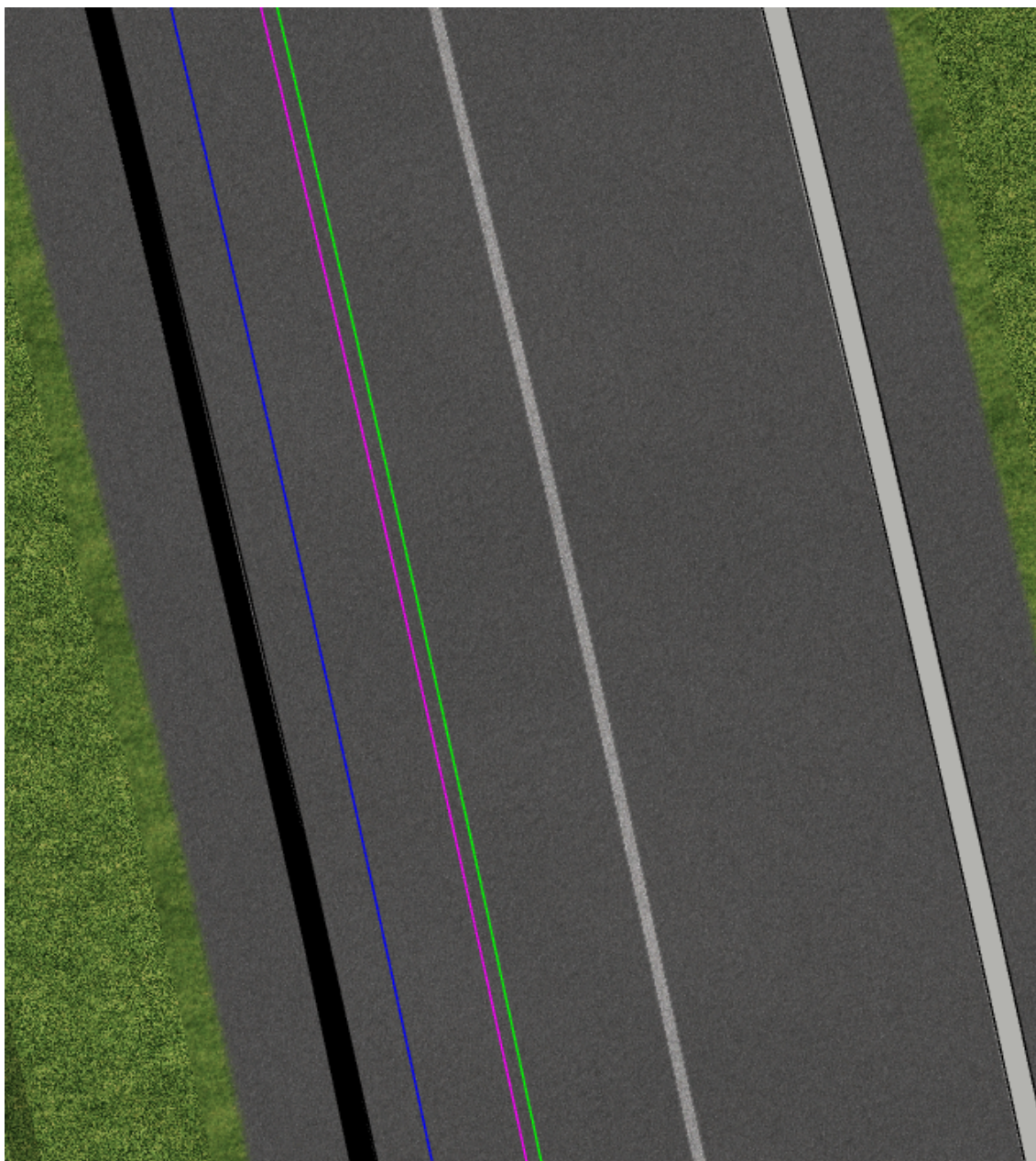
neliší, ale v tmavé části dochází k poklesu rychlosti v této zatáčce oproti jeho průměru o více jak $7 \cdot h^{-1}$.

	Světelná část	Tmavá část
Medián	-10	30
Průměrná maximální hodnota vyjetí [mm ²]	40	120
Průměrná minimální hodnota vyjetí [mm ²]	-20	10
Celková plocha vyjetí [mm ²]	830	36210
Maximální rychlost [km·h ⁻¹]	142,6	136,4
Minimální rychlost [km·h ⁻¹]	83,7	79
Průměrná rychlost [km·h ⁻¹]	116,6	109



Obrázek 26: Vyhodnocení probanda

Jedná se o ukázkou řidiče, kterému by například světelné pruhy zlepšily řízení a jak uvedl i v dotazníku zvýšení orientace na vozovce a pocit vyšší bezpečnosti.



Obrázek 27: Vizuální zobrazení plochy vyjetí jednoho probanda oproti ideální trase
růžová - ideální trasa, zelená - světlá část, modrá - tmavá část

7 Vyhodnocení vlivu a přínosu světelných proužků v dopravě

Závěry z vyhodnocení dotazníku, rychlosti, a odchylky vyjetí z pruhu v závislosti na světelných pruzích hodnotím kladně. Výsledky sice nejsou tak rozdílné jak jsem očekával, ale je zde vidět, že řidičům určitě světelné pruhy po stranách komunikace pomohly. V dotazníkové části se všichni probandi shodli na pozitivním efektu světelných pruhů a rádi by toto řešení uvítali v praxi, subjektivní názor je velice důležitý a pokud se jedná o takto početnou a rozmanitou skupinu je i vypovídající o jejich účincích. Velká část dotázaných odpověděla, že by rádi, kdyby prostřední rozdělovací čára svítila. Bylo by možné uvažovat při aplikaci i tuto variantu, ale to by mělo být objektem dalšího zkoumání této technologie.

Docházelo ke zvýšení rychlosti při změně z tmavé části do světelné, řidič měl lepší rozhledové podmínky a proto se cítil i bezpečněji a nebál se přidat na rychlosti.

Vyhodnocoval jsem plochu vyjetí z pruhu na jednom konkrétním krátkém úseku v zatáčce a porovnával opět obě části okruhu mezi sebou. V tomto případě došlo u 12 z 24 testovaných k lepším výsledkům ve světelné části, dokázali jet více v ose trasy. U třech se hodnota nezměnila a jeli obě dvě části stejně. Při porovnávání dat z dotazníku a výsledků z měření vychází že tato technologie je velmi prospěšná pro nezkušené a nebo víkendové řidiče.

Existují však i vedlejší možné negativní účinky těchto světelných pruhů. Nevím jak by na tento druh bezpečnostního prvku reagovala zvířata v okolí silnic. Mohlo by docházet k jejímu přiblížení do blízkosti silnic a tím zvýšení rizika srážky. Další z možných nevýhod je zmatení pilotů při přistávání v noci a spletení si silnice s přistávající dráhou.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo prozkoumat bezpečnostní prvky na komunikacích. Na vybraném bezpečnostním prvku vytvořit experiment ve vozidlovém simulátoru a ověřit jeho přínos pro bezpečnost v dopravě.

Prozkoumal jsem nehodovost na Českých silnicích a zjistil jsem, že počet nehod stále roste, i když nejsou tak vážné. Ukázalo se, že na druhém místě jako důvod nehody je vysoká rychlost. Řidiči by měli jezdit tak, jak sami uznají za vhodné v rámci dodržování pravidel silničního provozu, aby neohrozili sebe a ostatní účastníky dopravy. Silnice a celá infrastruktura by se měla nastavit tak, aby toto podporovala.

Jednotlivá opatření ke zvýšení bezpečnosti na silnicích musí být vždy navrhována v závislosti na konkrétní situaci a působit v dopravě jako celek. Používání bezpečnostních prvků jako jsou únikové zóny v případě selhání brzd a nebo zařízení pro provozní informace mohou velice přispět ke snížení nehodovosti. Tyto prvky jsou ale známé a v dnešní době se už i ve větší míře stále více používají při výstavbě nových silnic. Já jsem se zaměřil na využití některých neobvyklých prvků, které na své rozšíření teprve čekají. Mezi ně patří například rumble strips, svodidla z točivých barelů či automatické rozmrazování silnice. Pokud bude řidič správně informován o stavu a kvalitě vozovky, může se lépe přizpůsobit. Bezpečnostní prvky může využít jak řidič, tak data a informace některý ze zabudovaných asistenčních systémů v automobilu, například k rozpoznání vodícího pruhu line assist nebo k rozpoznání zatáček adaptivní světlomety.

Možné bezpečnostní prvky z projektu Smart Highway, které podporuje společnost Studio Roosegarden, by se mohly použít již v brzké budoucnosti, jedná se o Glowing Lines, dynamic lines či proměnné vodorovné značení teploty vozovky. U těchto moderních bezpečnostních systémů, které jsou buď již ve fázi testování, anebo se jedná zatím pouze o nápady a čeká se na technologii provedení, vidím velkou budoucnost a možný rozvoj dopravy tímto směrem z hlediska bezpečnosti.

Zaměřil jsem se na prozkoumání světelných pruhů po stranách vozovky, které v noci svítí, a jejich možných efektů v dopravě a bezpečnosti. K měření jsem potřeboval sudý počet probandů, aby byly vyváženy oba scénáře se začátkem jízdy. Jako minimální počet, na provedení experimentu na vozidlovém simulátoru, jsem zvolil 24 osob. Na tomto vzorku lidí se dá už najít zastoupení různých řídičských schopností a i osobních vlastností.

Z výsledků dotazníků jednoznačně vychází, že o světelné pruhy by byl zájem, řidičům to nevadí, nerozptyluje je to, naopak by uvítali i světelnou prostřední dělicí čáru. Účastníci experimentu neměli celkově velké zkušenosti s jízdou v noci a světelné pruhy by těmto řidičům dokázali pomoc. Největší problém pro většinu lidí je mlha, na kterou sice tento experiment nebyl zaměřen, ale věřím, že by i za zhoršené viditelnosti světelné pruhy dokázali řidičům stejně pomoc. Jako neočekávaný vedlejší výsledek vidím zjištění že mnoho lidí špatně rozpoznalo značku a nebo ji dokonce vůbec nezaregistrovalo. Tento problém by se dal více zkoumat a rozvíjet, jaký efekt mají na řidiče dopravní značky v noci.

Výsledky z měření rychlosti nejsou tak jasné, jak jsem očekával. Přesvědčivé a pozitivní výsledky jsou v případě řidičů, kteří začínali na tmavé části a při přejetí do světelné části zrychlili. V opačném případě, začínali v světelné části a přejížděli do tmavé, jsem tento efekt nezaznamenal tak silně, docházelo zde k účícímu se efektu a řidič po polovině jízdy pokud nezaznamenal nic nečekaného zrychlil i na neosvětlené části.

Při vyhodnocování odchylky plochy vyjetí z pruhu mě zaujalo že někteří řidiči projeli zkoumanou zatáčku bez výchyly od ideální stopy. Ostatní řidiči dokázali v zatáčce se světelnými pruhy jet výrazně přesněji a blíže ke středu vozovky, díky světelným pruhům. Pro řidiče kteří nejezdí tak často a nebo nemají tak velké zkušenosti v noci je tato technologie více užitečná a znatelně jim pomáhá při řízení. Pro zkušenější řidiče nedochází k tak velkému přínosu.

Závěrem mé práce je, že při použití světelných pruhů v běžném provozu by zvyšovalo bezpečnost a komfort řidičů. Na simulátoru se ukázalo, že by řidiči byli v průměru schopni jet při podobných parametrech jízdy na světelné části rychleji a hlavně se cítili bezpečněji. V podmínkách reálného provozu není za hlavní cíl zvyšování maximální rychlost řidičů, ale při zachování stávající rychlosti jejich větší jistotu při řízení a tím i vyšší míru bezpečí. Před hromadným zavedením do praxe je nutné samozřejmě vždy zvážit kromě bezpečnostních přínosů i ekonomické náklady. Proto bych v prvních fázích viděl zavedení především v úsecích se zvýšenou nehodovostí. Dále zde je stále omezení technologii fotoluminiscenční barvy.

Seznam použitých značek a symbolů

(v) rychlost - $m \cdot s^{-1}$

(S) plocha - m^2

jednotka binárních dat - (MB) megabyte

NCHRP - National Cooperative Highway Research Program

JDVM - jednotná dopravní vektorová mapa

Seznam použité literatury a zdrojů informací

Reference

- [1] FELT, Marek. Silnice a dálnice budou chránit životy. 21. Století: revue objevů, vědy, techniky a lidí. Listopad 2017, s. 43.
- [2] ORLICKÝ, Adam. Automatická tvorba silniční infrastruktury ve 3D pro vozidlové simulátory: Diplomová práce Studijní. 2016. ČVUT FD. Vedoucí práce Doc. Ing. Stanislav Novotný, Ph.D.
- [3] PŘIBYL, Pavel a Miroslav SVÍTEK. Inteligentní dopravní systémy. Praha: BEN - technická literatura, 2001. ISBN 80-7300-029-6.
- [4] RADIMSKÝ, Michal. Projektování pozemních komunikací: Zajištění rozhledu. bezpečnost na pozemních komunikacích. Brno, 2007. Vysoké učení technické v Brně Fakulta stavební.
- [5] SKÁLA, Jiří. Pasivní prvky bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích. Brno, 2013. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně Institut celoživotního vzdělávání Oddělení Expertního Inženýrství. Vedoucí práce Ing. Jiří Pospíšil.
- [6] Auto: Idnes [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: auto.idnes.cz/silnice-bez-car-jsou-nebezpecne-jsme-horsi-nez-rozvoje-zeme-rika-expert-1r7-/automoto.aspx?c=A101026_110810_automoto_fdv
- [7] Auto: Idnes [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: https://auto.idnes.cz/svitici-dalnice-budoucnosti-dg2-/automoto.aspx?c=A121118_180826_automoto_vok
- [8] Autolexicon [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/lane-assist/>
- [9] Bezpečnostní tabulky: Fotoluminiscenční znační [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <http://fotoluminiscenncni-znaceni.bezpecnostni-tabulky.cz/technicke-informace.html#P1>
- [10] Dopravní info: ZPI [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <http://portal.dopravniinfo.cz/telematicke-aplikace/zarizeni-pro-provozni-informace-od-a-do-z>
- [11] Federal Highway Administration: U.S. Department of Transportation [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/pavement/rumble_strips/rumble_types/
- [12] Howstuffworks: auto [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <https://auto.howstuffworks.com/adaptive-headlight.htm>
- [13] Interestingengineering: Industry [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <https://interestingengineering.com/korean-company-develops-life-saving-rolling-barrier-system>

- [14] Jednotná dopravní vektorová mapa [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z:<http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodyvmape/Search.aspx>
- [15] Nařízení vlády č. 375/2017 Sb.: Nařízení vlády o vzhledu, umístění a provedení bezpečnostních značek a značení a zavedení signálů. In: . 2017. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-375/zneni-20171128#p8-1-1>
- [16] Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 - 2020 [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/getattachment/91c6d19a-cdb4-4a50-bfa6-efa1548537be/17-12-NSBSP.pdf>
- [17] Nepozornost zabíjí [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <https://nepozornostzabiji.cz/>
- [18] Rhinoceros 3D [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <http://www.rhino3d.cz/>
- [19] ROOSEGAARDE, Daan. SMART HIGHWAY [online]. 2012 [cit. 2018-01-04]. Dostupné z: <https://www.studioroosegaarde.net/project/glowing-lines>
- [20] Říčany Tisková zpráva: protihlukovy asfalt je ucinnny v ricanech snizil hlukove zatizeni o vic nez 6,5 decibelu [online]. [cit. 2018-06-07]. Dostupné z: <https://info.ricany.cz/>
- [21] Speciální bezpečnostní zařízení na pozemních komunikacích - ÚNIKOVÉ ZÓNY: TP 57. 2008. Dostupné také z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_57.pdf
- [22] Stardust colors: Speciální efektné barvy a pigmenty [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <http://www.stardustcolors.cz/cs/content/21-fotoluminiscencni-pigmenty->
- [23] Studioroosegaarde [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <https://studioroosegaarde.net/info>
- [24] Tb0033: Road Traffic Safety [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z:<http://tb0033.com/>
- [25] TORBIC, Darren J. a Madeleine. TYSENS. Guidance for the design and application of shoulder and centerline rumble strips. 2009. DOI: Guidance for the design. ISBN 03-091-1799-2. Dostupné také z: http://www.cmfclearinghouse.org/studydocs/nchrp_rpt_641-GuidanceRumbleStrips.pdf
- [26] Warmlyyours: Snow melting [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z:<https://www.warmlyyours.com/en-US/snow-melting>
- [27] Zakruta: Dopravní značení [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <http://www.zakruta.cz/dopravni-znacenivodorovne-dopravni-znacky/>
- [28] Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích: TP 133. 2013. Dostupné také z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_133.pdf
- [29] Značky Praha: ZPI [online]. [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: <http://www.znacky-praha.cz/Plugins/Webpages/pagedisplay.php?Page=ZPI&MenuId=WebpagesZPI>

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1	Graf nehodovosti za rok 2017 dle krajů	10
Obrázek 2	Vývoj počtu usmrčených a zraněných kvůli nepřiměřené rychlosti (zdroj: www.ibesip.cz)	11
Obrázek 3	Graf pěti nejčastějších příčin nehod za rok 2017	12
Obrázek 4	Detail vedení silnice I/11 (zdroj: mapy.cz)	12
Obrázek 5	Mapa nehod 2014 až 2016 (zdroj: ÚAMK)	13
Obrázek 6	Znázornění únikové zóny (zdroj: RADIMSKÝ, Michal. Projektování pozemních komunikací, VUTBR Fakulta stavební)	15
Obrázek 7	I01 Nápis (zdroj: http://www.dopravni-znaceni.eu)	16
Obrázek 8	I03 Teploměr (zdroj: http://www.dopravni-znaceni.eu)	16
Obrázek 9	PDZ (zdroj: zakruta.cz)	16
Obrázek 10	V2a (zdroj: zakruta.cz)	18
Obrázek 11	V2b (zdroj: zakruta.cz)	18
Obrázek 12	Frézované zdrsněné pruhy (zdroj: http://edtechskills.com/presentation-power-tip-the-rumble-strip)	19
Obrázek 13	Samorozmrazující se silnice (zdroj: https://www.houzz.com/photo/20112446)	20
Obrázek 14	Svodidla z točivých barelů (zdroj: (https://mediakonsumen.com/2017/03/12/wawasan))	21
Obrázek 15	Adaptivní světlometry (zdroj: http://www.autolexicon.net/cs/articles/audi-adaptive-light)	22
Obrázek 16	Lane assist (zdroj: http://www.autolexicon.net/cs/articles/lane-assist/)	23
Obrázek 17	Dynamic lines (zdroj: https://studioroosegaard.net/)	24
Obrázek 18	Značení teploty vozovky (zdroj: https://studioroosegaard.net/)	25
Obrázek 19	Glowing lines na silnici N329 (zdroj: https://studioroosegaard.net/)	26
Obrázek 20	Mapa s umístěním světelných pruhů na silnici N329 (zdroj: mapy.cz)	27
Obrázek 21	Fotografie ze simulátor	30
Obrázek 22	Trasa experimentu	31
Obrázek 23	Trasa ze simulátoru s přechodem z tmavé části do části se světelnými pruhy	34
Obrázek 24	Trasa ze simulátoru s osvětlenou částí	35
Obrázek 25	Metoda vyjíždění z pruhu	39
Obrázek 26	Vyhodnocení probanda	41
Obrázek 27	Vizuální zobrazení plochy vyjetí probanda A10	42

Seznam tabulek

Tabulka 1	Příčiny nehod na silnici I/11 za snížené viditelnosti	13
-----------	---	----

Tabulka 2	Bílá čára parametry (zdroj auto.idnes.cz)	17
Tabulka 3	Způsoby udržení řidiče v pruhu	36
Tabulka 4	Vlivy omezující řidiče	36
Tabulka 5	Způsoby udržení řidiče v pruhu	37
Tabulka 6	Vlivy omezující řidiče	37
Tabulka 7	Značka pozor zátáčka	38
Tabulka 8	Ovlivnění rychlosti světelnými pruhy	38
Tabulka 9	Rychlost pro skupinu A začínající ve světelné části	39
Tabulka 10	Rychlost pro skupinu B začínající v tmavé části	39
Tabulka 11	Průměrná plocha vyjetí pro skupinu A začínající ve světelné části	40
Tabulka 12	Průměrná plocha vyjetí pro skupinu B začínající v tmavé části	40

Seznam použitého softwaru

1. Microsoft Windows 10
2. Rhino 5
3. Rhino 6
4. Matlab
5. T_EXmaker, MiK_TE_X
6. Microsoft Excel 2016
7. Paint
8. Formuláře Google
9. Vozidlový simulátor v místnosti A323

Seznam příloh

Příloha A: Dotazník

Příloha B: Graf rychlosti