



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Martin Scháno

Bezpečnost provozu na pozemních komunikacích

Bakalářská práce

2015



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K622.....Ústav soudního znalectví v dopravě

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Martin Scháno

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Bezpečnost provozu na pozemních komunikacích**

Název tématu (anglicky): Traffic Safety on the Road Infrastructure

Zásady pro vypracování

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

- Dopravní nehodovost
- Principy a normy projektování pozemních komunikací
- Technologické možnosti pro měření rychlosti a dynamiky jízdy vozidel
- Případová studie vybraného silničního úseku

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího BP

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

Seznam odborné literatury: Šachl, J., Šachl, J.,(ml.), Schmidt, D., Mičunek, T., Frydrýn, M.: Analýza nehod v silničním provozu, Praha, 2008

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Drahomír Schmidt, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**
(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: **24. srpna 2015**

- 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

L. S.

Šachl

doc. Ing. Jindřich Šachl, CSc.
vedoucí
Ústavu soudního znalectví v dopravě



Svítek

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Scháno

Martin Scháno
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....22. září 2014

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Drahomíru Schmidtovi, Ph.D., za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za jeho osobitý přístup během vypracovávání této práce. Dále bych rád poděkoval své rodině, která mi během celého studia dodávala motivaci ve chvílích lehkých i těžkých, bez které bych se takto daleko jistě nedostal.

Prohlášení

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

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).

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.

V Třebívlicích dne 22. srpna 2015

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Bezpečnost provozu na pozemních komunikacích

bakalářská práce

srpen 2015

Martin Scháno

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Bezpečnost provozu na pozemních komunikacích“ je pomocí měřicí techniky změřit data o rychlosti, intenzitě a skladbě dopravního proudu na silnici I/15 na úseku mezi Lovosicemi a Mostem, u obce Libčeves. Tato sebraná data analyzovat a porovnat s údaji o v tomto úseku četných dopravních nehodách.

Klíčová slova: Bezpečnost provozu, měření rychlosti, dopravní nehoda

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis „Traffic Safety of the Road Infrastructure“ is using traffic detection device to collect data about speed, intensity and classification of the traffic flow on the road I/15 between Lovosice and Most, near village Libčeves, to analyse these collected data and compare with data about numerous car accidents in this section of the road.

Key words: Traffic safety, speed measuring, car accident

Obsah

Seznam použitých zkratk	5
Úvod	6
1. Dopravní nehodovost	8
1.1. Lidský faktor ve vzniku dopravních nehod	8
1.2. Vozidlo a pozemní komunikace jako faktor ve vzniku dopravních nehod	11
1.3. Analýza dopravních nehod	12
1.3.1. Úvod do analýzy dopravních nehod	13
1.3.2. Podklady pro analýzu dopravních nehod	13
1.3.3. Způsoby analýza dopravních nehod	17
1.4. Fyzika v dopravních nehodách	20
2. Principy a normy projektování pozemních komunikací	25
2.1. Zákon č. 56/2001 Sb.	25
2.2. Zákon č. 13/1997 Sb.	27
2.3. ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic	32
3. Technologické možnosti pro měření rychlosti a dynamiky jízdy vozidel	41
3.1. Rozdělení detektorů	41
3.2. Jaká data detektory poskytují?	41
3.3. Měření rychlosti	42
3.3.1. Mikrovlnný radar	42
3.3.2. Infračervený detektor	42
3.4. Měření dynamiky jízdy	43
3.4.1. Typy akcelerometrů	44
3.5. Úsekové měření rychlosti	45
4. Případová studie vybraného silničního úseku	47
4.1. Měřicí technika	49
4.2. Podmínky při měření	50
4.3. Detailní popis vybraného úseku	53
4.4. Intenzita dopravy a četnost nehod	57
4.5. Skladba dopravního proudu	58
4.6. Časové mezery	59
Závěr	61
Zdroje	65
Seznam obrázků	66
Seznam tabulek	67
Seznam grafů	67

Seznam použitých zkratk

ČSN	Česká státní norma
TP	Technické podmínky

Úvod

Původní myšlenka pro řešení tohoto tématu přišla po relativně krátké době. Zamyslel jsem se nad tématem, jež mě zajímá a je mi blízké, a vzešlo z toho téma týkající se automobilů, jelikož jsem velice nadšený řidič. Zároveň je to téma mně velice blízké, protože žiji ve vesnici na dohled od silnice I/15, na které je v okolí mého bydliště několik nebezpečných úseků s častým výskytem dopravních nehod. Po tomto uvědomění byl konec s výběrem tématu, lepší by si mi totiž najít nepodařilo.

Cíle této práce byly primárně dva, a to pro mě, jakožto studenta, se hlouběji ponořit do problematiky dopravních nehod, jejich vzniku, jejich analýzy a mnohých dalších okruhů, které jsem do této doby znal pouze teoreticky z židle vysokoškolské posluchárny. Druhým cílem bylo získat data z vybraného úseku. V době vybírání tématu jsem již měl základní zkušenosti se statistikami policie týkajícími se dopravních nehod a tušil jsem, na co zhruba přijdu zkoumáním nehod, jež se staly v mnou vybraném úseku. Avšak získaná data mě mohou naučit mnohé a to ne pouze z pohledu jejich obsahu, který v sobě jistě skrývá mnoho důležitých informací, ale pro mě je více důležité osobní spojení s těmito daty, jelikož práce s hrubými daty během vyučování, o kterých nic nevím, je sice naučná, ale výstupy z tohoto měření jsou mnou měřena a práce s nimi mi dá mnohem více. Mimo práci se statistikami mě tedy čeká i práce s aktuálními reálnými hodnotami, které mi nabídnou zcela nový pohled na řešenou problematiku.

Práce začíná kapitolou o dopravní nehodovosti, která obsahuje charakteristiku dopravní nehody a rozsáhlou část o řidiči, jakožto faktoru, který má nejmarkantnější vliv na bezpečnost provozu a tím na možnost vzniku dopravních nehod. Dále následuje vliv vozovky a vozidla, poté část věnovaná analýze dopravních nehod a fyzikálních zákonitostí při těchto nehodách. Původní myšlenkou za touto kapitolou tedy bylo zjištění nových znalostí především v oboru analýzy dopravních nehod a v oboru fyziky, zvláště praktická aplikace fyzikálních zákonitostí bude značně zajímavá.

Druhá kapitola se věnuje zákonům a normám spojeným s projektováním a provozem na pozemních komunikacích. Za touto kapitolou byla snaha o získání znalostí o právních

a závazných principech týkajících se této problematiky, jelikož bez těchto znalostí se ve zvoleném oboru pohybovat nelze. Původní myšlenkou bylo kromě zákonů a norem zahrnout také technické podmínky, zvláště TP 213 Bezpečnostní protismykové úpravy povrchů vozovek, TP 217 Zvýrazňující optické prvky na pozemních komunikacích a TP 130 Zařízení odrazující zvěř od vstupu na pozemní komunikaci, avšak tato témata se kvůli množství informací obsažených ve zpracované normě a zákonech do práce nedostala, rád bych se tímto směrem ale dále posouval při zpracovávání diplomové práce.

Třetí kapitola byla rozhodnuta již zvoleným tématem. Z největší pravděpodobnosti nelze zpracovat měření na pozemní komunikaci bez kapitoly týkající se měřící techniky. Proto bude v této kapitole zpracován základ principů měřící techniky a jejího využití.

Případová studie se jak již bylo zmíněno, zaměří na naměření dat z vybraného úseku a jejich zpracování. V plánu je kombinace naměřených dat se statistickými údaji o dopravních nehodách ve vybrané lokalitě a přehlednou formou tyto dva zdroje zkombinovat a ze zjištěných údajů vyvodit závěry.

1. Dopravní nehodovost

Dopravní nehoda je událost, jež je ve většině případů nepředvídatelná, se svým vlastním unikátním průběhem. Tato událost je pochopitelně na pozemních komunikacích nežádoucí a je snaha jejich počet snížit, v ideálním případě zcela eliminovat. Zkoumáním nehod, jež se staly, se můžeme přiučit tomu, jaké faktory měly vliv na dané nehody a co vše bylo zapotřebí k tomu, aby tato potenciálně nebezpečná situace vůbec nastala. Takovýchto faktorů je samozřejmě veliké množství a tak je pro přehlednost slučujeme, aby se data dala lépe zpracovávat a transformovat do užitečných informací, jež nám objasní hlavní či nejčastější problémy, které společně vystupují ve větším množství dopravních nehod.

1.1. Lidský faktor ve vzniku dopravních nehod

Bezesporu nejdůležitější faktor provozu na pozemních komunikacích je řidič vozidla. Existuje mnoho skutečností, kterými může řidič vozidla ovlivnit, co se s jeho vozidlem bude dít. Řidič si může i nemusí uvědomovat, že vozidlo je velice mocný stroj a ať již selháním některého faktoru, popřípadě náhodnou shodou okolností může mít jeho provoz katastrofální následky. Řidič svým činěním přímo ovlivňuje chování vozidla na pozemní komunikaci a tím bezpečnost jeho jízdy. Na řidiče může působit mnoho faktorů, počínaje světelnými podmínkami, počasím, přes dopravně technický stav vozovky, protijedoucí vozidla či okolní chodce nebo nadměrné množství přijímaných informací až po zdravotní stav řidiče, jeho zrak, reflexy, soustředění.

Každý řidič řídí svým unikátním způsobem, někdo preferuje jezdit pomaleji, mírně zrychlovat i zpomalovat, v obcích jezdit stále pomalu, i když nevidí žádné hrající si děti, stojící autobus na zastávce. Někdo řídí rychle, agresivně, avšak s vědomím svých možností. Například na volné silnici, kde nikdo okolo nejede, bez váhání poruší maximální povolenou rychlost, dokud je sám přesvědčen o relativní bezpečnosti své jízdy. Někteří řidiči jsou nuceni k rychlému řízení proti své vůli například spěchem na schůzi či do práce, popřípadě na důležitý pohovor. Existují však i řidiči, kteří jezdí agresivně nad své možnosti a každým svým usednutím za volant hrají hru se štěstěnou, nepočítají s tím, nebo si neuvědomují možnost, že zpoza rohu

baráku může vyběhnout chodec, že za zaparkovaným autobusem může přecházet člověk, kterého nemohou ze své pozice vidět.

K tomu se blíže váže schopnost řidiče předvídat to, co zatím nevidí. Použijme posledně zmíněný příklad zaparkovaného autobusu. Řidič by měl předpokládat, že pokud autobus stojí na kraji silnice, existuje reálná možnost, že z něho právě vystupují lidé a existuje reálná možnost, že vystupující lidé mohou mířit do obchodu přes silnici, kteří budou přecházet na nejbližším možném místě, což shodou okolností je zrovna místo, ve kterém jsou nejméně vidět. Pokud řidič takovouto možnost nepředvídá, v zásadě nemůže z rychlosti 50 km/h vozidlo bezpečně zastavit.

Znalost vozidla je dalším příkladem, který ovlivňuje to, jak ho člověk řídí. Každý typ vozidla je více či méně rozdílný, dokonce ve stejné třídě vozidel jsou značné rozdíly a to od síly motoru, která ovlivňuje bezpečnost při předjíždění, přes brzdy, které mohou způsobit řadu komplikací. Očividně pokud vozidlo brzdí méně, než řidič předpokládá, může to vést k potenciálně nebezpečným situacím, pokud však vozidlo brzdí intenzivněji, jsou v nebezpečí vozidla za naším řidičem, jelikož řidič může zabrzdit s nepředvídatelnou intenzitou. Dalšími faktory mohou být podvozek vozidla, typ a stav pneumatik, váha vozidla a mnoho dalších parametrů, které řidič musí brát v potaz.

Tím se tematicky dotýkáme adheze. Mállokterý řidič je schopen odhadnout, jaké typy manévru si může dovolit například na mokré vozovce, nebo dokonce na namrzlé. Mokrá vozovka je velice častým důvodem vzniku dopravních nehod a řidiči by si měli být vědomi její nebezpečnosti. Obtížnější, než zpozorovat mokrou vozovku, je uvědomění, že vozovka je namrzlá. Led se často schovává pod příkrývkou sněhu a zjištění, že pod bílou vrstvou se nachází namrzlá vozovka, může přijít v tu nejnevhodnější chvíli.

Řidič může ovlivnit šanci na vznik dopravní nehody také svým stavem a to od ovlivnění alkoholem, přes ospalost až po různé zdravotní problémy, jako například zhoršený zrak či sluch. První jmenovaný byl alkohol. Opilý řidič je velice nebezpečný jak sobě, tak i svému okolí. Opilost ovlivňuje smysly, zpomaluje reakci řidiče a v neposlední řadě značně komplikuje schopnost zpracování dat, které řidič vnímá. Mezi lidmi je rozšířené povědomí o tom, že malé množství alkoholu v krvi ve skutečnosti dokáže reflexy naopak zrychlit, stejně

jako reakce. Problém je však v tom, že nikdo již neví, na jaké hodnotě se efekt obrací do záporných vlivů a mnoho lidí nedokáže ani určit, zda jde o mýtus či fakt. Podle mého osobního názoru je nulová tolerance alkoholu v krvi v České republice správnou volbou, jelikož závažnost tohoto činu, stejně jako relativně vysoké tresty, vytváří v lidech podvědomě strašáka, který zabraňuje potenciálně nebezpečnému řidiči sednou za volant.

Dále byl zmíněn stav řidiče. Řidič může být během jízdy ovlivněn mnoha stavy a to jak tělesnými, jako například ospalost, tak i duševními, jako například rozhořčení či vztek, které mohou značně ovlivnit způsob, jakým řidič vozidlo řídí. Zmíněná ospalost či únava má poměrně vážné následky na schopnost řidiče udržet pozornost, značně zpomaluje reflexy a snižuje schopnost správně se rozhodnout v krátkém čase. Řízení v noci je velkým faktorem způsobujícím únavu, jelikož člověk je denní tvor a přirozeně je zvyklý fungovat za světla. Tma tedy znamená, že tělo očekává spánek a začne ho aktivně vyhledávat. Menší množství vozidel na silnici taktéž svádí ke snížení pozornosti, což pouze podporuje pocit únavy a nebezpečí mikrospánku. Samozřejmě přímý vliv na nastolení takového stavu má nedostatek spánku. Ať chceme nebo ne, lidské tělo spánek potřebuje a moderní „uspěchaná“ doba klade často na lidi takové nároky, že jsou nuceni si odepřít část svého spánku, avšak další den vstávat ve stejnou dobu a tím nespát přirozenou či pro daného člověka obvyklou dobu.

Zmíněný mikrospánek je velice nebezpečný projev lidského těla, charakterizuje ho krátký neočekávaný spánek, jenž může trvat třeba jen zlomek sekundy. Častá situace je, že během tohoto krátkého časového okamžiku začne vozidlo vybočovat z jízdního pruhu a řidič ve chvíli, kdy se probere, má před sebou situaci, kdy se mu vozidlo neočekávaně ocitlo jedoucím nechtěným směrem. Běžná reakce na toto zjištění je prudká změna směru, která může vést ke ztrátě kontroly nad vozidlem. Ke vzniku mikrospánku může vést řada faktorů, jako například monotónnost jízdy, jež nevyžaduje velkou míru soustředění. Pravdou je, že únava ve všech svých formách je velice nebezpečný stav, který bývá lidmi často podceňován a může vést k tragickým nehodám.

Řidiči však často riskují mnohem jednodušším způsobem, jako například telefonováním během řízení, konzumací potravin či nápojů, během jízdy se mohou ženy malovat. Všechny tyto činnosti samozřejmě značně snižují množství pozornosti, jež je věnováno samotnému

řízení. Navíc kromě nedostatku soustředění jsou omezeni také na řízení pouze jednou rukou, jež může být v kritické situaci rozhodující.

Řidiči dělají za volantem mnoho nebezpečných věcí, přičemž pouze na část z nich pamatuje zákon. S přihlédnutím k zákonům je nutno zmínit jejich vymáhání a tím se dostáváme k policii. V České republice je obecně dohled ze strany policie, měření rychlosti či náhodné kontroly řidičů spíše výjimkou, nežli pravidlem. K tomu můžeme přidat obtížnost s dokazováním různých přestupků a množství klíčků, jež mohou řidiči využít k vyhnutí se trestu a výsledkem je relativně nízký respekt k pravidlům silničního provozu, především omezení rychlosti či zákazu předjíždění. To samozřejmě není jediný problém, jenž vede k častému nerespektování zákona, ale jistě situaci nepomáhá.

1.2. Vozidlo a pozemní komunikace jako faktor vzniku dopravních nehod

Vozidlo je rozhodně důležitým faktorem jak provozu na pozemních komunikacích, tak samozřejmě i jeho bezpečnosti. Lidé jsou schopni jezdit na pozemních komunikacích ve všem a tak stát nastavuje základní laťky ve formě zákona č. 56/2001 Sb., který definuje, co je vozidlo a jaké musí mít náležitosti a postup schvalování typu či jednotlivého vozidla. Následně definuje technickou způsobilost vozidel a řeší stanice technické kontroly, které mají provádět technické prohlídky vozidel (viz kapitola 2.1. Zákon č. 56/2001 Sb.).

Avšak toto samozřejmě není vše, co se týče bezpečného provozu vozidla na pozemních komunikacích. Řidič má povinnost udržovat své vozidlo v jistém definovaném stavu. Pro bezpečnost je značně důležitá například funkčnost světlometů, správná funkce brzd a celá řada dalších věcí, které se mohou mezi návštěvami stanice technické kontroly rozbít či poškodit. Provoz vozidla vyžaduje mnoho pozornosti a údržby, kterou řada lidí značně podceňuje.

Pozemní komunikace je dalším z pilířů bezpečnosti na provozu pozemních komunikacích. Dopravně technický stav komunikace je prvním z jejích prvků, jež mohou tuto bezpečnost ovlivnit. Takzvaná prostorová plynulost trasy je něco, o co se má snažit projektant. Znamená

to plynulé přechody trasy z oblasti dlouhé a monotónní jízdy stejným směrem do oblasti prudkých a četných zatáček. I řidič, který na této komunikaci nikdy nejel, by neměl být náhle překvapen jejím vedením.

Tohoto se blíže dotýká problematika rozhledových polí. Vysoká tráva v okolí komunikace či vyrostlá kukuřice na poli na vnitřní straně oblouku může značně omezit výhled řidiče a dokonce zcela zakrýt nízká vozidla, překážky na komunikaci či divokou zvěř v blízkosti komunikace.

Samozřejmě první věc, na kterou člověk myslí, když se řekne pozemní komunikace a bezpečnost v jedné větě jsou výmoly a jiné poškození vozovky. To pochopitelně značně ovlivňuje pohyb vozidel a v extrémních případech znemožňuje pohyb v určité stopě. Pokud se toto poškození nachází v obvyklé stopě projíždějících vozidel, může mít zvláště za snížené viditelnosti vážný dopad zaprvé na technický stav projíždějících vozidel, zadruhé na bezpečnost provozu po této části komunikace, jelikož řidič může v případě, že poškození uvidí, neočekávaně zabrzdít, změnit stopu či dočasně ztratit kontrolu nad vozidlem. Pokud řidič poškození zpozoruje až ve chvíli, kdy přes něho přejede, může se leknout a opět reagovat pro okolní řidiče nečekaně.

1.3. Analýza dopravních nehod

V této části kapitoly je obecně řešena problematika analýzy dopravních nehod. Úvodní část je věnována stručné zmínce o historii znalecké činnosti v Československé a České republice, po které následuje samotná problematika nynější analýzy dopravních nehod. Tato část obsahuje stručné rozdělení dopravních nehod z pohledu analýzy, stejně jako rozdělení podkladů, které pro analýzu využíváme. Podle tohoto rozdělení jsou popsány podklady objektivní a subjektivní a krátce charakterizovány. Poté následuje část věnována sběru těchto dat a jejich významu pro následnou analýzu dané nehody. Po popisu nejčastěji se vyskytujících stop na místě nehody je pomalu přikročeno k samotné analýze. Zde jsou řešeny metody, jakými se analyzuje dopravní nehoda. Zvláštní důraz je zde kladen na zpětné odvíjení nehodového děje a následný popis diagramu dráha x čas.

1.3.1. Úvod do analýzy dopravních nehod

V případě potřeby soudu objasnit okolnosti vzniku dopravní nehody může být vyžádáno odborné vyjádření, popřípadě znalecký posudek. Znalecká činnost je upravena zákonem číslo 36/1967 Sb. o znalcích a tlumočnících, prováděcí vyhláškou číslo 37/1967 Sb. ve znění pozdějších předpisů a Směrnicí ministerstva spravedlnosti ČSR číslo 10/1973-kontr.odb. o organizaci a kontrole znalecké a tlumočnické činnosti.

Analýza silničních nehod byla v Československu zavedena jako vědní disciplína panem Ing. Jiřím Smrčkem, který stál za založením Ústavu soudního inženýrství Vysokého učení technického v Brně a byl také jeho prvním vedoucím. Tento ústav byl založen 14.9.1965, tehdy pod názvem pracoviště soudního inženýrství a později roku 1970 bylo pracoviště změněno na Ústav soudního inženýrství.

Fakulta dopravní ČVUT byla 22.7.2002 z rozhodnutí ministra spravedlnosti ČR zapsána do druhého oddílu seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost v oborech doprava a spoje a stala se tak znaleckým ústavem. Dne 2.9.2005 byl zřízen Ústav soudního inženýrství v dopravě. Dne 15.11.2006 byl ústav přejmenován na ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znactví v dopravě a pod tímto názvem existuje dodnes.

1.3.2. Podklady pro analýzu dopravních nehod

Pro účely analýzy dopravních nehod třídíme dopravní nehody mezi střety a havárie. Střetem rozumíme srážku pohyblivých objektů, ať už se jedná o vozidla mezi sebou, nebo vozidlo s chodcem. Pro řešení těchto typů dopravních nehod se často využívá diagramu dráha x čas, který nám pomáhá přehledně zobrazit pohyby obou vozidel v čase těsně před střetem (viz kapitola 1.3.3. Způsoby analýzy dopravních nehod).

Havárií je myšleno poškození jednotlivého vozidla ať už sjetím z vozovky, nárazem do pevné překážky či převrácením.

Pro řádnou analýzu dopravní nehody je potřeba mít co nejvíce podkladů co možná nejpřesnějších. Tyto podklady se většinou shromažďují na místě dopravní nehody a v některých případech s co možná nejmenším časovým odstupem od samotné nehody.

Podklady se v analýze dělí na objektivní a subjektivní. Objektivní podklad je takový, u kterého se v ideálním případě dá počítat s jeho přesností a dá se z něho vycházet při analyzování nehodového děje. Jedná se například o měřená data jako délka brzdných stop, vzdálenost brzdných stop od místa nehody, nebo konečné pozice zúčastněných vozidel a mnoho dalších.

Subjektivní podklady na druhou stranu jsou takové, ze kterých by se nemělo vycházet na začátku procesu analýzy dané nehody, jelikož se s největší pravděpodobností nejedná o zcela přesná či pravdivá data, popřípadě data úmyslně zkreslená. Největší zastoupení v subjektivních podkladech mají výpovědi účastníků nebo svědků nehody. Taková data bývají často neúmyslně zkreslena v případě účastníků, nebo domyšlena či zcela vymyšlena v případě svědků. Většinou však tato data nejsou úmyslně nepřesná nebo nepravdivá, jsou ovlivněna traumatizující zkušeností, kterou právě účastníci nebo svědci prožili a to, co si myslí, že zažili, nemusí být to, co se ve skutečnosti stalo, i když oni si to tak pamatují.

Dokumentace všech podkladů dopravní nehody je klíčová část pro analýzu, jelikož bez ní není co analyzovat. Správná dokumentace by měla obsahovat co nejpřesnější a nejúplnější informace o dopravní nehodě. Za nejpřesnější zdroj dat se obvykle považuje fotodokumentace, jelikož fotoaparát dokáže zachytit i to, co fotograf považuje za krajně nedůležité, což se však během analýzy může ukázat jako klíčové. Proto by měla být řádná fotodokumentace vždy prioritou ve chvíli, kdy se začne dokumentovat dopravní nehoda. Fotodokumentace by se měla vytvořit co nejdříve, jelikož podmínky se často rychle mění a například náhodně zaparkované vozidlo, jež bránilo ve výhledu řidiči, může mít na řešení dopravní nehody zcela zásadní význam. Zvláštní pozornost se klade na fotografování stop pneumatik, stop na objektech poškozených dopravní nehodou, jako například stromů, svodidel nebo svislého dopravního značení, polohy střepin a vyteklých kapalin. Zvláště u kapalin je nutno fotografovat co nejrychleji.

Dalším důležitým bodem je zdokumentování poloh vozidel a jejich poškození. Detailně je nutné zdokumentovat celá vozidla, nehledě na to, jak jsou poškozena. Dokumentace nepoškozených částí vozu je stejně důležitá, jako dokumentace těch poškozených, jelikož informace o tom, že z této strany vozidlo poškozeno nebylo, je stejně důležitá, jako že z druhé strany bylo. Je nutné také nezapomínat na dokumentaci interiéru vozidla. Dokumentace vnitřního poškození, zvláště bezpečnostních pásů, stejně jako odběr biologických stop, zvláště ze skla, pokud je „promáčknuto“.

Jak již bylo řečeno, v případě dopravních nehod jsou zařazeny mezi subjektivní zdroje informací svědecké výpovědi. To znamená, že by z výpovědi neměly být stavěny základy analýzy dané nehody. Jsou to z velké části informace nepřesné, jako například odhady vzdáleností či rychlosti se můžou lišit od skutečných hodnot i několikanásobně. V ideálním případě by se takovéto hodnoty neměly brát v úvahu během procesu analýzy. Tento proces by na svém konci měl pouze potvrdit, zda je výpověď svědka technicky přípustná. Jinými slovy, zda se dopravní nehoda skutečně mohla odehrát tak, jak tvrdí svědek nebo účastník.

Tyto nepřesnosti mohou být uvedeny úmyslně, ale ve většině případů to tak není. Pokud se nyní budeme věnovat pouze svědeckým výpovědím a pro tento případ nebudeme brát v potaz přímé účastníky nehody, je možné, že si člověk provozující jinou činnost v době nehody nezafixuje takové množství dat, jaké později předává policii a to z důvodů jdoucích od nepřipravenosti na náhlý vjem, přes neschopnost zafixovat velké množství dat v krátkém časovém úseku až po šok z traumatizující události. Člověk si s odstupem času přirozeně domýšlí mezery ve vzpomínkách, snaží se podvědomě představit průběh nehody podle toho, co skutečně viděl a je poté těžké odlišit, co sám zažil a z toho vydedukoval. Pokud se jedná o svědka jedoucího ve vozidle, často bývá těžké odhadnout rychlost jiného jedoucího vozidla a vzdálenosti, které za určitý čas ujede. Co se týče odhadu hodnot jako rychlost nebo vzdálenost, tak je dosti nepravděpodobné, že by náhodný člověk určil s prokazatelnou přesností takovéto hodnoty i bez tlaku, který takováto situace běžně vytváří. Když k tomu přidáme to, že takovéto odhady svědci vyvozují ze vzpomínek nějaký čas po samotné nehodě a ne přímo v době nehody, je o to pochopitelnější, že takovéto odhady se jen zřídka podobají skutečnosti.

Pokud přihlídneme k přímým účastníkům dopravní nehody, jejich výpovědi bývají kromě výše uvedených vlivů ovlivněny i takzvanou amnézií. Amnézie je velice častý jev u účastníků nehody. Jedná se o nemožnost vybavení si časového úseku začínajícího v našem případě

těsně před střetem a probíhajícího ještě nějaký čas po něm. Účastník si například vybavuje to, že protijedoucí auto dostalo smyk a nekontrolovatelně se přibližovalo. Následující časový úsek si osoba nevybavuje vůbec, nebo výjimečně vybavuje pouze střípky událostí, které následovaly.

Z toho, co bylo řečeno, je jasné, že subjektivní podklady nejsou pro analýzu příliš cenné. Přejdeme tedy k samotným základům analýzy a tím jsou stopy na místě nehody. Prvně specifikujme to, co je myšleno pod pojmem stopy na místě nehody. Jedná se o pozůstatky nehody, jako například stopy pneumatik, ať už stopy zanechané intenzivně brzděnými či blokovánými koly, nebo takzvané driftové stopy vznikající pneumatikami smýkajícími se bočně. Dále se jedná o vyteklé provozní kapaliny, zejména chladicí, jelikož při střetu dochází velice často k poškození chladiče a následnému úniku chladicí kapaliny. Mezi další kapaliny, jejichž stopy se dají na místě nehody nalézt, patří mimo jiné kapalina brzdová či olej. Dalšími stopami na místě nehody jsou části vozů, jako například střepy, uvolněné světlometry či odlomené plasty, stejně jako součásti oděvu sražených chodců například boty, brýle nebo pokrývka hlavy. Kromě toho se během nehody také často poškodí okolní svodidla, značky nebo stromy. V ojedinělých případech se poškodí samotná vozovka a to převážně rytím kovovými částmi vozidel. V takovémto případě je však nutné identifikovat, jaká část vozidla rycí stopy způsobila.

Analýza stop pneumatik je jedním z nejdůležitějších podkladů, jelikož umožňuje s velikou přesností a spolehlivostí objasnit pohyby vozidel během nehodového děje. V případě, že máme k dispozici dobře zaměřené stopy pneumatik, lze poměrně jednoduše simulovat pohyb vozidla ať už těsně před nehodou, kdy vozidlo brzdí před překážkou, nebo po nehodě, kdy je vozidlo setrvačnou silou přemístěno do konečné polohy, pokud jsou kola stále brzděná, nebo se vozidlo nepohybuje ve směru natočení kol. Stopy pneumatik mohou dále poukázat na délku reakční doby. K této problematice se vrátíme v následující podkapitole, která bude vyhrazena analytické metodě zpětného odvíjení nehodového děje a diagramu dráha x čas.

Další ze zmíněných stop na místě nehody jsou vyteklé kapaliny. Ty jsou ve většině případů velmi užitečné v určení místa střetu. Chladicí kapalina bývá často při nárazu přídí vozidla „rozstříknuta“ po okolí, avšak z důvodu umístění chladiče je většina kapaliny zachycena motorem, kapotou či dalšími částmi vozu a jediný volný prostor bývá směrem dolů, proto je

v takovém případě na místě střetu výrazné množství chladící kapaliny. Toto množství je samozřejmě ovlivněno rychlostí, jakou se vozidlo pohybuje při střetu a po střetu, tedy jinými slovy kolik kapaliny stihne vytéci na vozovku. Tato stopa se často pohybuje spolu s vozidlem až do konečné polohy a dále může odtékat, je-li vozovka ve výraznějším sklonu. Z těchto důvodů je velice důležité, aby byla co nejpřesněji zaměřena poloha takovýchto stop, jelikož patří mezi nejužitečnější zdroje informací při analýze dané nehody.

Stopy střepin jsou také jedním z viditelnějších důkazů proběhlé nehody. Jejich hodnota však není tak výrazná, jelikož podléhají mnoha těžce předvídatelným faktorům, které ovlivňují jejich konečné polohy. Při střetu dvou vozidel bývají často střepy skla odraženy od druhého vozidla, poté je jejich následující pohyb téměř nepředvídatelný, mohou vozidlo minout, pokračovat původním směrem a skončit tak značně daleko za místem střetu. Z vozidla pohybujícího se po střetu do konečné polohy mohou dále odlétnout další střepy. V neposlední řadě v případě deformace prostoru pro cestující spojené s aktivací airbagů vzniká přetlak, který při rozbití bočních skel „rozhodí“ střepy do značné vzdálenosti. Z těchto důvodů nelze střepy považovat za zcela přesné při určování místa střetu.

1.3.3. Způsoby analýza dopravních nehod

Pro početní řešení dopravní nehody se často využívá takzvaného zpětného odvíjení nehodového děje. Při tomto početním postupu řešíme nehodu v čase obráceně, tedy z konečných pozic vozidel do místa střetu, poté samotný střet a následně děj před střetem.

Analýza pohybu vozidla po střetu je zaměřena na výpočet toho, co se dělo mezi konečnými pozicemi vozidel a místem střetu. Této fázi se říká výběhová analýza a dozvíme se z ní, jakou měla vozidla rychlost a jaký měla směr těsně po střetu, tedy jakou rychlostí a směrem se pohybovala do konečných poloh. Po výběhové analýze následuje analýza střetu, která početně řeší, co se stalo během střetu vozidel. Z této fáze bychom měli zjistit, jakou rychlost vozidla měla těsně před střetem. Z této informace vycházíme při následném řešení děje před střetem, při kterém se zjišťuje díky znalosti, kde začala vozidla brzdit, jakou rychlost měla na začátku brždění (pokud před střetem brzdila). Pokud máme polohu, rychlost a směr jízdy na začátku brždění, můžeme odvodit trvání reakční doby.

Reakční doba je dle definice „časový interval, který uplyne od okamžiku vjemu do okamžiku uvedení zařízení v činnost naučeným pohybem.“ [8] Tato doba se dělí na dvě části. Tyto části jsou reakční doba řidiče a odezva vozidla. V reakční době řidiče můžeme najít reakce optické, psychické a svalové a v odezvě vozidla je zahrnuta prodleva brzd a náběh brzd. Během reakční doby se tedy děje mnoho věcí počínaje zpozorováním překážky, pohledem na překážku a jejím zaostřením. Poté tuto informaci musí řidič zpracovat a rozhodnou se, jak bude reagovat. V tomto případě se rozhodne zabrzdít vozidlo a tak následuje svalová část, tedy sešlápnutí brzdového pedálu. Po tomto úkonu následuje již zmíněná prodleva brzd a náběh brzd. Prodleva brzd je časový úsek mezi sešlápnutím pedálu a počátkem brždění a náběh brzd je doba, mezi kterou vozidlo začne brzdit do okamžiku, kdy je aplikována maximální brzdná síla, jelikož brzdná síla narůstá postupně a ne nárazově.

Kromě zpětného odvíjení nehodového děje existuje ještě takzvané dopředné řešení, ve kterém se v zásadě odhadne řešení a následnými úpravami je stále zpřesňováno, dokud nejsme s přesností výsledku spokojeni. Oproti zpětnému řešení je však pro dopředný způsob potřeba výpočetní techniky se specializovaným softwarem.

Pro přehlednou interpretaci výstupů z početní části analýzy, stejně jako pro získání dalších spojitostí, se užívá diagramu dráha x čas. Je to graficko-početní metoda analyzování nehodového děje. Umožňuje nám jednoduše a přehledně zobrazit pohyb zúčastněných objektů (vozů, chodců,...) v prostoru a v čase a to nezávisle na směru jejich pohybu. Přehledně zobrazuje hodnoty vypočítané matematickým postupem a navíc nabízí nové skutečnosti, které by jinak mohly zůstat neodhaleny.

Diagram dráha x čas nabízí grafické řešení pohybu různých objektů, přičemž každý z nich může mít vlastní směr pohybu i vlastní průběh změn své rychlosti. Běžně při střetu dvou vozidel se v diagramu dráha x čas zobrazuje pohyb zmíněných dvou vozidel, ale není tím omezen. Je možné v tomto stejném diagramu zobrazit pohyby dalších objektů, jež měly na nehodu jakýkoliv vliv. Může se jednat o jiné vozidlo, popřípadě chodce, který těsně před střetem vběhl do vozovky a přinutil tak řidiče změnit směr.

Tento diagram se s výhodami spojuje se situačním plánem místa nehody, jelikož s ním sdílí vodorovnou osu, na které se zobrazují délky drah. Dráhy všech zobrazených objektů se zobrazují na vodorovnou osu a to bez ohledu na směr jejich pohybu. Jediným odlišením je směr pohybu na ose, kdy vozidla, jež se střetla, se obvykle zobrazují každý v jiném směru, tedy na ose směřují k sobě. Zažitým měřítkem na této ose bývá 1:200, jelikož pro většinu běžných nehod se jedná o měřítko vyhovující a přehledné. Nejedná se však o pravidlo a tak lze spatřit na vodorovných osách měřítka menší pro přehledné zobrazení nehodového děje například při předjíždění, kdy vozidla obvykle ujedou značně delší dráhu před střetem. Nabízí se samozřejmě i měřítka větší, pokud je to potřeba. Není neobvyklé na vodorovné ose vidět dvě různá měřítka, jako například při střetu vozidla s chodcem, kdy chodec je přirozeně ztelně pomalejší a tak se pro zobrazení jeho pohybu použije například měřítko 1:100 a pro zobrazení pohybu vozidla na téže ose se použije měřítko 1:200. Tato diference by však měla být řádně zvýrazněna, aby nedošlo k jejímu pozdějšímu opomenutí.

Na svislé ose se vynáší čas s nulou umístěnou do důležitého okamžiku, většinou jím bývá okamžik střetu, jelikož ten je společný pro oba důležité objekty, jež se spolu střetly. Jiné umístění nulového bodu, například dosažení konečné polohy, bude vztaženo pouze k jednomu objektu. Navíc by takového umístění zkomplikovalo čitelnost diagramu.

Z charakteru diagramu lze vyvodit, že objekty stojící se zobrazí jako svislá čára, tedy pohybující se v čase, ale ne v prostoru. Pohyb konstantní rychlostí se zobrazuje jako šikmá přímka, přičemž úhel, jenž svírá s vodorovnou osou je tím menší, čím větší je rychlost objektu. Pohyb rovnoměrně zrychlený či zpomalený se v diagramu znázorňuje jako parabola a úbytek rychlosti (narázem do překážky) je znázorněn jako tupouhlý zlom.

V případě chodce úsečka či parabola znázorňuje jeho střed, chodec je tedy redukován do jednoho bodu v daném čase. U vozidla reprezentuje bod v daném čase z pravidla příď vozu. Pokud je pro analýzu důležitá jiná část vozu než pouze příď, znázorňuje se navíc k pohybu příď ekvidistantní čára reprezentující zád vozu. Ta většinou bývá znázorněna tenkou čarou, přičemž příď je znázorněna tučně.

Jak již bylo řečeno, v diagramu se nemusí zobrazit pohyb pouze dvou objektů. S výhodou se zde zobrazuje i řada dalších objektů, jež měly na pohyb vozidel jakýkoliv vliv. Takže je

možné v diagramu krom dvou vozidel, která se srazila, najít například i pohyb chodce, jež donutil jedno z vozidel změnit směr jízdy, popřípadě jiné vozidlo, které blokovalo výhled.

Diagram dráha x čas je také výborným nástrojem pro zobrazení takzvané oblasti zakrytého výhledu. Ta reprezentuje oblast, ve které mohl účastník v daný okamžik vidět překážku. Objekt, jež zakrývá výhled, může být pohyblivý či nepohyblivý. Pokud si vezmeme příklad chodce vcházejícího na přechod, tak můžeme jednoduše zobrazením oblasti zakrytého výhledu zjistit, v jaké vzdálenosti a čase od přechodu mohl řidič auta chodce vidět a pokud máme k dispozici řádně zdokumentované brzdné stopy, můžeme velice přesně určit, jak dlouhou měl řidič reakční dobu, tedy jak dlouho mu trvalo od zpozorování chodce začít vozidlo brzdit. Oblast zakrytého výhledu se vytváří jednoduše spojením situačního plánu s diagramem dráha x čas. V situačním plánu rozdělíme dráhu vozidla adekvátním množstvím bodů (čím více, tím přesnější je výsledek) a vedeme přímkou směřující z bodu na dráze vozidla přes vnější hranu překážky, jež zakrývá výhled, až do dráhy chodce (popřípadě jiného objektu). Tento postup opakujeme pro všechny zvolené body. Výsledkem tohoto kroku je soustava bodů na dráze chodce, jež přeneseme ze situačního plánu do diagramu dráha x čas do časového okamžiku, jež odpovídá původním bodům na dráze vozidla. Takto vynesené body vytváří hranu oblasti zakrytého výhledu a přehledně zobrazují, v jakém okamžiku měl řidič jaký výhled. Tento postup lze aplikovat samozřejmě i pro množství překážek, nemusí být tedy nutně pouze jedna. V takovém případě propojujeme dráhy vozidla a chodce přes hranu té překážky, která nejvíce omezuje výhled. Nutno upozornit, že při vytváření oblasti zakrytého výhledu, ve které figuruje na jakékoliv straně vozidlo, je nutno odlišit před vozidla od hlavy jeho řidiče. Řidiči, pro kterého se vytváří tato oblast, se propojuje pozice hlavy s pozicí před vozem (popřípadě jiné části, jež byla viditelná jako první), u kterého zjišťujeme, kdy mohl být viděn.

1.4. Fyzika v dopravních nehodách

Tato část kapitoly se věnuje dopravní nehodě z hlediska fyzikálního. Zde je kladen důraz na jednoduché vysvětlení fyzikálních zákonitostí, jež rozhodují o výsledku dopravní nehody. Jednotlivé zákony a pravidla jsou vysvětleny a značná část jich je doplněna příklady fiktivních nehod, ve kterých hraje daný zákon významnou roli, popřípadě na kterých je zákon objasněn či vysvětlen.

Dopravní nehoda je zcela beze sporu fyzikální děj a tak se k ní během analýzy také přistupuje. Standardně se aplikují Newtonovy pohybové zákony, působení vnitřních a vnějších sil. Pohyb vozidla se redukuje na společné těžiště a analyzuje se jeho pohyb takto. Relativita pohybů často zjednodušuje řešení střetů a při střetu se aplikuje znalost rázové síly, tuhosti vozidla, elastické a plastické deformace a řady dalších fyzikálních zákonitostí a principů.

Isaac Newton byl anglický fyzik, matematik, astronom, alchymista a teolog na přelomu 17. a 18. století. Jeho publikaci *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* z roku 1687 obsahovala kromě zákona všeobecné gravitace také tři zákony pohybu, do dnes považované za pilíře mechaniky.

Newtonův I. pohybový zákon – Zákon o zachování hybnosti:

Každé těleso setrvává ve stavu klidu nebo rovnoměrného přímočarého pohybu, pokud není vnějšími silami nuceno svůj stav změnit.

Tento zákon nám říká, že vozidlo jedoucí po silnici pojedou stejným směrem a stejnou rychlostí, nepůsobí-li na něho síla, jež by ho nutila tento směr a rychlost změnit. Samozřejmě malé změny jsou způsobeny odporem vzduchu, valivým odporem, odporem mechanických součástí vozidla a mnoha dalšími faktory, nicméně znatelně větší změny přicházejí při kolizi s jinými objekty. Stejně jako z vnějšího pohledu funguje tento zákon také uvnitř vozu. Jelikož řidič (a samozřejmě i zbytek posádky) vozidla je samostatný objekt a při nehodě na něho nepůsobí stejné síly, jako na vozidlo samotné, a tak ve chvíli, kdy je vozidlo zpomalováno deformací svých součástí, nepůsobí na nepřipoutaného řidiče žádné síly, které by ho brzdily, a tak pokračuje jeho tělo nezměněnou rychlostí a směrem, dokud není nuceno tento stav změnit.

Newtonův II. pohybový zákon – Zákon síly:

Časová změna hybnosti je úměrná působící síle a má s ní stejný směr.

$$\mathbf{F} \cdot t = m \cdot \mathbf{v}$$

Na levé straně rovnice je síla násobená časem, takzvaný impuls síly. Na pravé straně máme hybnost, což je hmotnost násobená rychlostí. Tyto dvě fyzikální veličiny neodmyslitelně patří k analýze dopravních nehod. Hybnost, nebo spíše úbytek hybnosti během střetu dvou vozidel nám pomůže zjistit, jakou rychlostí jelo vozidlo před střetem. Samozřejmě lehce komplikovanějším postupem, při kterém se musí počítat i se silami, které se přemění během deformace vozidel, nicméně základem této teorie je stále Newtonův II. pohybový zákon.

Newtonův III. pohybový zákon – Zákon akce a reakce:

Tento zákon hovoří o tom, že síly nepůsobí nikdy osamoceně, nýbrž vždy v párech. Pro každou akci existuje stejně veliká a směrově opačná reakce.

V dopravní nehodě je tento zákon nejvíce vidět při střetu dvou vozů. Představme si situaci, kdy jedoucí vozidlo narazí do zaparkovaného vozu. Jedoucí vozidlo tím, že o vozidlo zaparkované „ztratí“ část své rychlosti, způsobí značnou deformaci či destrukci některých částí zaparkovaného vozu, avšak na pohybující se vozidlo během střetu působí stejná síla a pokud budeme předpokládat, že narazí stejně tuhou částí jako je ta, do které narazí, poté bude shodně poškozeno stojícím vozidlem, jelikož zaparkované vozidlo vytvoří stejnou sílu proti tomu, které do něho naráží.

Z principu akce a reakce tedy plyne, že na oba objekty, v našem případě vozidla, působí stejně síly. Jak je tedy možné, že nejsou vždy stejně zdeformována? Je to způsobeno tím, že deformační energie je součin deformační síly a deformační dráhy. Deformační síla již byla popsána a podle zmíněného zákona víme, že na obě vozidla působí stejná. To, co tvoří rozdílné deformace na dvou vozidlech, je deformační dráha a to, jak veliká deformační dráha na vozidle bude, rozhoduje tuhost zasažené části.

Této problematice se týká takzvaná tvrdost nárazu. Zrekapitulujeme si, co již víme v jednom příkladu. Pokud vozidlo narazí na jiné vozidlo, obě vozidla na sebe navzájem působí silami stejně velikými v opačném směru. To, co rozhoduje, jak velké síly budou, je rozdíl hybnosti vozidel před a po střetu. Neboli jak těžká jsou vozidla a kolik „ztratila“ během srážky rychlosti. Důsledkem této síly jsou obě vozidla deformována. Deformace závisí na tuhosti té části vozidla, jež byla srážkou zasažena a čím větší tuhost, tím kratší deformační dráha. V této chvíli přichází ke slovu tvrdost nárazu, jelikož nyní známe deformační dráhu. To, že se vozidla k sobě blíží nějakou rychlostí a během střetu se jejich části postupně deformují, tedy postupně se přeměňuje energie kinetická na energii deformační, znamená, že během doby střetu, řádově měřeno v milisekundách, působí značné přetížení. Přetížení je zrychlení, což je z fyzikálního pohledu změna rychlosti za časový interval a z toho, že v našem případě je časový interval značně krátký, vyplývá, že zrychlení v okamžiku střetu je naopak značně vysoké. To vše je delší způsob vyjádření toho, že čím větší je deformační dráha, tím delší je časový úsek, ve kterém se vozidlo deformuje a tím nižší působí na vozidlo přetížení (a v důsledku i na posádku). S tímto vědomím můžeme říci, že čím delší je deformační dráha, tím nižší přetížení působí na posádku, což je dobře. Avšak proti tomu působí fakt, že vozidlo má omezené rozměry a pokud chceme prostor pro posádku řádně ochránit, je nutné, aby byly součástí vozidel dostatečně tuhé a deformační dráha nezasáhla při střetech ve vyšší rychlosti právě do prostoru pro posádku a tu tak neohrozila.

Jedna z veličin, která ještě nebyla řádně zmíněna, je hmotnost. Při střetu dvou vozidel má hmotnost důležitou roli, jelikož těžší vozidlo má podle Newtonova II. zákona větší hybnost a to mu za předpokladu, že působící síly budou shodné, zajišťuje nižší hodnotu zpomalení než vozidlu lehčímu. Obráceně platí, že čím nižší hmotnost vozidla, tím vyšší zpomalení na něho působí a to nezávisle na jeho vlastní rychlosti, jelikož při srážce není důležitá rychlost jednotlivých vozidel, ale jejich relativní rychlost vůči tomu druhému.

Dalším faktorem ovlivňujícím výsledek střetu je, jak již bylo výše zmíněno, také tuhost vozidla, nebo spíše tuhost zasažených částí na vozidle. Tuhost vozidla je však čepel, jež může seknout oběma směry, jelikož bez znalosti jiných poměrů při nehodě nelze říci, zda je výhodnější mít deformační zóny více tuhé nebo méně. Čím tužší je zasažená část vozidla, tím větší sílu (reakci) vyvolává při snaze ji zdeformovat. Jak již bylo řečeno, čím větší je „brzdná“ síla, tím kratší je brzdná dráha a tím větší je přetížení, což pro posádku není dobré.

Tedy podle toho, co bylo řečeno, vyvodíme, že pokud je zasažená oblast méně tuhá, více se zdeformuje a tím nabízí delší brzdou vzdálenost, z čehož vyplývá menší přetížení a „pohodlnější“ náraz. Deformace je tedy dobrá, pokud však síly působící na danou část nepřekročí mez, kdy deformace zasáhne do prostoru pro posádku, jelikož pak už zbývá jen krůček od smrtelného zranění. V dnešní době jsou vozidla dimenzována tak, aby co nejefektivněji využila deformační zóny při čelním přesazeném nárazu v okolí 64 kilometrů za hodinu do deformovatelné bariéry, aby prošli co nejlépe nárazovými zkouškami.

Vozidlo v nehodovém ději je považováno za definovanou soustavu těles, pro kterou platí, že každá součást má své těžiště a rychlost, stejně jako celá soustava má společné těžiště a rychlost. To však platí pouze pro pevně spojenou soustavu, z toho vyplývá, že řidič je brán jako separovaný objekt a chová se podle Newtonova I. zákona. Síly působící při běžném zatočení, zrychlení či zpomalení vozu působí na řidiče ve vozidle a jeho tělo na to odpovídajícím způsobem reaguje. Pokud jsou síly malé, postačí na odpovídající reakci pouze tření o sedadlo popřípadě podpora opěrek či záhybů sedadla. Pokud síly přerostou přes tuto mez, je tělo uvedeno do pohybu (relativně vztaženo k vozidlu). Pro vytvoření adekvátní reakce na tuto skutečnost jsou navrženy bezpečnostní pásy. V případě, že řidič není držen bezpečnostními pásy, pokračuje jeho tělo v předchozím pohybu, dokud není nuceno tento stav změnit, což většinou znamená náraz do volantu, přístrojové desky nebo jiné části interiéru vozidla. Pokud se tělo nezastaví o žádnou část vozu, pokračuje čelním sklem mimo vozidlo a zcela ztrácí ochranu poskytovanou deformačními zónami vozidla a pokračuje vstříc nejbližší překážce.

2. Principy a normy projektování pozemních komunikací

V této kapitole jsou řešeny zákony a normy týkající se řádného projektování pozemních komunikací, stejně jako bezpečného provozu na nich. První část je věnována zákonům a to jmenovitě zákonu č. 56/2001 Sb., který řeší mimo jiné problematiku schvalování vozidel, stejně jako jejich technického stavu a následný dohled nad nimi. Další vybraný zákon č. 13/1997 Sb. řeší pozemní komunikace, provoz na nich a jeho bezpečnost. Po jmenovaných zákonech následují normy, zastoupené v tomto případě normou ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic, která řeší projektování od geometrických údajů až po principy řádného umístění projektované komunikace.

2.1. Zákon č. 56/2001 Sb.

o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb.

Zákon č. 56/2001 Sb. je velice obsáhlý zákon, jež řeší problematiku vozidel, která jezdí nebo budou jezdit na pozemních komunikacích. Nejprve definuje silniční vozidlo a pojmy s ním související a následně se zaměřuje na technický stav, který musí vozidla splňovat, aby jim bylo dovoleno jezdit po komunikacích, a na stanice, které mají tento stav kontrolovat. Dále řeší schvalování typů vozidel a také jednotlivých vozidel.

Tento zákon definuje pojem silniční vozidlo, řeší problematiku technické způsobilosti silničních vozidel a její kontrolu, stanic technické kontroly, stanic měření emisí a odborný dozor nad nimi.

Zákon definuje silniční vozidlo jako „motorové nebo nemotorové vozidlo, které je vyrobeno za účelem provozu na pozemních komunikacích pro přepravu osob, zvířat nebo věcí.“[2] Zákon dále definuje zvláštní vozidlo, přípojné vozidlo, historické vozidlo, systém vozidla, konstrukční část vozidla a mnoho dalších v zákoně použitých pojmů.

Následně je rozděleno silniční vozidlo na druhy, jako například osobní automobil, motocykl, autobus apod. Stejně jsou rozdělena zvláštní vozidla na zemědělské nebo lesnické traktory a jejich přípojná vozidla, pracovní stroje přípojně nebo samojízdné apod.

Ve druhé části je řešen registr a registrace silničního vozidla, způsob registrace, povinnosti vlastníků a provozovatelů silničního vozidel při a po registraci.

Část třetí se zabývá schvalováním silničních vozidel. V této části se popisuje postup výrobce a ministerstva při žádosti o schválení typu silničního vozidla a podmínky, jež tento typ musí splňovat. Dále následují výjimky ze splnění harmonizovaných technických požadavků a podmínky pro udělení výjimky. Poté jsou náležitosti žádosti o schválení typu vozidla, systému vozidla, konstrukční části vozidla apod. Následně se rozebírá ověřování shodnosti výroby, ověřování technických požadavků, prohlášení o shodě a značka schválení typu a v neposlední řadě zrušení rozhodnutí o schválení typu, popřípadě pozbytí platnosti schválení typu.

Čtvrtá část řeší vozidlo v provozu, zvláště technickou nezpůsobilost vozidla k provozu a toho se týkající pravidelné technické prohlídky spolu s pravidelným měřením emisí. Dále popisuje povinnosti provozovatele silničního vozidla týkající se pravidelné technické prohlídky a pravidelného měření emisí. Následuje popis kontroly technického stavu silničního vozidla, čímž je rozuměna kontrola brzdové soustavy, řízení, náprav, kol, pneumatik, pérování a mnoha dalších vyjmenovaných součástí vozidla a hodnocení technického stavu a technické způsobilosti silničního motorového vozidla k provozu a vyznačení výsledků technické prohlídky. Následující hlava řeší oprávnění k provozování stanic technické kontroly a z toho vyplývající práva a povinnosti a následný dozor nad těmito stanicemi.

Část pátá se zabývá přestavbou silničního vozidla, definuje ji a omezuje ji. Samozřejmě řeší i žádost o přestavbu jednotlivého vozidla, stejně jako přestavbu typu silničního vozidla.

Sedmá část řeší zvláštní vozidla, omezuje jejich provoz a popisuje schvalování technické způsobilosti zvláštního vozidla.

Osmá část řeší historická a sportovní vozidla, jejich registraci a vydávání technických průkazů a průkazů sportovního vozidla a odkazuje na prováděcí předpis, který stanovuje způsob a podmínky registrace historických vozidel.

2.2. Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích

Zákon č. 13/1997 Sb. se zabývá pozemními komunikacemi a celou řadou s nimi spojených věcí. Zákon definuje pozemní komunikaci, rozděluje ji podle účelu a následně řeší příslušenství pozemních komunikací a pozemky, na nichž jsou pozemní komunikace postaveny, stejně jako ty, se kterými sousedí, dále bezpečnost provozu na pozemních komunikacích z hlediska udržování okolní vegetace, udržování stavu vozovky, značení překážek na komunikaci, uzavírek, objízdných tras apod. V neposlední řadě řeší sjízdnost a schůdnost pozemních komunikací.

Tento zákon v první části definuje pozemní komunikaci jako dopravní cestu určenou k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnost. Rozděluje ji na dálnici, silnici, místní komunikaci a účelovou komunikaci a říká, kdo rozhoduje o zařazení komunikace do těchto kategorií, popřípadě kdo rozhoduje o možné změně kategorie již existující komunikace a majetková vypořádání v případě, že takováto změna vyžaduje změnu vlastnických vztahů.

Dále se zde definují dálnice, silnice, místní a účelové komunikace. Silnice se zde dělí podle třídy na silnici I. třídy, II. a III. a popisuje obsah tohoto rozdělení. Stejně jako silnice se dělí i místní komunikace na I., II., III. a IV. třídu a také se popisuje, jakou funkci jaká třída obstarává. Mimo rozdělení je zde vyřešen i vlastník všech zmíněných komunikací. Vymezení znaků různých komunikací a technické podmínky pro připojování pozemních komunikací navzájem a sousedních nemovitostí k nim řeší prováděcí předpisy.

Ve druhé části je řešen silniční pozemek, součásti a příslušenství dálnic, silnic a místních komunikací. Tato část obsahuje definici silničního pozemku, silničního pomocného pozemku,

stejně jako jmenuje součásti a příslušenství dálnic, silnic a místních komunikací. Říká, že součástí místní komunikace jsou též přilehlé chodníky, chodníky pod podloubím, veřejná parkoviště a obratiště, podchody a zařízení pro zajištění a zabezpečení přechodů pro chodce. Jízdní pruhy a pásy pro cyklisty jsou součástí té pozemní komunikace, na jejímž tělese jsou umístěny.

Detailně je vyjmenováno veškeré příslušenství dálnic, silnic a místních komunikací, stejně jako objekty, které příslušenstvím nejsou, jako například úroňové přejezdy drah bez závor do jisté vzdálenosti od osy krajní koleje, stejně jako přejezdy se závorami, nástupní ostrůvky, označníky zastávek a mnoho dalšího.

Patnáctý paragraf se věnuje silniční vegetaci na silničních pomocných pozemcích. Ta je omezena tím, že nesmí ohrožovat bezpečnost užití pozemních komunikací nebo neúměrně stěžovat použití těchto pozemků a pozemků s nimi sousedících.

V tomto zákonu je dále řešena problematika výstavby dálnic, silnic, místních komunikací a veřejných komunikací, kdo řeší stavební řízení v případě různých kategorií pozemních komunikací. Zákon dále nabízí možnost vyvlastnění vlastnického práva ke stavbě, pozemku a zařízení a zvláštní předpis za to stanovuje výši jednorázové náhrady.

Tento zákon dále umožňuje převedení některých práv a povinností státu ohledně výstavby, provozování a údržby dálnic a popisuje v takovémto případě náležitosti smluv, stejně jako podmínky pro převedení těchto výkonů.

Část pátá se zabývá bezpečností pozemní komunikace transevropské silniční sítě. Při žádosti o vydání stavebního povolení nebo kolaudačního souhlasu pro stavbu pozemní komunikace zařazené do transevropské silniční sítě je povinná zajistit audit bezpečnosti pozemní komunikace. Tomuto auditu podléhá návrh dokumentace záměru, návrh projektové dokumentace, provedená stavba pro zkušební provoz a dokončená stavba pro kolaudační souhlas. Výsledkem tohoto auditu je zpráva, která obsahuje souhrnný popis předpokládaných dopadů stavebních, technických a provozních vlastností komunikace na

bezpečnost silničního provozu a návrhy na odstranění nebo snížení předpokládaných rizik a osoba žádající o vydání stavebního povolení nebo kolaudačního souhlasu k této zprávě doplní vyhodnocení, zda a jakým způsobem bylo návrhům vyhověno a pokud vyhověno nebylo, uvede zdůvodnění, proč jim nebylo vyhověno. Dále je v této části zákona, co je potřeba k tomu být auditorem bezpečnosti pozemních komunikací, kdo vydává auditorovi povolení a co je k tomu potřeba. Ministerstvo dopravy umožňuje přístup k aktuálnímu seznamu auditorů s platným osvědčením. Osmnáctý paragraf je vyhrazen odborné způsobilosti auditorů a detailně jmenuje způsob prokazování odborné způsobilosti, nutnou délku praxe a nutnost úspěšného složení zkoušky. Následuje popis samotné zkoušky a vyhotovení protokolu o výsledku zkoušky a zmínka o nutnosti absolvování školení pro získání potřebných zkušeností. Auditor nesmí provádět audit pozemní komunikace, na jejíž přípravě anebo provádění se podílel, podílí nebo má podílet sám a jmenuje seznam převážně blízkých osob, které taktéž nesmí mít tyto spojitosti s budoucí pozemní komunikací. Dále se zmiňuje nutnost nestrannosti auditora a nutnost pravidelných školení z důvodu udržení a prohlubování znalostí. Na konci této části jsou řešeny podmínky odnětí povolení auditora a prohlídka pozemní komunikace. Ta obsahuje nutnost vlastníka pozemní komunikace zařazené do Centrální evidence zajistit bez zbytečného odkladu provedení prohlídky tohoto úseku zaměřené na posouzení dopadů zejména stavebních, technických a provozních vlastností na bezpečnost pozemní komunikace. Zmiňuje se zde nutnost provedení prohlídky nejméně třemi fyzickými osobami, přičemž alespoň jedna z nich musí být auditorem. Je zde popsán postup prohlídky a postup po jejím ukončení, stejně jako postup vlastníka při provedení nápravných opatření.

Část šestá se zabývá užíváním pozemních komunikací, garantuje, že v mezích zvláštních předpisů a za podmínek stanovených zákonem, smí každý užívat pozemní komunikace bezplatně, pokud není uvedeno v tomto zákoně nebo zvláštním přepisu jinak. Hned v druhém odstavci jsou jmenovány činnosti, jež jsou zakázány, jako například neoprávněně odstraňovat, zakrývat či přemísťovat dopravní značení, používat pásová vozidla, odstavovat vozidlo, které je zjevně trvale nezpůsobilé k provozu a mnoho dalších činností. Řeší postih za odstavení vozidla zjevně trvale nezpůsobilého k provozu, jež zákon nazývá vrak. Pokud je vrak odstaven, řeší, kdo je povinen ho odstranit a na čí náklady v případě, že je znám vlastník i v případě opačném. Rozsáhlá část tohoto zákona je věnována zpoplatnění užívání komunikací ať už podle ujeté vzdálenosti, neboli mýtné, nebo na časové období. Způsoby placení a povinnosti řidičů při užívání zpoplatněných komunikací. Dále řeší systém evropského mýtného a jeho poskytovatele.

Dvacátý čtvrtý paragraf se týká omezení obecného užívání uzavírkami a objíždkami a v tomto paragrafu je detailně řešeno za jakých podmínek může být provoz na komunikaci omezen popřípadě zcela uzavřen a jaké povinnosti a práva z tohoto faktu plynou pro vlastníky komunikací a jejich uživatele. Nejprve je řečeno, že je možné na dálnicích, silnicích, místních a veřejně přístupných účelových komunikacích částečně nebo úplně uzavřít provoz a může být nařízena objíždka. Poměrně jasně je zde řečeno, že nikdo nemá nárok na náhradu případných ztrát způsobených uzavírkou nebo objíždkou. O všech uzavírkách a objíždkách rozhoduje příslušný silniční správní úřad, který následně žádost projednává s vlastníkem pozemní komunikace, s obcí popřípadě s provozovatelem dráhy, pokud někdo ze jmenovaných bude případnou uzavírkou či objíždnou trasou poznamenán. Při uzavírce či objíždce se dbá, aby trvala co nejkratší možnou dobu. Vlastníci okolních komunikací postižení uzavírkou jsou povinni strpět zvýšený provoz, který je s uzavírkou spojen a žadatel o uzavírku zodpovídá za její řádné označení. Dále je zde řešeno zvláštní užívání komunikací, jako například přeprava zvláště těžkých nebo rozměrných nákladů či provádění stavebních prací. Je zde jmenováno vše, co je považováno za zvláštní užívání komunikací a jsou řešena práva a povinnosti z něho vyplývající.

Další velká část se zabývá problematikou sjízdnosti dálnice, sjízdnosti a schůdnosti silnice a místní komunikace a jejím zabezpečením. V této části je definována sjízdnost, jakožto umožnění „bezpečného pohybu silničních a jiných vozidel přizpůsobených stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu komunikace a povětrnostním situacím a jejich důsledkům“ [3] a v podobném duchu je definována schůdnost místní komunikace. Přičemž stavebním stavem je myšlena „kvalita, stupeň opotřebení povrchu, podélné nebo příčné vlny, výtluky, které nelze odstranit běžnou údržbou, únosnost vozovky, krajnic, mostů a mostních objektů a vybavení pozemní komunikace součástmi a příslušenstvím.“ [3] Dopravně technický stav je definován jakožto soubor technických znaků, například šířka komunikace, její sklony, šířkové a výškové oblouky, a začlenění pozemní komunikace do terénu, čímž jsou myšleny například rozhledové poměry. Pod povětrnostními situacemi a jejich důsledky si podle tohoto zákona máme představit například zhoršenou viditelnost během intenzivního deště nebo vánice, popřípadě zhoršenou ovladatelnost vozu během takovýchto podmínek, mrznoucí déšť, námrazy, vichřice a jiné povětrnostní situace, jež mohou ovlivnit, omezit či znemožnit použití pozemní komunikace. S těmito pojmy vysvětlenými můžeme pomalu přejít k závadám ve sjízdnosti, popřípadě schůdnosti. Závadou ve sjízdnosti podle tohoto zákona je změna ve sjízdnosti komunikací, „kterou nemůže řidič vozidla předvídat při pohybu vozidla

přizpůsobeném stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto pozemních komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.“ [3] Jasně je však v zákoně řečeno, že uživatelé komunikací nebo chodníků „nemají nárok na náhradu škody, která jim vznikla ze stavebního stavu nebo dopravně technického stavu těchto pozemních komunikací.“ [3] Jediným případem, kdy vlastník komunikace odpovídá za škodu vzniklou uživateli je v případě, že příčinou byla závada ve sjízdnosti, čili pokud neumožňovala bezpečný pohyb vozidel, a pokud majitel neprokáže, „že nebylo v mezích jeho možností tuto závadu odstranit, u závady způsobené povětrnostními situacemi a jejich důsledky takovou závadu zmírnit, ani na ni předepsaným způsobem upozornit.“ [3] Podobně je definovaná odpovědnost vlastníka za schůdnost komunikace nebo chodníku. Úseky komunikací, na kterých se v zimě nezajišťuje sjízdnost a schůdnost odstraňováním sněhu a náledí musí být vlastníkem označeny. Takovéto úseky vymezuje kraj v případě silnic a v případě místních komunikací příslušná obec. V další části se řeší pevné překážky. Nejprve je zde jmenováno, co není považováno za pevnou překážku na komunikaci, tj. dopravní značky a zařízení kromě zábradlí, zrcadel a hlásek a ostatní předměty na komunikaci jsou považovány za pevné překážky. Zákon řeší, kdy je možno umístit na komunikaci pevnou překážku a co je k tomu zapotřebí, neboli způsob jejího označení či způsob vyžádání povolení a poté co následuje, není-li toto splněno a pevná překážka se na komunikaci i tak objeví.

Tento zákon dále jmenuje, co eviduje Centrální evidence pozemních komunikací, jako například informace o pozemních komunikacích, rozhodnutí o uzavírkách a objížďkách, rozhodnutí o povolení zvláštního užívání dálnic, silnic a místních komunikací a mnoho dalšího. Tyto informace jsou aktualizovány nejméně jednou za tři roky. Vlastníci pozemních komunikací jsou podle zákona povinni Centrální evidenci předávat stanovené údaje a Centrální evidence je povinna umožnit k těmto informacím dálkový přístup a stejné podmínky platí pro informace o vydání rozhodnutí o uzavírkách a objížďkách předaných správními úřady.

V sedmé části věnované ochraně pozemních komunikacích jsou mimo jiné řešena silniční ochranná pásma, ochrana dálnic, silnic a místních komunikací a styk s drahami. Silniční ochranná pásma slouží k ochraně těchto komunikací a provozu na nich. Sahají do zákonem stanovené vzdálenosti od přilehlého jízdního pruhu, jež je pro každý typ komunikace jiná, omezuje zřízení a provoz reklamních zařízení, pokud k tomu není příslušné povolení, jehož problematika se zde dopodrobna rozebírá. Silniční ochranná pásma dále poskytují vlastníkově komunikace oprávnění „na nezbytnou dobu a v nezbytné míře vstupovat na cizí

pozemky, nebo na stavby na nich stojící, za účelem oprav, údržby, umístění zásněžek, odstraňování následků nehod a jiných překážek omezující silniční provoz.“ [3] V ochranném pásmu, popřípadě sousedním pozemku, není-li ochranné pásmo zřízeno, může vlastník komunikace „ve stavu nouze nebo v naléhavém veřejném zájmu na zachování sjízdnosti a schůdnosti“ [3] za úplaty použít nemovitosti vlastníka v tomto pásmu, nebo ke komunikaci přilehlém pozemku. Podle tohoto zákona je vlastník zmíněných pozemků povinen toto umožnit. V paragrafu věnovaném ochraně dálnice, silnice a místní komunikace je řešena problematika zabraňování sesuvu půdy, padání kamenů, lavin a stromů, kdo má povinnost na čí náklady a na jakých pozemcích těmto jevům zabraňovat. Další paragraf řeší styk silnice a místní komunikace s dráhou, jeho zabezpečení a údržbu, stejně jako povinnosti a zákony vlastníků jak silnic a místních komunikací, tak dráhy. Zákon dále zmiňuje podmínky kontrolního vážení vozidel na pozemních komunikacích a práva a povinnosti z toho vyplývající pro policistu nebo celníka provádějícího měření, stejně jako řidiče měřeného vozidla v případech, kdy byla váha shledána v rozporu se zákonným limitem. V osmé části zákona je velmi stručně definován inteligentní dopravní systém a řešena problematika jeho poskytovatelů.

2.3. ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic

Normy v České republice existují závazné a nezávazné. Závaznost norem určuje zákon a takové normy je v případě závaznosti nutno dodržovat. Nezávazné normy není podle zákona nutno dodržovat, avšak z řady důvodů je to doporučeno. V následující části bude blíže probrána norma ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic, která je v České republice pouze doporučená, nikoli však závazná.

Norma ČSN 6101 řeší většinu důležitých zákonitostí a principů spojených s projektováním silnic a dálnic. Mimo očividných minimálních a maximálních přípustných hodnot poloměru oblouků, úhlu stoupání a jiných geometrických náležitostí silnic a dálnic řeší také mnoho teoretických principů, jak a kde komunikaci projektovat, na co si během toho dávat pozor a čemu se vyvarovat.

Tato norma začíná kromě předmětu normy a normativních odkazů výčtem značek a termínů velice důležitých pro projektování pozemních komunikací. Vyjmenován je pouze zlomek z veškerých termínů a značek v normě zmíněných.

- a šířka jízdního pruhu
- b kategoriální šířka silniční komunikace
- p příčný (dostředný) sklon v %
- s podélný sklon
- α středový úhel směrového oblouku ve ($^{\circ}$)

Tímto nastavuje standard, který sjednocuje tvorbu technických výkresů a značky využívané ve výpočtech tak, aby bylo možné jednoduché čtení a pochopení dat a zamezuje tím používání různých značek pro označení stejných věcí.

Část o „Rozdělení silnic a dálnic“ pracuje s rozdělením silnic a dálnic nastoleným zákonem č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích na dálnice, silnice I., II. a III. třídy a na rozdíl od jmenovaného zákona se nesoustředí na stránku administrativní, ale na stránku technickou a tak následně definuje návrhové rychlosti a kategoriální šířky pro jednotlivé typy komunikací. Dále se určují kategorie silnic a dálnic a přitom rovnou vysvětluje, co je kategorií myšleno a zavádí značení různých kategorií komunikací na základě zařazení (silnice, dálnice, rychlostní komunikace), kategoriální šířky komunikace a návrhové rychlosti, jako například S7,5/70. Následuje detailní rozpis šířek různých prvků komunikace na základě její kategorie jako například šířku jízdního pruhu, nezpevněné části krajnice a mnoha dalších prvků týkajících se všech pozemních komunikací. Dále je zde zmiňována problematika průtahů silničních komunikací sídelními útvary, není však dostatečně řešena a čtenáři jsou odkázáni na normu ČSN 73 6110. Ve stejné části je také řešena etapovost výstavby komunikací, zvláště čtyřpruhových a návrhové období, na jaké se komunikace navrhuje.

V další části se řeší jízdní rychlosti a návrhové intenzity. Norma nás informuje o posuzování schopnosti silniční komunikace přenést dopravní zatížení v křižovatkách a na mezikřižovatkových úsecích. V úroňových křižovatkách se posuzují kapacitní podmínky podle odbočování vlevo v závislosti na intenzitě proudu v protisměru a proudů navzájem se křižujících a připojujících. Následuje odkaz na normu ČSN 73 6102 Projektování křižovatek

na silničních komunikacích. Následuje zmínění o posuzování, zda vyhovuje předběžně stanovená kategorie požadavkům výhledových intenzit. S tím jsou spojeny nejnižší požadované jízdní rychlosti na dálnicích a na rychlostních silnicích s přihlédnutím k jejich návrhovým rychlostem, obdobně také na silnicích s neomezeným přístupem.

Další velkou částí a zřejmě neočekávanější je „Projekt silnice a dálnice“, ta na svém začátku zmiňuje studii, jež má za úkol určit základní podmínky pro vedení trasy a její kategorii zejména na základě územně-plánovací a dopravně-inženýrské dokumentace a výhledových záměrů rozvoje silniční sítě. Tato studie bude následně fungovat jako podklad pro vypracování dokumentace stavby. Je zde kladen důraz na přihlédnutí k poměrům hydrologickým, včetně stavu podzemní vody, geologickým, půdním a klimatickým a dále k ochraně zemědělského a lesního půdního fondu. Toto vše je nutno spojit s maximální možnou bezpečností, hospodárností a pohodlím jízdy a v neposlední řadě také posouzení z hlediska estetického a z hlediska stavebního začlenění do krajiny a vytváření a ochrany životního prostředí. Dále následuje:

„Naruší-li se stavebními pracemi dosavadní silniční komunikace, musí projekt obsahovat i návrh náhradního zajištění průjezdního silničního provozu během stavby, zvláště u mezinárodních silnic. Navrhované dopravní opatření (např. světelné řízení provozu, stanovení objížďky po jiných komunikacích, vybudování prozatímního souběžného jízdního pásu apod.) je třeba doložit technickoekonomickým průkazem, že jde o nejvhodnější z možných řešení.“ [5]

Část věnovaná návrhovým prvkům začíná dvěma odstavci, které se snaží prosadit myšlenku, že následující hodnoty (např. nejmenší možný poloměr směrového oblouku, nebo největší možná hodnota podélného sklonu) jsou uvedeny nejnižší nebo nejvyšší přípustné a z toho vyplývá, že by měly být používány pouze zřídka a v případech, kdy by jiné řešení bylo ekonomicky, provozně, bezpečnostně nebo jinak neefektivní. V jakémkoli jiném případě by se měly tyto hodnoty přirozeně navyšovat popřípadě snižovat, aby byly zajištěny co nejlepší provozní podmínky. Z důvodů bezpečnosti je dále zmíněno, že přechody na minimální či maximální přípustné hodnoty by měly být pozvolné.

Při volbě návrhové rychlosti a dalších návrhových prvků by se mělo vycházet z místních podmínek, především z charakteru okolního území, které je následně rozděleno do tří základních kategorií na území rovinnaté, které je dále rozděleno na území rovinnaté až na nepatrné výjimky (charakterizováno hodnotou sklonu do 3%) a na území mírně zvlněné (s hodnotou sklonu do 5%), dále se jedná o území pahorkovité (do 15% sklonu) a území horské se hřbety, hřebeny, soutěskami a srázy (nad 15% sklonu). Každé z těchto území ovlivňuje zejména návrhovou rychlost a hodnotu podélného sklonu, například pro kategorii S7,5 odpovídá hodnota návrhové rychlosti 70 km/h a podélného sklonu 4,5% v rovinnatém nebo mírně zvlněném území, avšak pro horské území se tyto hodnoty mění na 50 km/h a 9%, což zvláště pro hodnotu podélného sklonu představuje zásadní rozdíl.

Další z důležitých hodnot při návrhu jsou délky rozhledů. Rozhledy jsou značně ovlivňovány směrovým a výškovým vedením trasy, zejména pak poloměry vypuklých výškových oblouků. Na pozemních komunikacích se nejčastěji řeší délky rozhledů pro zastavení (D_z) a délky rozhledů pro předjíždění (D_p). Zajištění délky rozhledu pro předjíždění je důležité především z pohledu pohodlí a rychlosti jízdy, jelikož možnost předjíždět pracuje proti shlukování vozidel v pomalu se pohybujících skupinách vedených pomalým vozidlem. Zvyšování průměrné rychlosti má přímý vliv na úroveň kvality dopravy. Toto však znamená, že zajištění délky pro předjíždění preferujeme pro co nejdelší část navrhované komunikace, ale v případě nutnosti není její zajištění nutné. Tím se zřetelně liší od délky pro zastavení, jež reprezentuje hodnotu, kterou vozidlo potřebuje pro zastavení v případě, že se před ním objeví neočekávaná překážka, před kterou je nutno zastavit.

Délka rozhledu pro předjíždění je vzdálenost, kterou vozidlo potřebuje k bezpečnému předjetí pomalejšího vozidla. Ve výpočtu této vzdálenosti figuruje rychlost předjíždějícího vozidla, rozdíl rychlostí předjíždějícího a předjížděného vozidla, čas, za který se řidič předjíždějícího vozidla rozhodne k předjetí, dále čas na zrychlení předjíždějícího vozidla na potřebnou rychlost pro předjetí a následně čas potřebný k samotnému předjetí a opětovnému zařazení s bezpečnou vzdáleností, která mezi vozidly musí po předjetí zůstat. Pokud délku rozhledu pro předjíždění nelze zajistit, je třeba srovnat varianty, které připadají v úvahu. Zaprvé lze zvětšit zemní, demoliční nebo jiné práce, dále lze rozšířit jízdní pás o další jízdní pruh za účelem zajištění možnosti předjet bezpečně bez nutnosti vybočení do protijedoucího pruhu. V tomto případě nutnost zjišťovat délku rozhledu pro předjíždění přechází pouze v nutnost zajištění délky rozhledu pro zastavení, která je zřetelně nižší. Norma uvádí další možnosti, přičemž poslední je zamezení předjíždění souvislou dělící

čarou doplněnou svislým dopravním značením zakazujícím předjíždění. Při rozhodování je nutné uvážit všechny možnosti s jejich výhodami a nevýhodami, například poslední možnost, zákaz předjíždění, je sice nejlevnější, avšak může značně snížit návrhovou intenzitu příslušné silniční kategorie.

Směrové oblouky jsou dalším z témat, kterému se norma věnuje. Nejprve rozděluje směrové oblouky na kružnicové s přechodnicemi, prosté kružnicové, složené a přechodnicové a každý z těchto typů popisuje. Poté určuje nejmenší možný poloměr směrového oblouku ve vztahu k návrhové rychlosti a dostřednému sklonu. Následuje stručná zmínka o točkách a poté již problematika přechodnic, kterým je věnován podrobný popis spolu s doporučenými délkami. Dále je řešen příčný sklon, dostředný sklon a samozřejmě výsledný sklon. Na to navazuje a s tím úzce souvisí problematika klopení, kterému je zde věnována značná část textu. Norma hovoří od rozdělení klopení kolem osy jízdního pásu nebo kolem vnějšího okraje vodícího proužku, následuje tabulka největších dovolených výsledných sklonů v závislosti na kategoriálním typu komunikace a typu území a poté obrázky způsobů dostředného klopení jízdního pásu v obloucích, spolu s informacemi o návrhových parametrech. Po klopení se zaměřuje na vzestupnice a sestupnice, kterým je taktéž věnována značná pozornost. Od minimálního výsledného sklonu, přes tabulku největších a nejmenších sklonů vzestupnice, vzorec pro sklon vzestupnice po obrázky klopení jízdního pásu, samozřejmě vše doplněno detailními popisy geometrických prvků, stejně jako praktického použití při projektování.

Další část normy se věnuje výškovému vedení, tedy od podélných sklonů, přes jejich lomy, popis nivelety, minimální dovolené poloměry výškových oblouků jak pro zastavení, tak i pro možnost předjíždění. Poté je řešena délka stoupání. Na tuto problematiku se však nahlíží z jiné strany, a to té, jak ovlivňuje provoz zejména pomalých a velmi pomalých vozidel a ta jak ovlivňují provoz na komunikaci. Objevuje se zde hranice 70 km/h, která rozhoduje o přidání jízdních pruhů. Pokud klesne rychlost pomalých vozidel v úseku stoupání pod tuto hranici, začne se zvažovat přidání jízdního pruhu. Následující hranice 50 km/h se nesmí dosáhnout u čtyřpruhových rychlostních silnic směrově rozdělených a neměla by se dosáhnout u silnic dvoupruhových. Následuje další řešení přidávání pruhů do stoupání a poté brždění nákladních vozidel v klesání.

Další část řeší rozhled ve směrovém oblouku. V této části se dále rozšiřuje problematika zachování rozhledu pro zastavení, tentokrát však v obloucích. Jelikož vnitřní jízdní pruh

(s nejmenším poloměrem směrového oblouku) může mít problém ve formě například křoví či stromů, bránících výhledu do zatáčky natolik, že nelze vidět ani na délku potřebnou pro zastavení vozidla v případě, že se v zatáčce objeví neočekávaná překážka. Kvůli tomu je nutno udržovat ve vnitřní straně směrového oblouku takzvané rozhledové pole, ve kterém se nesmí nacházet nic, co by mohlo vážně omezit rozhled, do výšky 0,90 m nad hranu koruny silniční komunikace. V tomto poli se taktéž uvolňuje rozhledové pole pro zastavení 0,30 m pod touto hranou. Dodáno je, že pokud je ve směrovém oblouku zřízen pruh pro pomalá vozidla, ve výpočtu se pro délku potřebnou pro zastavení počítá s rychlostí 50 km/h. Samozřejmě je zde zmíněno mnoho dalších aspektů řešení a ověřování těchto rozhledů.

Následující část se zabývá šířkovým uspořádáním koruny silniční komunikace. Rozměry jízdních pruhů komunikací různých kategorií jsou zde vyjmenovány, dále pak rozšíření jízdního pruhu nutná v obloucích podle poloměru v jejich ose, dále šířky přídatných pruhů pro pomalá vozidla, šířky dělicích pásů a v zásadě všeho, co se na silnici či dálnici standardně vyskytuje, spolu s výkresy, ve kterých jsou tyto rozměry vyznačeny.

V části věnované tělesu silniční komunikace se řeší výšky náspů podél vodních toků, stanovují se výškové umístění koruny a zemní pláně ve vztahu k hladinám průtoku Q_{100} . Dále se řeší zpevnění svahů například vegetačními úpravami ve vztahu k trvalým či krátkodobým zatápním. Definuje se zde tvar a příčný sklon zemní pláně a široce se rozebírá problematika odvodňovacích zařízení, jako příkopů, rigolů, trativodů a dalších.

Tato norma dále uvádí problematiku křižovatek a křížení, nicméně pouze v omezené míře a pro detailnější informace odkazuje na normu ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na silničních komunikacích a ČSN 73 6380 Železniční přejezdy a přechody.

Stejně stručně je řešena i problematika objektů, jako mostů či tunelů a následuje taktéž odkazy na širší zdroje informací ve formě ČSN 73 6201 Projektování mostních konstrukcí a ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací.

Mnohem detailněji je zde však rozvedena problematika vybavení silnic a dálnic, od bezpečnostních zařízení, přes dopravní značky, únikové zóny až po témata jako telefony či clony proti vzájemnému oslňování. První zmíněné podtéma týkající se bezpečnostních zařízení řeší umístění těchto zařízení, stejně jako rozdělují na záchytná a vodící, která později samostatně probírá. Záchytné systémy jsou podle této normy svodidla či zábradelní svodidla a samotná zábradlí. Zde nutno podotknout, že tato norma nepracuje se záchytnými systémy pouze pro vozidla, ale taktéž pro cyklisty a chodce. Jako v předchozích případech i zde je řešeno mnoho technických parametrů umístování svodidel a zábradlí, stejně jako odkazy na další normy týkající se například vodorovné výplně svodidel pro pěší, nebo schválených typů svodidel. Mezi vodící bezpečnostní zařízení patří vodící proužky a směrové sloupky, kterými jsou vybaveny všechny silniční komunikace. Pro typy směrových sloupků je zde odkaz na technické podmínky TP 58 a poté jsou jmenovány podmínky pro jejich navrhování, stejně jako jejich vzdálenosti mezi sebou a mnoho dalších údajů.

V části věnované dopravním značkám jsme na začátku odkázáni na ČSN 01 8020 Dopravní značky na pozemních komunikacích, následně je objasněno umístování svislých i vodorovných dopravních značek s odkazy na několik dalších norem.

Únikové zóny, protihlukové zóny, staničení a omezníkování je zde pouze zmíněno s odkazy na odpovídající normy a předpisy.

Jak je již zvykem část týkající se vegetačních úprav začíná odkazem na příslušné předpisy, jež upravuje situování a volbu druhů z hlediska funkce, klimatických podmínek apod. Norma říká, že při vegetačních úpravách je třeba brát zřetel na optické vedení, ochranu proti oslňení, větru, sněhu, snižování únavy řidiče, zabránění erozi svahů a mnoho dalších. Je zde jmenováno, že zatravnění je základním prvkem vegetačních úprav a jedinou vegetační úpravou dovolenou v rozhledových polích. Následuje popis provádění zatravnění, stejně jako výsadbu dřevin a její zásady, kterých je celá řada. Norma dále říká, že účelně situovaná výsadba vhodných druhů keřů může posílit, popřípadě převzít roli záchytných bezpečnostních zařízení. Tato funkce se zde dále rozebírá a specifikuje.

Velice stručná zmínka se týká silničních a dálničních kabelů. Stejně stručně je zmíněno umělé osvětlení na silničních komunikacích ve volné krajině a telefonní hlásky, clony proti

vzájemnému oslňování. Ač pouze stručně zmíněno, nicméně úzce se týkající lokality vybrané v praktické části této práce, je problematika v této normě nazvána ochrana proti vstupu zvěře a ostatních volně žijících živočichů na silniční komunikaci. Norma v tomto případě říká:

„Při začleňování silniční komunikace do krajiny je nutno přihlídnout i k minimálnímu zásahu do území se stálým výskytem zvěře a ostatních volně žijících živočichů.

Tam, kde toho nelze docílit, a v místech stálých přechodů zvěře a ostatních volně žijících živočichů není možné situovat přirozené přechody z jedné strany silniční komunikace na druhou (pod mostními objekty apod.) navrhnou se přechody nové a mezi nimi se zřídí umělé ochranné zábrany k žádoucímu usměrnění pohybu zvěře a ostatních volně žijících živočichů. V nevyhnutelných případech se přechodu zvěře a ostatních volně žijících živočichů zcela zamezí (např. oplocením).

Rozsah a způsob ochrany s využitím místních znalostí se navrhne ve spolupráci s příslušnými odbornými orgány.

Konstrukční uspořádání umělých zábran proti vstupu zvěře a ostatních volně žijících živočichů se navrhne podle schválených typových podkladů nebo vzorových listů.“ [5]

Z toho vyplývá několik variant omezení prostoru pro volně žijící tvory a to zprv se jim vyhnout úplně, zadruhé v takovýchto místech navrhnout přirozené přechody pro zvířata a nebo zatřetí prostě zabránit živočichům přístup na silnici a tím i její přechod, z toho však plyne, že se trvale rozdělí životní prostor pro tyto živočichy a zamezí se v zásadní míře vzájemnému ovlivňování těchto dvou rozdělených prostorů, což může mít zásadní následky pro život divoké zvěře.

Norma se následně věnuje obslužným dopravním zařízením jako například autobusovým zastávkám, čerpacím stanicím pohonných hmot nebo parkoviště či odpočívky. K těmto

tématům je přidán stručný popis problematiky s odkazy na příslušné normy. Následuje krátká zmínka o údržbových příslušenstvích a cizích zařízeních na silniční komunikaci.

Norma je mimo příloh ukončena částí o začlenění silniční komunikace do krajiny, která začíná zajímavými dvěma odstavci:

„Vedení trasy silniční komunikace musí splňovat dopravně technická hlediska zároveň s co nejvíce možným uplatněním zásad prostorové plynulosti trasy i jejího estetického působení. V zájmu ochrany životního prostředí je třeba vést silniční komunikaci tak, aby byl zmírněn její případný nepříznivý zásah do krajiny a aby byly uchovány památkové objekty a chráněná území.

Přitom musí být přihlédnuto k poměrům ekologickým, klimatickým, biologickým, povětrnostním, geologickým, vodohospodářským apod. Dále je nutno pamatovat na vzájemné propojení území, které bylo rozděleno silniční komunikací, zejména směrově rozdělenou.“ [5]

Touto myšlenkou se zabývá celý zbytek této části a postupně ji rozvádí a uvádí možnosti, kterými je možno omezit zábor kvalitního půdního fondu, omezit nepříznivé účinky silničního provozu, jako například exhalace nebo hluk, na prostory léčebných, rekreačních nebo kulturních objektů, popřípadě oblastí s intenzivní výrobou zeleniny nebo ovoce.

Blíže konci normy se pomalu přestávají vyskytovat technické parametry, hodnoty či přesné postupy, ale více se objevují užitečné myšlenky, jak začlenit komunikaci se všemi jejími prvky do krajiny, jak se jednoduchými postupy postarat o minimalizaci nežádoucích dopadů provozu na projektované pozemní komunikaci či jak zvýšit bezpečnost, hospodárnost a pohodlí jízdy na projektované pozemní komunikaci.

3. Technologické možnosti pro měření rychlosti a dynamiky jízdy vozidel

Sběr dopravních dat je již dlouhou dobu důležitým prvkem řízení dopravy, dohledu, vynucování zákonů a predikce či plánování. Sebraná data mohou pomoci při mnoha příležitostech. Od plánování stavby obchvatu, při které je důležitým údajem přibližné množství vozidel, pro které se obchvat staví, přes optimalizaci světelné signalizace na světelně řízených křižovatkách pomocí prodlužovacích detektorů až po trestání řidičů za rychlou jízdu použitím celé řady měřicí techniky od ultrazvukové technologie, přes mikrovlnné radary, infračervené detektory až po video detekci. Nasbíraná data se tedy podílejí na pozemní komunikaci na bezpečnost i plynulost provozu a do budoucna nemalou částí na stavbě nových komunikací a rekonstrukci stávajících.

3.1. Rozdělení detektorů

Jako u všeho se i detektory dají dělit podle mnoha kritérií, nejvíce vypovídající rozdělení je ale nejspíše podle fyzikálního principu sběru dat, podle styku senzoru s měřeným prostředím a podle práce s energií. Podle fyzikálního principu se dělí detektory na indukční, magnetické, optické apod., podle styku s měřeným prostředím se rozdělují na dotykové a bezdotykové a podle práce s energií jsou to aktivní a pasivní. Téměř všechny tyto kategorie se vysvětlují svým názvem, možná kromě práce s energií. Aktivní detektor znamená, že vysílá různou formu energie s přihlédnutím k jeho fyzikálnímu principu, například mikrovlny, a následně očekává odraz těchto vln zpět, z čehož vycházejí výstupy. Pasivní detektor žádnou energii nevysílá a pracuje pouze s energií vysílanou okolím. Hlavní rozdíl v těchto dvou přístupech je síla výstupního signálu a energetická náročnost provozu.

3.2. Jaká data detektory poskytují?

Detektory obvykle měří veličiny jako intenzita, což je počet vozidel za určený časový úsek, obsazenost, měřenou v procentech, méně detektorů umí samostatně měřit rychlost, přítomnost vozidel, směr jízdy, klasifikaci vozidel, počet náprav či váhu vozidla.

3.3. Měření rychlosti

Rychlost vozidel se dá měřit řadou způsobů, od dvojice detektorů, jež dokáží zaznamenat průjezd vozidla a jeho čas, z čehož se přes známou vzdálenost mezi detektory dopočítá rychlost, po měření přímo rychlost, jako například odrazem elektromagnetických vln, popřípadě odrazy světelných paprsků.

3.3.1. Mikrovlnný radar

Mikrovlnný radar měřící rychlost vozidel vysílá nemodulované spojité vlny, popřípadě frekvenčně modulované spojité vlny. V případě nemodulovaných spojitých vln vysílá radar signál o konstantní frekvenci a podle Dopplerova principu vyhodnocuje změnu frekvence odrážených vln. Dopplerův princip pracuje se změnou frekvence a vlnové délky mezi vysílaným a přijímaným signálem způsobenou různou vzájemnou rychlostí zdroje signálu a jeho cíle. Podle rozdílu v těchto údajích lze jednoznačně určit rychlost cílového objektu. Při měření rychlosti vozidel tímto způsobem je nutno umístit radar ve známém úhlu se směrem měřených vozidel. Skutečné hodnoty rychlosti se poté korigují pomocí kosinového efektu. V případě frekvenčně modulovaných spojitých vln se vysílanému signálu rovnoměrně mění frekvence, díky tomu může oproti předchozímu principu detekovat i stojící vozidla. Takovéto radary jsou výborné pro měření rychlosti i ve více jízdnicích pruzích, nejsou citlivé ke špatnému počasí a mohou měřit jak ve dne, tak i v noci. Na druhou stranu tento způsob detekce není vhodný pro sčítání vozidel, jelikož měřením ze strany vozovky dochází velice často k překrývání vozidel, kvůli čemuž se takové vozidlo vyhne detekci a přístroj ho nezapočítá.

3.3.2. Infračervený detektor

Infračervený detektor podobně jako radar vysílá jistou formu energie a měří po odrazu, v jaké formě se tato vyslaná energie vrátí. V tomto případě je měřeno pomocí vysílaného záření o vlnové délce řádově okolo 10^{-5} až 10^{-6} m, což je oblast blízká infračervená. Rychlost se

v tomto případě měří několika způsoby. Zaprvé je možno mít na detektoru více diod, jež generují každá svůj vlastní paprsek a rychlost je vypočítána ze znalosti vzdálenosti mezi těmito paprsky. Druhá možnost je vedení jednoho proudu světla složitou optikou pro rozdělení a vytvoření více separovaných paprsků. Třetí možnost je vysílání jedné diody přes mechanickou část, například rotující zrcadlo, jež vysílá paprsek do různých směrů. Samozřejmě že světelný paprsek je mnohem citlivější na změny prostředí, ve kterém se pohybuje a navíc vlastnostem povrchu, od kterého se odráží. Prvním problémem, se kterým se musí paprsek vypořádat je mlha, která ovlivňuje citlivost při nižších vzdálenostech od měřeného objektu. Samozřejmě že povrch, od kterého se odráží světlo, musí umožnit co největší částí světla, aby bylo odraženo, proto je u tohoto typu měření požadavek na minimální reflektivitu zasaženého materiálu, která musí být větší než 10%. Výhodou tohoto typu měření je opět schopnost měřit ve dne i v noci, avšak nevýhodou je citlivost na hustou mlhu či sněhové vánice.

Při použití technologie infračerveného detektoru je nutno zmínit, že krom aktivních detektorů, jež vysílají vlastní záření, jehož odraz následně analyzují, existují i pasivní infračervené detektory, jež žádnou energii nevysílají, pouze měří hodnoty, jež vysílá okolí. Tyto detektory mají ale veliké nároky na kvalitu optiky, jelikož zaznamenávají záření vycházející z okolí, konkrétně rozdílnou teplotou okolních objektů. Tím, že je měřena teplota objektů je však měření značně ovlivněno vnějšími vlivy, jako například teplota okolí, povětrnostní podmínky apod. Další nevýhodou je složitá kalibrace takovýchto detektorů a fakt, že jeden detektor může snímat pouze jeden jízdní pruh.

3.4. Měření dynamiky jízdy

Pro měření dynamického zrychlení se používají akcelerometry. Akcelerometry nám slouží v různých formách již dlouhou dobu. Jedná se o senzor, jež měří velikost zrychlení v určeném směru, většinou v jedné ose. Pro komplexnější měření se kombinuje více jednoosých detektorů pro detekování os zrychlení, které jsou pro měření důležité. Samozřejmě tříosé akcelerometry jsou schopny měřit zrychlení libovolným směrem.

3.4.1. Typy akcelerometrů

Pro měření zrychlení se používá několik rozdílných konstrukcí a fyzikálních principů, jež dokáží zrychlení detekovat. Nejjednodušší jsou detektory mechanické, jež vytváří známou reakci proti směru měřeného zrychlení. Princip je přibližně stejný ve všech konstrukcích mechanických akcelerometrů a to taková, že uprostřed je hmota, která není pevně spojena s akcelerometrem a podle Newtonova prvního pohybového zákona setrvává v pohybu stejnou rychlostí a směrem, dokud není nuceno tento pohyb změnit. Proto pokud se akcelerometr začne pohybovat, nebo změní svou rychlost či směr, tato hmota zůstává ve svém původním směru a rychlosti, dokud není nucena tento stav změnit. A tím, co změní tento stav je mechanická část, například pružina, která má známé vlastnosti a pokud bude nějakým směrem stlačována, začne působit známou silou na pohybující se hmotu. Z dráhy, jež hmota urazila, než byla reakce pružiny natolik vysoká, že byla schopna hmotu zastavit, se určí dosažené zrychlení.

Dalším typem akcelerometrů je mikro-elektro-mechanický. Tento typ používá podobný princip jako mechanický, jelikož mechanické části opět brzdí pohybující se hmotu uvnitř akcelerometru, rozdílem však je způsob určení zrychlení. Tento typ, jak již název napovídá, využívá znalosti zákonitostí týkajících se elektřiny, jelikož pohybující se hmota uvnitř akcelerometru funguje v tomto případě jako kondenzátor a změna polohy této hmoty působí změnu kapacity kondenzátoru. Výstupem z tohoto procesu je signál s určitou amplitudou, která je úměrná hodnotě zrychlení působícího na pohybující se hmotu.

Samozřejmě existují ještě další principy akcelerometrů, zajímavý je například piezoelektrický, který využívá piezoelektrického jevu, který říká, že určité materiály jsou schopny generovat elektrické napětí při své deformaci. Množství generovaného napětí při určitých úrovních deformace je známo a tak při výměně mechanických částí předchozího příkladu za piezoelektrické lze měřit množství generovaného napětí při pohybu hmoty, čili při deformaci piezoelektrického materiálu, jež tuto hmotu drží na místě.

3.5. Úsekové měření rychlosti

Pokud se vrátíme k měření rychlosti, tak je zde ještě jeden důvod pro její měření, který nebyl zmíněn a to ten, že viditelné měření rychlosti nutí řidiče zpomalit pod nejvyšší povolenou rychlost a tak se v některých případech umísťuje měření rychlosti schválně kvůli umělému snížení rychlosti v daném úseku. Podle mého názoru, jako řidiče, tuto práci nejlépe odvádí úsekové měření rychlosti, jaké lze vidět na obrázku 1.



Obrázek 1: Úsekové měření rychlosti u obce Malé Žernoseky na úseku silnice I/30 mezi Ústím nad Labem a Lovosicemi, Ústecký kraj

Oproti klasickým způsobům měření rychlosti má jednu obrovskou výhodu. Před běžným radarem mají řidiči tendenci zpomalit a následně po projetí opět zrychlit. Úsekové měření i v případě úmyslného zpomalení prodlužuje vzdálenost, kterou řidič projede do následného zrychlení. Toto má mimo trestání řidičů také funkci zklidnění dopravy, což vede k bezpečnějšímu provozu na měřené komunikaci a zlepšení plynulosti provozu. Tento způsob měření má tedy mimo trestání řidičů také za následek snížení počtu přestupků, což přímo vede ke snížení počtu dopravních nehod.

Tento způsob měření rychlosti má navíc mnoho možností kombinace s jinými dopravními systémy, jako například detekcí jízdy na červenou na křižovatkách, měření dojezdových dob pro liniové řízení dopravy, sběr statistických údajů, pátrání po odcizených vozidlech apod.

4. Případová studie vybraného silničního úseku



Obrázek 2: Vybraná zatáčka s pohledem na severovýchod, v textu charakterizovaným zalesněním a blízkými sady

Pro tuto studii byla vybrána oblast na silnici I. třídy číslo 15 v Ústeckém kraji nedaleko obce Libčeves (obrázek 2 a obrázek 3). Silnice spojuje oblast měst Mostu, Litvínova či Loun s oblastí měst Lovosic, Terezína či Litoměřic. Tato oblast byla vybrána z důvodu častých dopravních nehod. Jedná se o směrový oblouk s nízkým poloměrem a relativně vysokým středovým úhlem, jež z jedné strany sousedí s dlouhým úsekem charakteristickým směrovými oblouky opačného charakteru, tedy několikanásobně vyšších poloměrů a nižších středových úhlů. Řidiči mají na tomto úseku tendenci jezdit rychle, jelikož se úsek jeví několik kilometrů jako velice velkorysý. Z druhé strany sousedí s trasou, na niž je omezení rychlosti na 50 km/h, jelikož vede zhruba v délce jednoho kilometru zalesněným úsekem, který sousedí s nedalekými sady a je charakteristický častým výskytem divoké zvěře.



Obrázek 3: Vybraná zatáčka s pohledem na západ, v textu charakterizovaným velkorysým vedením

Od 1. 1. 2007 se zde stalo 62 dopravních nehod z toho 2 srážky s lesní zvěří, 20 srážek s jedoucím vozidlem, 18 srážek s pevnou překážkou a 22 havárií v celkové škodě 11,147 milionů Kč.



Obrázek 4: Mapa části Ústeckého kraje s vyznačeným řešeným místem spolu s ortofoto mapou zobrazující dopravní nehody na tomto úseku

Naštěstí pouze 16 ze zmíněných nehod si vyžádalo následky na zdraví nebo životě, zbylých 46 se obešlo pouze s hmotnou škodou. V těchto 16 dopravních nehodách se dohromady lehce zranilo 22 osob, 1 osoba se zranila těžce a 1 byla usmrcena. Toto těžké zranění a usmrcení se stalo v jedné dopravní nehodě číslo 04070611043. Dne 25. 7. 2011 v 4:35 dostalo nákladní vozidlo značky MAN smyk a narazilo na svodidla v zatáčce. Během nehody došlo k úniku nebezpečných kapalných látek a celková škoda se vyšplhala na 3 miliony a 50 tisíc Kč. Nehoda se odehrála na suchém povrchu bez jiných nepříznivých

povětrnostních podmínek. Nehoda se podle policie stala důsledkem nepřiměřené rychlosti dopravně technickému stavu vozovky.

Zajímavostí zde je, že na 45 dopravních nehodách se podílel smyk, což představuje přibližně 73% všech nehod zaznamenaných v daném časovém úseku. 42 dopravních nehod se odehrálo na mokřím povrchu a dalších 6 při náledí, kdy byl na vozovce ujetý neposypaný sníh.

S výše zmíněným úzce souvisí to, že 23 dopravních nehod se odehrálo za deště, 6 za mlhy, přičemž všech 6 dopravních nehod, jež se staly za mlhy, spojuje to, že vozidla vždy jela ve směru staničení komunikace, což znamená ze západní strany, dříve charakterizované velkorysým vedením.

4.1. Měřicí technika



Obrázek 5: Radar Sierzega SR4 použitý při měření

Měření proběhlo prostřednictvím přístroje pro statistiku silničního provozu SR4 od výrobce Sierzega (Obrázek 5). Přístroj dokáže detekovat vozidla jedoucí rychlostí v rozmezí 8 až 254 km/h s přesností $\pm 3\%$. Kromě rychlosti zaznamenává přístroj také samozřejmě datum a čas, dále délku vozidla, jež je měřena s přesností $\pm 20\%$, kategorii vozidla, jestli se jedná

o jednostopé, osobní, nákladní vozidlo apod., odstup od předchozího vozidla, v rozmezí +/- 0,2 s, a směr jeho jízdy. Přístroj dokáže pracovat v teplotách mezi -20°C a +60°C a má paměť přibližně na 418 000 zaznamenaných vozidel.



Obrázek 6: Umístění měřící techniky

Radar byl nainstalován přibližně 1 metr od vozovky ve výši 1 metru nad hranou koruny silniční komunikace v předepsaném úhlu přibližně 30° vůči jedoucím vozidlům (lze vidět na obrázku 6). Radar měřil mezi 5. srpnem a 19. srpnem a byl napájen jednou 6V baterií, která vydržela od 5. srpna přibližně od 7 hodin ráno a nabíjena byla v noci mezi 11. a 12. srpnem, bohužel tato sada dat byla ztracena z důvodu chyby během ukládání a následně měřil radar od 12. srpna 8:18 do 17. srpna 11:29, poté následovalo další dobíjení baterie a poslední sada dat byla naměřena mezi 18. srpnem 7:18 a 19. srpnem 6:24, kdy byl radar odinstalován a předán.

4.2. Podmínky při měření

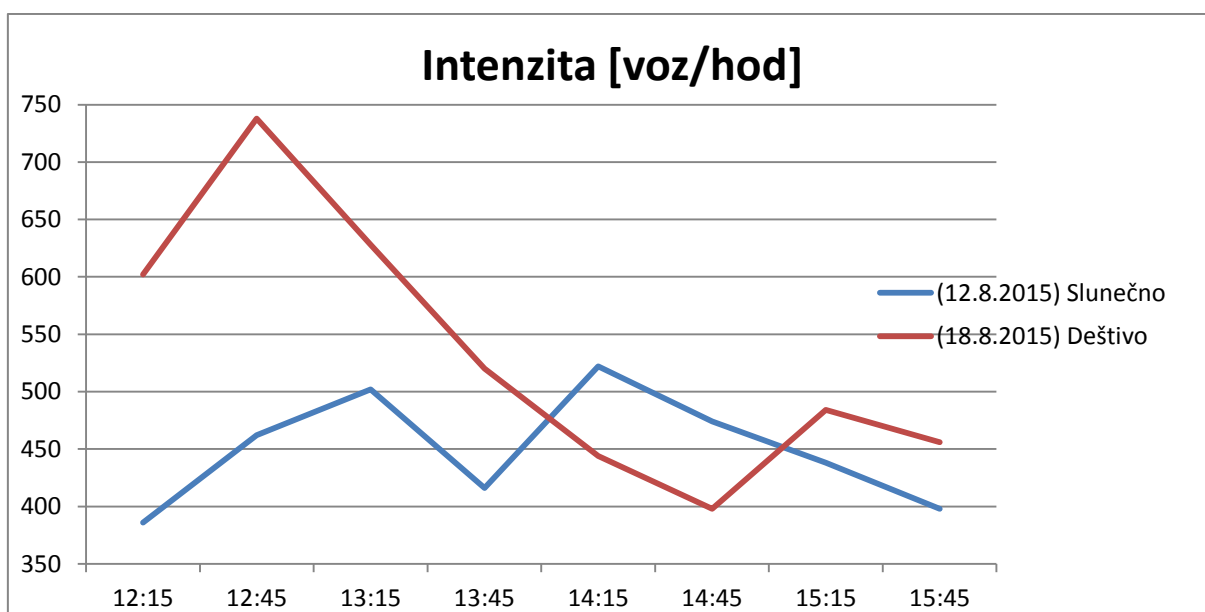
Tabulka 1: Průběh počasí během měřeného období

	Středa 12.8.2015	Čtvrtek 13.8.2015	Pátek 14.8.2015	Sobota 15.8.2015	Neděle 16.8.2015	Pondělí 17.8.2015	Úterý 18.8.2015	Středa 19.8.2015
Teplota [°C]	30	30	33	21	22	16	14	14
Oblačnost	Skoro jasno	Skoro jasno	Skoro jasno	Zataženo, Bouřka	Zataženo, Déšť	Zataženo, Déšť, Místy mlhy	Zataženo, Déšť, Místy mlhy	Zataženo, Déšť, Místy mlhy

Za měřené období, jež dohromady činilo téměř 147 hodin (6 dní 3 hodiny) úsekem projelo 38188 vozidel, což odpovídá přibližně 6250 vozidel denně, avšak tento průměr je značně zkreslený faktem, že během měření se razantně měnilo počasí.

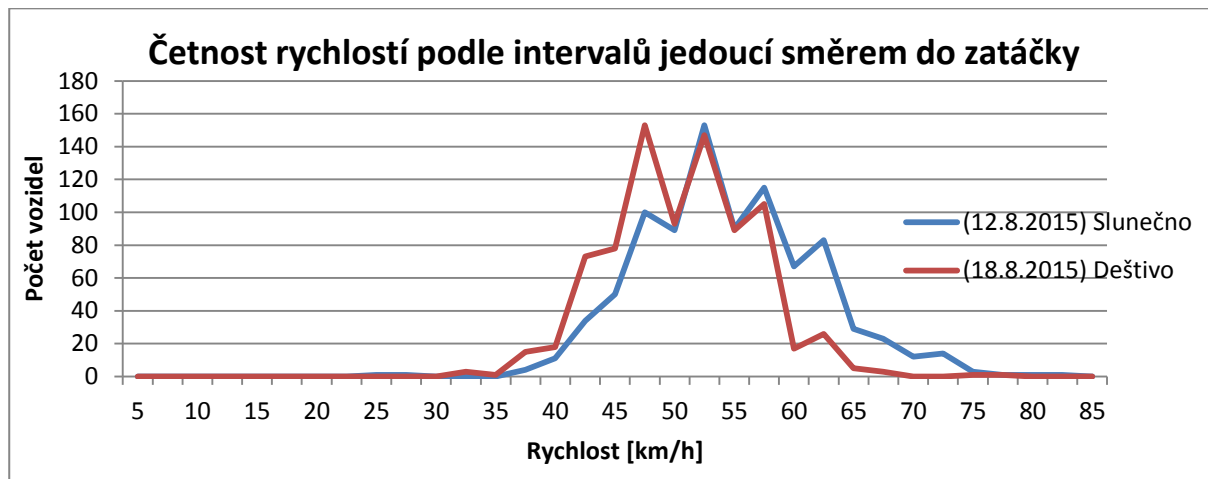
Jak je z předchozí tabulky vidět (Tabulka 1), během doby měření se značně měnily teploty a podmínky pro jízdu. V období mezi 15.8. a 19.8. téměř nepřetržitě pršelo, místy se objevovaly mlhy, avšak rychlost větru se nezvyšovala na jakkoliv nebezpečnou úroveň.

Vzhledem k této změně podmínek je na místě porovnání změn intenzity a rychlostí, jež byly naměřeny. Pro toto porovnání byl vybrán čtyřhodinový vzorek, obsahující nejvyšší intenzitu dopravy, a to mezi 12:00 a 16:00 ve dne 12.8.2015, jako reprezentant slunečného počasí se suchou vozovkou a 18.8.2015 v časovém období jako předchozí vzorek, pro zajištění objektivitu, jakožto reprezentant zataženého počasí, deště a tedy mokré vozovky. Mezi těmito vzorky je tedy vstupní rozdíl v datu, vnější teplotě, počasí a stavu vozovky. Následuje graf intenzit dopravy v porovnávaném období (Graf 1). Zajímavostí na tomto grafu je to, že i přes špatné počasí není předpoklad, že bude intenzita nižší, než ve slunečný den, pravdivý.

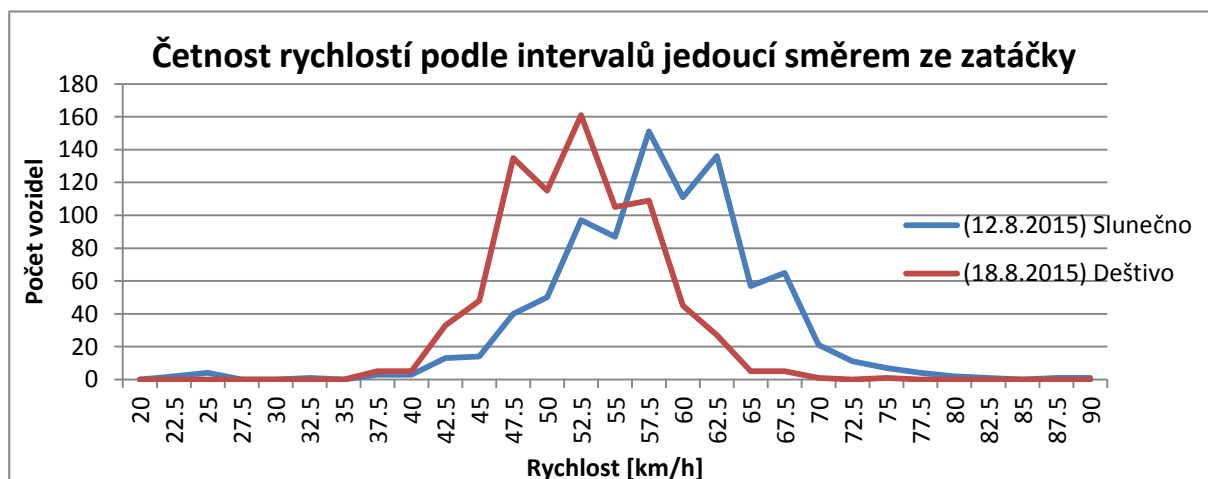


Graf 1: Intenzity dopravy v porovnávaném období

Následující grafy (Graf 2 a 3) jsou rozděleny podle směrů, jelikož porovnávání rychlostí vozidel vyjíždějících ze zatáčky a do ní najíždějících by zkreslovalo výsledek.



Graf 2: Četnost rychlostí podle intervalů jedoucí směrem do zatáčky



Graf 3: Četnost rychlostí podle intervalů jedoucí směrem ze zatáčky

Pro grafy číslo 2 a 3 byly použity intervaly rychlostí po 2,5 km/h. Není překvapivé, že vozidla jedoucí za deště ze zatáčky jela výrazně pomaleji, než vozidla na suché vozovce, avšak zajímavé je, jak moc se rychlosti překrývají při vjezdu do zatáčky, kde se vyskytuje značné množství vozidel, která jedou přinejmenším stejně rychle, jako za sucha.

4.3. Detailní popis vybraného úseku

Radar byl umístěn na západním výjezdu ze zatáčky, namířen přibližně do bodu, kde se přímá stýká s tečnou. Tento sousedící přímý úsek má délku přibližně 800 metrů. Následující sousedící oblouk má středový úhel zhruba 21° a poloměr přibližně 1500 metrů, následuje přímý úsek o délce zhruba 170 metrů a směrový oblouk se středovým úhlem přibližně 56° a poloměrem zhruba 1000m. Směrový oblouk, u něhož byl umístěn radar, má středový úhel přibližně 45° a poloměr okolo 80 metrů. Jedná se tedy o výraznou změnu jízdních podmínek pro řidiče jedoucí ve směru ze západu na severovýchod.

Pokud se podíváme z druhé strany, tam jsou podmínky jízdy přibližně shodné, navíc přijíždějící řidič jede ke zvolenému oblouku z vyššího místa a má tedy značný přehled o trase před sebou (viz. obrázek 7).



Obrázek 7: Pohled ze severovýchodního příjezdu, ve směru jízdy do Mostu

Bohužel intenzita dopravy na komunikaci činí fotografování fotografií z pohledu řidiče značně nebezpečné, proto jsou obrázky 7 – 9 foceny ze strany komunikace.



Obrázek 8: Pohled ze západního příjezdu, ve směru jízdy do Lovosic, vzdálenost k okraji zatáčky přibližně 500 m

Jak je z obrázků 8 a 9 vidět, zatáčka je ze západního příjezdu navíc kryta velice dlouhým vrcholovým zaoblením, jež ji dovoluje jasně vidět až ze vzdálenosti přibližně 200 metrů, jak ukazuje obrázek 10.



Obrázek 9: Pohled ze západního příjezdu, ve směru jízdy do Lovosic, vzdálenost k okraji zatáčky přibližně 300 m



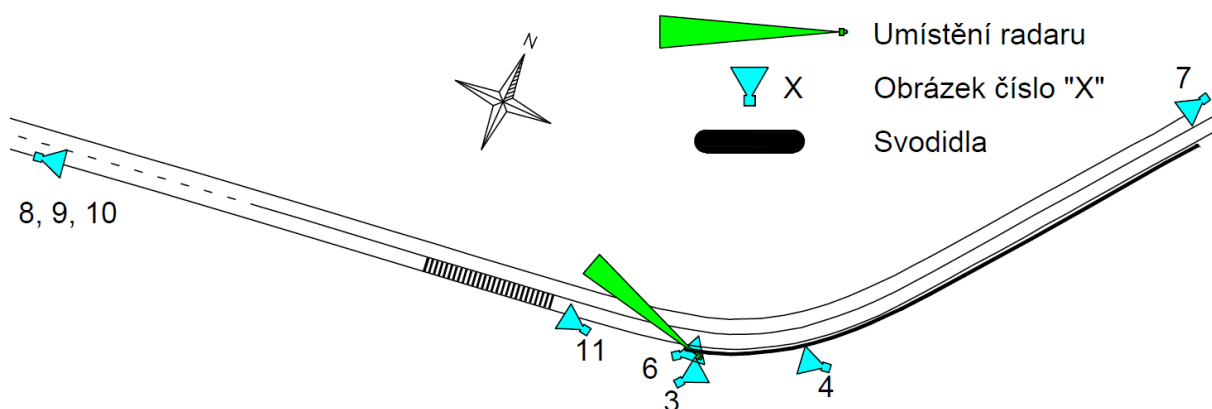
**Obrázek 10: Pohled ze západního příjezdu, ve směru jízdy do Lovosic, vzdálenost k okraji zatáčky
přibližně 200 m**

Na obrázku 10 je dále vidět několik bezpečnostních, zvláště optických prvků, jež byly přidány ve snaze snížit nehodovost na tomto úseku. Posledním z těchto prvků je opticko-psychologická brzda ve formě příčných pruhů na komunikaci, detail na obrázku 11. Dále lze vidět reflexní značku upozorňující na snížení maximální rychlosti na 50 km/h, která je podle výsledků měření hojně porušována. Další z řady svislého dopravního značení je výstražná značka A 2b „Dvojitá zatáčka, první vlevo“ s dodatkovou tabulí. Přímo v zatáčce jsou vidět dvě vodící tabule typu Z3.



Obrázek 11: Opticko-psychologická brzda na západním vjezdu do zatáčky

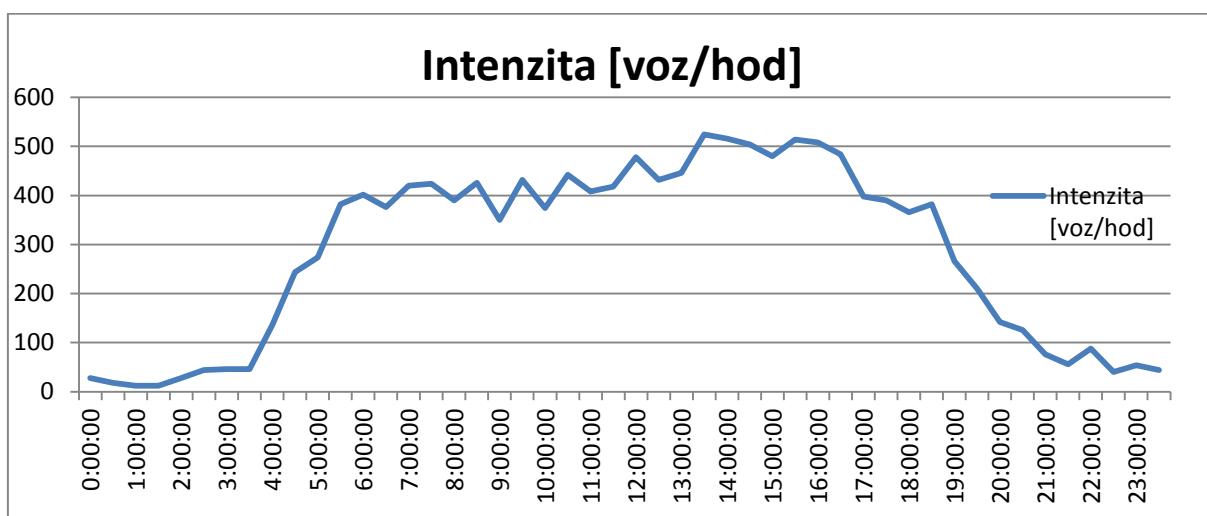
Na obrázku 12 lze vidět přehlednou situaci vybraného úseku s legendou. Na obrázku je zelenou barvou vyobrazena pozice a směr měření radaru. Kromě toho lze vidět pozice, ze kterých byly foceny všechny použité fotografie. Pro fotografie s číslem 8, 9 a 10 je použita jedna ikona, tyto fotografie jsou pořízeny ze vzdáleností přibližně 500 metrů v případě fotky číslo 8, přibližně 300 metrů u fotky číslo 9 a přibližně 200 metrů pro fotku číslo 10. Všechny tyto vzdálenosti jsou od pozice fotografa k začátku směrového oblouku. Na obrázku situace je dále vidět pozice svodidel a opticko-psychologické brzdy.



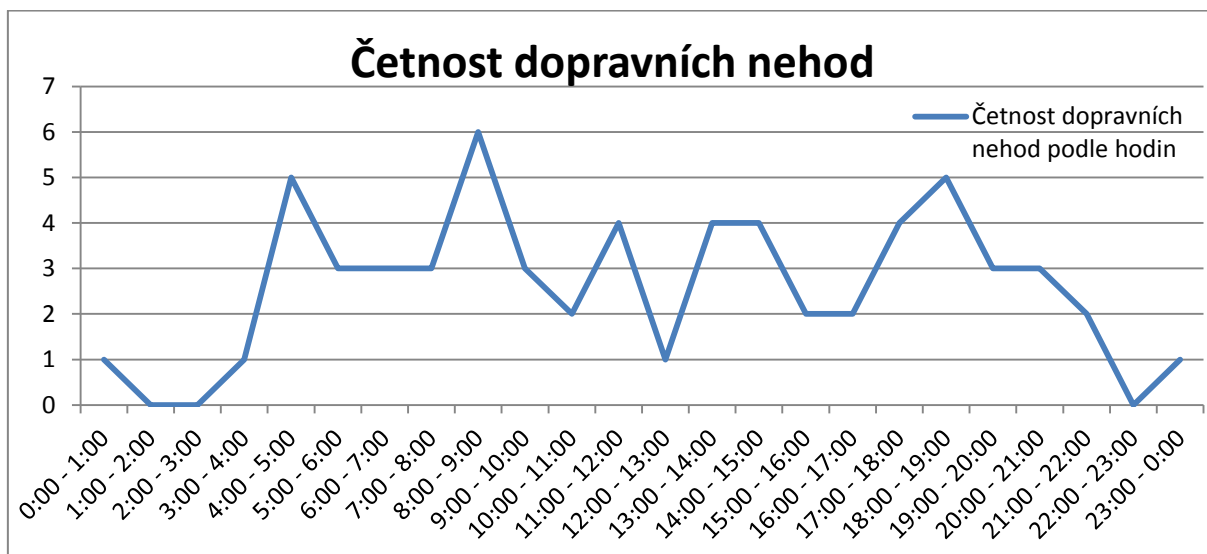
Obrázek 12: Přehledná situace zobrazující umístění radaru s pozicemi fotografování

4.4. Intenzita dopravy a četnost nehod

Jedna z hlavních funkcí použitého radaru je mimo měření rychlosti také sčítání vozidel. Tato data se dají použít pro výpočet intenzity dopravy. Mimo to navíc radar rozděluje detekovaná vozidla podle kategorie a díky tomu je možno mimo intenzity zjistit také skladbu dopravního proudu. Toto s kombinací zjištěných statistik dopravních nehod vede k zajímavým srovnáním. V následujícím grafu (Graf 4) lze vidět intenzitu během 24 hodin měřenu v pátek 14.8.2015. Následuje srovnání četnosti dopravních nehod (Graf 5) v jednotlivých hodinách pro přehledné srovnání počtu nehod vztažených k intenzitě v dané hodině.



Graf 4: Intenzita [voz/hod] v pátek 14.8.2015



Graf 5: Četnost dopravních nehod

4.5. Skladba dopravního proudu

Již několikrát jmenovanou funkcí použitého radaru je rozlišení kategorie vozidla. Radar rozlišuje několik kategorií podle délky vozidla a to jednostopá vozidla, osobní vozidla a dvě kategorie nákladních vozidel, jež by mohly být interpretovány jako lehká nákladní vozidla a těžká nákladní vozidla. Během více než šesti dnů, kdy radar měřil, bylo detekováno celkem 38 246 silničních vozidel, z čehož bylo do kategorie jednostopých zařazeno 2271 detekovaných vozidel, do kategorie osobních bylo zařazeno celkem 31 635 vozidel, do kategorie lehkých nákladních 2905 vozidel a těžkých nákladních vozidel bylo zjištěno 1435. Následující graf (Graf 6) ukazuje skladbu dopravního proudu zjištěnou ve čtvrtek 13.8.2015.



Graf 6: Skladba dopravního proudu v jednotkách

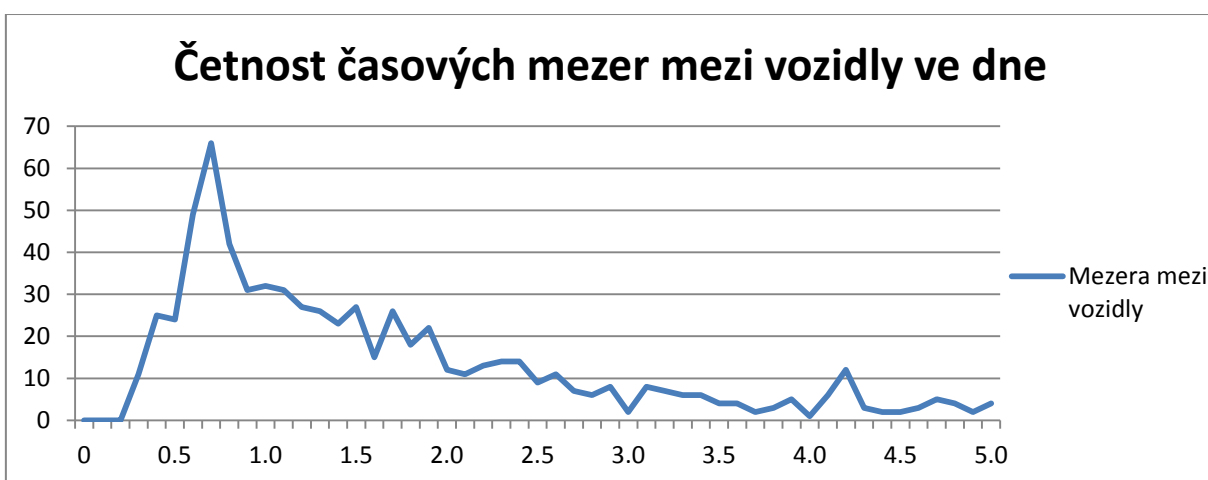
V následujícím grafu (Graf 7) jsou stejné údaje jako v grafu předchozím (Graf 6), avšak vztaženy procentuálně k nejčetnější skupině, v tomto případě vždy k osobním automobilům, které mají v grafu 7 vždy koeficient 1. Ostatní kategorie vozidel jsou zobrazeny poměrem k osobním automobilům.



Graf 7: Skladba dopravního proudu v poměru k osobním automobilům

4.6. Časové mezery

Poslední z funkcí radaru SR4 je měření vzdáleností mezi vozidly jedoucími ve stejném směru. V tomto úseku došlo celkem k 20 dopravním nehodám, ve kterých se srazila dvě nebo více vozů, z toho 4, tedy 20%, bylo srážkou zezadu. Většina nehod, celkem 11, byla klasifikována jako boční srážka.



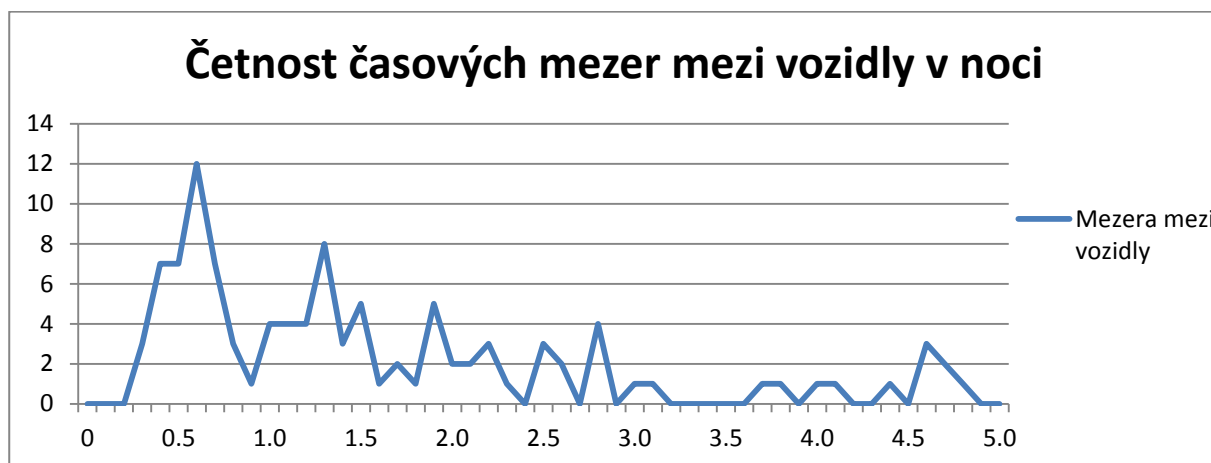
Graf 8: Četnost časových mezer mezi vozidly ve dne

Vzhledem k nízkému poloměru směřového oblouku, ve kterém byla data měřena, je zajímavé, že si řidiči nechávají relativně malé mezery. Mezery mezi za sebou jedoucími vozidly byly ve většině případů do 1 sekundy.

Pro graf 8 byl použit vzorek dat naměřených dne 12.8.2015 mezi 13:00 a 16:00, tedy v době značných intenzit. Byly použity pouze časové údaje nižší než 5 sekund, jelikož ostatní data byla shledána pro tento graf nedůležitá.

Následující graf (Graf 9) popisuje stejnou problematiku, avšak měřenou v noci. Mezery mezi vozidly nejsou v tomto případě v oblasti 0,5 až 1,5 sekundy s vrcholem v 0,7 sekundy, ale jsou mnohem více rozprostřeny. Znatelný vrchol opět zůstává v rozmezí 0,6 - 0,7, rozdíl mezi zbytkem však není tak výrazný.

V období provádění měření zapadalo slunce přibližně okolo 20:00 a vycházelo okolo 6:00, proto byl vybrán vzorek v rozmezí 22:00 až 4:00. Bohužel z důvodu nízké intenzity v tomto časovém úseku bylo nutno použít vzorky z několika dnů a to mezi 12.8. a 15.8. Všechna data byla sebrána v době, kdy byla vozovka suchá a povětrnostní podmínky příznivé.



Graf 9: Četnost časových mezer mezi vozidly v noci

Závěr

Tato práce mi dala mnoho neocenitelných zkušeností, stejně jako mnoho nových znalostí. Studium na teoretickou část mě ponořilo mnohem hlouběji do řešené problematiky, než do té doby absolvované přednášky, poskytlo mi nový pohled na věc a dodalo nadšení pro další pokračování tohoto studia.

V teoretické části mě nejvíce uchvátila oblast analýzy dopravních nehod, pro jejichž vypracování byla neocenitelnou pomůckou publikace Analýza nehod v silničním provozu od pana Doc. Ing. Jindřicha Šachla, CSc. a kolektivu. Následně oblast fyziky v dopravních nehodách, která mi ukázala naprosto nový pohled na fyzikální zákonitosti, které jsem do té doby znal pouze teoreticky. Poté kapitola týkající se zákonů a norem byla taktéž velice poučná, ač přesně z druhé strany, nežli kapitola předchozí. Dozvěděl jsem se v ní mnoho nových poznatků použitelných nejen při této práci, ale i v mnoha jiných situacích. Zákony pro mě byly z velké části nové, i když v povědomí člověka je mnoho psaných zákonů známých i bez takového studia. Norma o projektování silnic a dálnic byla opět přesným opakem, tato norma mi byla i při prvním čtení značně známá a obsahovala pouze minimální množství nových informací, jelikož většina jejího obsahu byla vyučována během studia v různých předmětech týkajících se projektování pozemních komunikací. Nejkratší studium však bylo jistě na oblast měřicí techniky v kapitole technické možnosti pro měření rychlosti a dynamiky jízdy vozidel, zvláště proto, že jsem opakoval předmět Měření a zpracování dat, který byl výhradně věnován této problematice a tak mi zůstala značně zarytá v paměti.

Praktická část práce však přinesla nejcennější nové znalosti, jelikož mi doslova otevřela oči a ukázala kompletně nový pohled na to, co jsem studoval poslední tři roky. Samozřejmě s měřením podobnou technikou jsem byl teoreticky seznámen již dříve, také jsem dříve pracoval s výstupy z takového radaru, avšak práce na vlastních naměřených datech, stejně jako praktické zkušenosti z takového měření a celková komplexnost této práce se ukázala jako neocenitelná zkušenost a vhodný závěr bakalářského studia.

V praktické části jsem měl veliké štěstí, že se mi podařilo mít přibližně polovinu měření v době vysokých teplot a zcela jasné oblohy a druhou polovinu v téměř nepřetržitém dešti za

velice špatných jízdních podmínek. To vedlo k mnoha novým příležitostem, které jsem vůbec neplánoval.

Při vyhodnocování výstupů z radaru jsem se téměř v každém grafu dozvěděl něco nového či nečekaného, avšak i očekávané výsledky přinesly nové zkušenosti, jelikož utvrdily mé předchozí znalosti a potvrdily jejich správnost. Hned první graf, který se v práci objevuje (Graf 1 na straně 51), přinesl šok, jelikož hodnoty intenzity při dešti byly výrazně vyšší, než hodnoty ve slunečném dni. To pro mě bylo zcela nečekané a donutilo mě ke zcela jinému pohledu na silniční provoz a to ne jako na přesnou simulaci, která je ovlivněna pouze známými vstupními podmínkami a tedy zhoršení počasí musí nutně vyvolat její snížení. Tato má myšlenka byla tedy hned ze začátku praktické části zcela rozprášena a já měl od té doby otevřenější a vědecktější přístup. Došlo mi díky tomu, že mám před sebou ve formě naměřených dat mnohem obsáhlejší zdroj informací, než jsem původně myslel a od té doby jsem na něj koukal zcela jiným pohledem.

Následující grafy (Graf 2 a 3 na straně 52) byly mnohem předvídatelnější, i když jsem původně myslel, že rozdíl bude mnohem znatelnější, zvláště na vjezdu do zatáčky, kde se výsledky za deště i za sucha značně překrývají. V podkapitole nazvané detailní popis vybraného úseku mě čekalo další nemilé překvapení a to při zjišťování poloměru vybraného směrového oblouku. Poloměr tohoto oblouku se po grafickém odvození ukázal být natolik nízký, že jsem tomu dlouho nemohl uvěřit. Poloměr byl odvozen pomocí ortofoto mapy vložené do programu AutoCAD, kde byla následně silnice vykreslena a poloměr se středovým úhlem odměřen. Jsem si vědom, že tato metoda není zcela přesná, avšak umožňuje mi udělat si představu o těchto hodnotách s rozumným stupněm přesnosti. Již dříve jsem věděl, že vybraná zatáčka razantně mění jízdní podmínky zvláště při jízdě ze západu, avšak tato čísla mě i tak značně šokovala.

Další graf (Graf 4 na straně 57) byl zpracován čistě z dětinskosti, jelikož jsem chtěl vědět, zda má pohyb intenzity i v mém případě ten známý tvar, jaký jsem mohl vidět při tolika přednáškách. Nápad doplnit tento graf následujícím grafem (Graf 5 na straně 57) přišel až později, nicméně mě kombinace intenzity dopravy spolu s počtem nehod v různých hodinách přišla jako vhodný způsob pro zjištění, zda se stane větší počet nehod v daném úseku při vyšší intenzitě dopravy a lepších podmínkách ve formě denního světla, nebo při nižších intenzitách, avšak za šera či v noci. Výsledek byl ve skutečnosti kombinací obou, jelikož byly

nehody mezi 5:00 a přibližně 22:00 rozmístěny se značnou pravidelností a tak šlo odvodit, že v období šera se stává stejně dopravních nehod, jako během dne, ač projede daným úsekem pouze zlomek vozidel. Z druhého úhlu pohledu lze tvrdit, že vyšší intenzity zvýší šanci vzniku dopravní nehody zhruba stejně, jako je tomu při zhoršené viditelnosti.

Z následujícího grafu (Graf 6 na straně 58) jsem nevyčetl nic neobvyklého, i když mne překvapil relativně nízký výskyt lehkých a těžkých nákladních vozidel. Během doby, kterou jsem na vybraném místě strávil, se zdálo, že jím projíždí mnohem více nákladních vozidel, než ukázal graf. Tento fakt připisuji tomu, že rozměrově větší nákladní vozidlo je v provozu mnohem nápadnější, nežli malé osobní vozidlo a tak je jejich průjezd mnohem patrnější a mozek tedy přirozeně registruje tato vozidla častěji. Další překvapení čekalo hned v následujícím grafu (Graf 7 na straně 59), který ukazuje hodnoty poměrově vůči nejčtenější kategorii, v tomto případě vůči osobním vozidlům. Je velmi zajímavé, jak se mění poměr lehkých i těžkých nákladních vozidel v nočních hodinách, tedy to, že v nočních hodinách jezdí znatelně nižší počet osobních automobilů, avšak ne o tolik nižší počet nákladních automobilů. Když se nad tímto tvrzením zamyslím, není to až tak neuvěřitelné, avšak já jsem si toto dříve neuvědomil. Takovéto znalosti byly zmiňovány na začátku závěru, kdy jsem tvrdil, že jsem se naučil mnoho neocenitelných znalostí, stejně jako jsem si utvrdil znalosti staré.

Následující dva grafy (Graf 8 na straně 59 a Graf 9 na straně 60) byly spíše zklamáním, avšak ne z pohledu vědeckého, ale spíše filosofického, jelikož jsem již před získáním těchto dat zpracovával statistiky nehod, jež se v tomto úseku staly a tak jsem měl přibližnou představu o tom, co čekat za výstupy, nicméně fakt, že někteří řidiči i v takto nebezpečném úseku udržují extrémně nízké rozestupy, mě i tak šokoval, i když nemohu tvrdit, že by mě nijak překvapil. Spíše utvrzení, že řidiči i v nebezpečí takto zbytečně zvyšují riziko, bylo tím zklamáním.

Během měření se mi navíc podařilo získat ještě jednu nezapomenutelnou zkušenost a to při prvním výběru dat z radaru. Program poskytující komunikaci s radarem během připojení tabletu, který jsem měl spolu s radarem zapůjčen při měření, nabízí možnost vymazání naměřených dat z paměti přístroje během jejich stahování. Tato funkce mi přišla velice zajímavá, jelikož jsem si nebyl jist velikostí paměti přístroje a nechtěl jsem riskovat její zaplnění v nevhodnou dobu. Nedomyslel jsem však nástrahy takovéto funkce a při ukládání

dat, a když se měl potvrdit název souboru, tak jsem se na malé klávesnici „překlikl“ a namísto volby uložit jsem klikl na storno. V té době jsem si to neuvědomil a po novém napsání názvu souboru jsem ho tentokrát uložil a myslel si, že je vše v pořádku. Během několika sekund jsem však byl sveden z omylu, když jsem viděl velikost souboru 0 kb. Původně jsem měl dvě teorie. První byla ta, že se data stále stahují a po dokončení se ukáže skutečná velikost souboru, druhá možnost se však bohužel ukázala jako pravdivá a já jsem přišel o všechna do té doby uložená data, což bylo téměř 5 dní měření, jelikož program si myslel, že při prvním pokusu budou data stažena a rovnou je vymazal. Tato zkušenost mě naučila data z přístroje nevy mazávat a následně je řádně zálohovat.

Z vypracované práce mám však i tak velikou radost, jelikož, jak již bylo několikrát řečeno, mi poskytla do té doby nedosažitelné zkušenosti a vtáhla mě do této problematiky pro mne zcela novým způsobem.

Zdroje:

Seznam tištěné literatury:

- [1] Doc. Ing. Jindřich Šachl, Csc. a kolektiv. Analýza nehod v silničním provozu. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Česká technika – nakladatelství ČVUT
- [2] Zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb.
- [3] Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích
- [4] ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic

Seznam internetových zdrojů:

- [5] http://camea.cz/underwood/download/files/unicamvelocity_cz.pdf Ze dne 20.8.2015 15:10
- [6] <http://pocasi.idnes.cz> Ze dne 21.8.2015 12:00
- [7] <http://maps.idvm.cz/cdv2/apps/nehodynalokalite/Search.aspx> Ze dne 3.8.2015 15:00

Seznam jiných zdrojů:

- [8] Přednášky z předmětu Úvod do automobilových nehod
- [9] Přednášky z předmětu Měření a zpracování dat
- [10] Přednášky z předmětu Silnice, dálnice a křižovatky

Seznam použitých programů:

- Práce byla vytvořena v programu Microsoft Word 2010
- Grafy a tabulky byly vytvořeny v programu Microsoft Excel 2010
- Obrázek 11 vytvořen ve studentské verzi programu AutoCAD 2012

Seznam obrázků:

- Obrázek 1 Úsekové měření rychlosti u obce Malé Žernoseky na úseku silnice I/30 mezi Ústím nad Labem a Lovosicemi, Ústecký kraj Strana 45
- Obrázek 2 Vybraná zatáčka s pohledem na severovýchod, v textu charakterizovaným zalesněním a blízkými sady Strana 47
- Obrázek 3 Vybraná zatáčka s pohledem na západ, v textu charakterizovaným velkorysým vedením Strana 47
- Obrázek 4 Mapa části Ústeckého kraje s vyznačeným řešeným místem spolu s ortofoto mapou zobrazující dopravní nehody na tomto úseku
- Zdroj: Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu na vybrané lokalitě
<http://maps.idvm.cz/cdv2/apps/nehodynalokalite/Search.aspx>
Ze dne 3.8.2015 15:00 Strana 48
- Obrázek 5 Radar Sierzega SR4 použitý při měření Strana 49
- Obrázek 6 Umístění měřící techniky Strana 50
- Obrázek 7 Pohled ze severovýchodního příjezdu, ve směru jízdy do Mostu Strana 53
- Obrázek 8 Pohled ze západního příjezdu, ve směru jízdy do Lovosic, vzdálenost k okraji zatáčky přibližně 500 m Strana 54
- Obrázek 9 Pohled ze západního příjezdu, ve směru jízdy do Lovosic, vzdálenost k okraji zatáčky přibližně 300 m Strana 54
- Obrázek 10 Pohled ze západního příjezdu, ve směru jízdy do Lovosic, vzdálenost k okraji zatáčky přibližně 200 m Strana 55
- Obrázek 11 Opticko-psychologická brzda na západním vjezdu do zatáčky Strana 56
- Obrázek 12 Přehledná situace zobrazující umístění radaru s pozicemi fotografování Strana 56

Seznam tabulek:

Tabulka 1 Průběh počasí během měřeného období Strana 50

Zdroj: <http://pocasi.idnes.cz>

Ze dne 21.8.2015 12:00

Seznam grafů:

Graf 1: Intenzity dopravy v porovnávaném období Strana 51

Graf 2: Četnost rychlostí podle intervalů jedoucí směrem do zatáčky Strana 52

Graf 3: Četnost rychlostí podle intervalů jedoucí směrem ze zatáčky Strana 52

Graf 4: Intenzita [voz/hod] v pátek 14.8.2015 Strana 57

Graf 5: Četnost dopravních nehod Strana 57

Graf 6: Skladba dopravního proudu v jednotkách Strana 58

Graf 7: Skladba dopravního proudu v poměru k osobním automobilům Strana 59

Graf 8: Četnost časových mezer mezi vozidly ve dne Strana 59

Graf 9: Četnost časových mezer mezi vozidly v noci Strana 60