



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

## ODBOR ZNALECTVÍ VE STROJÍRENSTVÍ, ANALÝZA DOPRAVNÍCH NEHOD A OCEŇOVÁNÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

DEPARTMENT OF EXPERTISE IN MECHANICAL ENGINEERING, ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS AND  
VEHICLE ASSESSMENT

## ANALÝZA REAKČNÍCH DOB ŘIDIČŮ V REÁLNÉM SILNIČNÍM PROVOZU

DRIVERS REACTION TIME ANALYSIS IN REGULAR ROAD TRAFFIC

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Bc. Matej Florek**

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**Ing. Michal Belák, Ph.D.**

**BRNO 2022**



# Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Matej Florek**  
Studijní program: **Expertní inženýrství v dopravě**  
Studijní obor: **bez specializace**  
Vedoucí práce: **Ing. Michal Belák, Ph.D.**  
Akademický rok: **2021/22**  
Ústav/odbor: **Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## **Analýza reakčních dob řidičů v reálném silničním provozu**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Lidský faktor je důležitým prvkem, který má významný vliv na bezpečnost silniční dopravy. Jedním z nejdůležitějších údajů, který je potřebný mj. pro analýzu dopravních nehod je reakční doba řidiče. Práce se proto bude podrobně zabývat touto problematikou, jak po stránce analýzy současného stavu vědění tak i formou stanovení vlastního experimentálního měření a analýzou takto zjištěných dat.

### **Cíle diplomové práce:**

Mezi cíle práce bude patřit provedení důkladné rešerše dané problematiky a dále analýza reakčních dob řidičů v různých simulovaných situacích a jízdních situacích v reálném provozu. Student navrhne vhodný způsob měření, vyhodnocení a zpracování dat. Zjištěné skutečnosti budou vhodným způsobem srovnány a prezentovány např. formou tabulek a grafů.

### **Seznam literatury:**

[1] BRADÁČ, Albert a kol.: Soudní inženýrství, Akademické nakladatelství CERM Brno, 1999, 725s, ISBN 80-7204-133-9

[2] JURECKI, Rafał Stanisław, Tomasz Lech STAŃCZYK a Marek Jacek JAŚKIEWICZ. Driver's reaction time in a simulated, complex road incident. Transport. 2014-05-09, s. 1-11. DOI: 10.3846/16484142.2014.913535. Dostupné z:<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/16484142.2014.913535>

[3] SMILEY, Alison a Gerson J. ALEXANDER. Human factors in traffic safety. Third edition. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Publishing Company, [2016]. ISBN 978-1-933264-88-2.

[4] RÁBEK, Vlastimil, ed. Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu - denní doba: (sborník tuzemských a převzatých cizojazyčných publikací) = Menschliche Wahrnehmung und Entscheidungsprozesse in Straßenverkehr - Tageszeit : (Sammelbuch inländischer und übernommener fremdsprachigen Veröffentlichungen). Olomouc: Properus, 2014. ISBN 978-80-904944-2-8.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.  
vedoucí odboru

---

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.  
ředitel

## **Abstrakt**

Diplomová práca je zameraná na reakčnú dobu vodičov v podmienkach reálnej cestnej premávky. V úvode je načrtnutá problematika reakčnej doby, motivácia jej skúmania a stručné priblíženie použiteľnosti dosiahnutých výsledkov. Rešeršná časť popisuje vývoj prístupov týkajúcich sa reakčných dôb vodičov. Pre komplexné porozumenie poskytuje základné informácie o spôsoboch vnímania okolia, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou reakčnej doby. Zaoberá sa aj definíciou pojmov a vymedzením časových intervalov, ktoré ju popisujú. Na základe realizovaných výskumov bol navrhnutý experiment za účelom zistenia skutočných hodnôt reakčných dôb vodičov na vybrané podnety. Získané dáta boli analyzované, parciálne spracované hodnoty porovnané s očakávanými výsledkami na základe iných výskumov a následne integrované do celkových výsledných hodnôt reakčných dôb.

## **Abstract**

This diploma thesis focuses on driver`s reaction time in real road traffic conditions. The reaction time topic foundations are covered in the introduction as well as the motivation and brief application possibilities of the obtained results. The literature review is focused on history of developing different approaches of evaluation and terminology. For complex understanding it provides basic information about perception forms which are important parts of reaction time. The experiment was designed based on past studies review in order to get real data describing reaction time of chosen stimuli. Obtained data were analysed, partially processed values were compared with predicted results based on other researches, than integrated into general values of reaction time.

## **Klíčové slová**

Reakčná doba, reálna cestná premávka, eye tracking, čas do kolízie

## **Keywords**

Reaction time, real road traffic, eye tracking, time to collision



### ***Bibliografická citácia***

FLOREK, Matej. *Analýza reakčných dob řidičů v reálném silničním provozu*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127962>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Michal Belák.





### **Prehlásenie**

Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu na tému „Analýza reakčných dob řidičů v reálném silničním provozu“ som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce. Ako autor uvedenej diplomovej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto diplomovej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, predovšetkým som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), v znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení časti druhej, hlavy VI. Díl 4 Trestného zákonníka č.40/2009 Sb.

V Brne .....

.....

Podpis autora



### ***Podakovanie***

Týmto chcem poďakovať vedúcemu diplomovej práce Ing. Michalovi Belákovi Ph.D. za pomoc, odborné rady, odporúčania a hlavne trpezlivosť počas celej doby tvorby práce.

Veľká vďaka patrí mojim rodičom, ktorí ma svojím tolerantným prístupom a podporou motivovali prácu dokončiť.



# OBSAH

OBSAH.....	13
1 ÚVOD .....	15
2 SÚČASNÝ STAV POZNANIA.....	17
2.1 Vnímanie.....	17
2.1.1 <i>Vizuálne a sluchové vnímanie .....</i>	<i>18</i>
2.2 Reakčná doba .....	21
2.2.1 <i>Sumár definovania a časového rozhrania reakčnej doby .....</i>	<i>27</i>
2.3 Skúmanie reakčnej doby .....	28
2.3.1 <i>Simulované a laboratórne výskumy .....</i>	<i>28</i>
2.3.2 <i>Štúdie na kontrolovanom úseku cesty.....</i>	<i>39</i>
2.3.3 <i>Eye tracking.....</i>	<i>43</i>
2.3.4 <i>Naturalistické štúdie .....</i>	<i>45</i>
2.3.5 <i>Moderné technológie a ich vplyv na reakčnú dobu .....</i>	<i>46</i>
2.3.6 <i>Zhrnutie analýzy súčasného stavu poznania reakčnej doby.....</i>	<i>48</i>
3 STANOVENIE CIEĽOV RIEŠNIA.....	50
4 POUŽITÉ METÓDY A ICH ZDÔVODNENIE.....	52
4.1 Návrh experimentu.....	52
4.1.1 <i>Skúmané veličiny.....</i>	<i>52</i>
4.1.2 <i>Meracia technika a spôsob získavania dát .....</i>	<i>53</i>
4.1.3 <i>Reakčné podnety.....</i>	<i>55</i>
5 ANALÝZA DÁT .....	59
5.1 Spracovanie dát.....	59
5.2 Vyhodnotenie dát.....	59
6 DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY .....	61
6.1 Deň.....	61
6.2 Noc .....	66
6.3 Porovnanie jednotlivých probandov z hľadiska DEŇ/NOC.....	70
6.4 Porovnanie reakcií celkovo .....	85
7 ZÁVER.....	94
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV .....	100
ZOZNAM TABULIEK .....	104
ZOZNAM GRAFOV.....	106
ZOZNAM OBRÁZKOV.....	107

ZOZNAM SKRATIEK .....	108
-----------------------	-----

# 1 ÚVOD

Charakteristickým znakom súčasnej doby je nárast mobility, spojený s vyššou intenzitou a hustotou cestnej premávky. Táto skutočnosť sa prirodzene odzrkadľuje v náraste rizika vzniku a skutočnom počte kolíznych situácií. Najčastejšou príčinou vzniku týchto nežiadúcich situácií je ľudský faktor [1]. Pre vodiča je v priebehu jazdy nevyhnutné vnímať okolie, byť si vedomý technického stavu a možností riadeného vozidla, spracovávať jednotlivé vzniknuté podnety tvoriace komplexnú situáciu, vyhodnocovať tieto podnety a následne prispôsobiť jazdu. Na zložitosti týchto procesov priamo závisí aj reakčná doba a jej dĺžka. S predlžovaním reakčnej doby klesá čas na realizáciu žiadúceho úkonu spojeného s konkrétnou situáciou, čím sa prirodzene zvyšuje riziko vzniku, prípadne závažnosť dopravnej nehody.

Neustálou motiváciou vo viacerých odvetviach spojených s dopravou je zvyšovanie bezpečnosti cestnej premávky, primárne ochrana ľudského života a zdravia. Preto je potrebné zvyšovanie relevancie dostupných dát, umožňujúcich lepšiu praktickú aplikáciu.

Potreba poznania a porozumenia reakčnej doby je nevyhnutná už pre samotné projektovanie a konštrukcie pozemných komunikácií. V rámci návrhových prvkov uvažovaných pri projektovaní sú do úvahy brané aspekty ako doba rozhľadu a doba do zastavenia vozidla, ktoré sú s reakčnou dobou priamo previazané.

Pre potrebu súdnoznaleckej praxe je reakčná doba jedným z kľúčových prvkov. Reakčná doba je premenlivá veličina, ktorá sa podľa individuálneho stavu vodiča, technického stavu vozidla, charaktere okolia v danej situácii mení. Pri analýze dopravných nehôd a rekonštrukciách nehodových situácií je do výpočtov nevyhnutné zakomponovanie dĺžky reakčnej doby. Úloha znalcov je v tomto prípade náročná, nakoľko je potrebné odhadnúť ju čo najobjektívnejšie.

Reakčná doba bola skúmaná a diskutovaná téma už počas minulých desaťročí. Jej aktuálnosť je ale stále nesporná, nakoľko existuje veľké množstvo individuálnych faktorov a situácií, na základe ktorých sa jej dĺžka môže značne líšiť. S technologickým pokrokom a vývojom moderných technológií máme možnosť zaoberať sa jej skúmaním podrobnejšie a zároveň dosahovať presnejšie výsledky.

Práca je zameraná na komplexné posúdenie, vyhodnotenie a vzájomné porovnanie reakčnej doby v rámci dňa a noci pri neočakávaných podnetoch v reálnej premávke v podobe vstupu chodca do jazdného koridoru vozidla a svetelného signálu žltej farby „čakaj“ na svetelnom

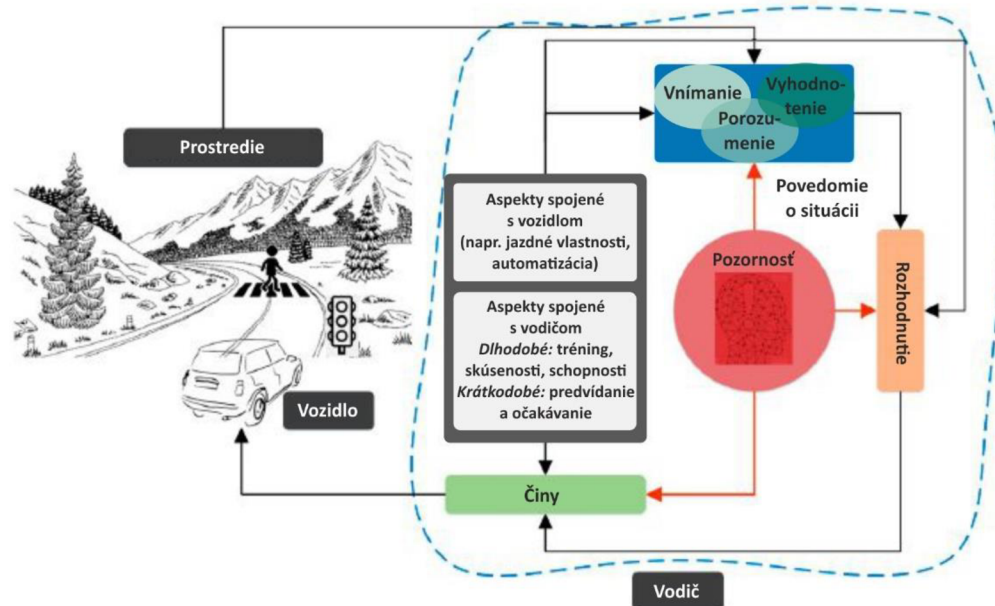
signalizačnom zariadení. Výskum najpodrobnejšie analyzoval reakciu na brzdové svetlá vpredu idúceho vozidla, nakoľko disponoval najväčším množstvom týchto dát.

Dosiahnuté výsledky práce môžu byť použité ako študijný materiál, ale ich hlavným prínosom by mala byť možnosť praktickej aplikácie pri analýze dopravných nehôd, návrhu a konštruovaní prvkov aktívnej bezpečnosti na pozemných komunikáciách.

Výsledky práce môžu zároveň slúžiť aj vodičom, nakoľko bezpečná vzdialenosť medzi za sebou idúcimi vozidlami je v súčasnej judikatúre upravujúcej pravidlá premávky na pozemných komunikáciách definovaná len pri jazde na diaľnici pre jednotlivé kategórie vozidiel. [2] Získané hodnoty reakčných dôb pri nižších rýchlostiach v mestskej premávke môžu vodiči aplikovať pri každodennej jazde, nakoľko bezpečný časový odstup z nich prameniari sú schopní jednoducho odhadnúť.



## 2 SÚČASNÝ STAV POZNANIA



Obr. č.1 Proces riadenia vozidla [3]

Riadenie vozidla je dynamický proces, ktorého kľúčovými elementmi sú vodič, vozidlo a okolité prostredie (napr. dopravné značenie, svetelná signalizácia, chodci). Primárnou funkciou vodiča je neustále vnímať okolie, robiť rozhodnutia a reagovať na vzniknuté situácie. Na **obr. č. 1** sú znázornené časti procesu riadenia, kde je za najkomplikovanejšiu pokladané povedomie o situácii. Povedomie o situácii je znázornené ako trojfázový proces pozostávajúci z vnímania prvkov okolitého prostredia za určitý čas, porozumeniu ich významnosti a odzrkadleniu ich vplyvu v blízkej reakcii. Schopnosť vodiča vnímať niekoľko podnetov zároveň vyžaduje pozornosť vo fáze vnímania, na ktorej povedomie o situácii závisí najviac. [3]

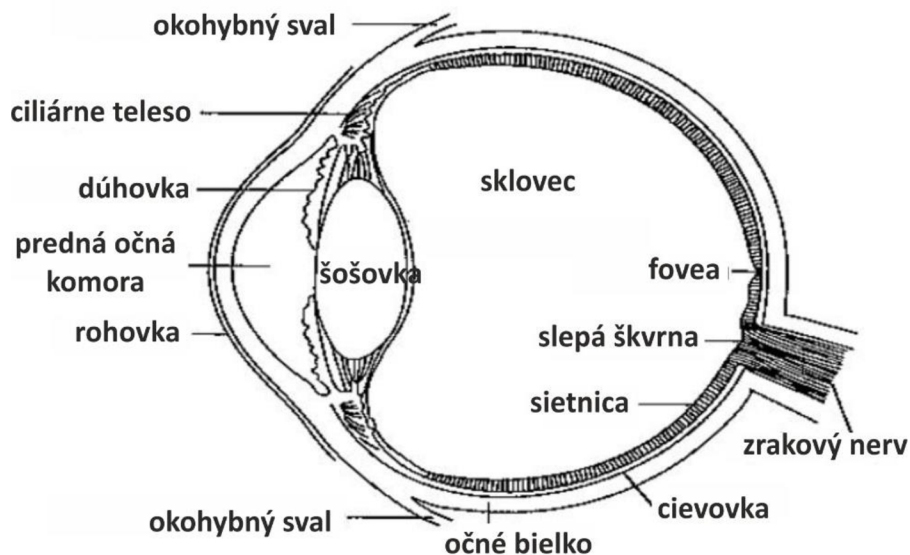
### 2.1 VNÍMANIE

Vodič musí byť počas jazdy sústredený na široké spektrum podnetov, ako sú dopravné značky, chodci, svetelné signalizačné zariadenie, iné autá či samotná trasa cesty. Všíma si aj stav a povahu vozovky pre prispôsobenie rýchlosti a štýlu jazdy. Počuje a vníma motor alebo celkovú mechanickú odozvu vozidla počas jazdy. Okrem aspektov potrebných na bezpečné riadenie vozidla na cestných komunikáciách je vodič často vystavený nežiadúcim podnetom, ktoré odvracajú jeho pozornosť.

Riadenie vozidla nie je len o rozsahu pozornosti, ale veľmi podstatná je aj jej časová stálosť. Preto je dôležité, aby vodič nebol unavený a vyhol sa rušivým podnetom vyžadujúcim si značnú mieru pozornosti a mozgovej aktivity. Do tejto kategórie môžu spadať reklamy v blízkosti cestných komunikácií, mobilné telefóny prípadne iné elektronické interaktívne zariadenia, ktoré sú často súčasťou motorového vozidla. [4]

### 2.1.1 Vizuálne a sluchové vnímanie

Ľudia sú schopní vnímať intenzitu svetla v rozsahu od niekoľkých miliónov ku jednej. Aby sa dosiahla táto mimoriadna vlastnosť pri zachovaní dobrej kontrastnej citlivosti, oko sa prispôsobuje prevládajúcim podmienkam a dokáže adaptovať svoj režim činnosti v závislosti na poklese množstva svetla pri prechode medzi dňom a nocou.



Obr. č. 2 Stavba ľudského oka [5]

Hlavným rozdielom medzi denným a nočným videním je inhibícia (aktivita buniek pri vnímaní tvaru a kontrastu) a konvergencia (dopad obrazu na žltú škvrnu v oboch očiach), spôsob prepojenia fotoreceptorov a množstvo dostupného fotopigmentu citlivého na svetlo. Väčšina nočného videnia sa vyskytuje v zmiešanom režime. Celková činnosť oka pri znižovaní úrovne svetla je popísaná z hľadiska troch prevádzkových režimov: fotopického, mezopického a skotopického. [6]

#### Fotopické a skotopické videnie

Prechod od fotopického k skotopickému videniu je citlivý proces. Počas dňa, keď je dostatok svetla pracuje vizuálny systém vo fotopickom režime, ktorý využíva kužeľové

fotoreceptory a ktorý je optimalizovaný na sledovanie kontrastu. Fotoreceptory počas dňa fungujú na základe laterálnej inhibície, dôsledkom ktorej dochádza k zníženiu citlivosti na svetlo, čo je počas dňa prirodzené.

Keď množstvo svetla klesá, vizuálny systém začne šetriť svetlom tromi spôsobmi. Najskôr sa zastavujú inhibičné reakcie. Potom sa inhibícia nahrádza konvergenciou, pri ktorej dochádza k zvýšeniu citlivosti ale znižuje sa rozlíšenie. Po tretie, s poklesom svetla je k dispozícii viac fotopigmentov. Keď svetlo zasiahne molekulu vo fotoreceptore, „vybieli“ ju a spôsobí aktiváciu, ktorá vedie k vizuálnemu vnemu. Vo vybielenom stave nereaguje na svetlo. Čím viac fotopigmentov je vo vybielenom stave, tým menej je možné reagovať na svetlo a tým nižšia je citlivosť. Za slabého svetla je vybielených len veľmi málo fotopigmentov, takže oko má vyššiu svetelnú citlivosť.

V mestskom prostredí je v noci väčšinou dostatok okolitého svetla, aby sa zabránilo skutočnému skotopickému videniu. Namiesto toho, oko pracuje v mezopickom videní, zmiešanom režime. Väčšina nočných nehôd sa stane, keď vodič pracuje v mezopickom, zmiešanom režime. [7]

### ***Mezopické videnie***

Mezopické videnie je komplikovanejšie ako fotopické alebo skotopické videnie. V tomto rozpätí nefungujú ani tyčinky ani čapíky s vrcholnou účinnosťou, ale oboje aktívne prispievajú pri vizuálnej percepcii. Vizuálny výkon veľmi záleží na tom či svetlo dopadá do oblasti fovey kde je najvyššia koncentrácia čapíkov a tyčinky sa tam takmer nevyskytujú, smerom k okrajom sietnice narastá koncentrácia tyčiniek a znižuje sa koncentrácia čapíkov. Preto je foveálne videnie vo veľkosti zorného poľa približne 5° vždy iba fotopické. Uvedená časť zorného poľa je ale veľmi malá a vo vonkajšom osvetlení je dôležité aj periférne mezopické videnie. Objekty pozorované v periférnom videní budú viditeľné v zmiešanom fotopickom/skotopickom videní. Keď sa vzdialenosť od fovey zväčšuje, rovnováha sa čoraz viac posúva k skotopickému videniu. Ostrosť je slabá, farebné videnie chýba a spektrálna citlivosť sa posunula na nižšie vlnové dĺžky. Rovnováha sa tiež posúva viac k skotopickému videniu, pretože úroveň svetla klesá z hornej časti mezopického rozsahu smerom nadol. [5] [6] [8]



Obr. č. 3 Druhy videnia [6]

### Zrak a vek – vizuálne starnutie

V priebehu starnutia dochádza v oku k viacerým zmenám, ktoré videnie negatívne ovplyvňujú. Šošovky strácajú svoju elasticitu a stávajú sa nepriehľadnými. Zmenšuje sa aj zrenica a do oka sa na fotoreceptory sa dostáva menej svetla, **tab. č. 1** ukazuje ako sa vekom zmenšuje zrenica v čase dňa a noci. [9]

Tab. č. 1 Priemer zrenice počas dňa a noci u jednotlivých vekových skupín [9]

Vek (roky)	Deň (mm)	Noc (mm)	Rozdiel (mm)
20	4.7	8.0	3.3
30	4.3	7.0	2.7
40	3.9	6.0	2.1
50	3.5	5.0	1.5
60	3.1	4.1	1.0
70	2.7	3.2	0.5
80	2.3	2.5	0.2

### Sluchové vnímanie

Sluch je zmysel založený na spracovávaní a vedení zvukových podnetov. Je ním možné rozoznávať rýchlosť riadeného alebo iného vozidla na základe akustickej mechanickej odozvy.

Prítomnosť záchranných vozidiel, varovného trúbenia okolitých vozidiel prípadne aj mechanickej poruchy alebo kolízie. [10]

Je zrejmé, že vnímanie má bezprostredný vplyv na reakcie vodičov. Reakčná doba je vo väčšine prípadov podmienená vizuálnou reakciou na vzniknutý podnet. V priebehu dňa, keď je v okolitom prostredí dostatočné množstvo svetla, oko rozoznáva hlavne kontrast. V priebehu noci zrak pracuje v zmiešanom režime a procesy prebiehajúce v oku sú náročnejšie, závislé na množstve svetla dopadajúceho do oka. Počas večerných a nočných jász dochádza k redukcii ostrosti videnia, rovnako ako k zredukovaniu veľkosti vnímanej priestorovej oblasti. Tieto poznatky nasvedčujú, že v takomto čase je vodič náchylnejší k nepozornosti a vzniknutý objekt môže byť s väčšou pravdepodobnosťou zaznamenaný neskôr resp. jeho zaznamenanie môže trvať dlhšiu dobu ako počas dňa. Táto skutočnosť sa len prehlbuje v dôsledku zvýšeného veku vodičov, ktorý zapríčiňuje zmenšovanie zrenice. Predĺženie vnímania okolitých podnetov je možné očakávať aj v prípade nepozornosti, vyššej miere rozptýlenia či únavy vodičov.

## 2.2 REAKČNÁ DOBA

Vplyvom potreby dôkladnejšieho porozumenia umocnenej rozvojom technológií umožňujúcich presnejšie a komplexnejšie skúmanie sa prístupy a vnímanie reakčnej doby historicky prirodzene vyvíjali. Pre podrobnejšie skúmanie reakčnej doby je nevyhnutné objektívne a vecné vymedzenie pojmov, ktoré charakterizujú jednotlivé časti reakčnej doby počnúc vnímaním a končiac zastavením vozidla. Táto kapitola prináša prehľad širšieho spektra výskumov a štúdií, pre lepšie porozumenie vývoju prístupov, spracovania a interpretácie získaných dát v súvislosti s definovaním reakčnej doby.

Staršie výskumy pristupovali k interpretácii reakčnej doby prostredníctvom jednotlivých komponentov, ktoré prebiehali sériovo a vzájomne sa neprekrývali. Ako uvádza Sivak a Olson [11]: Reakčná doba pozostáva z troch komponentov: čas potrebný pre vodiča na zachytenie a rozpoznanie potenciálne nebezpečného objektu alebo situácie, čas potrebný na rozhodnutie o spôsobe reakcie, čas potrebný na vykonanie úkonu akým môže byť pohyb nohy a aktivácia brzdového pedálu.

Zároveň uvádzajú jej časové ohraničenie nasledovne: Reakčná doba začína vo chvíli, keď sa prekážka stane viditeľnou pre vodiča a končí aplikáciou brzd. Zahŕňa teda detekciu, identifikáciu, rozhodnutie o spôsobe reakcie a jej následné vykonanie. [11]

Tab. č. 2 Dĺžka komponentov reakčnej doby vodičov [12]

Reakčná doba [s]						
Komponent	Percentil vodičov					
	50	75	85	90	95	99
1. Vnímanie						
a. Latentný čas	0.24	0.27	0.31	0.33	0.35	0.45
b. Pohyb oka	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
c. Fixácia	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
d. Rozoznanie	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
2. Rozhodnutie	0.50	0.75	0.85	0.90	0.95	1.00
3. Pohyb a aktivácia brzd	0.85	1.11	1.24	1.42	1.63	2.16
Súčet A (1a-d + 2 + 3)	2.3	2.9	3.2	3.5	3.8	4.6
Súčet B (1c-d + 2 + 3)	2.0	2.5	2.8	3.1	3.4	4.1
Súčet C (1a-d + 3)	1.8	2.1	2.3	2.6	2.9	3.6

**Tab. č. 2** rozdeľuje reakčnú dobu na jednotlivé komponenty podľa McGeeho a Hoopra (1983). Rovnako uvádza konkrétne hodnoty komponentov reakčnej doby ako aj ich súčty, predstavujúce rôzne spôsoby reakcie na náhodne vzniknutý podnet počas ich výskumu zaoberajúcim sa individuálnymi charakteristikami vodičov a ich reakčnej doby. Pokiaľ sa pri reakcii berú do úvahy všetky komponenty, uvažujeme súčet A. Pokiaľ predpokladáme, že vodič sa sústreďí na cestu, a podnet teda vznikne priamo na sledovanom mieste, potom čas latencie a pohyb očí môže byť zanedbaný a uvažujeme súčet B. V prípade, že neuvažujeme žiadny rozhodovací komponent, ale zahŕňame latentný čas a pohyb očí, potom platí súčet C. Vo všetkých prípadoch sa predpokladá, že vodič je v neočakávanej situácii a nepredpokladá, že bude musieť zastaviť. [12]

Ďalšie vedecké prístupy tieto teórie rozvíjali a na základe pozorovaní a vyhodnocovaní dát zistili, že jednotlivé komponentné procesy neprebiehajú izolovane a sériovo, ale sa vzájomne prekrývajú v rozličnej miere.

Bradáč delí reakčnú dobu v subsystéme vodič + vozidlo na jednotlivé časové úseky nasledovne:

- Optická reakcia – túto časť reakčnej doby uvažuje len v prípadoch, keď vodič kritický objekt nesleduje priamo. Jedná sa teda o situácie, kde daný objekt leží mimo oblasť ostrého videnia, ktorá predstavuje približne 1° okolo osy oka. Optickú reakciu predstavuje doba, počas ktorej sa oko z periférneho videnia natáča k objektu a fixuje sa na kritický objekt
- Psychická reakcia – rozumieme tým dobu od optického zafixovania objektu po začiatok svalovej reakcie. Konkrétne sa jedná o dobu, kedy vodič hodnotí danú

situáciu. Je zrejmé, že práve tu sa prejavujú faktory ako triezvosť, vek či pohlavie vodiča.

- Svalová reakcia – predstavuje dobu od ukončenia psychickej reakcie po dotyk brzdového pedálu
- Oneskorenie brzd – týmto okamihom prechádzame od reakcie vodiča na odozvu vozidla. Oneskorením brzd rozumieme dobu medzi dotykem brzdového pedálu a samotným počiatkom brzdenia (dotyk čelustí brzd s bubnom alebo dotyk doštičiek s kotúčom). Faktorom ovplyvňujúcim oneskorenie brzd je hlavne rýchlosť zošliapnutia brzdového pedálu vodičom, ktorá je v rozmedzí 0,5-1 m/s
- Doba nábehu brzd – interval od prvého dotyku brzdového mechanizmu po dosiahnutie maximálneho účinku brzd. [13]

Tab. č. 3 Dĺžka komponentov reakčnej doby vodičov [13]

Hranica časového úseku		Názov časového úseku	
1	Počiatok optického vnímania nebezpečného objektu	optická reakcia	reakčná doba vodiča
2	Počiatok ostrého optického vnímania objektu	psychická reakcia	
3	Začiatok svalovej reakcie	svalová reakcia	
4	Dotyk brzdového pedálu	prodleva brzd	odozva vozidla
5	Prvý dotyk trecích plôch brzd	nábeh brzd	
6	Začiatok zanechávania stôp pneumatík na vozovke		

Z uvedeného obrázku je zrejmé vymedzenie časových úsekov predstavujúcich reálny úkon spojený s reakciou a ich priradenie k jednotlivým úsekom podľa primárneho rozdelenia. Zároveň je jasný počiatok a koniec reakčnej doby, ktorá začína optickým vnemom nebezpečného objektu a končí uskutočnením svalovej reakcie predstavujúcej stlačenie brzdového pedálu, ktorý uvedie brzdovú sústavu do pracovného stavu.

Podľa uskutočnených výskumov je PRT – Perception Response Time, definovaný ako interval, ktorý začína keď sa vzniknutá situácia alebo podnet stanú pre vodiča identifikovateľnými a končí zahájením rozpoznateľnej reakcie vodičom. [10]

Podrobnejšiemu rozdeleniu reakčnej doby a zároveň aj pojmov s ňou spojenými sa venoval Green, ktorý na základe preštudovania značnej časti dosiaľ realizovaných výskumov (do roku 2000) z oblasti reakčnej doby rozdelil a definoval jednotlivé komponenty takto:

1. „Mental processing time“ (MPT) – čas mentálneho spracovania, je čas, ktorý je potrebný na prijatie vnemu a rozhodnutie o odozve. Napr. je to čas potrebný na spracovanie podnetu ako človek prechádza priamo cestou proti nám a mali by byť použité brzdy. MPT môže byť ďalej rozložený do subkomponentov:
  - „Sensation“ – čas potrebný na detekciu objektu na ceste. Reaction Time (RT) prirodzene klesá s vyššou intenzitou podnetu a lepšou viditeľnosťou.
  - „Perception“ (PT) – čas potrebný na rozoznanie významu predchádzajúceho získaného podnetu. Čas stúpa s klesajúcou jednoznačnosťou a faktorom prekvapenia. „Choice “ RT – RT keď má vodič na výber, prípadne je podnetov viac, je vo všeobecnosti značne dlhší ako čas, pri ktorom reaguje len na jeden konkrétny podnet.
  - „Response selection and programming“ – čas potrebný na rozhodnutie, ktorú, prípadne či vôbec nejakú reakciu uskutočniť a mentálne zahájiť pohyb.
2. „Movement time“ (MT) – čas potrebný na svalovú realizáciu mentálneho rozhodnutia. Napríklad zdvihnutie chodidla z pedála akcelerátoru a stlačenie brzdového pedála. Všeobecne platí, že čím komplexnejší pohyb je vyžadovaný, tým dlhšie bude proces trvať.
3. „Device response time“ – čas potrebný pre mechanické zariadenie na vykonanie požadovanej akcie. Napr. môže byť meraný ako čas potrebný na zastavenie auta po stlačení brzdového pedála.

Green sa navyše zaoberal aj presnými definíciami pojmov spojených s reakčnou dobou. V rámci skúmania realizovaných štúdií zistil, že terminológia je v odbornej literatúre nejednotná. Reakčná doba je používaná napr. pre samostatný MPT s MT – časom pohybu. Niektorí autori dokonca zahŕňajú aj „Device response time“. V najpresnejšom zmysle termínu by podľa Greena mala reakčná doba zodpovedať len prvému komponentu – MPT. Táto veličina je ale interná a nemôže byť priamo a objektívne zameraná bez fyzickej odozvy. Podľa Greena a jeho terminológie je „break reaction time“ kombináciou PT a MT, čo by znamenalo, že reakčná doba začína po vnemovom spracovaní nebezpečného objektu. Reakčná doba potom spolu s DRT (Device Response Time), časom odozvy vozidla tvoria „stopping time“ – čas do zastavenia. [14]

K doplneniu prehľadu pojmov Drozdziel definuje „dobu do úplného zastavenia“ - time of complete stopping (TOCS), ako čas, ktorý uplynie medzi objavením nebezpečenstva a okamihom



úplného zastavenia vozidla čo sa dá pokladať za ekvivalent celkovej dráhy potrebnej na zastavenie. S prihliadnutím na znaleckú prax dodáva, že jeho dĺžku ovplyvňujú nasledujúce komponenty: celkový čas reakcie vodiča, čas aktivácie brzdového systému a čas brzdenia. Zatiaľ čo posledné dva komponenty sa dajú určiť znalosťou technických aspektov udalosti, akými sú rýchlosť vozidla, jeho technický stav alebo charakter povrchu, reakčná doba je individuálnym parametrom pri každom vodičovi. [15]

Významný a rozsiahly výskum reakčnej doby samotnej ale aj jej definície a časového vymedzenia uskutočnil Jeffrey Muttart, ktorý sa v rámci svojej Metaanalýzy [16] zamerl aj na predchádzajúce výskumy a po ich podrobnom preskúmaní zhrnul získané poznatky do nasledujúcej intervalovej ilustrácie:



Obr. č. 4 Priebeh reakčnej doby podľa Muttarta [16]

Tab. č. 4 Prehľad významných realizovaných výskumov do roku 2000 podľa Greena [14]

Výskum	Premenné	PT	MT	TT	N	Vzdialenosť do kolízie	Rýchlosť	Spôsob	Signál	Odozva
Norman (1952)				0.73	53	700	Vysoká	Cestný exp.	Výrazné svetlo	Dotyk brzdového pedála
Olson and Sivak (1986)	Vek Ostražitosť	0.50 y <sup>a</sup> 0.50 o <sup>a</sup>	0.20 y <sup>a</sup> 0.22 o <sup>a</sup>	0.70 y <sup>a</sup>	49	46 m/3-4 sec	27 mph	Cestný exp.	Žltá pena	PT: uvoľniť akcelerátor MT: stlačiť brzdu
Sivak, Post, Olson a Donohue (1981a)	Položka svetla Rýchlosť Vzdialenosť			0.73	12			Cestný exp.	Brzdové svetlo	Stlačiť spínač
Dureman a Boden (1972)	Únava Sok			0.7	8			Simulátor	Zvuk	Stlačiť pedál
Johansson a Rumar (1971)	Ostražitosť			0.66 <sup>a</sup>	321			Cestný exp.	Zvukový klaxón	Brzdové svetlo
Korteling (1990)	Vek Náročnosť vozovky			0.620 y 0.709 o	40	15 m	100/80 kph	Cestný exp.	Brzdové svetlo	Odozva brzdového pedála
Nagler a Nagler (1973)	Viacero			0.63	225			Simulátor	Nápis Stop	Posun nohy z akcelerátoru na brzdu a jej stlačenie
Lisper, Laurell a Stening (1973)	Únava			0.65	10			Cestný exp.	Zvuk	Hlas
Olson a Sivak (1986)	Vek Ostražitosť	0.40 y <sup>a</sup> 0.48 o <sup>a</sup>	0.19 y <sup>a</sup> 0.20 o <sup>a</sup>	0.59 y <sup>a</sup> 0.68 o <sup>a</sup>	49			Cestný exp.	Červené svetlo	PT: uvoľniť akcelerátor MT: stlačiť brzdu
Lings (1991)	Tréning Indispozícia Vek Pohlavie	0.318 <sup>a</sup>	0.27 o <sup>a</sup>	0.588 <sup>a</sup>	109			Simulátor	Svetlo semaforu	PT: uvoľniť akcelerátor
Schweitzer, Apter, Ben-David, Lieberman a Parush (1995)	Vzdialenosť Rýchlosť Ostražitosť			0.535 <sup>b</sup>	45	6/12 m	60/80 kph	Cestný exp.	Brzdové svetlo	Použitie bŕzd
Greenshields (1936)	Vek			0.496	1461			Simulátor	Červené svetlo	Z akcelerátoru na brzdu a jej stlačenie
Scott, Chandler a Li (1996)	Položka sedadla Výška vodiča	0.247 <sup>b</sup>	0.218 <sup>b</sup>	0.465 <sup>b</sup>	84			Simulátor	Červené svetlo	Uvoľniť akcelerátor a stlačiť brzdu
Wright a Shephard (1978)	Vek CO Pohlavie	0.25	0.17	0.42	348			Simulátor	Svetlo	PT: uvoľniť akcelerátor MT: stlačiť brzdu
Davies a Watts (1969)	Výška pedálu		0.149 0.309		10			Simulátor	Svetlo	Z akcelerátoru na brzdu a jej stlačenie
Triggs (1987)	Deň			1.77				Naturalistický	Železničný signál - deň	Brzdové svetlo
Sivak a kol. (1981a)	Položka brzdových svetiel			1.38 1.35	277			Naturalistický Simulátor	Brzdové svetlo Brzdové svetlo	Brzdové svetlo Stlačenie brzdového pedála
van Winsum a Brouwer (1997)										
Chang, Messer a Santiago (1985)	Rýchlosť Vzdialenosť			1.3 <sup>b</sup>	1614		25-55 mph	Naturalistický	Žlté svetlo	Brzdové svetlo
Mortimer (1969)				1.3	80				Brzdové svetlo	Stlačenie brzdového pedála
Sivak, Olson a Farmer (1982)	Rýchlosť Vzdialenosť			1.21	1644	2/3-5	32-40 56-72 kph	Naturalistický	Brzdové svetlo	Odozva radaru
Triggs (1987)	Noc			1.16 <sup>b</sup>				Naturalistický	Železničný signál - noc	Brzdové svetlo
Gazis, Herman a Maradudin (1960)				1.14				Naturalistický	Žlté svetlo semaforu	Brzdové svetlo
Alm a Nilsson (1994)	Mobilný telefón Náročnosť vozovky			1.13	40		100 kph	Simulátor	Červený štvorec	Povolenie brzdy o 10 mm
Triggs (1987)				0.92				Naturalistický	Brzdové svetlo	Brzdové svetlo
Nilsson a Alm (1991)	Vek Mobilný telefón			0.92 y <sup>a</sup> 1.32 o <sup>a</sup>	40		105 kph	Simulátor	Červený štvorec	Povolenie brzdy o 10 mm
Johansson a Rumar (1971)	Pohlavie			0.9 <sup>a</sup>	5			Cestný exp.	Zvuk	Použitie brzdy
Schweitzer a kol. (1995)	Vzdialenosť Rýchlosť Ostražitosť			0.606 <sup>b</sup>	45	6/12 m	60/80 kph	Cestný exp.	Brzdové svetlo	Použitie brzdy
Lieberman a kol. (1995)	Vzdialenosť Rýchlosť	0.399	0.24	0.638 <sup>b</sup>	45	6/12 m	60/80 kph	Cestný exp.	Brzdové svetlo	Použitie brzdy
Schweitzer a kol. (1995)	Vzdialenosť Rýchlosť Ostražitosť			0.606 <sup>b</sup>	45	6/12 m	60/80 kph	Cestný exp.	Brzdové svetlo	Použitie brzdy
Summala a Koivisto (1990)	Kolízný čas Vek			1.75 y 1.95 o		0-6 sec		Naturalistický	Zastavenie policajtom	Spomalenie (radar)
McGehee, Mazzae a Bladwin (2000)	Cesta vs Simulátor	1.28-t 0.96-s		(1.58-t) <sup>d</sup> (1.26-s) <sup>f</sup>	192-t 120-s		45 mph <sup>d</sup> 45-55 mph	Simulátor a cestný exp.	Vjazd do križovatky Penové vozidlo	Stlačenie brzdy
Hankey (1996)	Kolízný čas Pohlavie	1.23	0.324	1.55 <sup>b</sup>	48	2.85-4.35 sec	55 mph	Cestný exp.	Vozidlo	PT: uvoľniť akcelerátor MT: stlačiť brzdu
Lerner (1994)	Vek			1.5	116	200 ft	40 mph	Cestný exp a Simulátor	Sud ako prekážka	Dotyk brzdy Nešpecifikované
Broen a Chang (1996)	Nastavenie pedála Vek Pohlavie	1.16	0.17	1.33	100		25 mph			
Arbuthnot (1980)	Terén Zvuk	0.904 <sup>b</sup>	0.313 <sup>b</sup>	1.27 <sup>b</sup>	100			Simulátor	Vytáhanie auta	PT: uvoľniť akcelerátor MT: stlačiť brzdu
Olson a Sivak (1986)	Vek Ostražitosť	0.70 y <sup>a</sup> 0.75 o <sup>a</sup>	0.40 y <sup>a</sup> 0.35 o <sup>a</sup>	1.1 y <sup>a</sup> 1.1 o <sup>a</sup>	49	46 m/3-4 sec	27 mph	Cestný exp.	Žltá pena	PT: uvoľniť akcelerátor MT: stlačiť brzdu
Barrett a Thornton (1968)				1.05	19	76.5 ft	25 mph	Simulátor	Figurína	„Začať stlačiť pedál“
Barrett, Kobayashi a Fox (1968)	Terén			1.02	10	82.5 ft	25 mph	Simulátor	Figurína	„Začať stlačiť pedál“
Triggs (1987)				0.97				Naturalistický	Kus pneumatiky	Brzdové svetlo

PT = doba vnímania; MT = doba pohybu; TT = celková reakčná doba; Exp = Experiment; Y = young; O = Old.  
<sup>a</sup>Hodnota je medián. <sup>b</sup>Ďalšie kombinované s viacerými premennými. <sup>c</sup>Odhadovaný. <sup>d</sup>Cesta. <sup>e</sup>Simulátor

## 2.2.1 Sumár definovania a časového rozhrania reakčnej doby

### *Pojem reakčná doba*

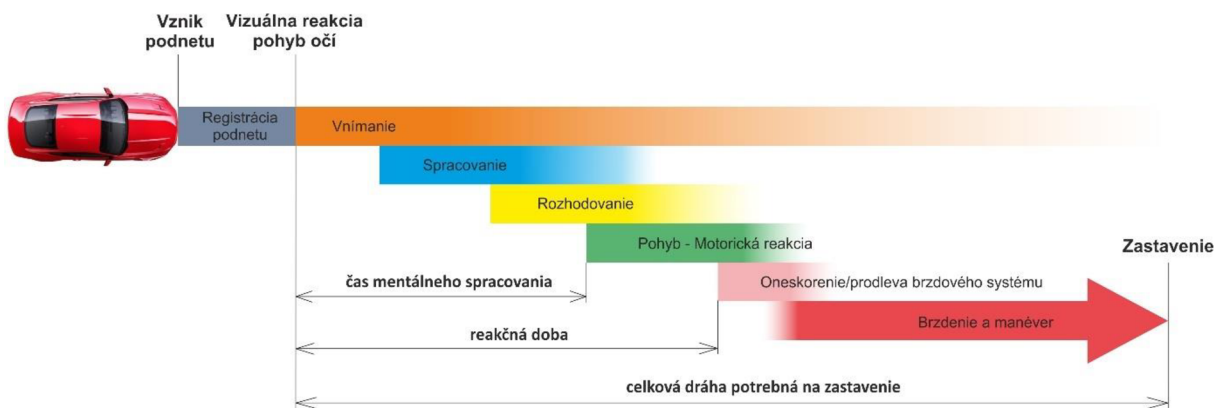
Väčšina zahraničných autorov sa zhoduje na termíne Perception Response Time (PRT), ktorý podľa niekoľkých definícií najviac odpovedá nášmu vnímaniu reakčnej doby. Termín PRT zahŕňa teda interval „perception“, čo je čas potrebný na rozoznanie významu zachyteného podnetu a je vymedzený okamihom nazývaným detekčný prah, ktorý sa dá spojiť s pohybom pohľadu smerom k podnetu. Proces rozoznávania významu zachyteného podnetu začína bezprostredne po jeho zaznamenaní. Reakčnú dobu je teda možné definovať ako čas, uplynutý medzi zaregistrovaním nebezpečného podnetu, a inicializáciou adekvátnej reakcie, najčastejšie počiatok stlačenia brzdového pedálu.

Táto definícia ale nezohľadňuje celý MPT. Konkrétne zanedbáva a nepočíta s latentným časom optickej reakcie, nazývanej aj „sensation“, ktorý je súčasťou MPT a predstavuje čas potrebný na detekciu objektu na ceste. Táto zložka optickej reakcie sa môže značne líšiť v závislosti na viditeľnosti, okolitých podmienkach a druhu podnetu. Hodnotenie reakčnej doby vrátane tohto časového intervalu nie je vždy objektívne, nakoľko vodičov je možné z tohto hľadiska vzájomne porovnávať len pri obdobných podmienkach. Interval teda zahŕňa MPT spolu s MT alebo kompletnú optickú reakciu spolu s motorickou/svalovou reakciou a pre intuitívne vnímanie bude tento interval definovaný ako reakčná doba s registráciou podnetu.

### *Súvisiace pojmy*

Po uskutočnení registrácie podnetu nasledovanej reakciou vo forme stlačenie brzdového pedálu dochádza v praxi k oneskoreniu/prodlužke/nábehu brzd. Tento dej, nazývaný aj „delay“ je v dnešnej dobe vďaka technickému pokroku v porovnaní s ostatnými zložkami reakcie veľmi krátky a jeho zahrnutie je posudzované na základe presnosti a zámeru konkrétneho výskumu. V súvislosti s oneskorením, niektorí autori uvádzajú „Device response time“ ako celkovú mechanickú odozvu vozidla až po jeho zastavenie.

V súdnoznaleckej praxi sa stretávame s pojmom celková dráha potrebná na zastavenie, ktorú definujeme ako celkovú dráhu prejdenú od počiatku reakcie do zastavenia vozidla. Za začiatok reakcie sa v tomto prípade pokladá registrácia podnetu. Celkový čas, ktorý ubehne počas tohto deja je teda identický so zahraničnými pojmi PT+MT+ “device response time” [14]. Po zohľadnení doby registrácie podnetu, celková dráha potrebná na zastavenie odpovedá podľa [15] TOCS, kedy je za počiatok reakcie pokladaný prvý moment výskytu nebezpečnej situácie.



Obr. č. 5 Znáznornenie vybraných komponentov reakčnej doby a ich integrácia [17]

## 2.3 SKÚMANIE REAKČNEJ DOBY

Hlavným predmetom výskumu spojeným s reakčnou dobou vodičov je samotná dĺžka reakčnej doby. Znalosť tejto veličiny je nevyhnutná vo viacerých oblastiach týkajúcich sa premávky na pozemných komunikáciách. V súdnoznaleckej praxi je používaná v rámci rekonštrukcie a analýzy nehodových dejov, kde je individuálne posudzovaný stav skúmaného vodiča na základe existujúcich poznatkov. Taktiež je z hľadiska bezpečnosti veľmi významná pri samotnom konštruovaní pozemných komunikácií.

Výskumy uplatňujú tri základné prístupy získavania dát: štúdie na simulátoroch, štúdie na kontrolovanom úseku cesty a naturalistické štúdie.

### 2.3.1 Simulované a laboratórne výskumy

#### **Analýzy existujúcich dát**

Jedným zo spôsobov ako kvantifikovať dĺžku reakčnej doby je štatisticky vyhodnotiť už dostupné dáta. Tento prístup zvolil vo svojej štúdií nazvanej *Metanalýza* [16] aj Muttart.

Podľa Muttarta v súčasnosti nie je k dispozícii žiadny nástroj na odhadnutie reakčnej doby vodičov v špecifickej situácii, pokiaľ nebola realizovaná štúdia s obdobnou vyšetrouvanou udalosťou. Existujú milióny situácií, ktoré môžu vodiča počas šoférovania stretnúť. Pravdepodobnosť, že realizovaná štúdia bude analogická s reálnou situáciou je veľmi malá. Preto znalci a experti pracujúci na rekonštrukciách nehôd potrebujú objektívny nástroj na odhadnutie reakčného času vodiča.

Je zrejmé, že môže byť náročné zohľadniť všetky možnosti existujúce pre každého jednotlivca. Cieľom tohto výskumu bolo dokázať predpovedať reakčnú dobu vodičov v rôznych

situáciách na základe súhrnu prítomných premenných z dostupných dát a určiť, ktoré sú najviac spojené so zmenou reakčnej doby. Výskum sa skladá z dvoch častí.

Prvá časť zahŕňa zoskupenie premenných, aby sa zistilo, ktoré premenné sú významné v súvislosti s reakčnou dobou. Výskum aplikuje dáta z viac ako 130 štúdií, ktoré merali reakčnú dobu a zahŕňali viac ako 20 metodologických a podstatných premenných, z ktorých boli následne vytvorené rovnice. Analýza vyprodukovala empirické rovnice ukazujúce, ktoré premenné a metódy sú štatisticky významné pri predpovedaní reakčných dôb. Analýza taktiež ukazuje, že pokiaľ boli analyzované všetky dáta naraz, použiteľný model nemohol byť vytvorený. Avšak keď bola databáza rozdelená do menších skupín s presnejším zameraním, boli vytvorené empirické rovnice.

Získané rovnice aplikované na danú situáciu :

- Základná rovnica, ktorá je aplikovaná aj na svetelné a zvukové podnety
- Rovnica zohľadňujúca reakcie na chodcov, bicykle a iné objekty
- Rovnica zohľadňujúca situáciu vniknutia prekážky do trajektórie vozidla
- Rovnica popisujúca predozadné kolízie
- Rovnica popisujúca reakciu na semaforey

Tab. č. 5 Významné premenné Muttartovho výskumu [16]

Významné premenné			
Vek	Pohlavie	Čas do stretu	
Alkohol	Stres	Priemerná rýchlosť premávky	
Kontrast		Denné svetlo	
Pohyb	Možnosť odozvy	Výber odozvy	
Rýchlosť	Typ cesty	Počet stimulov	
Topografia	Prechod čiary	OBJEKT	
Metodologické premenné			
Šoférovanie	Očakávanie	Druh experimentu	Čas radenia

Názorná zjednodušená rovnica zameraná na reakciu na vozidlo meniace jazdné pruhy:

$$DRT = 330,987Dn + 253,709L + 14,174E + 198,703$$

Kde Dn = daylight – denné svetlo, L = the number of lanes that the vehicle moved – počet pruhov, ktorými vozidlo prešlo, E = eccentricity - ekcentricita

Druhá časť výskumu zahŕňa porovnanie výsledkov matematických rovníc s výsledkami získanými pozorovaním času a pozícií pri reálnych nehodách na križovatke v štáte Kentucky v USA prostredníctvom videozáznamov s identifikovateľnými reakčnými dobami vodičov pri skutočných nehodách.

Cieľom výskumu bolo zistiť ktoré z 20 premenných a v akom rozsahu sú spojené so zmenami v reakčnej dobe v experimentálnom výskume. Tieto rovnice nepočítajú s vodičovou motiváciou, zhoršenou viditeľnosťou, nepozornosťou, vplyvom únavy, alkoholu alebo inými faktormi, ktoré nie sú bežne zahrnuté v rámci skúmaných subjektov v experimentálnom výskume. [16]



Obr. č. 6 Predmetná monitorovaná križovatka v Kentucky [16]

Tab. č. 6 Dĺžka reakčných dôb podľa Muttarta [16]

Reakcia na...	N [počet]	Priemerná		Predpokladaná
		hodnota [ms]	SD [ms]	priemerná hodnota [ms]
Vozidlo meniace 1 jazdný pruh - deň	12	909	303	943
Vozidlo meniace 2 jazdné pruhy - deň	8	1168	396	1188
Vozidlo meniace 1 jazdný pruh - noc	5	1208	348	1365
Vozidlo meniace 2 jazdné pruhy - noc	9	1535	315	1573
Vpredu idúce vozidlo	8	942	242	1294
Chodec	2	2837	567	2855
Narušenie dráhy Priamo	12	1612	416	1868
Štart a odbočenie zo zastavenia Chodec	5	3022	948	2787
	2	2837	567	2537
Svetelné sign.zariadenie a vozidlo	17	2122	864	1857
	80	1819	497	1827
<b>VOZIDLÁ ZAPOJENÉ DO KOLÍZIE</b>	<b>22</b>			<b>352 +/-</b>

Výskum ukázal, že nie je vhodné uvažovať o reakčných dobách bez zohľadnenia dôležitých premenných. Napríklad priemerná reakčná doba pri narušení dráhy jazdy počas odbočovania

po zahájení pohybu v reakcii na zelený signál svetelného signalizačného zariadenia bola 3028 ms, zatiaľ čo priemerná reakčná doba na vozidlo meniace jazdný pruh počas dňa bola 962 ms. Priemerná hodnota štatistického súboru reakčných dôb bola pri všetkých skúmaných situáciách predpokladaná s maximálnym rozdielom 352 ms oproti skutočnosti. [16]

Muttartov výskum je z hľadiska prístupu a realizácie jedinečný. Pri analýze získaných výsledkov je možné povedať, že rovnice vo viacerých prípadoch fungovali s prekvapujúcou presnosťou. Tento spôsob odhadu reakčnej doby môže slúžiť ako použiteľný a približný informatívny nástroj pri odhade dĺžky reakčnej doby v konkrétnych podmienkach. Dôležitejšie sú ale priemerné hodnoty získané vyhodnocovaním dát z reálnych situácií. Tie určujú dĺžku reakčnej doby pri vpredu idúcom vozidle do 1 s. Reakčnú dobu na chodca vchádzajúceho do koridoru vozidla okolo 2,8 s a rozdiel medzi reakčnými dobami pri obdobných podnetoch cez deň a v noci 0,3 až 0,4 s.

### **Štúdie fyziologických veličín**

Ďalší spôsob získavania dát zahŕňa širšiu skupinu metód, skúmajúcich viaceré fyziologické veličiny u vodičov. Tieto metódy poskytujú objektívne dáta o okamžitom individuálnom fyziologickom stave skúmaného jednotlivca. Na základe údajov z prístrojov realizujúcich potrebné merania je možné podrobnejšie a presnejšie pochopenie a vyhodnotenie súvislostí medzi reakčnou dobou a individuálnym stavom vodiča. [3]

#### Electroencephalogram (EEG)

EEG je značne používané v oblasti výskumu mozgovej činnosti. Použitím frekvenčných charakteristík EEG dát (napr. hlavná frekvencia, ťažisko EEG spektra a obsahy pásiem  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\theta$ ) môže byť efektívne detekovaná únava vodiča. Podobne aj časové charakteristiky EEG dát poskytujú cenné informácie súvisiace s mozgovou aktivitou. Okrem rozlíšenia medzi bdlosťou a spánkom dokáže rozlíšiť aj jednotlivé fázy spánku. [3]

#### Electrocardiogram (ECG)

ECG vytvára graf závislosti elektrickej aktivity srdca vo voltoch na čase. Informácie získané prostredníctvom signálov ECG akými sú srdcová frekvencia, variabilita srdcovej frekvencie a priebeh dýchania prezentujú cenné dáta v súvislosti s únavou vodiča. [3]

#### Electrooculography (EOG)

EOG sa používa na zaznamenávanie pohybu očí, meria potenciál medzi prednou a zadnou časťou ľudského oka. Výsledný signál sa nazýva elektrookulogram. Aktivity očí ako pohyb

a žmurkanie zmenia potenciálovú odchýlku a vyústia do zmeny signálu EOG. Žmurknutie je indikované, keď kontakt medzi horným a dolným viečkom oka trvá 200-400 ms, pri mikrosnánku oko ostáva zatvorené viac ako 500 ms. [3]

#### Electromyography (EMG)

EMG je technika na vyhodnocovanie a zaznamenávanie elektrického signálu generovaného svalovými kontrakciami. Štúdie ukazujú, že existuje súvislosť medzi amplitúdou EMG a svalovou únavou, nakoľko sa amplitúda signálu so svalovou únavou znižuje. Analýza dát ďalej definuje koreláciu medzi svalovou únavou a ospalosťou. Hlavnou nevýhodou signálu EMG je jeho náhodná a komplexná povaha v závislosti na biologických a štrukturálnych vlastnostiach svalu. [3]

#### Electro-Dermal Activity (EDA)

EDA, v minulosti tiež známe ako galvanická reakcia pokožky (GSR), poskytuje meranie vodivosti pokožky, ktorá sa mení v dôsledku vylučovania potu potnými žľazami. Počas ospalosti je aktivovaná činnosť parasympatického nervového systému čo redukuje potenie. V dôsledku toho sa znižuje vodivosť pokožky. Týmto spôsobom EDA meria mieru ospalosti. Táto technika je ale vysoko senzitívna na vlhkosť vzduchu a teplotu. [3]

Podrobným výskumom reakčnej doby a jej závislosti na EEG pri simulovaných situáciách a následne v reálnych podmienkach sa zaoberal napr. Zhuk [18].

Účelom jeho štúdie bolo určiť vzory zmien v reakčnej dobe a jej komponenty za rozdielnych podmienok. Na určenie vplyvu informačného zaťaženia na reakciu vodičov, boli skúšky realizované v laboratóriu ale aj v reálnych podmienkach. Zameranie výskumu:

- Určiť vplyv rôznych podmienok na reakčnú dobu vodičov
- Určiť zmeny reakčného času testovaných vodičov v závislosti na ich veku a vodičských skúsenostiach
- Definovať vplyv fyziologického stavu vodičov na jednotlivé komponenty ich reakčnej doby

Pri výskume komponentov reakčnej doby bolo zistené, že doba toku informácií do mozgovej kôry v rôznych situáciách bola priemerne 0,34 s. Z celkovej dĺžky reakcie vodičov teda rozpoznanie a identifikácia stimulu zaberie priemerne 0,22 s (15%), rozhodnutie bolo prijaté do 0,4 s (27%) a adekvátna reakcia sa udiala do 0,93 s (58%). [18]

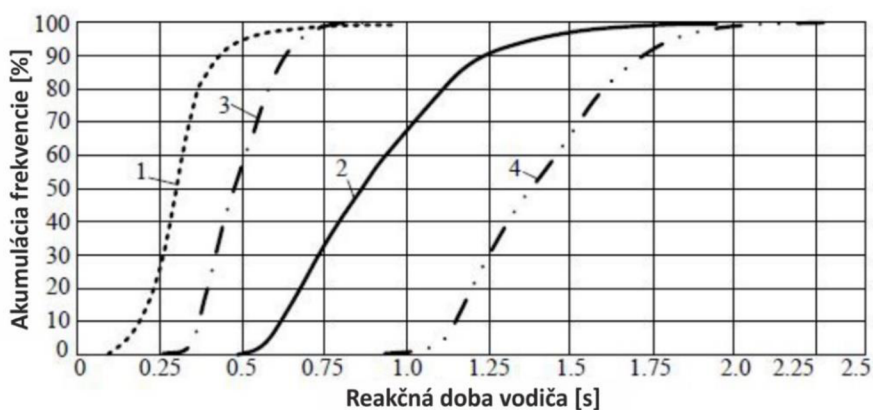




Obr. č. 7 Tvorenie EEG záznamu [18]

Každý proband mal optimálny rozsah fyziologického stavu na najlepšiu odozvu na stimul. Pokiaľ došlo ku kladnej alebo zápornej odchýlke v informačnom zaťažení a v regulačnom systémovom indexe, fyziologický stav probanda sa zhoršil, čo viedlo k predĺženiu reakčnej doby. Hodnoty hlavných zložiek reakcie vodičov boli získané pomocou počítačového programu a príslušenstva NeuroCom a Cardio Sens.

Vo výsledkoch štúdie je uvedené, že pokiaľ berieme do úvahy celkovú reakčnú dobu bez ohľadu na komplexnosť rozhodovania v laboratórnych podmienkach, je doba latencie v priemere 30% (0,58 s). Znamená to, že v niektorých zložitých situáciách je čas na vykonanie adekvátneho rozhodnutia dlhší ako samotná reakcia v jednoduchých situáciách. [18]



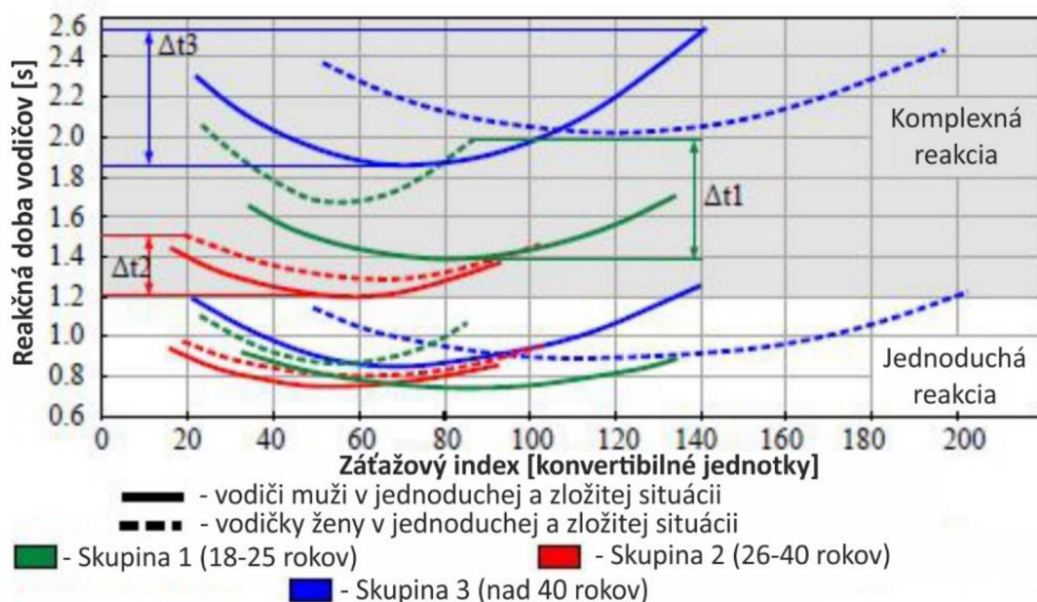
Kumulatívne krivky distribučného intervalu vodičovho výkonu:

1. latentný čas v laboratórnych podmienkach
2. reakčná doba v laboratórnych podmienkach
3. latentný čas v reálnych podmienkach
4. reakčná doba v reálnych podmienkach

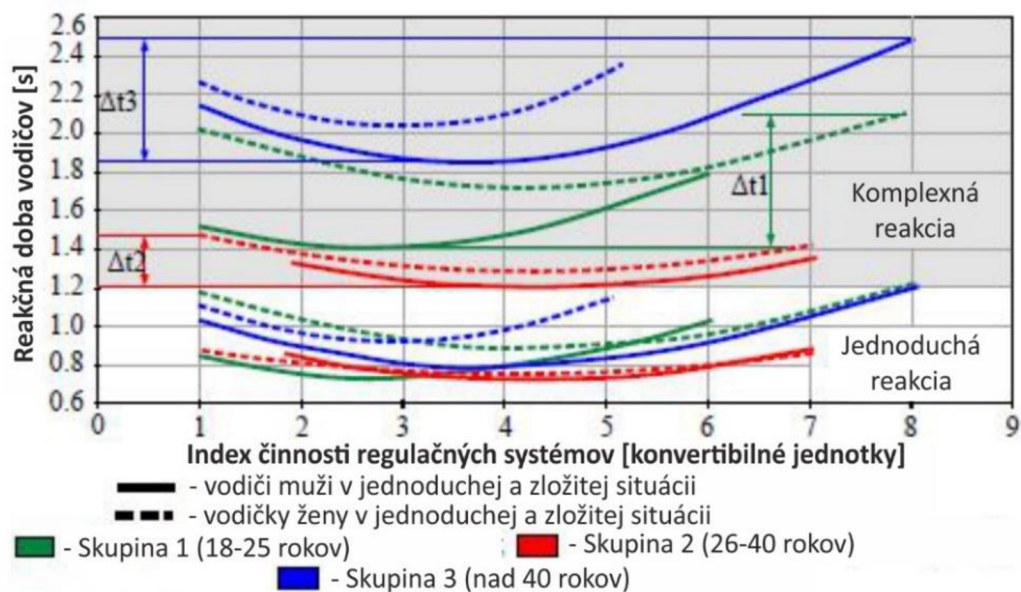
Graf č. 1 Kumulatívne krivky distribučného intervalu výkonu vodičov [18]

**Graf č. 1** ukazuje, že doba trvania latentného intervalu sa v laboratórnych podmienkach pohybovala od 0,13 s do 0,79 s pri hodnotách reakčnej doby od 0,54 s do 1,92 s. V komplikovanejších situáciách sa trvanie zaznamenania, identifikácie a spracovania podnetu zvyšovalo. V reálnych podmienkach bolo analýzou kumulatívnych kriviek distribučného intervalu latentného časového úseku a reakčnej doby zistené, že minimálna doba reakcie je 0,81 s, zatiaľ čo maximálna 2,43 s. Reakčná doba vodičov v rozličných skúmaných skupinách sa znamenite menila. Na prvom mieste to záviselo na ich fyziologickom stave, veku, a vodičských skúsenostiach. Zistilo sa, že každý vodič sa v špecifických situáciách správa inak. Najviac bol tento rozdiel zrejмый z EEG rytmu, ktorý sa zvýšil o 15-20% pri jednoduchej alebo zložitej reakcii oproti stavu v pokoji. Pri rýchlosti 50 km/h sa reakčná doba zvýšila o 0,2 s, čo malo za následok predĺženie brzdného dráhy vozidla o približne 3 m. [18]

Vplyv fyziologického stavu rôznych skupín vodičov bol skúmaný pomocou stresového a aktívneho indexu regulačných systémov so zameraním na reakcie počas rôznych podmienok (**graf č. 2 a 3**). Výsledky výskumu reakčnej doby závisiace na informačnom zaťažení sú zobrazené len v reálnych podmienkach. Je potrebné pamätať na to, že pokiaľ sa v reálnych podmienkach informačné zaťaženie zvýši alebo zníži dvojnásobne, reakčný čas vodiča sa zvýši v priemere o 0,2 – 0,3 s. Pri analýze výsledkov testov vodičov v laboratórnych podmienkach sa zistilo, že pokiaľ sa únava zvýši o 25%, priemerná reakčná doba sa zvýši o 20%. [18]



*Graf č. 2 Závislosť reakčnej doby na záťažovom indexe v reálnych podmienkach [18]*



Graf č. 3 Závislosť reakčnej doby vodičov na indexe činnosti regulačných systémov v reálnych podmienkach [18]

Z analýzy skúmaných skupín probandov (graf č. 2 a 3) v reálnych podmienkach vyplynulo, že najmenší efekt na fyziologický stav v rámci reakčnej doby bol vyvinutý v druhej skupine. Najviac ovplyvnení vodiči boli v skupine č.3. Najkratšia reakčná doba v reálnych podmienkach bola dosiahnutá vodičmi druhej skupiny.

Tab. č. 7 Závislosť reakčnej doby na veku a pohlaví súhrn [18]

Typ reakcie vodiča	Pohlavie	Reakčná doba každej vekovej skupiny [s]					
		Laboratórne podmienky			Skutočné podmienky		
		Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3
Jednoduchá	Muž	0.23-0.31	0.27-0.38	0.30-0.41	0.75-0.90	0.70-0.85	0.80-1.10
	Žena	0.29-0.38	0.28-0.39	0.31-0.42	0.90-1.10	0.80-0.90	0.90-1.20
Zložitá	Muž	0.55-0.63	0.71-0.89	0.85-1.05	1.45-1.70	1.25-1.38	1.90-2.20
	Žena	0.71-0.85	0.75-0.95	0.90-1.10	1.70-2.00	1.35-1.50	2.10-2.43

Reakčná doba vodičov prvej skupiny bola o 25% dlhšia (1,70 s) a o 60% dlhšia (2,43 s) u vodičov tretej skupiny. Tieto skutočnosti sú zjavne ovplyvnené skúsenosťami z reálnych podmienok. Obmedzené vodičské schopnosti probandov z prvej skupiny si tak vyžadovali viac času. Výsledky tretej skupiny záviseli najmä na psychologických faktoroch napr. že sa vodiči počas jazdy rýchlejšie unavili. [18]

Zhukov výskum reakčnej doby spojený s meraním EEG potvrdzuje niekoľko teórií. Reakčná doba a interval rozhodovania sa podľa neho vplyvom zvýšenej fyziologickej záťaže u vodiča

predlžujú, rovnako tak rastú s komplikovanosťou vzniknutej situácie. U skúmanej skupiny vodičov nad 40 rokov bolo zaznamenané značné predĺženie reakčnej doby oproti skupinám s mladšími probandami. Okrem toho poukazuje, že ženy v porovnaní s mužmi pri obdobných situáciách reagujú vo všeobecnosti pomalšie. Markantný rozdiel je ale evidentný pri porovnaní získaných dát z laboratórnych a reálnych podmienok. Výsledné hodnoty zo skutočnej premávky sú až dvojnásobne vyššie, čo do značnej miery sponchyňuje relevanciu laboratórneho výskumu. Získané dáta z reálnych podmienok teda určujú dĺžku reakčnej doby pri jednoduchých podnetoch v rozmedzí 0,8 až 1,2 s. Pri zložitých situáciách až v rozmedzí 1,5 až 2,4 s.

### **Štúdie na jazdných simulátoroch**

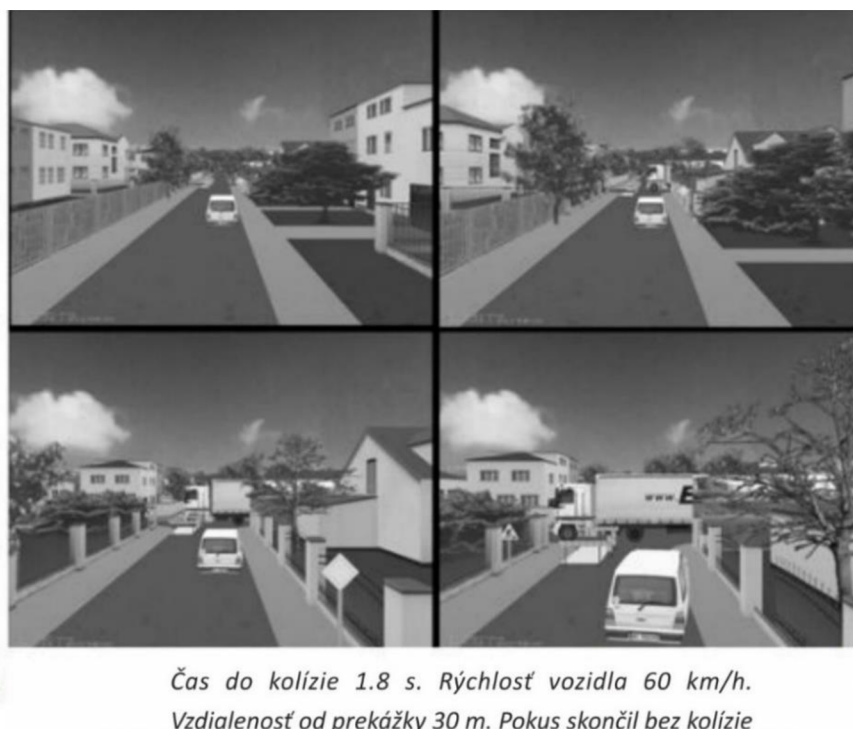
Štúdie mimo reálnej premávky predstavujú pokusy vykonávané v laboratóriách alebo na tematických veľtrhoch, pričom sa realizujú v testovacom modeli auta alebo v kabíne skutočného vozidla. V starších štúdiách probandi typicky brzдили v reakcii na skutočné svetelné signalizačné zariadenie umiestnené pred simulátor. Niektoré štúdie používali video sekvencie pre väčšiu autenticitu. Moderné štúdie používajú počítače na vytvorenie realistických vizuálnych scén. [7]



*Obr. č. 8 DigiCar simulátor [19]*

Štúdiu reakčnej doby v simulovaných podmienkach, ktoré boli precízne namodelované a stavané na mieru skúmaného zámeru realizoval napr. Jureczky [20].

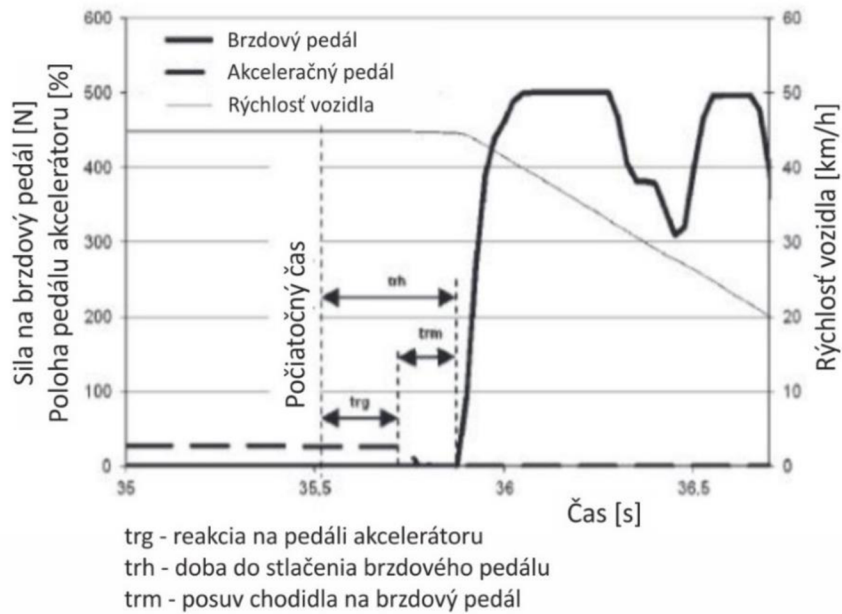
Tohto výskumu sa zúčastnilo 107 probandov všetkých vekových kategórií. Úlohou vodičov počas výskumu bolo pokúsiť sa vyhnúť kolízii s prekážkou, spôsob akým to majú urobiť im však nebol zadaný. Spôsob realizácie a usporiadania situácie v simulácii však vylučoval aplikáciu iného manévru ako núdzového brzdenia. Súdni znalci a experti zdôrazňujú potrebu vykonania štúdií, v ktorých je jedinou prípustnou reakciou núdzové brzdenie nakoľko je to najpoužívanejší manéver medzi vodičmi bez ohľadu na povahu situácie. [20]



*Obr. č. 9 Prípadová štúdia na simulátore [20]*

Charakter simulovanej situácie teda neumožňoval inú reakciu ako núdzové brzdenie, na základe čoho boli definované intervaly:

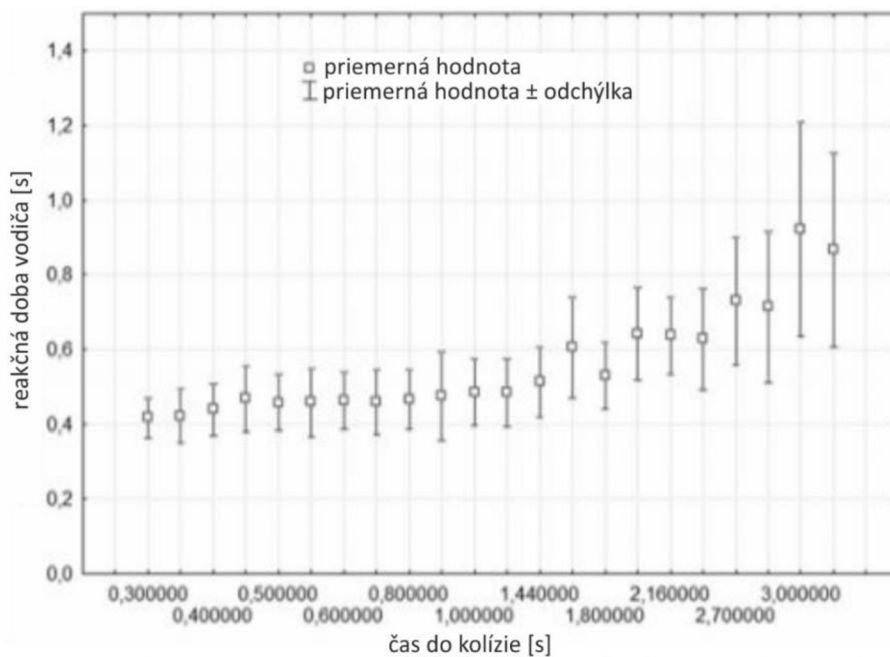
- „Reaction time on accelerator“ – chápaný ako čas medzi objavením prekážky a počiatkom pohybu nohy z akceleračného pedálu, na **grafe č. 4** ako trg.
- „Motor reaction time during breaking“ – určený ako interval medzi uvoľnením akceleračného pedála a stlačením brzdového pedála, na **grafe č. 4** ako trm.
- „Psychomotor reaction time“ – čas od objavenia prekážky po stlačenie brzdového pedála, na **grafe č. 4** ako trh.



Graf č. 4 Zmerané intervaly z testu [20]

Za základný charakteristický parameter testu sa považoval „Risk time“ – čas do kolízie. Tento parameter nájdeme vo väčšine štúdií pod skratkou TTC = Time To Collision. Testy sa uskutočnili pre hodnoty TTC v rozpätí od 0,3 s až do 3,6 s získaného kombináciou rýchlosti vozidla a vzdialenosti od prekážky. [20]

Na **grafe č. 4** sú okrem priebehu rýchlosti zaznamenané aj časové intervaly aktivácie brzdového pedálu spolu s pedálom akceleračného. Hodnota trm podľa grafu zodpovedá motorickej reakcii a trh časovému intervalu vymedzujúcemu reakčnú dobu.



Graf č. 5 Reakčná doba ako funkcia času do kolízie [20]

**Graf č. 5** zobrazuje priemerné hodnoty a odchýlky reakčnej doby ako funkciu času do kolízie resp. TTC. Priemerné hodnoty reakčnej doby ležia v rozmedzí 0,42 až 0,92 s. Odchýlky sú o veľkosti 0,05 až 0,29 s.

Poznatky získané v tejto štúdií indikujú, že jazdné simulátory predstavujú použiteľný nástroj na hodnotenie správania vodičov v nebezpečných dopravných situáciách. Na tomto druhu simulátora je možné uskutočniť testy, ktoré by vzhľadom k bezpečnosti neboli v reálnom svete možné. Objektívnosť výsledkov a teda aj celková využiteľnosť simulátoru by bola overená pokiaľ by sa realizoval obdobný experiment v reálnych podmienkach na cvičnej dráhe v prevedení jedného vodiča. [20]

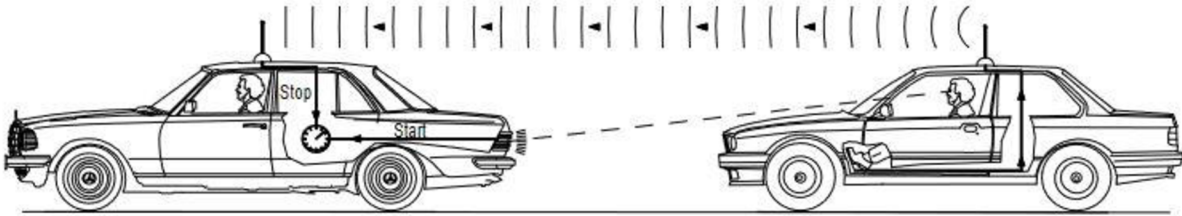
Prezentované výsledky výskumu pri špecifickej kolíznej situácií ukazujú, že jednou z možností charakterizácie kolíznej situácie môže byť TTC. Vďaka možnosti simulácie situácie, ktorá je identická pre všetkých skúmaných probandov, máme možnosť objektívneho vzájomného porovnania výsledkov. Tieto na základe **grafu č. 5** poukazujú na zjavnú závislosť medzi reakčnou dobou a TTC, kde pri rastúcej hodnote TTC rastie aj samotná reakčná doba. Táto skutočnosť by sa dala odôvodniť tým, že vodičova pozornosť a sústredenosť pri väčšej vzdialenosti od nebezpečnej situácie klesá, nakoľko ju vodič môže pokladať za menej nebezpečnú v porovnaní so situáciou odohrávajúcou sa v menšej vzdialenosti.

Simulovaný spôsob výskumov sa určite dá pokladať za najbezpečnejší. V laboratórnych podmienkach je možné skúmať veličiny veľmi podrobne a cielene. Simulátormi a programovanými vizualizáciami sa dajú uskutočniť realistické situácie, ktoré sa dajú identicky aplikovať na široké spektrum probandov a tak získať komplexný prehľad o vplyve individuálnych faktorov. Mnohé štúdie získavajú údaje o fyziologických veličinách, ktoré by v reálnych podmienkach bolo veľmi komplikované získať. Najväčšou nevýhodou týchto metód je prirodzene ich slabá previazanosť s reálnym svetom. V laboratórnych podmienkach je možné priblížiť sa reálnym podmienkam len do určitej miery, nakoľko variabilitu a náročnosť na spracovanie reálnych situácií nikdy nie je možné dosiahnuť v plnom a identickom rozsahu. Z tohto dôvodu je potrebné brať získané dáta z výskumov tohto druhu s určitou rezervou.

### **2.3.2 Štúdie na kontrolovanom úseku cesty**

Z nedostatočnej spojitosti s reálnymi podmienkami a diskutabilnej presnosti výsledkov plyní potreba skúmania reakčnej doby v reálnych podmienkach, ktorá nás privádza k experimentom realizovaným na kontrolovaných úsekoch ciest.

Klasické štúdie prebiehali tak, že proband chvíľu jazdil po cestách určených na tento experiment, zatiaľ čo na mieste spolujazdca sedel výskumník. Proband vedel, že je testovaný, ale nemusel mu byť odhalený pravý skutočný účel štúdie. Výskumníci najčastejšie merali reakčnú dobu pri neočakávaných udalostiach. [14]



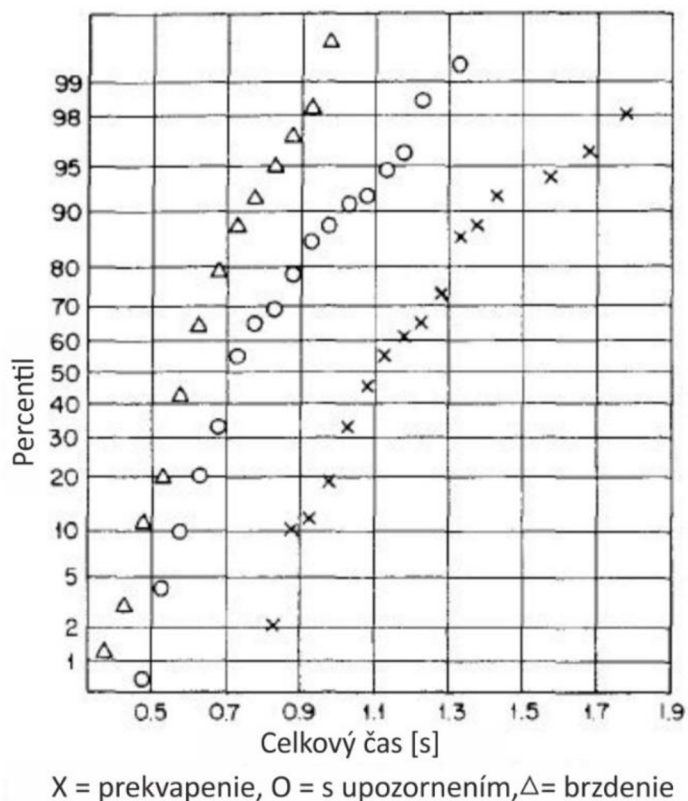
Obr. č. 10 Meranie reakčnej doby na podnet brzdových svetiel [21]

Ako jedným z prirodzených spôsobov náhleho objavenia prekážky na pozemnej komunikácii sa javí napríklad prechod cez vyvýšený úsek cesty resp. horizont. V takejto situácii sa dá dobre posúdiť prvý zrakový kontakt vodiča s kolíznym predmetom a následne zmerať brzdná dráha. Autormi takéhoto výskumu sú napr. Sivak a Olson [11].

V priebehu ich experimentu bolo probandom riadiacim vozidlo miestami prikázané zmeniť jazdný pruh, odbočiť alebo zmeniť rýchlosť. Výskumník operujúci pri skúmanom úseku cesty umiestnil žltý penový objekt výšky 15 cm a šírky 91 cm na ľavú stranu jazdného pruhu testovaného vozidla. Po prejdení zhruba 6 km sa proband blížil ku skúmanému úseku. Krátko predtým ako prekážka vstúpila do jeho zorného poľa, výskumník spustil odpočítavanie času. Prvý interval bol získaný uvoľnením pedálu akcelerátoru vo vozidle a použitý na výpočet rýchlosti. Uvoľnenie akcelerátoru vozidla spustilo ďalšie odpočítavanie. Odpočítavanie bolo vypnuté pri dotyku brzdového pedálu, z čoho bol zistený interval posunu chodidla z pedálu akcelerátoru na brzdový pedál. Výskumník zastavil odpočítavanie v čase keď sa predná časť auta dotkla prekážky.

Cieľom tohto výskumu bolo zmerať reakčnú dobu probandov na podnet náhodnej prekážky v ich jazdnom pruhu pri prechode hrebeňa kopca. Dáta boli získané zo 64 probandov rôzneho veku. Meranie prebiehalo od prvého momentu zbadania prekážky po uvoľnenie pedálu akcelerátoru a začiatok brzdovania. Výsledky udávajú hodnoty celkovej reakčnej doby okolo 1,6 s pri percentile 95%. [11]





Graf č. 6 Graf reakčnej doby skúmaných subjektov [11]

Tento výskum skúmal dĺžku reakcie vodičov na náhlu prekážku v jazdnom pruhu pri prechode horizontom s upozornením alebo bez neho. Podľa vymedzenia meraného časového intervalu, v tomto prípade odpovedajúcemu intervalu medzi prvým vizuálnym kontaktom s kolíznym objektom a stlačením brzdového pedála je zrejmé, že zodpovedá definovanej reakčnej dobe. Vidíme, že reakčná doba sa v prípade náhlej prekvapujúcej okolnosti s najväčším zastúpením pohybuje v rozmedzí 1,3 až 1,8 s.

Jeden z modernejších výskumov, ktorý používa na získavanie dát kameru zachytávajúcu chodidlo vodiča a následným vizuálnym vyhodnotením počiatku pohybu v závislosti na vzniknutom podnete k brzdeniu pre výskum reakčnej doby realizoval Drozdziel. [15]

Výskumu sa zúčastnilo 15 probandov rôzneho veku a pohlavia, ktorí boli pre účely výskumu označení písmenami A až O. Počet najjazdených kilometrov sa nebral do úvahy, ale predpokladalo sa, že všetci probandi sú aktívnymi vodičmi. Najkratšia doba držania vodičského oprávnenia bola 2 roky pri vodičovi A a najdlhšia 11 rokov u vodiča O.

Výskum bol realizovaný na rozľahlej parkovacej ploche, kde sa vďaka nižšej premávke obmedzilo riziko nepredvídateľných prekážok. Vodič sa s vozidlom pohyboval priemernou rýchlosťou okolo 40 km/h. Podstatou výskumu bolo snímanie chodidla probanda a jeho reakcia

na svetelný signál, ktorý bol aktivovaný v náhodných časových úsekoch výskumníkom na sedadle spolujazdca. Pokiaľ sa rozsvietilo červené svetlo, proband mal za úlohu začať okamžite brzdiť, rozsvietené zelené svetlo nemalo podmieňovať žiadnu reakciu.



Obr. č. 11 Snímanie kamerou [15]

Cieľom výskumu bolo preskúmať reakciu vodiča v podmienkach reálneho sveta. Výsledky ukázali, že neexistuje žiadna korelácia medzi vekom probanda a jeho reakčnou dobou. Výskum meral dobu reakcie počnúc nástupom podnetu až po motorickú realizáciu reakcie, konkrétne vo forme zošliapnutia brzdového pedálu. Súhrn výsledkov vykonaných testov je zachytený v **tab. č. 8.** [15]

Tab. č. 8 Výsledky testov u jednotlivých probandov [15]

Vodič	Priemerná celková reakčná doba $\bar{t}_r$ [s]	Odchýlka $\sigma_{tr}$ [s]	Minimum $t_{r\ min}$ [s]	Maximum $t_{r\ max}$ [s]
A	0,724	0,119	0,534	0,900
B	0,764	0,122	0,600	0,933
C	0,739	0,131	0,534	1,034
D	0,603	0,064	0,533	0,733
E	0,577	0,059	0,500	0,666
F	0,809	0,187	0,566	1,167
G	0,833	0,171	0,600	1,134
H	0,541	0,107	0,433	0,800
I	0,676	0,104	0,566	0,866
J	0,584	0,076	0,500	0,700
K	0,696	0,117	0,567	0,900
L	0,651	0,125	0,500	0,900
M	0,573	0,084	0,500	0,833
N	0,692	0,134	0,533	0,967
O	0,706	0,084	0,633	0,867

Skúmaný reakčný časový interval tohto výskumu zodpovedá definícii reakčnej doby. Podnet sa v tomto prípade dá pokladať za neočakávaný len z časového hľadiska, nakoľko proband poznal jeho charakter a formu vopred. Tento fakt je pri interpretácii výsledkov nutné zohľadniť. Výskum sa realizoval počas dňa. Dáta udávajú rozmedzie priemerných hodnôt 0,6 až 0,8 s, maximálne hodnoty sa pohybujú v intervale 0,7 až 1,2 s. So zohľadnením faktu, že sa nejednalo o plnohodnotný náhodný podnet je na mieste očakávať dlhšiu reakčnú dobu v prípade skutočne náhodného podnetu.

### **2.3.3 Eye tracking**

V predchádzajúcich uvedených výskumoch bola reakčná doba skúmaná na základe vzniknutého podnetu vo forme náhlejšej prekážky alebo farebného svetelného signálu v rôznych podobách. Reakčná doba bola následne vyhodnocovaná od počiatku vzniku daného podnetu.

Z uvedených výskumov nie je vždy zrejmé do akej miery a či vôbec autori rozlišovali latentnú zložku optickej reakcie, ktorú je pre detailné skúmanie reakčnej doby a jej optickej zložky potrebné poznať. Na tento účel je použiteľná technológia eye tracking skúmajúca aktivitu oka v reálnom čase.

Termín eye tracking v princípe predstavuje odhad smeru pohľadu používateľa. Vo väčšine prípadov odhad smeru pohľadu znamená identifikáciu objektu, na ktorý pohľad dopadá.

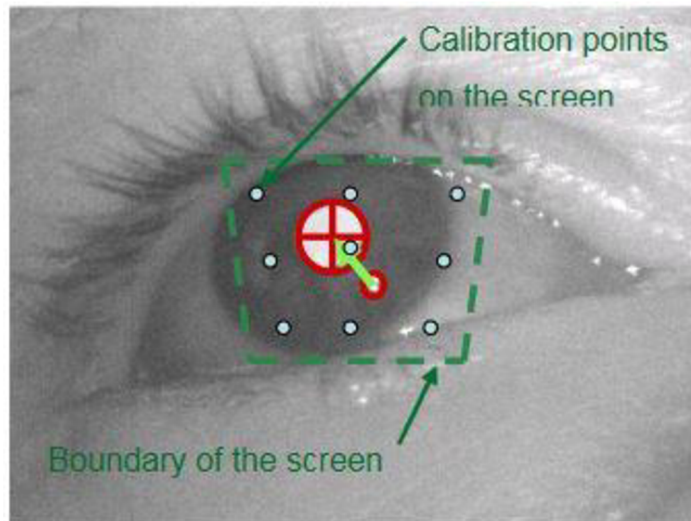
Existujú tri spôsoby sledovania pohybu očí. Najpriamejšou metódou je fixácia senzoru do oka s využitím malých úchyty na očné guľu. Tento spôsob sa ale z dôvodu rizika zranenia neodporúča. Ďalšou metódou je elektrookularografia (EOG), pri ktorej senzory pripevnené na koži okolo oka merajú elektrické pole. Výhodou tejto metódy je, že dokáže zaznamenávať pohyb oka aj počas spánku. Obe tieto metódy ale nie sú pre výskum reakčnej doby vodičovo aplikovateľné.



*Obr. č. 12 Eye Tracker [22]*

Preferovanou metódou je použitie videa. Princíp tejto metódy spočíva v odhadnutí smeru pohľadu na základe obrazu poskytovaného kamerou. Všetky eye trackery založené na princípe videa potrebujú k fungovaniu zaznamenať zrenicu oka. Väčšina prístrojov v súčasnosti pracuje na princípe odrazu infračerveného svetla. Sietnica infračervené svetlo dopadajúce na oko odráža. Tento odraz má rovnaký smer ako optická os kamery. Kamera toto odrazené svetlo následne zachytáva a zrenica sa javí byť biela. Biela zrenica poskytuje vysoký kontrast nezávisle na farbe oka a je jednoducho rozoznateľná softwarom na spracovanie obrazu. Infračervené svetlo spôsobuje aj odlesk na rohovke. Nakoľko má rohovka dokonalý guľový tvar, odlesk zostáva na rovnakom mieste aj v prípade zmeny smeru pohľadu. Software na spracovanie obrazu skúma pozíciu tohto odlesku a stredu zrenice. Základom výpočtu pre finálny smer pohľadu je následne vektor smerujúcu od daného odlesku do stredu zrenice. Potrebný postup kalibrácie následne kompenzuje skreslenie aj pri prípadnom použití okuliarov.

Jednoduchým kalibračným postupom je pohľad do štyroch rohov obrazovky. Aj keď tieto štyri body stačia na vykonanie kalibrácie, mnoho sledovačov očí používa na kalibráciu viac bodov, aby dosiahlo lepšie výsledky, pretože viac bodov pohromade eliminuje nepresnosti. [22]



Obr. č. 13 Vektor od záblesku do stredy zrenice a polohy deviatich kalibračných bodov [22]

#### **Moderné systémy používajúce eye tracking v užívateľskej praxi**

Aplikácia technológie eye tracker v interiéri vozidla zabezpečuje zvýšenie bezpečnosti vďaka sledovaniu posádky, hlavne vodiča. [22]

V rámci moderných interiérových monitorovacích systémov automobilov, kamery monitorujú vodičov celkový stav no najmä jeho ostražitosť. Sú schopné rozpoznať nesústredenosť, únavu a mikrosprávok. Dôležité je, že dokážu vodiča na takúto skutočnosť včas upozorniť. Systém rozpoznávania tváre dokáže presne identifikovať konkrétneho vodiča a na základe existujúcich dát analyzovať jeho správanie. V budúcnosti plne alebo aspoň čiastočne automatizovaných vozidlách bude nevyhnutné aby systém neustále sledoval vodičov stav a správanie pre prípad potreby prevzatia kontroly v hrozivkej kolíznej situácii.

Inteligentné pozorovacie systémy dokážu zároveň pozorovať aj ostatných cestujúcich. Na základe tejto skutočnosti môže systém regulovať aktiváciu airbagov v prípade, že sedadlo nie je obsadené, automaticky regulovať teplotu v aute v prípade ponechaného dieťaťa v interiéri počas horúcich letných dní. Okrem spomenutých bezpečnostných benefitov dokážu systémy prípadne rozoznávať aj gestá vodiča pre jednoduchšie ovládanie audiovizuálnych zariadení čo rovnako prispieva k menšej nesústredenosti. [23] [24]

#### **2.3.4 Naturalistické štúdie**

V naturalistických štúdiách je sledované bežné správanie vodičov spravidla počas dlhšieho časového intervalu. Prostredníctvom niekoľkých malých kamier a senzorov bývajú analyzované manévry vozidiel (napr. rýchlosť, spomalenie/zrýchlenie, smer jazdy), ale aj správanie vodiča a externé podmienky (napr. informácie o infraštruktúre, dopravné a meteorologické

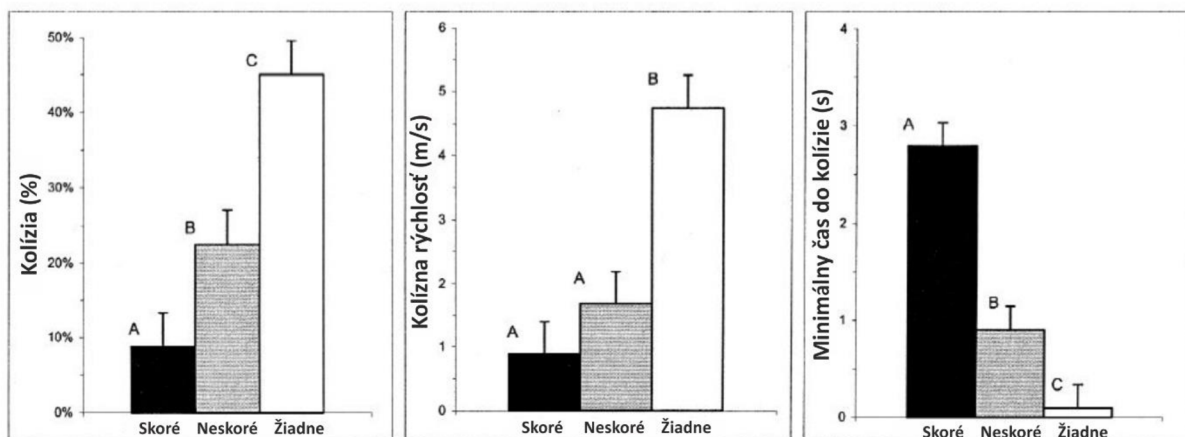
charakteristiky). Naturalistické štúdie môžu prispieť k pochopeniu interakcie medzi vodičmi a zraniteľnými účastníkmi premávky, ale aj interakcie medzi vodičmi a dopravným prostredím. [25]

### 2.3.5 Moderné technológie a ich vplyv na reakčnú dobu

Výskum reakčnej doby v kontexte rozvoja moderných technológií nás privádza k aktívnym bezpečnostným systémom, ktoré majú za úlohu zabrániť alebo zmierniť následky kolíznych situácií. Medzi tieto radíme napríklad „forward collision warning“ (FCW) – varovanie pred predným nárazom, „precrash break assist“ (PBA) – predkolízny brzdový asistent a „autonomous precrash braking“ (PB) – autonómny predkolízny brzdový systém. Tieto systémy varujú vodiča zvukovými a vizuálnymi prostriedkami, prípadne vybráciami volantu a pod. pred blížiacou sa kolíziou. Taktiež pomáhajú urýchliť a zosilniť brzdový účinok brzdovej sústavy, prípadne brzdia vozidlo aj bez zásahu vodiča. [23]

Pridanú hodnotu týchto technológií potvrdzuje aj výskum McGeheeho [26], ktorý skúma reakčnú dobu v súvislosti s predo-zadnými kolíziami s použitím a bez použitia systémov na vyhnutie sa kolízii.

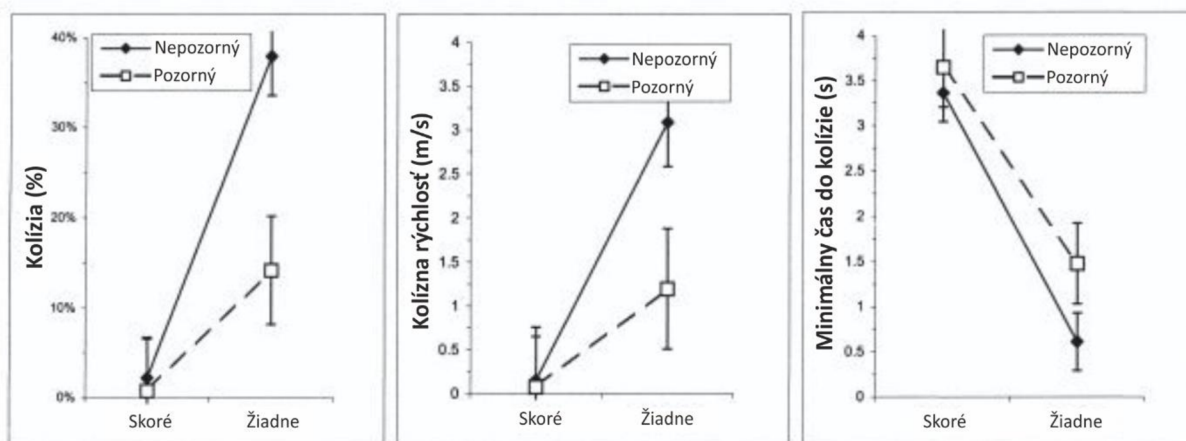
Účelom McGeheeho prvého experimentu bolo preskúmať vplyv „Rear end collision avoidance systems“ (RECAS) varovných systémov na nepozorných vodičov pri hroziacich predo-zadných kolíznych situáciách. Obzvlášť reakciu na včasné a neskoré varovanie spustené pri rôznych rýchlostiach a brzdnych podmienkach. Tento experiment zahŕňal 120 probandov vo veku medzi 25 a 55 rokov s rovnakým počtom žien a mužov. Všetci disponovali vodičským oprávnením a mali bezproblémový zrak prípadne potrebnú korektúru. Žiadny z probandov sa v minulosti nezúčastnil na akomkoľvek simulátore ani nebol súčasťou štúdie zaoberajúcej sa touto problematikou.



Graf č. 7 Graf bezpečnostného benefitu včasného varovania RECAS v porovnaní s neskorým varovaním a žiadnym varovaním [26]

Výsledky prezentované **grafom č. 7** sú významné. Vplyvom varovných systém došlo k zníženiu počtu kolíznych situácií až o 35% pri znížení kolíznej rýchlosti na pätinu pôvodnej hodnoty.

Cieľom druhého experimentu bolo skúmať reakciu vodičov na hroziacu kolíziu keď nie sú rozptýlení pri vzniku kolíznej situácie. Priebeh bol obdobný ako v prvom pokuse s výnimkou sekundárnej rozptyľovacej úlohy.



*Graf č. 8 Grafy dôsledkov varovaní RECAS na pozornosť a bezpečnosť [26]*

Na základe skúmaných bezprostredných kolíznych situácií môžeme povedať, že vodičom RECAS varovania dramaticky pomohli. Vodiči reagujú na kolízne varovanie automaticky presmerovaním pozornosti, nie automatickým spustením brzdenj reakcie. Presmerovaním pozornosti na cestu, RECAS znížili počet a závažnosť kolízií a zvýšili bezpečnosť. Tieto konvergentné merania demonštrujú výhody RECAS varovných systémov. Údaje rovnako ukazujú, že skoré RECAS varovanie je prospešnejšie než neskoré varovanie. Avšak vodiči, ktorí dostali oneskorené varovanie mali lepšie výsledky ako tí, ktorí varovanie nedostali vôbec. Varovanie pomohlo pozorným aj nepozorným vodičom. Okrem vyhnutia sa kolízii s vpredu idúcim vozidlom, vodič ktorý obdržal varovný signál spomaľoval postupnejšie, čo môže znížiť riziko nárazu ďalšieho vozidla zozadu. Toto môže byť taktiež dôležitý prínos. Za predpokladu, že závažnosť kolízií je priamo úmerná s kinetickou energiou, včasné varovanie znížilo závažnosť kolízií dokonca až o 96,5%. Neskoré varovanie znížilo počet kolízií o 50% a odpovedajúcu závažnosť o 87,5%. Druhý experiment dokázal, že RECAS sú prospešné aj pre pozorných vodičov. Analýza reakčného procesu ukázala, že varovanie pomáha urýchliť uvoľnenie pedálu akceleračtoru. [26]

Na základe údajov získaných z výskumu vplyvu RECAS na reakčnú dobu a pozornosť vodičov je zrejmé, že tieto systémy dokážu v zásadnej miere ovplyvniť bezpečnosť všetkých

účastníkov premávky na pozemných komunikáciách a mali by byť aplikované v čo najväčšej miere a rozsahu.

### **2.3.6 Zhrnutie analýzy súčasného stavu poznania reakčnej doby**

V rámci analýzy súčasného stavu boli ako prvé priblížené najdôležitejšie spôsoby vnímania vodičov. Základným vnemom, ktorý je nevyhnutný pre bezpečnú prevádzku vozidla na pozemných komunikáciách je zrak. Fungovanie zraku pri rozličnom množstve svetla dopadajúcom do oka počas jednotlivých častí dňa popisujú fotopické, skotopické a mezopické režimy videnia. Svetelné a viditeľnostné podmienky je teda nevyhnutné brať do úvahy pri všetkých experimentoch a výpočtoch súvisiacich s reakčnou dobou.

Pre definovanie pojmu reakčná doba bolo potrebné komplexne posúdiť historický vývoj problematiky spojenej s terminológiou. Ako bolo zistené, rôzni vedci pracovali s odlišnými definíciami jednotlivých časových úsekov spojených s reakčnou dobou vodičov. Väčšina z nich sa ale najmä v rámci modernejších štúdií na vymedzení pojmu reakčná doba, najčastejšie označovaná pod ekvivalentom PRT zhoduje. Definujú ju ako čas uplynutý medzi zaregistrovaním nebezpečného podnetu, až po stlačenie brzdového pedála. Odozva vozidla tu nie je zahrnutá.

Vyvíjal sa aj pohľad na reakčnú dobu z hľadiska jednotlivých častí. Na existencii najdôležitejších z nich, ako sú vnemová, psychická a motorická reakcia sa autori zhodujú. Pohľad na ich dĺžku a vzájomné prepojenie sa však líši. Zatiaľ čo staršie publikácie pracujú s jednotlivými komponentami ako oddelenými celkami, ktoré sa vzájomne neprekrývajú a neovplyvňujú, modernejšie výskumy dokazujú, že tomu tak nie je. Pravdepodobnejším modelom je práve čiastočná vzájomná paralelnosť napríklad medzi jednotlivými zložkami psychickej reakcie prípadne medzi inicializáciou svalovej reakcie a stále prebiehajúcou rozhodovacou časťou psychickej reakcie.

Pre zistenie konkrétnych hodnôt reakčnej doby je potrebné čerpať z konkrétnych výskumov a analýz. Po preštudovaní použitých zdrojov je možné usudzovať, že kvantifikovanie reakčnej doby nie je jednoznačné.

Konštrukčné normy americkej agentúry AASHTO udávajú dĺžku reakčnej doby v súčasnosti v dĺžke 2,5 s, pričom PT je 1,5 s a následná reakcia 1 s. AASHTO ďalej uvádza, že preceňovanie hodnoty reakčnej doby zbytočne zvyšuje náklady na konštrukciu ciest, no rovnako dodáva, že jej podcenenie má za následok zvýšenie rizika jazdy pre motoristov. [27]



Česká technická norma na projektovanie ciest a diaľníc ČSN 73 6101 v rámci konštrukčného návrhové prvku „délka rozhledu při zastavení vozidla“ uvažuje dĺžku postrehu a reakcie vodiča o hodnote 1,5 s. [28]

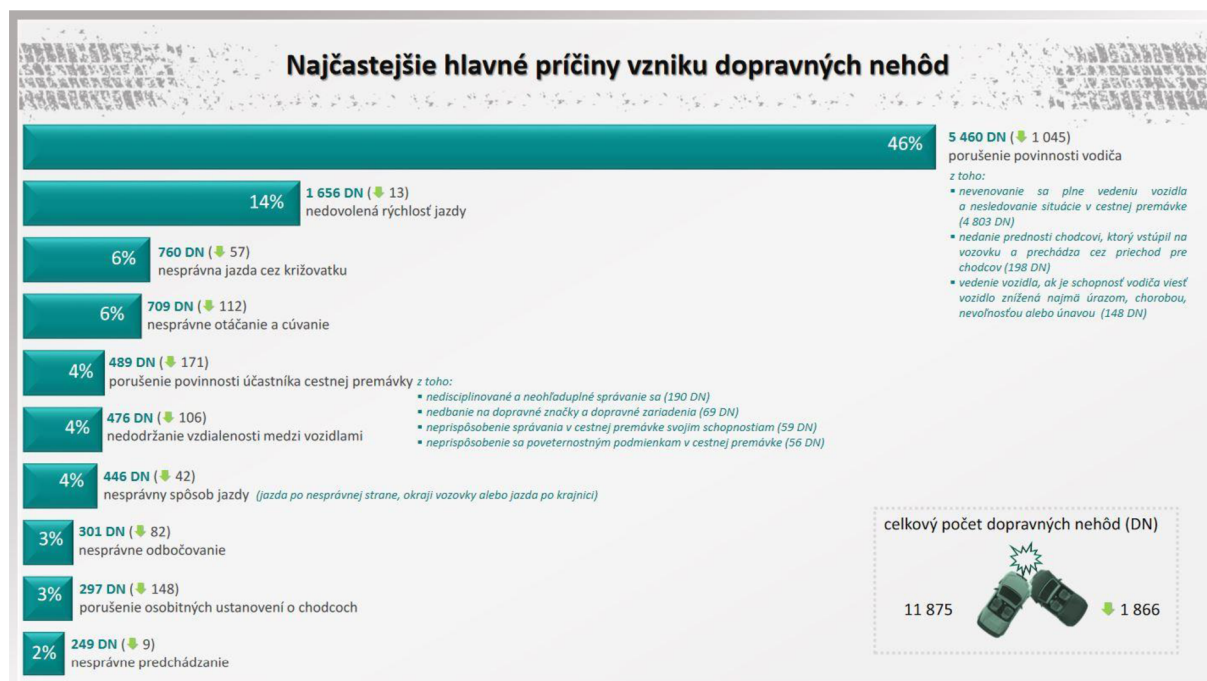
Podľa kombinácie hodnôt viacerých výskumov by reakčná doba bez registrácie podnetu počas dňa pri jednoduchých podnetoch, za ktoré môžeme považovať napr. rozsvietenie brzdových svetiel vpredu idúceho vozidla môže pri určitej miere očakávania a pripravenosti mohla dosahovať spodné hodnoty v okolí 0,6 až 0,8 s. Pri absolútne náhodnom podnete môžeme očakávať reakčnú dobu až 1,8 až 2 s. Priemerné hodnoty reakčnej doby pri sumarizácií rôznych podnetov by sa mali pohybovať v rozmedzí hodnôt 1,2 až 1,5 s. Reakčná doba by sa ďalej mala predlžovať vplyvom zníženej viditeľnosti, vo večerných a nočných hodinách. Na faktore viditeľnosti najviac závisí aj registrácia podnetu, ktorá môže trvať aj niekoľko sekúnd a značne tak predĺži celkovú reakčnú dobu zahŕňajúcu registráciu podnetu. Pri podnetoch spôsobených vpredu idúcim vozidlom by sa podľa simulovaného výskumu mala reakčná doba predlžovať spolu s rastúcim TTC z dôvodu nižšej pozornosti vodiča.

Aj tieto odhady treba brať s určitou rezervou, nakoľko jednotlivé výskumy síce dokážu zistiť reakčnú dobu s pomerne veľkou presnosťou, jedná sa len o konkrétnu situáciu, ktorá je v mnohých prípadoch simulovaná alebo modelová. V reálnej premávke je situácia vždy iná a aj keď sa často dajú existujúce dáte čiastočne aplikovať exaktnú hodnotu reakčnej doby nie je možné stanoviť. K tomuto faktu prispievajú aj ďalšie faktory spojené s individualitou vodičov, ich vekom, psychickým a fyzickým stavom zahŕňajúcim únavu, stres, intoxikáciu návykovými látkami apod.

Dôležitým zistením je aj fakt, že výsledky laboratórne realizovaných výskumov sú v porovnaní s výsledkami získanými v reálnych podmienkach značne odlišné, niekedy dosahujú aj polovičné hodnoty. Tieto zistenia bolo potrebné brať do úvahy pri návrhu a realizácii experimentu.

### 3 STANOVENIE CIEĽOV RIEŠNIA

Ľudský život má v súčasnosti obrovskú spoločenskú hodnotu. Súčasnú situáciu v kontexte ochrany života a zdravia pri doprave na pozemných komunikáciách môžeme demonštrovať štatistikami súvisiacimi s dopravnými nehodami, ktoré sú spracovávané kompetentnými orgánmi. Na **grafe č. 9** môžeme vidieť štatistiku nehodovosti za rok 2020 na Slovensku.



Graf č. 9 Nehodovosť na Slovensku za rok 2020 [1]

Na cestách v priebehu roku 2020 zahynulo 224 osôb, čo je o 21 menej obetí ako v roku 2019 a zároveň druhý najnižší počet od vzniku SR. Ťažko zranených bolo 914 ľudí, takmer o 15% menej ako v predošlom roku a s ľahkými zraneniami skončilo 4462 osôb, čo je oproti roku 2019 viac ako 20% pokles. [1]

Aj napriek klesajúcej tendencii nehodových udalostí s fatálnymi následkami a zdanlivo klesajúcemu trendu počtu zranených účastníkov je s ohľadom na hodnotu ľudského života 224 obetí obrovské číslo. Z dostupných dát vyplýva, že najčastejšou príčinou bolo neúplné venovanie sa vedeniu vozidla a nesledovanie situácie v cestnej premávke. Ďalej znížená schopnosť vodiča riadiť vozidlo, vysoká rýchlosť či nedodržanie vzdialenosti medzi vozidlami.

Všetky tieto príčiny sú priamo spojené s problematikou reakčnej doby. Reakčná doba je v prípadoch dopravných nehôd jedným z najdôležitejších parametrov, ktorého hodnota nie je exaktne definovaná. Pri analýze dopravných nehôd sa vychádza z konečnej polohy vozidiel prípadne potenciálneho miesta stretu a iných použiteľných aspektov. Tieto sú súčasťou

postretového deja, zatiaľ čo reakčná doba ovplyvňuje dianie pred samotnou kolíziou. Jej dĺžku je nevyhnutné v rámci výpočtu a rekonštrukcie nehodového deja stanoviť, predovšetkým s ohľadom na okolité podmienky, viditeľnosť, individuálny stav vodiča, vek a prípadne iné skutočnosti, ktoré by ju mohli ovplyvniť.

Na základe uskutočnenej rešerše boli ciele práce definované nasledovne:

- Identifikácia najčastejšie vznikajúcich podnetov, ktoré môžu súvisieť s kolíznou situáciou
- Kvantifikovanie definovaných časových intervalov popisujúcich reakčnú dobu pri vybraných podnetoch
- Porovnanie výsledkov získaných u jednotlivých probandov z hľadiska dňa a noci
- Preskúmanie vzájomnej závislosti meraných veličín v rámci podnetu brzdoých svetiel
- Analýza celkového súboru dát získaného meraním a porovnanie s očakávanými výsledkami
- Parciálnym cieľom je aj popis spôsobu vnímania statického dopravného značenia

Výsledky získané touto prácou môžu byť aplikované vo viacerých oboroch, v súdnoznaleckej praxi pri rekonštrukciách nehodových dejov, pri posudzovaní návrhových prvkov v rámci konštrukcie pozemných komunikácií, aplikácie prvkov aktívnej bezpečnosti na konkrétnych úsekoch pozemných komunikácií. Vo všeobecnosti však poskytujú lepšie porozumenie vnímaniu vodičov počas jazdy.

## 4 POUŽITÉ METÓDY A ICH ZDÔVODNENIE

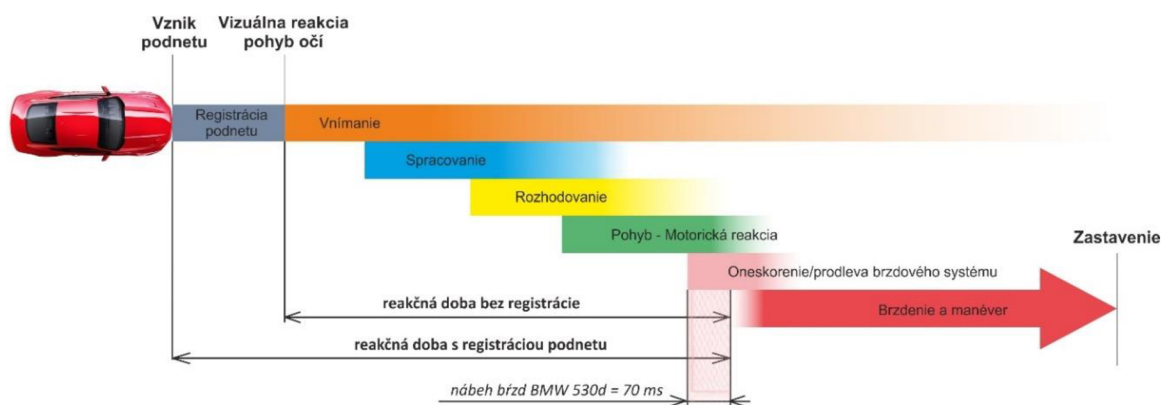
### 4.1 NÁVRH EXPERIMENTU

V kapitole Súčasný stav poznania boli priblížené viaceré možné spôsoby realizácie výskumu reakčnej doby. Pri rozhodovaní o spôsobe realizácie experimentu je potrebné vziať do úvahy jeho potenciálnu relevantnosť a aplikovateľnosť. Vzhľadom k súčasnej potrebe vysokej relevancie dát by simulovaný druh experimentu (na simulátore alebo na kontrolovanom úseku cesty) z dôvodu absencie prekvapenia a komplexnosť podnetov z reálnej premávky na základe **kap. 2.3.1 a 2.3.2** nebol dostatočný. Z týchto dôvodov bol navrhnutý experiment, ktorý je realizovaný v podmienkach reálnej cestnej premávky v mestskom prostredí. Táto forma výskumu najdôvernejšie odzrkadľuje podmienky, s ktorými sa vodiči počas jazdy stretávajú.

#### 4.1.1 Skúmané veličiny

Navrhnuté predmetné skúmané veličiny experimentálnej časti práce na základe definovaných cieľov práce:

- Doba registrácie podnetu od jeho vzniku – čas medzi objavením podnetu resp. vyhodnotením podnetu ako rizikového po začiatok presunu pohľadu k podnetu samotnému.
- Celková doba pohľadu na objekt pokladaný za podnet reakcie – čas, počas ktorého vodič bez prerušenia sledoval objekt, vymedzený presunom pohľadu k objektu a následným presunom mimo objekt.
- Reakčná doba - definovaná ako čas medzi počiatkom optickej reakcie a aktiváciou brzd.
- Reakčná doba s registráciou podnetu - definovaná ako čas medzi vznikom podnetu a aktiváciou brzd.
- Priemerné spomalenie počas brzdenia vyvolané reakčným podnetom – spomalenie vyhodnotené na základe znalosti časového intervalu, kedy pracovali brzdy a poklesu rýchlosti počas tohto intervalu.
- TTC – čas do kolízie pri podnetoch spôsobených vpredu idúcim vozidlom.
- DTC – vzdialenosť do kolízie pri podnetoch spôsobených vpredu idúcim vozidlom.



Obr. č. 14 Skúmané formy reakčnej doby [17]

#### 4.1.2 Meracia technika a spôsob získavania dát

Pre získanie dát z podmienok reálnej premávky bolo navrhnuté použitie nasledujúcich prístrojov:

- Testovacie vozidlo BMW 530d xDrive Touring
- Eyetracker Dikablis Glasses 3
- Súprava pre zber dát VTK
- SW D-Lab zabezpečujúci synchronizovaný zber dát a ich následnú analýzu

##### **BMW 530d xDrive Touring**

Ako testovacie vozidlo bolo využité BMW 530d xDrive Touring, ktoré je na Ústave Súdneho Inžénýrství k dispozícii na výskumné účely. Vozidlo disponuje automatickou prevodovkou a pohonom štyroch kolies. V rámci vyhodnocovania jednotlivých reakčných dôb ako aj časových intervalov brzdenia bol zanedbaný nábeh brzd u testovacieho vozidla, ktorý sa na tomto vozidle pohybuje v okolí hodnoty 70 ms, podľa meraní Ing. Tomáša Bílíka z roku 2020 [29]. Tento interval je možné vo všeobecnosti zohľadniť pri výsledných získaných hodnotách.



Obr. č. 15 BMW 530d xDrive Tuoring [30]

### **Eye tracker**

Spôsob fungovania a aplikovateľnosť tejto technológie je obsiahnutá v **kap. 2.3.3**, konkrétne zariadenie Dikablis Glasses 3 umožňuje binokulárne sledovanie očí s vysokou presnosťou merania a štandardizovaným výpočtom charakteristických hodnôt. Poskytuje ideálny základ pre skúmanie ľudského správania vo vysoko dynamických aplikačných oblastiach. Zariadenie je plne kompatibilné so SW D-Lab, ktorý umožňuje nahrávanie a analýzu dát získaných z eye trackeru. [31]



*Obr. č. 16 Eye tracker Dikablis Glasses 3 [31]*

### **Súprava VTK**

Testovacia súprava VTK od Ergoneers je prispôbená na aplikáciu vo vozidlách. Umožňuje prehľadné nastavenie, možnosť napojenia na CAN zbernicu a synchronizovaný zber dát z kamery aj eye trackeru. [32]

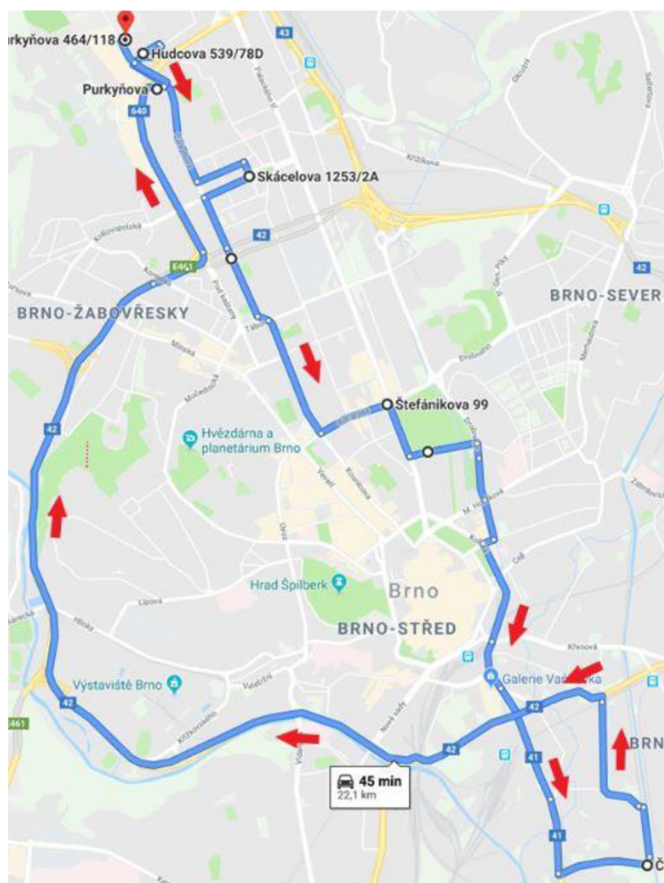


*Obr. č. 17 VTK – Vehicle Testing Kit [32]*

### **SW D-Lab**

Software D-Lab je univerzálny a prispôsobiteľný softvér určený na synchronne zaznamenávanie dát a analýzu získaných údajov pre štúdie správania a špecifických činností skúmaných osôb. Poskytuje veľkú flexibilitu modulov merania pre prispôbenie individuálnym požiadavkám výskumu. Súčasťou je aj široké spektrum možností vizualizácie dát v reálnom čase.





Obr. č. 19 Trasa jazdnej skúšky [34]

Na základe pilotného prieskumu záznamov realizovaných jazd boli definované nasledujúce reakčné podnety, ktoré boli predmetom skúmania:

- Vstup chodcov do jazdného koridoru vozidla
- Svetelné signalizačné zariadenie - žltý signál „čakaj“ po zelenom signáli
- Brzdové svetlá vpredu idúceho vozidla
- Statické dopravné značenie

Dáta z vozidla získané prostredníctvom CAN zberníc a spracované programom D-Lab poskytovali informácie o nábehu brzd, trvaní ich pôsobenia, rýchlosti vozidla počas celej jazdy ako aj vzdialenosti objektu idúceho pred vozidlom.

#### **Vstup chodca do jazdného koridoru vozidla**

Reakčný podnet vyvolaný vstupom chodca je v porovnaní s ostatnými značne komplikovaný z hľadiska časového vymedzenia, nakoľko sa pri niektorých situáciách nedá s istotou určiť, v ktorom momente je evidentný zámer chodca vstúpiť do oblasti vozovky. Za počiatok vzniku podnetu v tomto experimente bola pokladaná evidentná inicializácia pohybu, resp. prvý rozoznateľný pohyb, ktorý by potenciálne mohol viesť k vstupu chodca do jazdného koridoru



vozidla. Tento moment bol vyhodnocovaný subjektívne v rámci každej špecifickej situácie. V tejto súvislosti je potrebné poznamenať, že väčšina týchto podnetov bola plánovaná súčasť experimentu, o ktorej ale proband vopred nevedel.



*Obr. č. 20 Podnet – chodec vstupujúci do jazdného koridoru vozidla*

#### **Svetelné signalizačné zariadenie**

Reakčný podnet vyvolaný svetelným signalizačným zariadením, konkrétne nástupom žltého svetelného signálu po zelenom je veľmi intuitívny a z hľadiska časového vymedzenia jasný. Za vznik podnetu sa pokladal prvý okamih, kedy bol na svetelnom signalizačnom zariadení rozoznateľný žltý farebný signál.



*Obr. č. 21 Podnet – svetelné signalizačné zariadenie – žltý signál „čakaj“ po zelenom*

#### **Brzdové svetlá**

Moment vzniku reakčného podnetu vo forme brzdových svetiel bol prirodzene určený prvým okamihom, kedy bolo rozsvietenie brzdových svetiel vpredu idúceho vozidla jasne rozpoznateľné.



*Obr. č. 22 Podnet – vpredu idúce vozidlo – brzdové svetlá*

### **Statické dopravné značenie**

Počiatok potenciálneho podnetu vo forme statického dopravného značenia bol posudzovaný na základe jeho dostatočnej viditeľnosti a rozoznateľnosti. Za kategóriu statických podnetov sú v rámci parciálneho výskumu pokladané vytipované príkazové dopravné značenia a svetelné signalizácie, prípadne ich kombinácia. Na skúmanej trase ich bolo sledovaných celkom 41.



*Obr. č. 23 Podnet – statické dopravné značenie*

## 5 ANALÝZA DÁT

### 5.1 SPRACOVANIE DÁT

Spracovanie všetkých dát prebiehalo v pracovnom prostredí programu D-Lab ktorý bol bližšie charakterizovaný v **kap. 4.1.2**. Okrem spomenutých funkcií, v aplikácii na konkrétny výskum, umožňuje program časovú synchronizáciu videa získaného pomocou zariadenia eye tracker so všetkými dostupnými dátami získaných z vozidla. V pracovnom analytickom prostredí je možné odčítať čas, v ktorom došlo k jednotlivým situáciám s postačujúcou presnosťou.

Získavanie dát spočívalo v rozpoznaní jednotlivých druhov podnetov a následnom zaznamenaní potrebných časových intervalov a ostatných potrebných údajov spojených s reakciou:

- Registrácia podnetu
- Presun pohľadu na podnet
- Začiatok fixácie pohľadu na podnet
- Koniec fixácie pohľadu na podnet
- Presun pohľadu mimo podnet

Rovnako boli zaznamenané údaje, ktoré boli použité priamo alebo potrebné pre dopočítanie skúmaných hodnôt:

- Začiatok účinku brzd
- Koniec účinku brzd
- Rýchlosť na počiatku reakcie
- Rýchlosť na konci reakcie
- Rýchlosť na začiatku účinku brzd
- Rýchlosť na konci účinku brzd

V prípade podnetu vo forme brzdových svetiel:

- TTC na počiatku reakcie

### 5.2 VYHODNOTENIE DÁT

Všetky údaje boli zhromaždené v programe MS Excel do predom pripravených tabuliek. Z dôvodu väčšieho množstva dát a špecifického zamerania výskumu bola potrebná aj určitá miera selekcie. Údaje popisujúce ojedinelé, špecifické podnety a reakcie, ktoré sa z dôvodu ich povahy

neopakovali alebo boli len veľmi málo početné boli zanedbané. Selektované dáta boli následne vyhodnocované.

Vyhodnocovanie dát bolo realizované postupne. Ako prvé boli na základe parciálnych nameraných hodnôt určené skúmané veličiny, ktoré bolo možné zo spracovaných údajov priamo určiť. Medzi tieto hodnoty patrili:

- Doba registrácie podnetu
- Doba pohľadu na objekt/podnet
- Trvanie brzdzenia
- Reakčná doba
- Rozdiel rýchlostí počas brzdzenia

Následne boli zistené aj ostatné skúmané veličiny prostredníctvom potrebných kinematických výpočtov.

- Priemerné spomalenie počas brzdzenia

$$a_{priem} = \frac{v_{poč} - v_{kon}}{t} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

Pri konkrétnej reakcii na daný podnet brzdením, kedy vodič brzdil z počiatočnej rýchlosti 42 km/h na 7 km/h počas časového intervalu 5,8 s, výpočet vyzeral nasledovne:

$$a_{priem} = \frac{\left(\frac{42 \text{ km/h}}{3,6}\right) - \left(\frac{7 \text{ km/h}}{3,6}\right)}{5,8 \text{ s}} \cong 1,68 \text{ m/s}^2$$

- Vzdialenosť od vpredu idúceho vozidla

$$s_{poč} = v_{poč} * TTC \text{ [m]}$$

Na začiatku konkrétnej reakcie, keď bolo vozidlo vzdialené od vpredu idúceho vozidla 2,5 s a pohybovalo sa počiatočnou rýchlosťou 48 km/h výpočet vyzeral nasledovne:

$$s_{poč} = \left(\frac{43 \text{ km/h}}{3,6}\right) * 2,5 \text{ s} \cong 30 \text{ m}$$

Priamo získané aj dopočítané hodnoty bolo následné možné transformovať do box-plotových grafov, ktoré sú pri štatistickom vyhodnocovaní takéhoto druhu údajov najčastejšie používané. Druhým druhom grafov použitom pri prezentovaní výsledkov sú bodové grafy poukazujúce na vzájomnú závislosť dvoch veličín, ktoré boli doplnené aproximačnou krivkou pre lepšiu názornosť výsledkov.

## 6 DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

V tejto kapitole sú prezentované dosiahnuté parciálne aj celkové výsledky výskumu. Výsledky boli získané pomocou SW podpory uvedenej v **kap. 4.1.2.** na základe získaných dát podľa postupu uvedeného v **kap. 4.**

Výsledky boli najskôr delené podľa kritéria času realizovanej jazdy na denné a nočné. V druhom kroku sa výsledky rozdelili podľa definovaných reakčných podnetov. Tieto výsledky boli následne rozdelené podľa kategórie definovanej reakčnej doby na reakčnú dobu a reakčné dobu vrátane registrácie podnetu.

Štatistické dáta sú prezentované formou škatuľových grafov, ku ktorým sú priložené tabuľky obsahujúce niekoľko základných štatistických ukazovateľov (priemer, medián, horný kvartil, minimálna hodnota a pod.). Grafy prezentujúce vzájomné závislosti vybraných veličín obsahujú bodové hodnoty, ktoré sú preložené aproximačnými krivkami.

### 6.1 DEŇ

Pre lepšiu ilustráciu výsledkov denných a nočných jazdných skúšok, je súčasťou vyhodnotenia názorný detailnejší individuálny rozbor výsledkov dosiahnutých probandom 8 počas dňa a probandom 9 počas noci, na základe ktorých je možné vidieť štruktúru a obsah získaných dát.

#### **Proband 8**

*Tab. č. 9 Proband 8 DEŇ – podnet chodec*

Chodec						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,3	0,4	0,5	0,8	62	7	1,5

Podnet vo forme chodca bol zaznamenaný 1-krát. Jednalo sa o chodca prechádzajúceho cez prechod pre chodcov blízko areálu výstavniska na ulici Bauerova. Na základe dostupných údajov je možné usudzovať, že vodič reagoval hneď po registrácii podnetu, čomu nasvedčuje krátka reakčná doba. Z hodnoty spomalenia a rýchlosti je zrejmé, že sa jednalo o miernejšie brzdenie trvajúce dlhšiu dobu. Vodič pohľad bol počas reakcie fixovaný na chodca len 0,4 s čo je v porovnaní s ostatnými situáciami krátka doba.

Tab. č. 10 Proband 8 DEŇ – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení

Svetelné signalizačné zariadenie - žltý signál po zelenom signále						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,1	0,3	1,5	1,6	33	0	2,8

Pri podnete vyvolanom žltým signálom na svetelnom signalizačnom zariadení s následnou povinnosťou zastaviť vozidlo pozorujeme intenzívnejšie brzdenie do zastavenia. Podnet bol vodičom zaregistrovaný bezprostredne po jeho vzniku.

Tab. č. 11 Proband 8 DEŇ – podnet brzdové svetlá

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
fixácia pred vznikom podnetu	0,3	0,7	0,7	2,5	46	29	1,1
0,1	0,6	0,7	0,8	1,2	46	39	0,8
0,5	počas celej reakcie	1,3	1,8	2	43	40	0,3
0,2	0,3	2	2,2	1,6	34	24	0,8
bez fixácie	X	X	0,8	1,2	50	40	1,2
fixácia pred vznikom podnetu	0,3	1	1	2	35	29	0,6
0,4	0,2	0,9	0,9	1,4	54	50	0,6

Podnet brzdových svetiel v tomto prípade poskytol rozsiahlejší štatistický súbor. Z hľadiska optickej registrácie podnetu sú tu zastúpené všetky 3 spôsoby vyskytujúce sa vo výskume. Fixácia pred vznikom podnetu, ktorá znamená, že vodičov pohľad bol fixovaný na vpredu idúce vozidlo pred rozsvietením brzdových svetiel a následne nebolo potrebné prostredníctvom presunu pohľadu na tento podnet reagovať. Prípád bez fixácie zastupuje prípad, kedy bol vodičov pohľad počas celej doby reakcie zameraný inde. Z hľadiska celkovej doby pohľadu na objekt bola zaznamenaná situácia, pri ktorej vodič sledoval vpredu idúce vozidlo bez zamerania pohľadu na iný podnet počas celej doby reakcie. Na základe dosahovaný rýchlostí a brzdných spomalení je zrejmé, že sa vo všetkých prípadoch jednalo o štandardnú jazdu v meste sprevádzanú niekoľkými miernymi pribrzdeniami.

Tab. č. 12 Proband 8 DEŇ – Statické podnety

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
21	1,8	0,4

Z celkového počtu 41 vytipovaných podnetov vodič opticky reagoval až na polovicu z nich, čo je v porovnaní s ostatnými probandmi veľká početnosť. Niektorým podnetom, predovšetkým svetelnému signalizačnému zariadeniu boli venované aj 2 až 3 pohľady. Priemerná dĺžka jedného pohľadu je porovnateľná aj s dĺžkami pohľadov pri väčšine dynamických podnetov.

#### **Deň celkovo**

Štatistické dáta hodnotia celkovo 8 vykonaných jazd, pri ktorých bolo možné zistiť požadované hodnoty pre výskum.

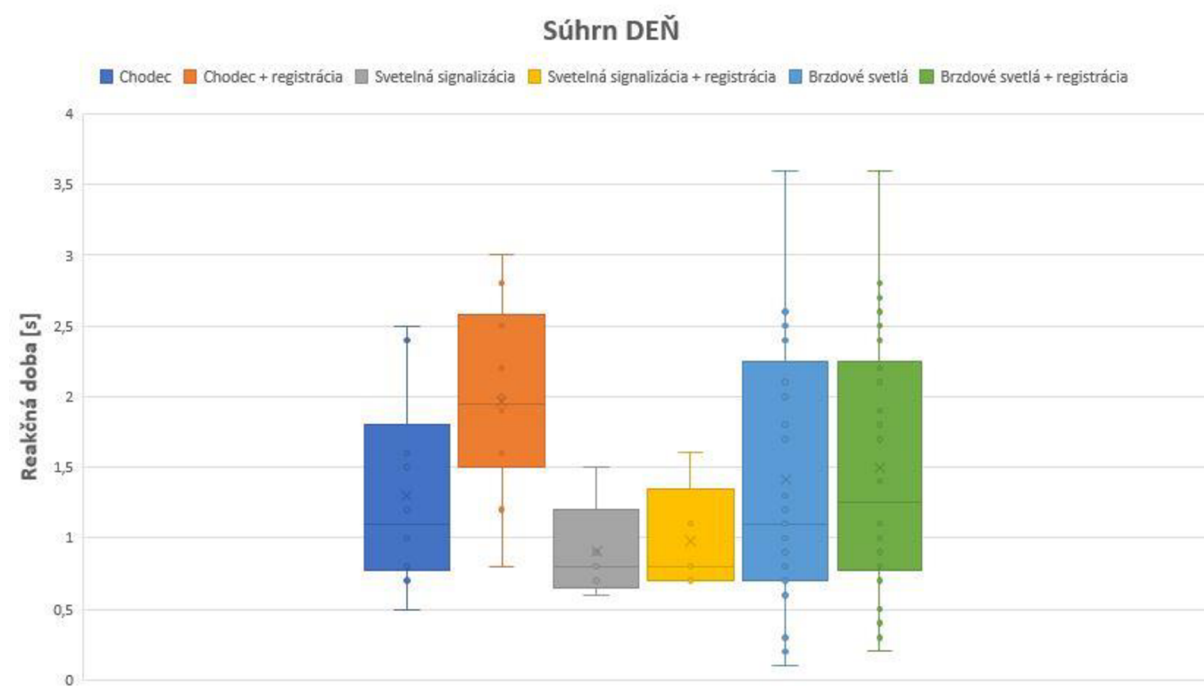
Tab. č. 13 Statické podnety DEŇ celkovo [17]

Počet optických reakcií na podnet	Celkový počet podnetov	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
115	328	1,7	0,4

V priebehu dňa bolo zaznamenaných celkovo 115 optických reakcií na statické podnety dopravného značenia a svetelnej signalizácie. Z celkového počtu možných registrovateľných podnetov tohto typu predstavujú 35% podiel. Počet pohľadov sa pohyboval v rozmedzí 1 až 4 pri jednotlivých podnetoch. Priemerný počet pohľadov venovaný jednému podnetu je 1,7 pri najpravdepodobnejšej celkovej dĺžke jedného pohľadu o hodnote 0,4 s.

Tab. č. 14 Reakčné doby DEŇ – celkovo

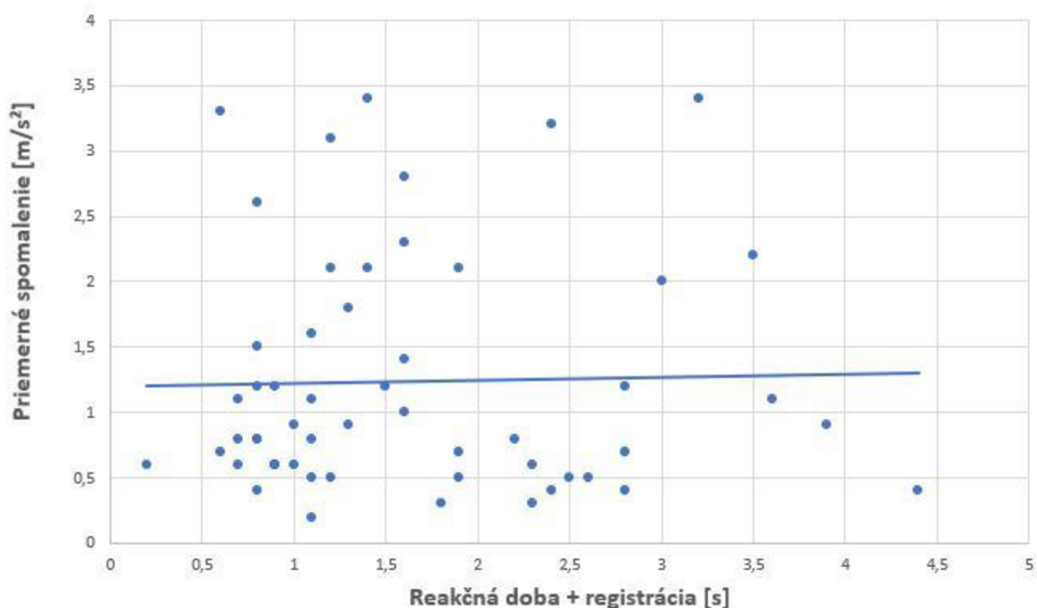
Súhrn DEŇ - reakčná doba [s]						
	Priemer	Medián	Prvý kvartil	Tretí kvartil	Minimálna hodnota	Maximálna hodnota
Chodec	1,3	1,1	0,8	1,6	0,5	2,5
Chodec + registrácia	2	2	1,6	2,4	0,8	3
Svetelná signalizácia	0,9	0,8	0,7	0,9	0,6	1,5
Svetelná signalizácia + registrácia	1	0,8	0,7	1,1	0,7	1,6
Brzdové svetlá	1,4	1,1	0,7	2,1	0,1	3,6
Brzdové svetlá + registrácia	1,5	1,2	0,8	2,2	0,3	3,6



Graf č. 10 Reakčné doby DEŇ – celkovo



### Závislosť priemerného spomalenia na reakčnej dobe DEŇ



Graf č. 11 Závislosť Priemerného spomalenia na reakčnej dobe DEŇ

Štatistický súbor pri podnete chodca obsahuje 9 dát bez a 9 dát reakčnej doby s registráciou podnetu. Dlhšie doby registrácie chodca v porovnaní s ostatnými podnetmi vyplývajú z prirodzenej povahy podnetu. Posúdenie či sa chodec chystá vstúpiť do vozovky je vždy individuálne. Na základe dát sa priemerná hodnota registrácie pohybuje v rozmedzí 0,4 až 0,5 s. Dá sa predpokladať, že počas tohto časového intervalu resp. jeho časti vodič chodca vnímal a následne došlo aj k fixácii pohľadu. Štatistický súbor podnetov vo forme žltého svetelného signálu nasledujúcom zelený v rámci svetelného signalizačného zariadenia obsahuje 5 hodnôt so zahrnutím registrácie a 5 bez nej. Aj keď je v tomto prípade rozsah dát menší, výsledky sú vďaka jednoznačnosti podnetu použiteľné. Pri podnete brzdových svetiel graf prezentuje 24 hodnôt bez registrácie a 33 vrátane registrácie podnetu.

Porovnanie reakčných dôb bez registrácie s reakčnými dobami zahŕňajúcimi registráciu pri podnetoch žltého signálu a brzdových svetiel ukazuje, že obsahujú minimálny rozdiel a vo veľkej časti prípadov sú úplne identické. Priemerné hodnoty a mediány pri všetkých reakčných dobách, s výnimkou reakcie na chodca vrátane registrácie, dosahujú hodnoty 0,9 až 1,5 s a 0,8 až 1,2 s, čo sa zhoduje s predpokladanými dĺžkami reakčných dôb podľa viacerých zdrojov. [11] [14] [18] Intenzita brzdovania prezentovaná priemerným spomalením nepreukazuje jednoznačnú závislosť brzdovania na dĺžke reakčnej doby.

## 6.2 NOC

Názorný detailnejší individuálny rozbor výsledkov zistených u probanda 9 počas noci.

### Proband 9

Tab. č. 15 Proband 9 NOC – podnet chodec [17]

Chodec						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
1	počas celej reakcie	1,9	2,9	57	0	1,6

Vodičovi trvala registrácia chodca od okamihu, v ktorom sa dal podnet pokladať za rozoznateľný celú sekundu. Počas reakcie vodič celú dobu sledoval pohyb chodca, ktorý prechádzal prechodom pre chodcov. Tento spôsob vnímania chodcov počas reakcie je najčastejší a objavoval sa vo väčšine obdobných situácií v tomto výskume. Reakcia prebehla za prítomnosti mierneho brzdenia až do zastavenia vozidla.

Tab. č. 16 Proband 9 NOC – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17]

Svetelné signalizačné zariadenie - žltý signál po zelenom signále						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
bez fixácie	x	x	5,3	32	0	1

Táto konkrétna situácia kategorizovaná ako podnet vo forme žltého svetla na svetelnom signalizačnom zariadení bola špecifická. V priebehu situácie mal vodič vzhľadom k charakteru okolia na križovatku dobrý výhľad. Žltý svetelný signál sa objavil už pri značnej vzdialenosti vodiča od križovatky. Počas celej doby reakcie nebol zaznamenaný pohyb pohľadu smerom k svetelnej signalizácii. Veľmi dlhá reakčná doba zahŕňajúca aj registráciu podnetu nebola vzhľadom k jedinečnosti a veľkej odchýlke zahrnutá do celkových dát.

Tab. č. 17 Proband 9 NOC – podnet brzdové svetlá [17]

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
fixácia pred vznikom podnetu	počas celej reakcie	0,6	0,6	1,6	51	31	1,9
fixácia pred vznikom podnetu	0,5	0,7	0,7	1,8	45	29	1,2
fixácia pred vznikom podnetu	1,7	1,5	1,5	1,2	37	29	0,6
fixácia pred vznikom podnetu	1,3	0,8	0,8	1,4	43	29	1,2

Vo všetkých prípadoch bola zaznamenaná fixácia pohľadu na vpredu idúce vozidlo už pred vznikom podnetu, čo nie je v rámci nočných jászov vôbec ojedinelé. Intenzívnejšie brzdenie bolo zaznamenané v jednom prípade, kedy vpredu idúce vozidlo začalo pred zahájením odbočovacieho manévru intenzívnejšie brzdiť. Vyšší faktor prekvapenia potvrdzuje aj kontrola vozidla počas celej reakcie a pokles rýchlosti počas samotného brzdenia o 20 km/h.

Tab. č. 18 Proband 9 NOC – statické podnety [17]

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
8	1	0,6

Vodičova jazda sa vyznačovala veľmi zriedkavou priamou fixáciou pohľadu na okolité podnety, čo bolo možné vidieť aj pri absencii fixácie pri reakcii na svetelnú signalizáciu. Zaznamenané optické reakcie boli vo väčšine prípadov spojené s pohľadom na svetelnú signalizáciu, ktorým venoval len jeden pohľad o priemernej dĺžke 0,6 s, čo je v porovnaní s ostatnými vodičmi vyššia hodnota.

#### **Noc celkovo**

Štatistické dáta hodnotia celkovo 9 vykonaných jászov, pri ktorých bolo možné zistiť požadované hodnoty pre výskum.

Tab. č. 19 Statické podnety NOC celkovo [17]

Počet optických reakcií na podnet	Celkový počet podnetov	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
96	369	1,4	0,6

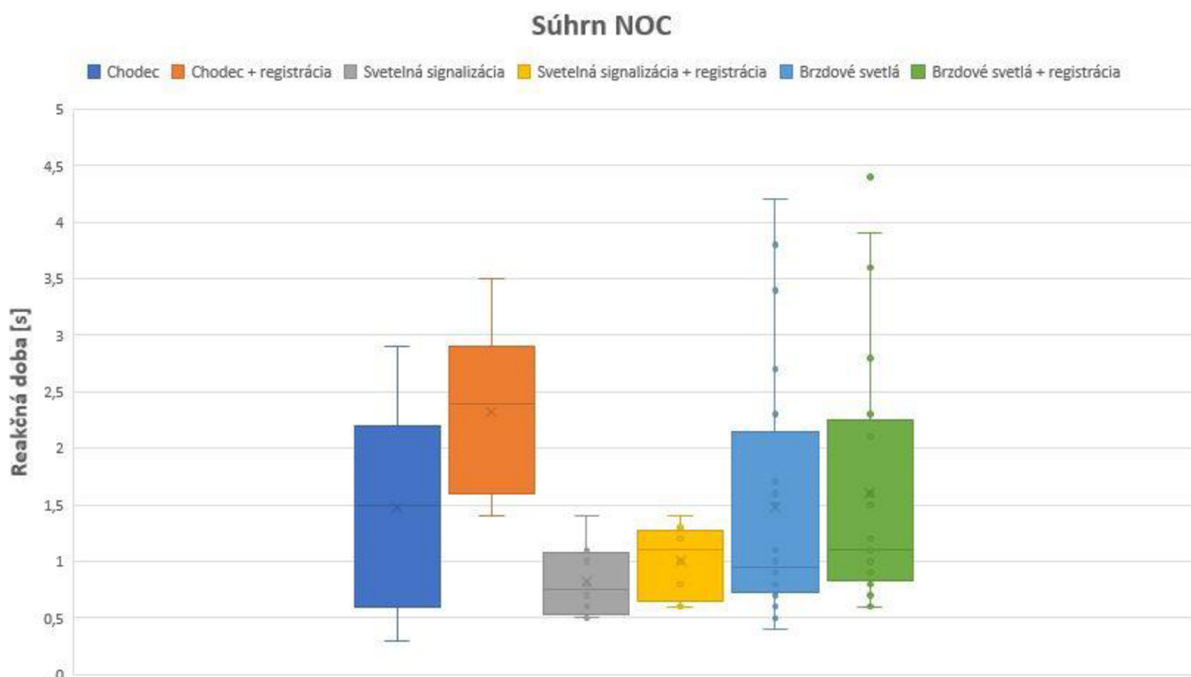
V priebehu noci bolo zaznamenaných celkovo 96 optických reakcií na statické podnety dopravného značenia a svetelnej signalizácie. Z celkového počtu možných registrovateľných

podnetov tohto typu predstavujú 26% podiel. Počet pohľadov sa pohyboval v rozmedzí 1 až 3 pri jednotlivých podnetoch. Priemerný počet pohľadov venovaný jednému podnetu je 1,4 pri najpravdepodobnejšej celkovej dĺžke jedného pohľadu o hodnote 0,6 s.

V porovnaní s dennými dátami, v priebehu noci došlo k úbytku registrovaných podnetov o 25%. Toto zistenie je možné podložiť nižšou hustotou premávky, znamenajúcou plynulejšiu intuitívnejšiu jazdy s menšou potrebou sledovania dopravného značenia, prípadne periférnou registráciou blikajúceho žltého svetelného signálu v niektorých križovatkách. Priemerný počet pohľadov zaznamenal tiež mierny úbytok, ktorého vysvetlenie je obdobné ako v predchádzajúcom prípade. V priebehu noci ale dochádzalo k priemerne dlhším celkovým pohľadom na objekt, čo môže byť spôsobené horšou viditeľnosťou a rozoznateľnosťou dopravných značení v dôsledku menšieho množstva svetla v prostredí.

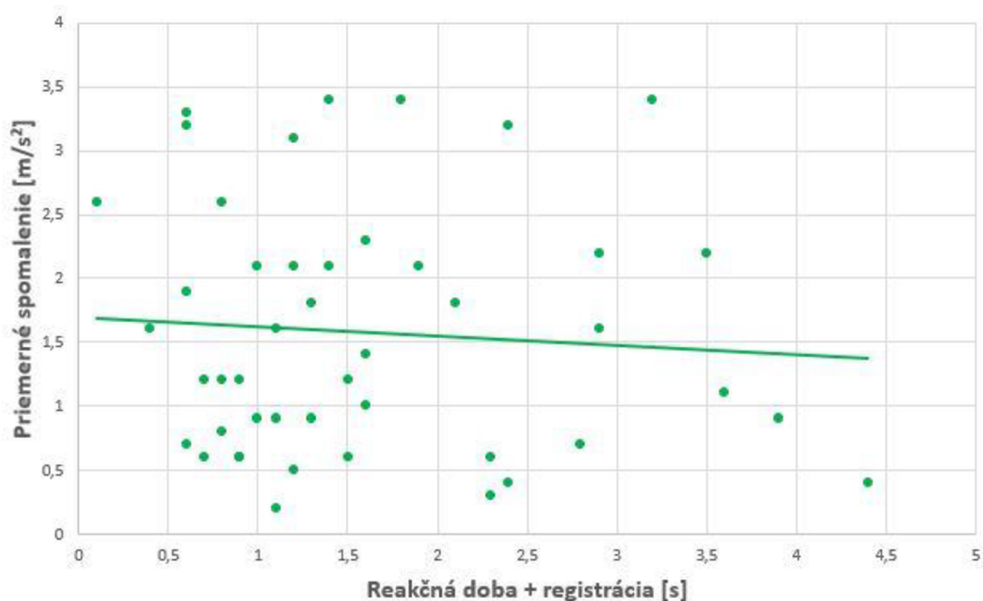
Tab. č. 20 Reakčné doby NOC – celkovo [17]

Súhrn NOC - reakčná doba [s]						
	Priemer	Medián	Prvý kvartil	Tretí kvartil	Minimálna hodnota	Maximálna hodnota
Chodec	1,5	1,5	0,7	2	0,3	2,8
Chodec + registrácia	2,3	2,4	1,6	2,9	1,4	3,4
Svetelná signalizácia	0,8	0,8	0,6	1	0,5	1,4
Svetelná signalizácia + registrácia	1	1,1	0,8	1,2	0,6	1,4
Brzdové svetlá	1,5	0,9	0,8	1,9	0,5	4,2
Brzdové svetlá + registrácia	1,6	1,1	0,9	2,2	0,6	4,4



Graf č. 12 Reakčné doby NOC – celkovo [17]

### Závislosť spomalenia na reakčnej dobe NOC



Graf č. 13 Závislosť Priemerného spomalenia na reakčnej dobe NOC [17]

Štatistické súbory obsahujú pri chodcovi 10 bez a 10 hodnôt reakčnej doby s registráciou podnetu. Pri svetelnej signalizácii 8 a 8. Pri podnete brzdových svetiel 23 s registráciou aj bez nej. Zo vzájomného porovnania rozdielov a podobností dosahovaných hodnôt pri jednotlivých podnetoch sú výsledky získané z dát nočných jzd do značnej miery podobné s dennými. Odľahlé hodnoty najmä v prípade brzdových svetiel sú spôsobené väčšími odstupmi od vpredu idúceho

vozidla, ktoré dosahovali hodnoty nad 30 m a kedy si povaha situácie nevyžadovala promptnú reakciu. Tento trend je prirodzený nakoľko sa pri dlhšej reakčnej dobe dá očakávať latentnejšia reakcia kvôli menšej naliehavosti vznikajúcej situácie.

### 6.3 POROVNANIE JEDNOTLIVÝCH PROBANDOV Z HĽADISKA DEŇ/NOC

V tejto časti je uskutočnený rozbor reakčných dôb jednotlivých probandov v priebehu dňa a noci. Jeho cieľom je poukázať na rozdiely alebo podobnosti v dosiahnutých výsledkoch a porovnať s celkovými hodnotami. Na základe tejto požiadavky mohli byť skúmaný piati probandi, pri ktorých boli k dispozícii dáta z denných aj nočných jazd.

#### **Proband 1 DEŇ**

*Tab. č. 21 Proband 1 DEŇ – podnet chodec [17]*

<b>Chodec</b>						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
1,4	počas celej reakcie	0,8	2,2	49	23	1,8

Podnet typu chodec vchádzajúci do koridoru vozidla bol zachytený 1-krát. Jednalo sa o chodca prechádzajúceho cez prechod pre chodcov. Na základe hodnoty priemerného spomalenia a kratšej reakčnej doby je zrejmé, že pre vodiča bol tento podnet do značnej miery neočakávaný. Celková doba pohľadu na chodca naznačuje, že vodič kontroloval správanie a pohyb chodca počas celej doby pohybu chodca jazdným koridorom.

Podnet vo forme žltého signálu na svetelnom signalizačnom zariadení počas tejto jazdy nebol zaznamenaný.

Tab. č. 22 Proband 1 DEŇ – podnet brzdové svetlá [17]

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,7	0,4	1,7	2,4	-	X	X	X
fixácia pred vznikom podnetu	0,5	1,9	1,9	-	X	X	X
0,1	1	0,7	0,8	-	X	X	X
bez fixácie	X	X	0,4	1,4	52	30	1,3
fixácia pred vznikom podnetu	0,2	0,3	0,3	2	38	29	0,8
fixácia pred vznikom podnetu	0,6	1	1	-	X	X	X
fixácia pred vznikom podnetu	0,5	0,7	0,7	1,2	36	29	1,2
0,3	0,5	0,2	0,5	1,4	69	45	1,1
0,3	0,6	0,4	0,7	-	X	X	X
fixácia pred vznikom podnetu	4,1	1,8	1,8	1,2	48	30	0,9

Podľa údajov v **tab. č. 22** je zjavné, že v 5 z 10 prípadov došlo ku vzniku podnetu počas fixácie pohľadu probanda na vpredu idúce vozidlo a do reakčnej doby nebolo teda možné zahrnúť dobu registrácie. V jednom prípade nebol zachytený priamy pohľad probanda na brzdové svetlá resp. vozidlo idúce vpredu vôbec. Toto zistenie prezentuje skutočnosť, že na realizáciu reakcie nie je priamy pohľad na podnet nevyhnutne potrebný.

Tab. č. 23 Proband 1 DEŇ – statické podnety [17]

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
15	2,2	0,4

Proband registroval a opticky reagoval na tretinu podnetov priamou fixáciou pohľadu. Vo väčšine prípadov sa na rozsvietené svetlo svetelnej signalizácie a dopravné značenie pozrel 2 až 3-krát. Nízka priemerná dĺžka fixácie pohľadov je pravdepodobne spojená s ich väčšou početnosťou.

#### **Proband 1 NOC**

Podnet vo forme chodca počas tejto jazdy nebol zaznamenaný.

Tab. č. 24 Proband 1 NOC – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17]

Svetelné signalizačné zariadenie - žltý signál po zelenom signále						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
fixácia pred vznikom podnetu	1	1,4	1,4	57	0	3,4
0,7	1,7	0,5	1,2	54	0	3,1

V oboch prípadoch došlo z dôvodu malej vzdialenosti vodiča od svetelného signalizačného zariadenia k intenzívnejšiemu brzdeniu. V prvom prípade bol pohľad vodiča fixovaný na svetelné signalizačné zariadenie už pred vznikom podnetu.

Tab. č. 25 Proband 1 NOC – podnet brzdové svetlá [17]

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,1	2,3	3,8	3,9	2,5	43	37	0,9
0,2	0,4	3,4	3,6	2,5	32	30	1,1
0,2	0,6	4,2	4,4	2,5	54	45	0,4
0,3	5,2	0,6	0,6	1,8	39	30	0,6

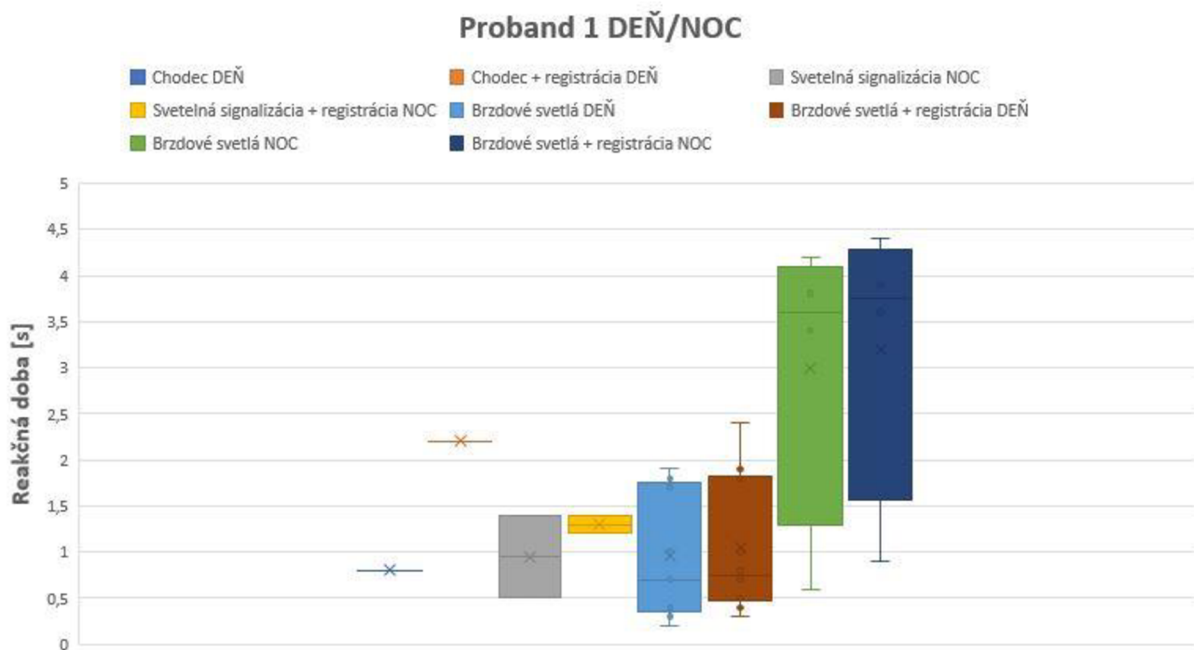
V troch prípadoch bola zaznamenaná značne dlhá reakčná doba, ktorá bola spôsobená veľkou vzdialenosťou od vpredu idúceho vozidla. Vodič nebol nútený promptne reagovať čo je vidieť aj na hodnotách priemerného spomalenia.

Tab. č. 26 Proband 1 NOC – statické podnety [17]

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
18	1,3	0,6

Počet optických reakcií na statické značenie je obdobná ako v priebehu dňa, rozdiel je ale evidentný v priemernom počte pohľadov na jeden podnet, ktorý je nižší takmer o jeden celý pohľad. Tento fakt je ale kompenzovaný dlhšou priemernou dĺžkou pohľadu.





*Graf č. 14 Proband 1 celkovo [17]*

Posúdenie reakcie na podnet chodcov a žltého signálu na svetelnom signalizačnom zariadení nie je z dôvodu absencie druhého súboru dát možné. Pri podnetoch brzdových svetiel je možné pozorovať až dvojnásobný nárast v priemerných hodnotách reakčných dôb počas noci. Z dôvodu menšieho štatistického súboru a povahy daných situácií nie je pravdepodobné, že by sa skutočná reakčná doba vodiča tak dramaticky v priebehu dňa a noci líšila. Ako pravdepodobnejšie vysvetlenie sa javí, že vodič rozoznával podnet v značnom časovom predstihu pričom nebol nútený hneď reagovať, ale na túto možnosť sa len pripravil možným uvoľnením pedálu akcelerátora alebo presunutím nohy na brzdový pedál bez zahájenia brzdenia. Tomuto tvrdeniu napovedá aj fakt, že reakcia, pri ktorej bol vodič v menšej vzdialenosti od vpredu idúceho vozidla trvala spolu s registráciou podnetu len 0,9 s.

**Proband 2 DEŇ**

*Tab. č. 27 Proband 2 DEŇ – podnet chodec [17]*

Chodec						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,5	0,9	0,7	1,2	55	24	2,6

Tab. č. 28 Proband 2 DEŇ – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17]

Svetelné signalizačné zariadenie - žltý signál po zelenom signále						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdzenia [m/s <sup>2</sup> ]
fixácia pred vznikom podnetu	0,4	0,8	0,8	49	0	2,5

Tab. č. 29 Proband 2 DEŇ – podnet brzdové svetlá [17]

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdzenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,1	0,5	2,6	2,7	2,5	49	33	0,7
0,3	počas celej reakcie	1,1	1,4	1,6	52	29	1,6
0,3	počas celej reakcie	1,9	2,2	-	X	X	X
0,2	1	2,6	2,8	2	62	56	0,5

Tab. č. 30 Proband 2 DEŇ – statické podnety [17]

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
19	1,7	0,6

### Proband 2 NOC

Tab. č. 31 Proband 2 NOC – podnet chodec [17]

Chodec						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdzenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,1	počas celej reakcie	1,8	1,9	41	0	2,1
0,2	počas celej reakcie	2,2	2,4	56	0	3,2
0,1	počas celej reakcie	1,5	1,6	59	23	1,4

Tab. č. 32 Proband 2 NOC – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17]

Svetelné signalizačné zariadenie - žltý signál po zelenom signále						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,1	0,9	1,1	1,2	35	0	2,1

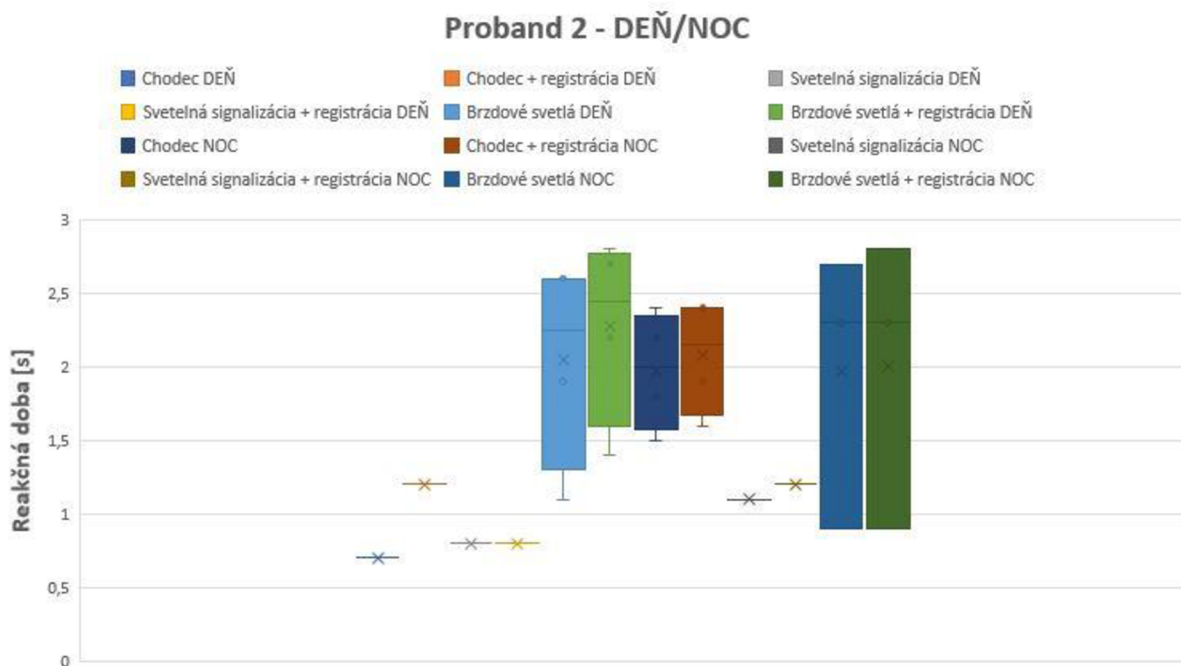
Tab. č. 33 Proband 2 NOC – podnet brzdové svetlá [17]

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
fixácia pred vznikom podnetu	1,2	2,3	2,3	2,5	45	41	0,3
fixácia pred vznikom podnetu	3,7	0,9	0,9	0,8	42	31	1,2
0,1	počas celej reakcie	2,7	2,8	2,5	49	31	0,7

Tab. č. 34 Proband 2 NOC – statické podnety [17]

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
13	1	0,5

Vodič v priebehu dňa opticky reagoval na podnety statického značenia častejšie. Zároveň venoval konkrétnemu podnetu v priemere viac pohľadov, ktoré navyše dosahovali väčšiu dĺžku ako v priebehu noci.



*Graf č. 15 Probant 2 celkovo [17]*

Pri porovnaní reakčných dôb na podnet chodca bola jediná denná reakcia z hľadiska dĺžky polovičná a vzhľadom k priebehu rýchlosti vodič reagoval v predstihu a intenzívnejšie ako pri porovnateľnej reakcii počas noci. Reakčná doba na podnet brzdových svetiel dosahuje v oboch prípadoch obdobné maximálne hodnoty, rovnako sú porovnateľné aj hodnoty priemerné, ktoré je ale vzhľadom k malému štatistickému súboru potrebné brať s rezervou.

#### **Probant 3 DEŇ**

*Tab. č. 35 Probant 3 DEŇ – podnet chodec [17]*

Chodec						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,9	1,3	1,6	2,5	56	21	1,2

Tab. č. 36 Proband 3 DEŇ – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17]

Svetelné signalizačné zariadenie - žltý signál po zelenom signále						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,2	1,2	0,9	1,1	41	0	1,2
fixácia pred vznikom podnetu	0,2	0,7	0,7	46	0	1,6
0,1	0,9	0,6	0,7	48	0	2,1

Tab. č. 37 Proband 3 DEŇ – podnet brzdové svetlá [17]

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,1	0,5	0,6	0,7	2	51	29	1,2
0,3	0,5	0,7	1	1,6	39	37	0
0,1	0,6	0,6	0,7	-	X	X	X

Tab. č. 38 Proband 3 DEŇ – statické podnety [17]

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
13	2	0,4

### Proband 3 NOC

Podnet vo forme chodca počas tejto jazdy nebol zaznamenaný.

Podnet vo forme žltého signálu na svetelnom signalizačnom zariadení počas tejto jazdy nebol zaznamenaný.

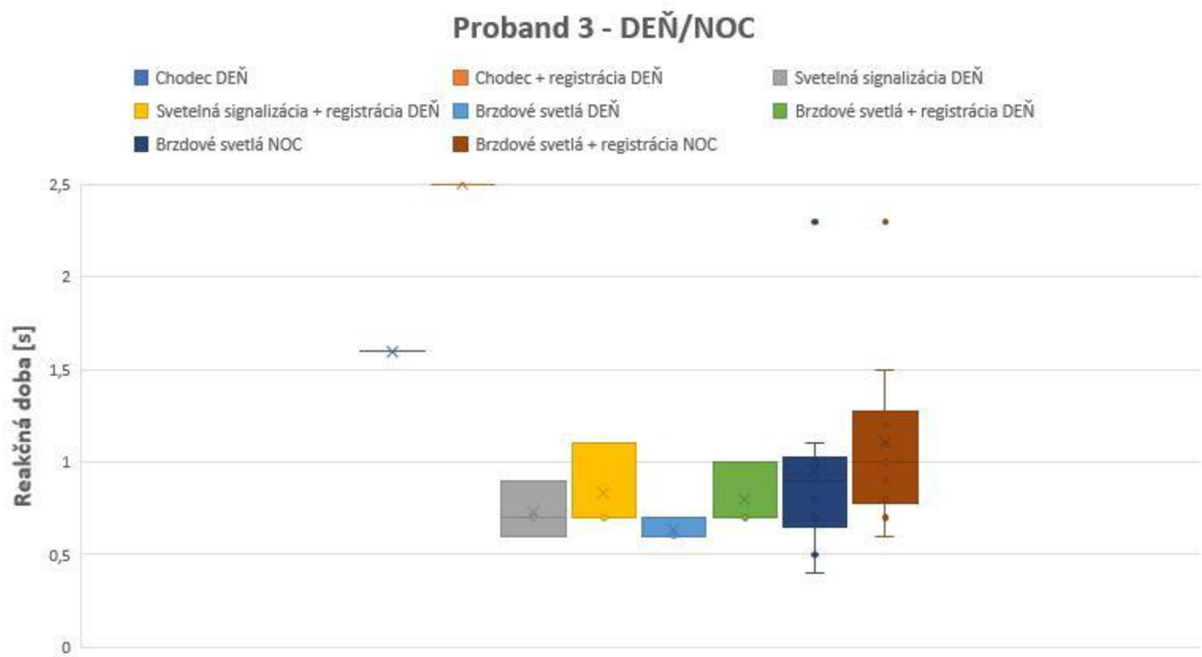
Tab. č. 39 Proband 3 NOC – podnet brzdové svetlá [17]

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdzenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,3	5	0,4	0,7	2,5	44	39	0,6
0,2	1	0,7	0,9	0,9	44	32	0,6
0,1	2,1	1	1,1	1	30	29	0,2
fixácia pred vznikom podnetu	0,7	2,3	2,3	1,4	44	29	0,6
0,1	0,6	0,9	1	2,5	48	29	0,9
fixácia pred vznikom podnetu	1	0,8	0,8	1,6	59	53	0,8
0,3	1,1	0,9	1,2	1,2	55	50	0,5
0,4	1,5	1,1	1,5	1,2	47	29	1,2
0,1	1,9	0,5	0,6	1,2	55	50	0,7
0,1	0,4	0,9	1	-	X	X	X

Tab. č. 40 Proband 3 NOC – statické podnety [17]

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
16	1,4	0,5

Početnosť pohľadov v priebehu dňa a noci je porovnateľná. V priebehu dňa proband opticky reagoval na jeden podnet frekventovanejšie pri zníženej priemernej dĺžke pohľadov.



*Graf č. 16 Proband 3 celkovo [17]*

Vodič dosahoval pri celom spektre zachytených podnetov značne krátke reakčné doby aj v porovnaní s celkovými výsledkami. Porovnateľné sú hodnoty popisujúce reakcie na brzdové svetlá, pri ktorých vidíme nárast dĺžky reakčnej doby v priebehu noci o 0,3 až 0,5 s. V tomto prípade sa potvrdzuje predpoklad nárastu reakčnej doby pri špecifickom podnete vplyvom nočnej viditeľnosti.

**Proband 4 DEŇ**

*Tab. č. 41 Proband 4 DEŇ – podnet chodec [17]*

Chodec						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdzenia [m/s <sup>2</sup> ]
1,1	1,5	0,8	1,9	32	8	1,6
0,8	počas celej reakcie	1,2	2	60	43	3,1

Podnet vo forme žltého signálu na svetelnom signalizačnom zariadení počas tejto jazdy nebol zaznamenaný.

Tab. č. 42 Proband 4 DEŇ – podnet brzdové svetlá [17]

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdzenia [m/s <sup>2</sup> ]
fixácia pred vznikom podnetu	0,7	1,7	1,7	2	44	34	0,4
0,1	1,1	1	1,1	-	X	X	X
nezachytená zrenica oka	X	X	2,5	2	52	45	0,4
0,2	0,5	1,2	1,4	1,4	70	64	0,4

Tab. č. 43 Proband 4 DEŇ – statické podnety [17]

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
4	1	0,5

#### Proband 4 NOC

Tab. č. 44 Proband 4 NOC – podnet chodec [17]

Chodec						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdzenia [m/s <sup>2</sup> ]
1,1	0,9	0,3	1,4	59	9	2,1

Tab. č. 45 Proband 4 NOC – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17]

Svetelné signalizačné zariadenie - žltý signál po zelenom signále						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdzenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,1	0,4	0,7	0,8	37	0	2,6
0,1	1,6	0,5	0,6	42	0	3,3



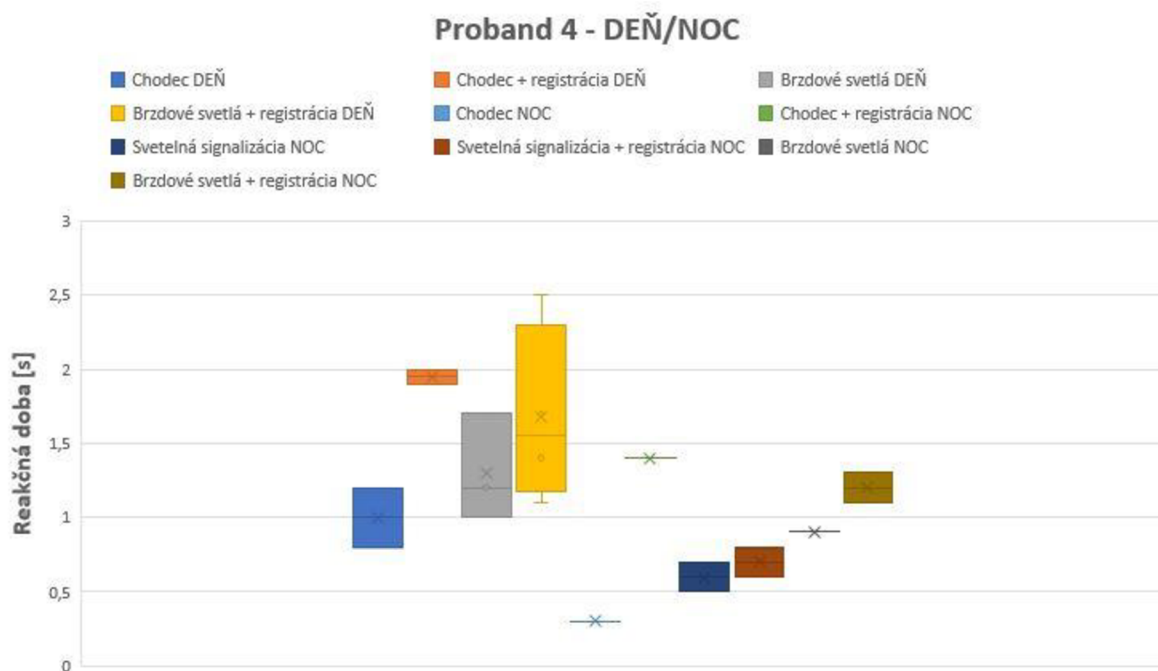
Tab. č. 46 Proband 4 NOC – podnet brzdové svetlá [17]

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,4	1,6	0,9	1,3	-	X	X	X
0,2	0,8	0,9	1,1	-	X	X	X

Tab. č. 47 Proband 4 NOC – statické podnety [17]

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
13	1,5	0,5

U vodiča bol v priebehu dňa zaznamenaný najnižší počet optických reakcií spomedzi všetkých sledovaných probandov. Tento fakt môže byť spojený s tým, že charakter premávky počas dennej jazdy tieto reakcie nevyžadoval. Pri prechode skúmaných križovatiek dochádzalo buď k plynulému prechodu a pravdepodobnému periférnemu vnímaniu zeleného signálu alebo zastaveniu vo veľkej vzdialenosti od križovatky riadenej svetelným signalizačným zariadením spôsobenej väčším počtom vpredu stojacích vozidiel. Priemerná dĺžka pohľadu v priebehu dňa a noci je zhodná. V priebehu noci je evidentná priemerná početnosť a frekvencia pohľadov.



Graf č. 17 Proband 4 celkovo [17]

Počas dennej jazdy vodiča 4 sa vyskytovalo veľa situácií, pri ktorých nebola zariadením eye tracker zachytená zrenica oka. Takáto situácia nastala aj pri podnete brzdových svetiel. V nočných jazdách absentovali údaje o vzdialenosti vpredu idúceho vozidla. Veľmi rýchla reakcia na chodca o dĺžke 0,3 s v priebehu noci naznačuje, že vodič začal reagovať už v priebehu doby registrácie bez priameho pohľadu, ktorá trvala 1,1 s. Reakčné doby na podnet brzdových svetiel vykazujú nižšie hodnoty v priebehu noci, čo v tomto prípade nepotvrďuje predpoklad.

**Proband 5 DEŇ**

*Tab. č. 48 Proband 5 DEŇ – podnet chodec [17]*

Chodec						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdienia [m/s <sup>2</sup> ]
0,1	0,3	1,5	1,6	28	8	1,6

Podnet vo forme žltého signálu na svetelnom signalizačnom zariadení počas tejto jazdy nebol zaznamenaný.

*Tab. č. 49 Proband 5 DEŇ – podnet brzdové svetlá [17]*

Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdienia [m/s <sup>2</sup> ]
fixácia pred vznikom podnetu	0,6	2,1	2,1	2,5	37	31	0,4
fixácia pred vznikom podnetu	0,9	1,6	1,6	-	X	X	X
fixácia pred vznikom podnetu	0,6	3,6	3,6	2,5	39	30	0,4
fixácia pred vznikom podnetu	0,2	2,4	2,4	2	44	30	0,7

*Tab. č. 50 Proband 5 DEŇ – statické podnety [17]*

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
17	1,8	0,5

**Proband 5 NOC***Tab. č. 51 Proband 5 NOC – podnet chodec [17]*

<b>Chodec</b>						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
2,7	počas celej reakcie	0,5	3,2	52	3	3,4
0,6	počas celej reakcie	2,9	3,5	59	10	2,2

*Tab. č. 52 Proband 5 NOC – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17]*

<b>Svetelné signalizačné zariadenie - žltý signál po zelenom signále</b>						
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
0,5	0,5	0,8	1,3	45	0	1,8

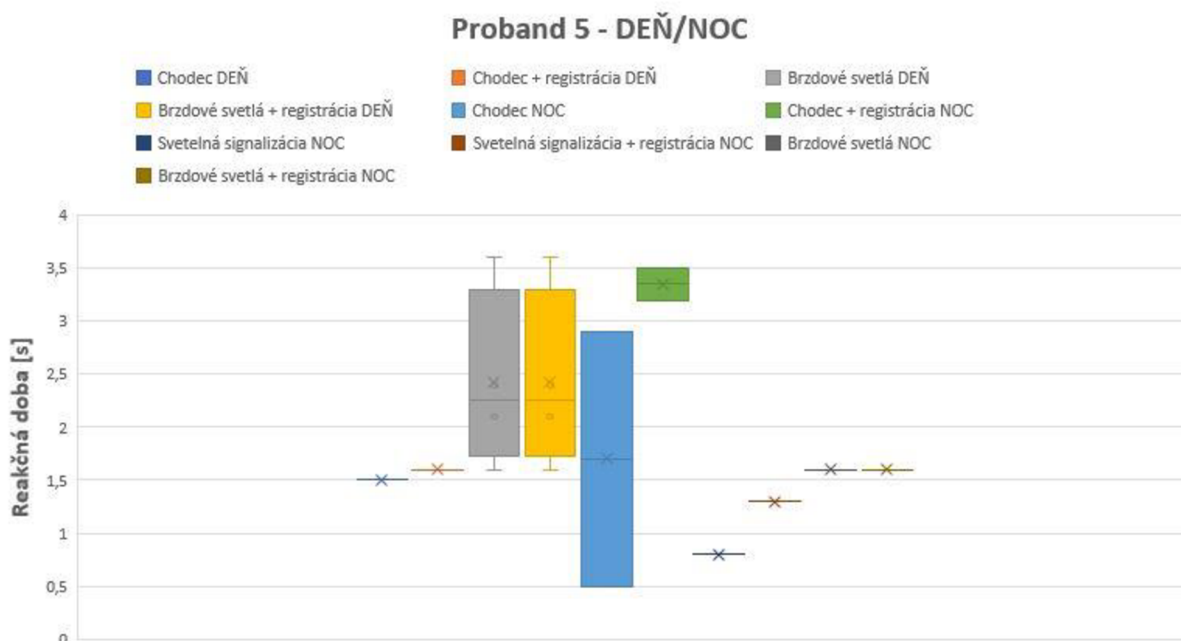
*Tab. č. 53 Proband 5 NOC – podnet brzdové svetlá [17]*

<b>Brzdové svetlá - vpredu idúce vozidlo</b>							
registrácia podnetu od jeho vzniku [s]	celková doba pohľadu na objekt počas reakcie [s]	reakčná doba [s]	reakčná doba s registráciou podnetu [s]	TTC [s]	max. rýchlosť počas reakcie [km/h]	min. rýchlosť počas reakcie [km/h]	priemerné spomalenie počas brzdenia [m/s <sup>2</sup> ]
fixácia pred vznikom podnetu	3,5	1,6	1,6	1,6	37	29	1

*Tab. č. 54 Proband 5 NOC – statické podnety [17]*

Počet podnetov s optickou reakciou	Priemerný počet pohľadov na 1 podnet	Priemerná dĺžka pohľadu [s]
9	1,6	0,5

Vodičova optická reakcia na statické podnety vo forme dopravného značenia je z hľadiska priemernej dĺžky a frekvencie pohľadov takmer identická. V priebehu noci je ale pozorované zníženie počtu podnetov s reakciou na polovicu. Tento fakt je s najväčšou pravdepodobnosťou zapríčinený plynulosťou premávky s menším počtom vozidiel a viacerými svetelnými signalizačnými zariadeniami v režime blikajúceho žltého signálu, z čoho môže plynúť intuitívnejší spôsob jazdy.



*Graf č. 18 Proband 5 celkovo [17]*

Z dostupných dát sú čiastočne porovnateľné hodnoty vyplývajúce z reakcie na chodca. Počas noci je zaznamenaný značný nárast doby registrácie, súvisiaci s ťažšou rozoznateľnosťou zámeru chodca. Faktor prekvapenia potvrdzujú aj vyššie hodnoty dosiahnutého priemerného spomalenia v priebehu brzdenia. Reakčná doba počas dňa na podnet brzdových svetiel preukazuje latentné a včasné reakcie aj na základe stálej fixácie pohľadu na vpredu idúce vozidlo. Pri reakcii počas noci sa potvrdila tendencia vodiča fixovať pohľad na vozidlo vpredu, z čoho rovnako vyplývala včasná a málo intenzívna reakcia.

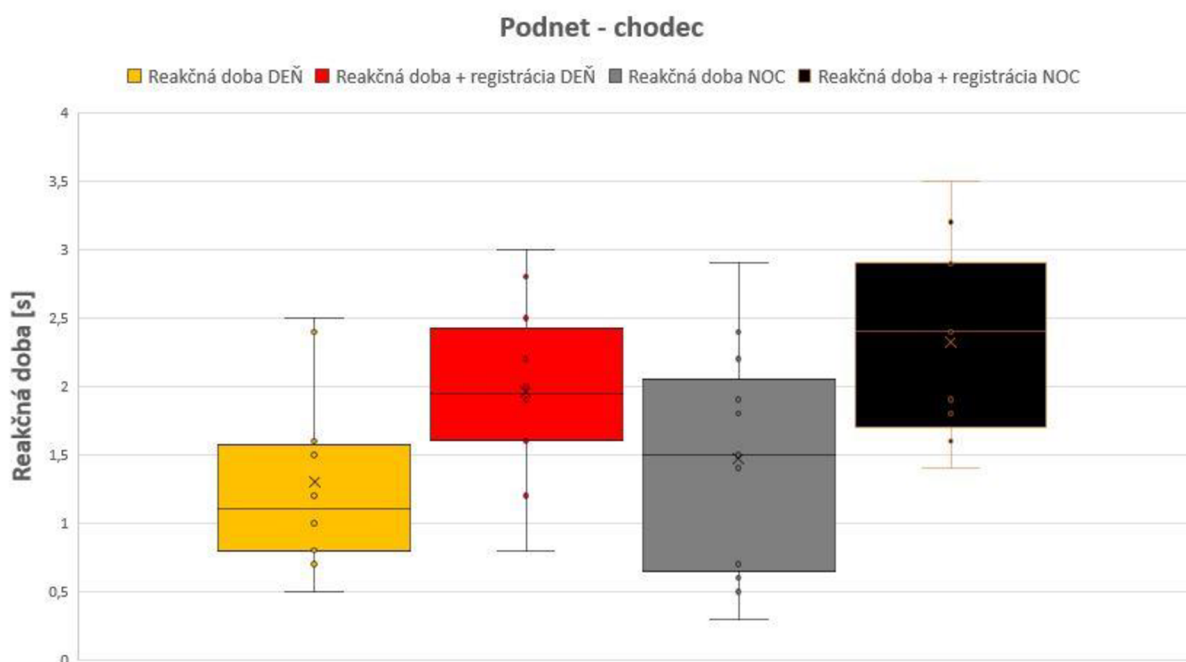
Na záver tejto časti je potrebné konštatovať, že posúdenie reakčných dôb jednotlivých vodičov nemôže byť, z dôvodu v značnej časti malých štatistických súborov, do požadovanej miery objektívne. Tento nedostatok by bolo možné odstrániť realizáciou viacerých testovacích jžd daného probanda, ktorými by sa zabezpečil rozsiahlejší a použiteľnejší súbor dát.

## 6.4 POROVNANIE REAKCIÍ CELKOVO

*Chodec vstupujúci do jazdného koridoru vozidla*

*Tab. č. 55 Chodec celkovo [17]*

Podnet chodec - reakčná doba [s]						
	Priemer	Medián	Prvý kvartil	Tretí kvartil	Minimálna hodnota	Maximálna hodnota
Reakčná doba deň	1,3	1,1	0,8	1,6	0,5	2,5
Reakčná doba + registrácia deň	2	2	1,6	2,4	0,8	3
Reakčná doba noc	1,5	1,5	0,7	2	0,3	2,9
Reakčná doba + registrácia noc	2,3	2,4	1,6	2,9	1,4	3,5



*Graf č. 19 Chodec celkovo [17]*

Prvým faktorom vyplývajúcim z analýzy dát popisujúcich podnet vo forme chodca vchádzajúceho do jazdného koridoru vozidla je, že časový interval ohraničujúci registráciu podnetu je významný a v prípade reakčnej doby zahrňujúcej registráciu podnetu tvorí jej značnú časť. Jeho hodnota sa podľa priemerných hodnôt pohybuje v intervale 0,7 až 0,9 s.

Druhým faktorom je rozdiel pri vzájomnom porovnaní denných a nočných dát. Rozdiel sa podľa priemerných hodnôt pohybuje v rozmedzí 0,2 až 0,4 s. Toto zistenie potvrdzuje výsledky

iných výskumov napr. [16] ktoré uvádzajú vyššiu hodnotu reakčnej doby v priebehu noci o 0,3 až 0,4 s. Predĺženie reakčnej doby v čase noci môže byť vysvetlené zníženou viditeľnosťou podnetu, ktorý je v porovnaní s ostatnými podnetmi málo kontrastný.

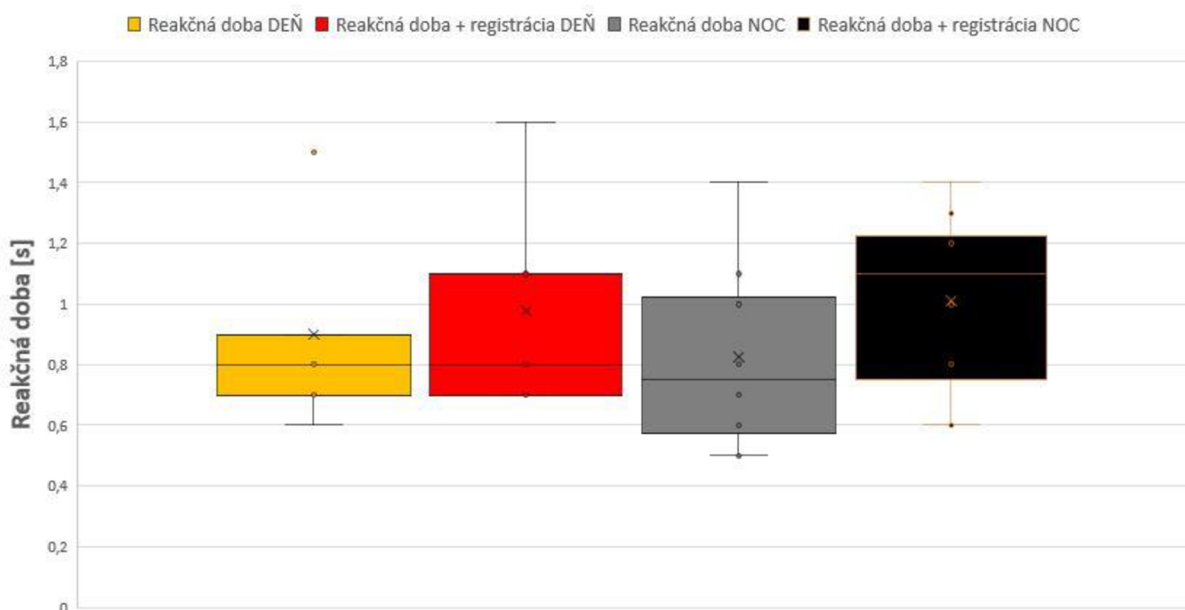
Tento podnet je z hľadiska náročnosti na registráciu, spracovanie a vyhodnotenie opodstatnené pokladať za zložitý. V porovnaní s inými hodnotami reakčných dôb na zložitý náhodný podnet [11] [18] odhadujúcich rozmedzie 1,4 až 2,4 s, sa priemerné výsledky dajú považovať za odpovedajúce predpokladom. Pri porovnaní s Muttartovým výskumom [16], ktorý analyzoval aj konkrétny podnet chodca a predpokladal priemernú hodnotu reakčnej doby 2,8 s, ktorá z povahy jeho výskumu odpovedá ekvivalentu reakčnej doby s registráciou podnetu, sú dosahované priemerné hodnoty reakcií nižšie o 0,4 s v priebehu dňa a o 0,8 s počas noci.

**Svetelné signalizačné zariadenie – žltý signál po zelenom**

*Tab. č. 56 Svetelné signalizačné zariadenie celkovo [17]*

<b>Podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení - reakčná doba [s]</b>						
	Priemer	Medián	Prvý kvartil	Tretí kvartil	Minimálna hodnota	Maximálna hodnota
Reakčná doba deň	0,9	0,8	0,7	0,9	0,6	1,5
Reakčná doba + registrácia deň	1	0,8	0,7	1,1	0,7	1,6
Reakčná doba noc	0,8	0,8	0,6	1	0,5	1,4
Reakčná doba + registrácia noc	1	1,1	0,8	1,2	0,6	1,4

### Podnet - svetelné signalizačné zariadenie žltý signál po zelenom



Graf č. 20 Svetelné signalizačné zariadenie žltý signál po zelenom celkovo [17]

Štatistický súbor zahŕňajúci hodnoty reakčných dôb na podnet žltého svetelného signálu je menší, no s prihliadnutím na charakter podnetu poskytuje dostatočné informácie. Je evidentné, že súbory denných a nočných dát sú porovnateľné a neobsahujú značné rozdiely. Hypotéza predlžovania reakčnej doby v čase noci sa pri tomto podnete nepotvrdila. Tento fakt, je s najväčšou pravdepodobnosťou zapríčinený špecifickým charakterom podnetu. Svetelné signály sú z hľadiska kontrastu dostatočne viditeľné a výrazné počas dňa aj noci, preto je podobnosť výsledkov opodstatnená.

Dostatočnú rozoznatelnosť podnetu potvrdzuje aj analýza dĺžky registrácie. V tomto prípade dosahuje veľmi nízke priemerné hodnoty od 0,1 do 0,3 s. Je zrejmé, že pri nástupe podnetu ho vodiči registrujú veľmi rýchlo aj v oblasti periférneho videnia a ich reakcie vo veľa prípadoch začali ešte pred samotným presunom pohľadu.

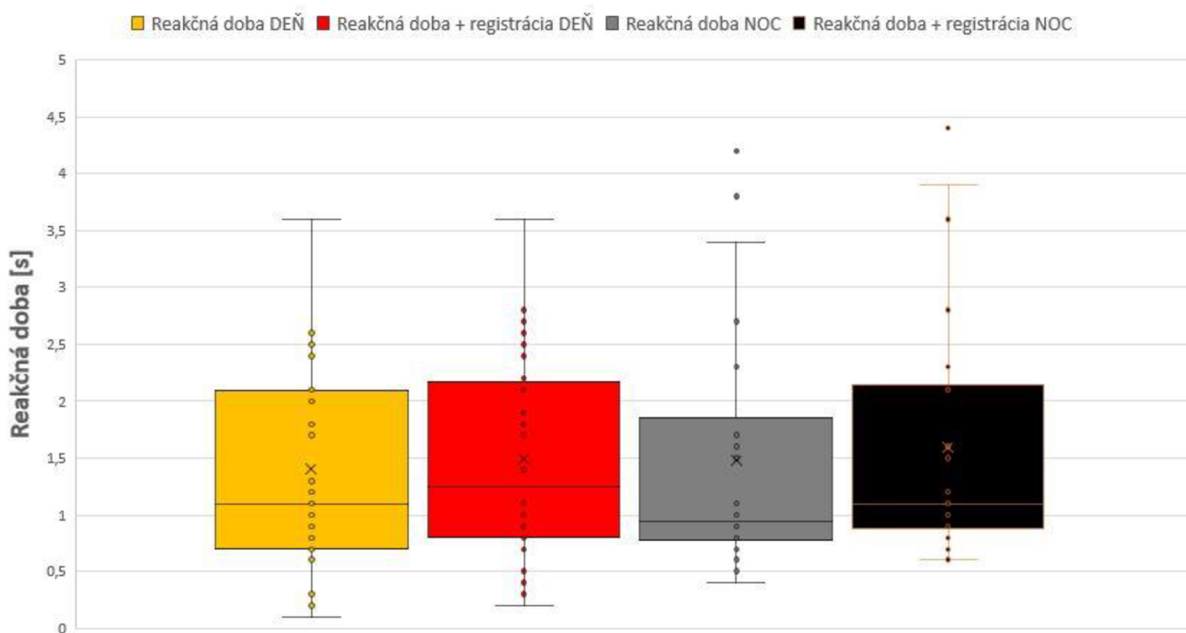
Podnet je jednoznačne možné pokladať za jednoduchý, nakoľko okrem dobrej rozoznatelnosti predstavuje jasný pokyn pre vodiča aby začal brzdiť a zastavil vozidlo. Očakávaná dĺžka reakčnej doby sa pre obdobné jednoduché podnety podľa [14] [15] [18] pohybuje v rozmedzí 0,8 až 1,2 s. Z tohto hľadiska zistené hodnoty odpovedajú predpokladom.

**Brzdové svetlá vpredu idúceho vozidla**

Tab. č. 57 Brzdové svetlá celkovo [17]

Podnet brzdové svetlá - reakčná doba [s]						
	Priemer	Medián	Prvý kvartil	Tretí kvartil	Minimálna hodnota	Maximálna hodnota
Reakčná doba deň	1,4	1,1	0,7	2,1	0,1	3,6
Reakčná doba + registrácia deň	1,5	1,2	0,8	2,2	0,3	3,6
Reakčná doba noc	1,5	0,9	0,8	1,9	0,5	4,2
Reakčná doba + registrácia noc	1,6	1,1	0,9	2,2	0,6	4,4

Podnet - brzdové svetlá vpredu idúceho vozidla



Graf č. 21 Brzdové svetlá celkovo [17]

Štatistický súbor hodnôt získaných pri podnete brzdových svetiel je spomedzi skúmaných najrozsiahlejší a poskytuje najrelevantnejšie informácie pre vyvodenie záverov.

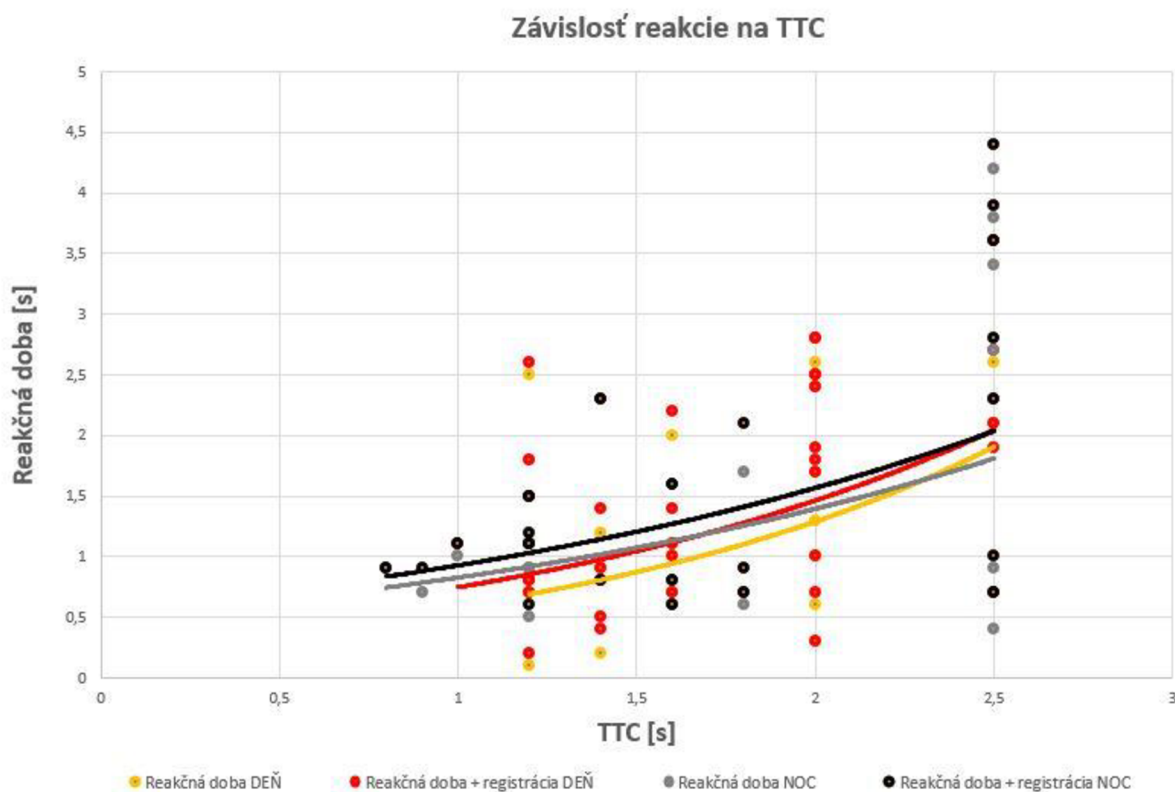
Denné hodnoty sa v porovnaní s nočnými dajú pokladať za veľmi podobné, zo štatistického hľadiska takmer identické. Rovnako ako pri podnete svetelného signálu ani pri podnete vo forme brzdových svetiel nezávisí dĺžka reakčnej doby na časti dňa kedy jazda prebiehala. Toto zistenie je opäť možné podložiť tým, že sa jedná o špecifický podnet. Rozoznatelnosť rozsvietenia brzdových svetiel sa dá považovať za porovnateľne intenzívny podnet cez deň aj v noci.

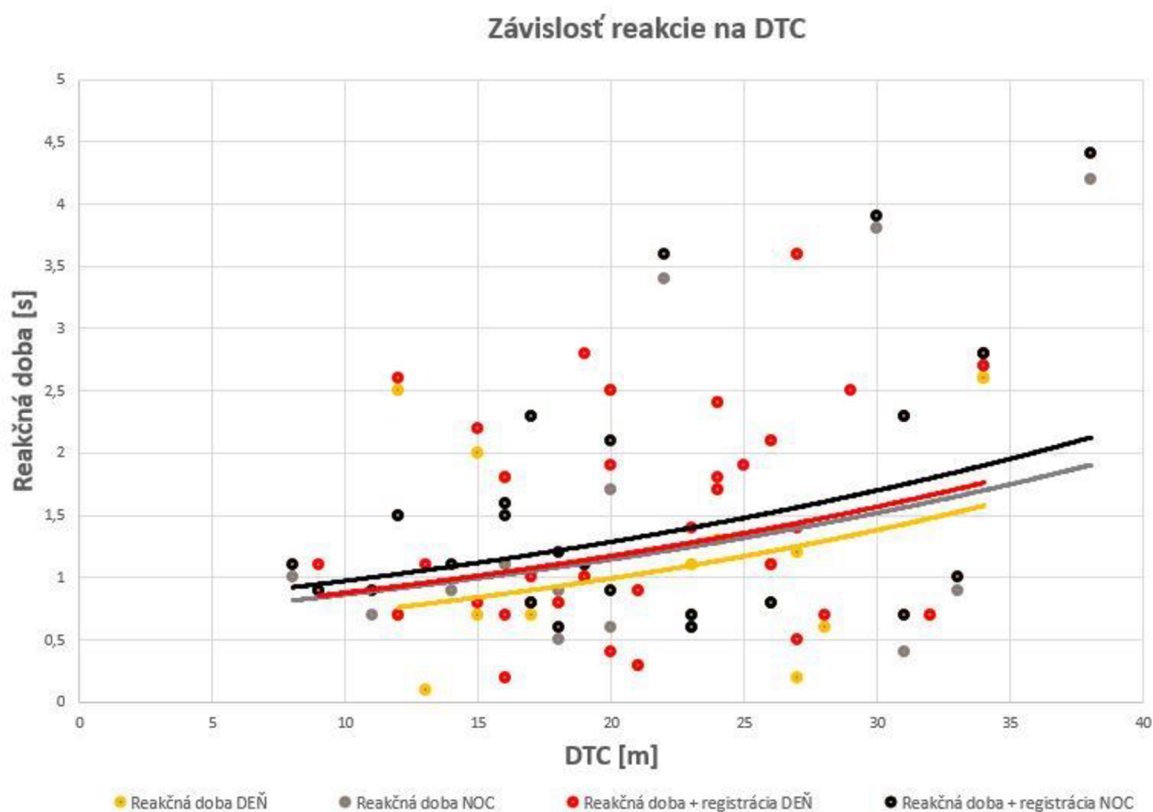


Dĺžka registrácie podnetu je minimálna, dosahujúca priemerná hodnoty len 0,1 až 0,2 s. Pohľad vodiča bol fixovaný na vozidlo a optická reakcia nebola potrebná alebo bola veľmi rýchla vzhľadom k výskytu podnetu blízko osi pohľadu.

Reakcia môže prebiehať formou uvoľnenia akceleračného pedálu alebo stlačením brzdového pedálu. Reakčný podnet dáva jasný signál, že je potrebné zmeniť rýchlosť, vo väčšine prípadov brzdením. Z tohto hľadiska môžeme reakciu pokladať za jednoduchú. Do istej miery ale závisí aj na situácii, ktorá sa odohráva ešte pred vpredu idúcim vozidlom, ktorú vodič môže vnímať a vyhodnocovať už pred vznikom samotného podnetu. Preto sa napr. v porovnaní so žltým signálom na svetelnom signalizačnom zariadení jedná o komplikovanejší podnet. Na základe záverov viacerých výskumov uvedených v [14], je reakčná doba očakávaná v rozmedzí 0,9 až 1,4 s. Porovnateľné očakávanie je možné aj na základe [16] v prípade, že sa podnet vozidla meniaceho 1 alebo 2 jazdné pruhy dá pokladať za podobný. Priemerné výsledky by súhlasili s hornou hranicou tohto intervalu, resp. vyskytujú sa mierne nad ním.

Reakčnú dobu na podnet brzdových svetiel ale nie je vhodné kvantifikovať jedným intervalom. Komplexná interpretácia týchto situácií si vyžaduje dôkladnejší rozbor. Preto bola štúdia rozšírená o posúdenie závislostí reakčnej doby na premenných, ktoré sú v predmetných situáciách významné.





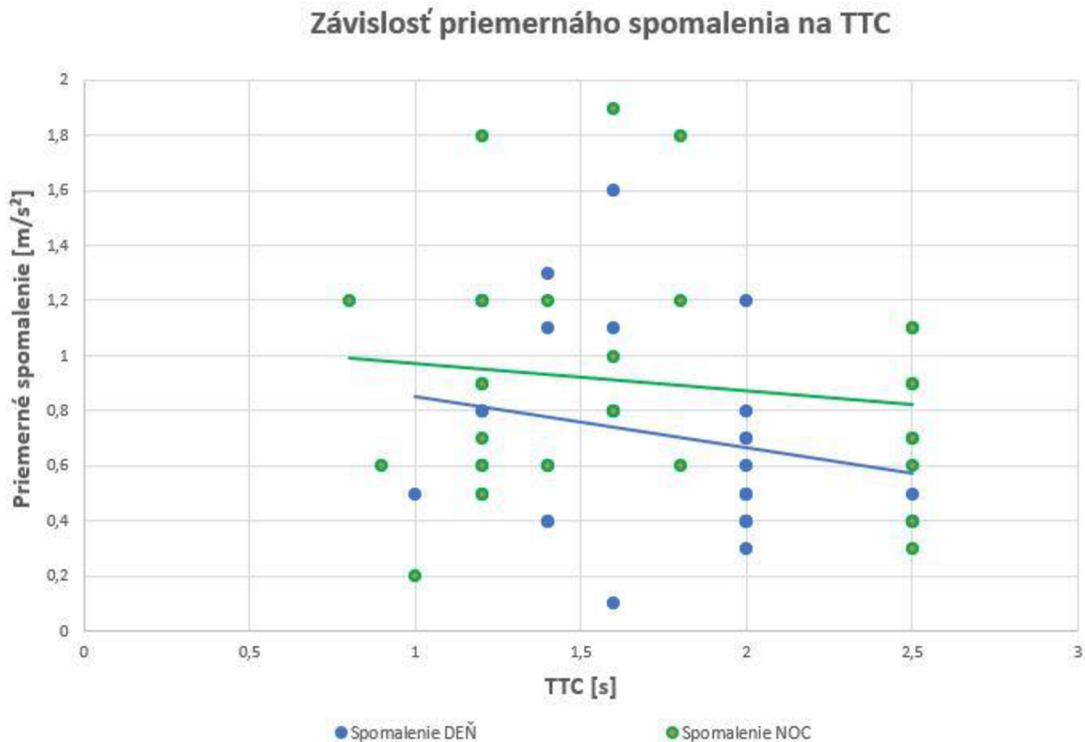
Graf č. 23 Závislosť reakčnej doby na DTC pri podnete brzdivých svetiel [17]

**Grafy č. 22 a 23** znázorňujú závislosti reakčnej doby na čase do kolízie - time to collision (TTC) a vzdialenosti do kolízie - distance to collision (DTC). Štatistický súbor tvorí 33 denných a 23 nočných údajov, obsahujúcich požadované hodnoty. Skúmanie závislosti na DTC nie je úplne bežné. Reakcie prebiehajú u vodičov počas rôznych rýchlostí. Vodiči môžu vnímať a vyhodnocovať situáciu inak. Napríklad pri jazde rýchlosťou 36 km/h a hodnote TTC 2 s je vzdialenosť medzi vozidlami 20 m. Tá istá vzdialenosť predstavuje pri rýchlosti 72 km/h hodnotu TTC len 1 s. Z tohto dôvodu bola do analýzy zakomponovaná aj veličina DTC.

Konkrétne získané hodnoty boli preložené aproximačnými krivkami pre lepšie znázornenie a možnosti posúdenia závislostí. Z priebehu kriviek oboch grafov je zrejma plynúca závislosť. Dĺžka reakčnej doby rastie so zvyšovaním odstupe vozidiel popísanom veličinami TTC aj DTC. Toto zistenie potvrdzuje záver výskumu podľa [20]. Rozdiel v hodnotách reakčných dôb je pravdepodobne spôsobený charakterom testov, ktoré potvrdzujú, že pri naturalistických meraniach sú dosahované vyššie hodnoty ako pri simulátoroch.

Pre hodnoty TTC v intervale 1 až 2 s, je možné s najväčšou pravdepodobnosťou predpokladať reakčnú dĺžku hodnoty 1 až 1,5 s. Pri hodnotách TTC 2,5 s sa priemerné hodnoty reakčnej doby pohybujú v okolí 2,5 s. Pri odstupe vozidiel v rozmedzí 10 až 20 m, sú priemerné

hodnoty reakčnej doby 1 až 1,5 s. Pri 30 metroch 2 až 2,5 s. Denné aj nočné hodnoty vykazujú obdobné závislosti.



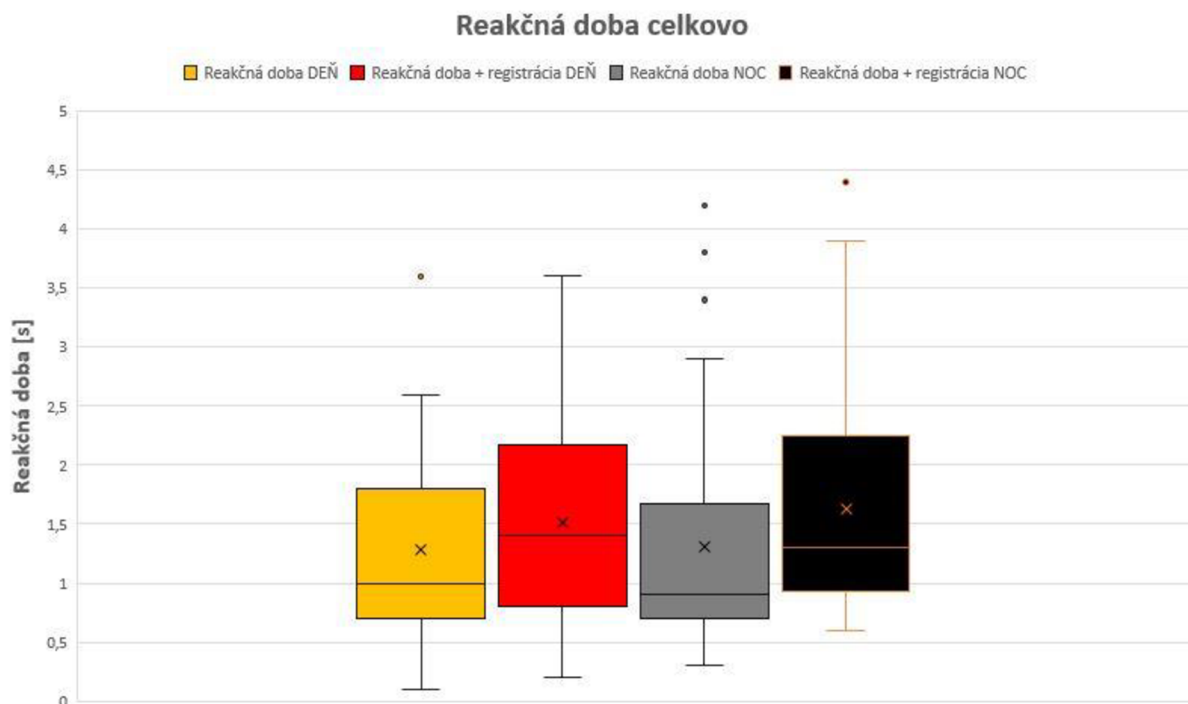
Graf č. 24 Závislosť priemerného spomalenia na TTC pri podnete brzdových svetiel [17]

Pre doplnenie komplexného obrazu o reakcii na brzdové svetlá, **graf č. 24** prezentuje závislosť priemerného spomalenia, zvoleného ako veličinu vyjadrujúcu intenzitu brzdienia na TTC. Štatistický súbor popisuje 33 denných a 23 nočných situácií, pri ktorých bolo možné zabezpečiť obidve potrebné hodnoty. Z aproximačných kriviek vyplýva, že v priebehu dňa aj noci má závislosť spomalenia na čase do kolízie lineárny klesajúci charakter, s rastúcim časom do kolízie sa teda znižuje intenzita brzdienia. Toto zistenie potvrdzuje fakt, že vodiči sú pri menšom časovom odstupe od vpredu idúceho vozidla prirodzene nútení reagovať rýchlejšie a intenzívnejšie pre vyhnutie sa prípadnej kolíznej situácii.

## Reakčná doba celkovo

Tab. č. 58 Reakčná doba celkovo [17]

Zhrnutie - reakčná doba [s]						
	Priemer	Medián	Prvý kvartil	Tretí kvartil	Minimálna hodnota	Maximálna hodnota
Reakčná doba deň	1,3	1	0,7	1,8	0,1	3,6
Reakčná doba + registrácia deň	1,5	1,4	0,8	2,2	0,2	3,6
Reakčná doba noc	1,3	0,9	0,7	1,6	0,3	4,2
Reakčná doba + registrácia noc	1,6	1,3	0,9	2,3	0,6	4,4



Graf č. 25 Reakčná doba celkovo [17]

Štatistický súbor predstavujúci celkový súhrn reakčných dôb pozostáva z 50 denných hodnôt, 59 hodnôt s registráciou a 47 nočných hodnôt s registráciou aj bez nej. Z hľadiska štruktúry celkových dát sa jedná o pestrý súbor, obsahujúci niekoľko odľahlejších maximálnych a minimálnych hodnôt. Skladá sa zo všetkých skúmaných podnetov, ktoré boli vyhodnotené ako komplikované aj jednoduché. Na základe týchto dôvodov sa dá súbor dát v kontexte štatistického priblíženia k najčastejšej a najpravdepodobnejšej hodnote reakčnej doby pokladať za relevantný.

Porovnanie výsledkov z hľadiska dňa a noci nepreukazuje významný rozdiel. Priemerné dĺžky doby registrácie podnetu predlžujú reakčnú dobu o 0,2 až 0,4 s. Celkové hodnoty priemerov a mediánov určujú dĺžku reakčnej doby na 0,9 až 1,3 s. V porovnaní s kombináciou výsledkov výskumov a odhadovanou reakčnou dobou stanovenou v **kap. 2.3.6**, ktorá predpokladá interval 1,2 až 1,5 s, sú dosiahnuté výsledky o 0,2 až 0,3 s nižšie. Dĺžka reakčnej doby spolu s registráciou podnetu podľa mediánov a priemerných hodnôt dosahuje 1,3 až 1,6 s.

## 7 ZÁVER

Predmetom práce je problematika reakčných dôb vodičov v reálnych mestských podmienkach cestnej premávky. Zo štatistík spojených s nehodovosťou [1] vyplýva, že medzi najčastejšie príčiny vzniku kolíznych situácií patrí aj znížená pozornosť pri šoférovaní a nedodržiavanie bezpečnej vzdialenosti medzi vozidlami. Tieto príčiny bezprostredne súvisia s reakčnou dobou a teda aj témou tejto práce.

V rešeršnej časti bola priblížená skladba a vývoj terminológie problematiky reakčnej doby, na základe ktorej boli charakterizované dve definície reakčnej doby, s ktorými sa v práci ďalej pracuje.

- Reakčná doba = časový interval uplynutý medzi zaregistrovaním nebezpečného podnetu a inicializáciou adekvátnej reakcie, najčastejšie počiatkom stlačenia brzdového pedálu. Za registráciu je pokladaný začiatok presunu pohľadu smerom k podnetu.
- Reakčná doba s registráciou podnetu = časový interval uplynutý medzi vznikom podnetu a inicializáciou adekvátnej reakcie. Ide teda o predošlý interval rozšírený o latentný čas optickej reakcie.

Po analýze realizovaných štúdií a ich výsledkov bol navrhnutý experiment, ktorého cieľom bolo zistiť skutočné hodnoty reakčnej doby. Z dôvodu požiadavky na čo najobjektívnejšie výsledky bola navrhnutá forma jazdných skúšok v reálnej premávke, ktoré boli realizované v centre mesta Brno.

V rámci analýzy súčasného stavu boli definované ciele práce, ktoré boli splnené nasledovne:

### ***Identifikácia najčastejšie vznikajúcich podnetov, ktoré môžu súvisieť s kolíznou situáciou***

Na základe skúmaného súboru dát boli určené a v štúdiu bližšie skúmané nasledovné podnety:

- Vstup chodcov do jazdného koridoru vozidla
- Svetelné signalizačné zariadenie - žltý signál „čakaj“ po zelenom signáli
- Brzdové svetlá vpredu idúceho vozidla

### ***Porovnanie výsledkov získaných u jednotlivých probandov z hľadiska dňa a noci***

Porovnanie denných a nočných výsledkov jednotlivých probandov je podrobne uskutočnené v **kap. 6.3**. Pri tomto ciele je ale potrebné konštatovať, že získané dáta vo väčšine

prípádov tvorili malé štatistické súbory, často s výskytom jedinej hodnoty, prípadne u niektorých podnetov nebola zaznamenaná žiadna. V niektorých prípadoch dochádzalo k neštandardným reakciám, ktoré trvali dlhšie napr. z dôvodu veľkej vzdialenosti. Preto nebolo možné objektívne posúdiť značnú časť podnetov a relevancia dosiahnutých výsledkov je z tohto dôvodu veľmi nízka.

***Kvantifikovanie definovaných časových intervalov popisujúcich reakčnú dobu pri vybraných podnetoch.***

V rámci tohto cieľa boli vybrané 3 druhy reakčných podnetov, so zistenými hodnotami reakčných dôb nasledovne:

1. Podnet vo forme chodca vchádzajúceho do jazdného koridoru vozidla

- DEŇ
  - Reakčná doba: interval najčastejších hodnôt 0,8 až 1,6 s, priemerná hodnota 1,3 s, stredná hodnota 1,1 s
  - Reakčná doba + registrácia: interval najčastejších hodnôt 1,6 až 2,4 s, priemerná hodnota 2 s, stredná hodnota 2 s
- NOC
  - Reakčná doba: interval najčastejších hodnôt 0,7 až 2 s, priemerná hodnota 1,5 s, stredná hodnota 1,5 s
  - Reakčná doba + registrácia: interval najčastejších hodnôt 1,6 až 2,9 s, priemerná hodnota 2,3 s, stredná hodnota 2,4 s

V prípade podnetu chodca boli zaznamenané najdlhšie časové intervaly registrácie podnetu dosahujúce priemerné hodnoty 0,7 až 0,9 s, ktoré vzhľadom na charakter podnetu zodpovedajú predpokladom. Vyššie hodnoty nočných reakčných dôb o 0,2 až 0,4 s oproti denným hodnotám potvrdzujú predpoklady na základe realizovaných výskumov [16]. Reakčné doby na podnet chodca vstupujúceho do koridoru vozidla v porovnaní s výskumami popisujúcimi náhodný zložitý podnet [11] [18] dosahujú porovnateľné hodnoty. V porovnaní s identickým podnetom v rámci Muttartovho výskumu [16] dosahujú reakčné doby s registráciou podnetu priemerné hodnoty nižšie o 0,4 s v priebehu dňa a o 0,8 s počas noci.

2. Podnet vo forme žltého signálu na svetelnom signalizačnom zariadení

- DEŇ
  - Reakčná doba: interval najčastejších hodnôt 0,7 až 0,9 s, priemerná hodnota 0,9 s, stredná hodnota 0,8 s
  - Reakčná doba + registrácia: interval najčastejších hodnôt 0,7 až 1,1 s, priemerná hodnota 1 s, stredná hodnota 0,8 s
- NOC

- Reakčná doba: interval najčastejších hodnôt 0,6 až 1 s, priemerná hodnota 0,8 s, stredná hodnota 0,8 s
- Reakčná doba + registrácia: interval najčastejších hodnôt 0,8 až 1,2 s, priemerná hodnota 1 s, stredná hodnota 1,1 s

Štatistické súbory denných a nočných dát sú porovnateľné a neobsahujú značné rozdiely. Svetelné signály sú z hľadiska kontrastu dostatočne viditeľné a výrazné počas dňa aj noci, preto je podobnosť výsledkov opodstatnená. Dĺžka registrácie v tomto prípade dosahovala nízke priemerné hodnoty od 0,1 do 0,3 s, ktoré môžu byť spôsobené jednoduchosťou a jednoznačnosťou podnetu. Zároveň sa podnet dá pokladať za očakávaný, nakoľko je pri vjazde do križovatky riadenej svetelným signalizačným zariadením prirodzené očakávať zmenu svetelného signálu. Predpokladaná dĺžka reakčnej doby sa pre obdobné jednoduché podnety podľa [14] [15] [18] pohybuje v rozmedzí 0,8 až 1,2 s. Z tohto hľadiska zistené hodnoty zodpovedajú predpokladom.

### 3. Podnet vo forme brzdových svetiel vpredu idúceho vozidla

- DEŇ
  - Reakčná doba: interval najčastejších hodnôt 0,7 až 2,1 s, priemerná hodnota 1,4 s, stredná hodnota 1,1 s
  - Reakčná doba + registrácia: interval najčastejších hodnôt 0,8 až 2,2 s, priemerná hodnota 1,5 s, stredná hodnota 1,2 s
- NOC
  - Reakčná doba: interval najčastejších hodnôt 0,8 až 1,9 s, priemerná hodnota 1,5 s, stredná hodnota 0,9 s
  - Reakčná doba + registrácia: interval najčastejších hodnôt 0,9 až 2,2 s, priemerná hodnota 1,6 s, stredná hodnota 1,1 s

Denné hodnoty je v porovnaní s nočnými možné pokladať za veľmi podobné, zo štatistického hľadiska takmer identické. Rozoznatelnosť podnetu vo forme rozsvietenia brzdových svetiel možno považovať za porovnateľnú, počas noci vplyvom nižšej vizuálnej záťaže a väčšieho kontrastu v niektorých prípadoch aj lepšiu ako počas dňa. Dĺžka registrácie podnetu bola minimálna, dosahujúca priemerné hodnoty len cca 0,1 až 0,2 s vzhľadom k povahe a miestu výskytu podnetu v rámci osi pohľadu vodiča. Podľa štúdií skúmajúcich podnet vo forme brzdových svetiel podľa [14] sa priemerné získané hodnoty pohybujú na hornej hranici očakávaného intervalu, prípadne aj mierne nad ním. Toto môže súvisieť s rozdielnou povahou výskumov,



oproti ktorým mohol byť podnet v tejto štúdii menej náhleho charakteru a teda nevyžadoval okamžitú reakciu, ktorá mohla byť vo výsledku latentnejšia.

#### ***Preskúmanie vzájomnej závislosti meraných veličín v rámci podnetu brzdových svetiel.***

V rámci naplnenia tohto cieľa bola skúmaná závislosť na reakčnej dobe v rámci troch veličín. Výsledky jednoznačne potvrdzujú, že dĺžka reakčnej doby rastie so zvyšovaním odstupe vozidiel popísanom veličinami TTC aj DTC. Tento fenomén je spôsobený nižšou mierou rizika vzniku kolíznej situácie, ktorej si je vodič podvedome vedomý, preto je nástup jeho reakcie pozvoľnejší a samotná reakcia miernejšia. Treťou skúmanou veličinou bolo priemerné spomalenie dosahované v priebehu aktivácie brzd, ktorého účelom bolo priblížiť intenzitu reakcie. Priemerné spomalenie bolo skúmané z hľadiska závislosti na TTC. Závislosť v priebehu dňa aj noci preukázala obdobný charakter, pričom sa s rastúcim časom do kolízie znižovala intenzita brzdovania. Toto zistenie potvrdzuje fakt, že vodiči sú pri menšom časovom odstupe od vpredu idúceho vozidla vyjadreného veličinou TTC prirodzene nútení reagovať rýchlejšie a intenzívnejšie pre vyhnutie sa prípadnej kolíznej situácii. Tieto závislosti potvrdili očakávané závery týkajúce sa závislostí v plnom rozsahu.

#### ***Analýza celkového súboru dát získaného meraním a porovnanie s očakávanými výsledkami.***

Pri spracovávaní výsledných hodnôt si je potrebné byť vedomý faktu, že výsledky prameniace z celkového porovnania nemusia s množstvom vzniknutých situácií vôbec korešpondovať. Cielené priblíženie sa špecifickej hodnote reakčnej doby je ale potrebné, nakoľko existujú prípady, pri ktorých nie je možné počítať s rôznymi formami a druhmi reakčných dôb. Za takýto príklad sa dá pokladať napríklad hodnota reakčnej doby 1,5 s, s ktorou počítajú návrhové prvky podľa normy ČSN 73 6101 [28].

Zistené hodnoty reakčných dôb pri celkovom štatistickom súbore pozostávajúcom z rôznych podnetov:

- DEŇ
  - Reakčná doba: interval najčastejších hodnôt 0,7 až 1,8 s, priemerná hodnota 1,3 s, stredná hodnota 1 s
  - Reakčná doba + registrácia: interval najčastejších hodnôt 0,8 až 2,2 s, priemerná hodnota 1,5 s, stredná hodnota 1,4 s
- NOC
  - Reakčná doba: interval najčastejších hodnôt 0,7 až 1,6 s, priemerná hodnota 1,3 s, stredná hodnota 0,9 s

- o Reakčná doba + registrácia: interval najčastejších hodnôt 0,9 až 2,3 s, priemerná hodnota 1,6 s, stredná hodnota 1,3 s

Vo všeobecnosti je možné usudzovať, že celkové výsledky sa zhodujú s predpokladmi na základe predošlých realizovaných výskumov [11] [14] [15] [16] [18] [20] prihliadajúc na špecifickosť jednotlivých podnetov a spôsobov skúmania.

Pre správnosť a objektívnosť štúdie je potrebné dodať, že výsledné hodnoty reakčných dôb v celej štúdii nezahŕňajú dobu nábehu brzdového účinku u testovacieho vozidla BMW 530d Xdrive Touring o približnej hodnote 70 ms. S ohľadom na zaokrúhľovanie, súčty jednotlivých meraných intervalov a taktiež prípadný vplyv subjektívneho vyhodnotenia jednotlivých situácií autorom tejto práce, by skúmané reakčné doby vo väčšine prípadov dosahovali nižšie hodnoty o približne 0,05 až 0,1 s.

***Parciálnym cieľom bol aj popis spôsobu vnímania statického dopravného značenia.***

V priebehu dňa bola zaznamenaná registrácia na 35% skúmaných podnetov. V priebehu noci 26%. Pokles podielu optických reakcií môže byť následkom zníženej hustoty premávky, ktorá umožňuje plynulejšiu a intuitívnejšiu jazdu. Ďalším dôvodom môže byť režim blikajúceho žltého svetelného signálu na niektorých križovatkách, ktorý bol s najväčšou pravdepodobnosťou vo viacerých prípadoch vnímaný len periférne. Priemerný počet pohľadov venovaných jednému podnetu v priebehu dňa bol 1,7, zatiaľ čo v priebehu noci 1,4. Pokles je možné predpokladať na základe nižšej rizikovosti premávky spojenej so zníženou potrebou vodičov kontrolovať dopravné značenie viackrát. Priemernú dĺžku pohľadov v priebehu denných dát popisuje hodnota 0,4 s, pri nočných jazdách 0,6 s. Nárast v priebehu noci je pravdepodobne spôsobený horšou viditeľnosťou a rozoznatelnosťou dopravných značení v dôsledku úbytku množstva svetla v prostredí.

Potreba kvantifikácie reakčnej doby pri rôznych podnetoch je veľmi významná a z hľadiska aplikovateľnosti použiteľná vo viacerých oblastiach. Z nich najdôležitejšia je súdnoznalecká prax, ktorá v rámci analýzy dopravných nehôd potrebuje relevantné dáta aplikovateľné v špecifickej situácii pre dosiahnutie čo najobjektívnejšieho výsledku. Medzi okruhy s možnosťou aplikácie môžeme pokladať aj konštruovanie a návrhy pozemných komunikácií, najmä prvkov aktívnej bezpečnosti zameriavajúcich sa na dostatočné rozostupy medzi vozidlami pre zabránenie vzniku a redukcie následkov kolíznych situácií.

V neposlednom rade môžu byť informácie obsiahnuté v tejto práci užitočné aj pre samotných vodičov a ostatných účastníkov cestnej premávky. Výsledné priemerné hodnoty

reakčných dôb napr. pri podnete brzdových svetiel vpredu idúceho vozidla, na ktorých je možné skúmať bezpečné odstupové vzdialenosti, ukázali nasledovné:

Pri priemerných reakčných dobách pohybujúcich sa v rozmedzí 1 až 1,5 s v mestskom prostredí pri priemerných rýchlostiach 50 km/h, v situáciách, ktoré vzhľadom k dosiahnutým brzdovým spomaleniam vo väčšine prípadov nepokladáme za náhle, by za predpokladu brzdenia rovnakou intenzitou ako vpredu idúce vozidlo, bezpečný časový odstup zodpovedal dĺžke samotnej reakčnej doby.

Pri situáciách s náhlou statickou prekážkou, vyžadujúcich si intenzívne brzdenie o dosiahnuteľnej približnej hodnote  $8 \text{ m/s}^2$ , v závislosti na technických parametroch vozidla, vozovky, adhézie a pod., uvažujúc spodné hodnoty reakčnej doby 0,8 až 1 s, by vozidlo do úplného zastavenia od začiatku reakcie potrebovalo približne 1,7 s, čo spolu s reakčnou dobou tvorí 2,5 až 2,7 s.

V tomto kontexte sa odporúčania podľa Besip [35], ohľadom bezpečných vzdialeností dosiahnuteľných napr. pravidlom 2 sekúnd, javia ako vhodné a použiteľné aj v prípade jazdy v mestskom prostredí pri nižších rýchlostiach.

## ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] Vyhodnotenie dopravno-bezpečnostnej situácie za 12 mesiacov 2020. In: Wwww.minv.sk [online]. Bratislava: Prezídium Policajného zboru SR, 2021 [cit. 2021-06-05]. Dostupné z: [https://www.minv.sk/swift\\_data/source/policia/dopravna\\_policia/dn/prezentacie\\_dbs/2020/Vyhodnotenie%20DBS%20za%20rok%202020%20def..pdf](https://www.minv.sk/swift_data/source/policia/dopravna_policia/dn/prezentacie_dbs/2020/Vyhodnotenie%20DBS%20za%20rok%202020%20def..pdf)
- [2] Zákon č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov. In: . Bratislava: NR SR, 2009. Dostupné také z: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2009-8#p17>
- [3] KHAN, Muhammad a Sukhan LEE. A Comprehensive Survey of Driving Monitoring and Assistance Systems. Sensors (Basel, Switzerland) [online]. 2019, 19(11) [cit. 2021-06-03]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s19112574
- [4] DLHOŠOVÁ, Terézia. Vodiči. In: Mentem [online]. Brno: Mentem, 2015 [cit. 2021-06-03]. Dostupné z: <https://www.mentem.sk/blog/vodici/>
- [5] Purkyněho fenomén. In: Percepčia [online]. Bratislava: Ľudmila Mitková, Flóra Beňová, PhDr. Martin Jakubek, 2001 [cit. 2021-06-02]. Dostupné z: <http://percepčia.szm.com/Purkyne.htm>
- [6] VisualExpert. In: Visual Expert [online]. Ontario: Marc Green Ph.D, 2018 [cit. 2021-06-02]. Dostupné z: <http://visualexpert.com/Resources/nightvision.html>
- [7] VisualExpert. In: Visual Expert [online]. Ontario: Marc Green Ph.D, 2018 [cit. 2021-06-02]. Dostupné z: <http://visualexpert.com/Resources/reactiontime.html>
- [8] GAŠPAROVSKÝ, Dionýz a Roman DUBNIČKA. Mezopické videnie - čo to je a čo to prinesie pre prax ?. Světlo [online]. 2018, 1(2), 47 [cit. 2021-06-02]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/mezopicke-videnie-co-to-je-a-co-to-prinesie-pre-prax--2858>
- [9] VisualExpert. In: Visual Expert [online]. Ontario: Marc Green Ph.D, 2018 [cit. 2021-06-02]. Dostupné z: <http://visualexpert.com/Resources/olderdrivers.html>
- [10] Human factors in traffic safety. 3. Tucson, AZ: Lawyers & Judges Publishing Company, Inc., 2016. ISBN 978-1-933264-88-2.
- [11] OLSON, Paul a Michael SIVAK. Perception-response time to unexpected roadway hazards. Human Factors [online]. 1986, 28(1), 91-96 [cit. 2021-06-03]. Dostupné z: doi:10.1177/001872088602800110

- [12] MCGEE, a HOOPER. Highway Design and Operations Standards Affected by Driver Characteristics. Volume 2. Final Technical Report. 1. Washington: Federal Highway Administration, 1983. PB86119930. Dostupné také z: <https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/PB86119930.xhtml>
- [13] BRADÁČ, Albert. Soudní inženýrství. 1. Brno: CERM, 1999. ISBN 8072041339.
- [14] GREEN, Marc. "How Long Does It Take to Stop?" Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times. Transportation human factors [online]. Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 2000, 2(3), 195-216 [cit. 2021-06-03]. ISSN 1093-9741. Dostupné z: doi:10.1207/STHF0203\_1
- [15] PAWEŁ, Drożdziel, Tarkowski SŁAWOMIR, Rybicka IWONA a Wrona RAFAŁ. Drivers 'reaction time research in the conditions in the real traffic. Open Engineering (Warsaw) [online]. De Gruyter, 2020, 10(1), 35-47 [cit. 2021-06-03]. Dostupné z: doi:10.1515/eng-2020-0004
- [16] MUTTART, Jeffrey W. Development and Evaluation of Driver Response Time Predictors Based upon Meta Analysis. 2003. ISSN 0148-7191. Dostupné z: doi:10.4271/2003-01-0885
- [17] Archív autora.
- [18] ZHUK, Mykola. Research on drivers' reaction time in different conditions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies [online]. 2017, 2(3), 24-31 [cit. 2021-06-03]. Dostupné z: doi:10.15587/1729-4061.2017.98103
- [19] DigiCar Validation Study. In: TRL [online]. Berks: TRL, 2020 [cit. 2021-06-03]. Dostupné z: <https://trl.co.uk/projects/digicar-validation-study>
- [20] JURECKY, Rafal a Marek GUZEK. Driver reaction time under emergency breaking a car-research in the driving simulator. Eksploatacja i Niezawodnosc - Maintenance and Reliability [online]. 2012, 14(4), 295-301 [cit. 2021-06-03]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/272418357\\_Driver\\_reaction\\_time\\_under\\_emergency\\_breaking\\_a\\_car-research\\_in\\_the\\_driving\\_simulator](https://www.researchgate.net/publication/272418357_Driver_reaction_time_under_emergency_breaking_a_car-research_in_the_driving_simulator)
- [21] HUGEMANN, Wolfgang. Driver Reaction Times in Road Traffic. EVU 2002 [online]. Portorož, 2002, 1(1), 1-12 [cit. 2021-06-04]. Dostupné z: [https://www.unfallrekonstruktion.de/pdf/evu\\_2002\\_reaction\\_english.pdf](https://www.unfallrekonstruktion.de/pdf/evu_2002_reaction_english.pdf)
- [22] DREWES, Heiko. Eye Gaze Tracking for Human Computer Interaction. 2010. München: Ludwig-Maximilians-Universität München, 2010.

- [23] Interior monitoring systems [online]. Gerlingen-Schillerhöhe: Bosch, 2021 [cit. 2021-06-03]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/interior-and-body-systems/interior-monitoring-systems/>
- [24] Smart Eye launches the AIS – a complete driver monitoring system for the automotive aftermarket. In: Automotiveworld.com [online]. Penarth: automotiveworld.com, 2021 [cit. 2021-06-03]. Dostupné z: <https://www.automotiveworld.com/news-releases/smart-eye-launches-the-ais-a-complete-driver-monitoring-system-for-the-automotive-aftermarket/>
- [25] BUCSUHÁZY, Kateřina. Analýza vlivů vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství, 2019. Dizertační práce. Vedoucí práce Doc. Ing. Marek Semela, Ph.D.
- [26] LEE, John, Daniel MCGEHEE, Timothy BROWN a Michelle REYES. Collision Warning Timing, Driver Distraction, and Driver Response to Imminent Rear-End Collisions in a High-Fidelity Driving Simulator. Human factors [online]. Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2002, 44(2), 314-334 [cit. 2021-06-03]. ISSN 0018-7208. Dostupné z: doi:10.1518/0018720024497844
- [27] Design Controls and Criteria. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 5th Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2004, s. 1-1. ISBN 9781560512636. Dostupné také z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/rcid:kpAPGDHSED/id:kt006JRH08/policy-geometric-design/design-controls-criteria?kpromoter=Summon>
- [28] ČSN 73 6101. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018.
- [29] BILÍK, Tomáš. Analýza reakčních dob na základe měření v reálném silničním provozu. Brno, 2020. Diplomová práce. Vysoké Učení Technické v Brne Ústav Soudního Inženýrství. Vedoucí práce Ing. Michal Belák.
- [30] BELÁK, Michal. ZJIŠTĚNÍ DOBY POTŘEBNÉ PRO ŘIDIČE K VYHODNOCENÍ SITUACE ZA VOZIDLEM PŘI ODBOČOVÁNÍ A PŘEDJÍŽDĚNÍ. Brno, 2020. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.
- [31] Eye Tracking Dikablis Glasses. In: Www.ergoneers.com [online]. Egling: Ergoneers, 2021 [cit. 2021-06-06]. Dostupné z: <https://www.ergoneers.com/en/hardware/dikablis-glasses/>

- [32] Vehicle testing kit. In: Www.ergoneers.com [online]. Egling: Ergoneers, 2021 [cit. 2021-06-06]. Dostupné z: <https://www.ergoneers.com/en/landingpages/vehicle-testing-kit-landingpage-en/>
- [33] D-Lab Data Aquisition and Analysis Software. In: Www.ergoneers.com [online]. Egling: Ergoneers, 2021 [cit. 2021-06-06]. Dostupné z: <https://www.ergoneers.com/en/data-capture-software-and-analysis-software/d-lab/>
- [34] Google Maps [online]. Menlo Park, Kalifornia, USA: Google LLC, 2022 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/>
- [35] Bezpečná vzdálenost [online]. In: . Praha: Ministerstvo dopravy, 2022 [cit. 2022-05-23]. Dostupné z: <https://besip.cz/Tematicke-stranky/Zasady-bezpecne-jizdy-v-aute/Bezpecna-vzdalenost>

## ZOZNAM TABULIEK

Tab. č. 1 Priemer zrenice počas dňa a noci u jednotlivých vekových skupín [9] .....	20
Tab. č. 2 Dĺžka komponentov reakčnej doby vodičov [12] .....	22
Tab. č. 3 Dĺžka komponentov reakčnej doby vodičov [13] .....	23
Tab. č. 4 Prehľad významných realizovaných výskumov do roku 2000 podľa Greena [14] .....	26
Tab. č. 5 Významné premenné Muttartovho výskumu [16] .....	29
Tab. č. 6 Dĺžka reakčných dôb podľa Muttarta [16] .....	30
Tab. č. 7 Závislosť reakčnej doby na veku a pohlaví súhrn [18] .....	35
Tab. č. 8 Výsledky testov u jednotlivých probandov [15] .....	42
Tab. č. 9 Proband 8 DEŇ – podnet chodec .....	61
Tab. č. 10 Proband 8 DEŇ – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení .....	62
Tab. č. 11 Proband 8 DEŇ – podnet brzdové svetlá .....	62
Tab. č. 12 Proband 8 DEŇ – Statické podnety .....	63
Tab. č. 13 Statické podnety DEŇ celkovo [17] .....	63
Tab. č. 14 Reakčné doby DEŇ – celkovo .....	64
Tab. č. 15 Proband 9 NOC – podnet chodec [17] .....	66
Tab. č. 16 Proband 9 NOC – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17] .....	66
Tab. č. 17 Proband 9 NOC – podnet brzdové svetlá [17] .....	67
Tab. č. 18 Proband 9 NOC – statické podnety [17] .....	67
Tab. č. 19 Statické podnety NOC celkovo [17] .....	67
Tab. č. 20 Reakčné doby NOC – celkovo [17] .....	68
Tab. č. 21 Proband 1 DEŇ – podnet chodec [17] .....	70
Tab. č. 22 Proband 1 DEŇ – podnet brzdové svetlá [17] .....	71
Tab. č. 23 Proband 1 DEŇ – statické podnety [17] .....	71
Tab. č. 24 Proband 1 NOC – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17] .....	72
Tab. č. 25 Proband 1 NOC – podnet brzdové svetlá [17] .....	72
Tab. č. 26 Proband 1 NOC – statické podnety [17] .....	72
Tab. č. 27 Proband 2 DEŇ – podnet chodec [17] .....	73
Tab. č. 28 Proband 2 DEŇ – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17] .....	74
Tab. č. 29 Proband 2 DEŇ – podnet brzdové svetlá [17] .....	74
Tab. č. 30 Proband 2 DEŇ – statické podnety [17] .....	74
Tab. č. 31 Proband 2 NOC – podnet chodec [17] .....	74
Tab. č. 32 Proband 2 NOC – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17] .....	75
Tab. č. 33 Proband 2 NOC – podnet brzdové svetlá [17] .....	75
Tab. č. 34 Proband 2 NOC – statické podnety [17] .....	75



Tab. č. 35 Proband 3 DEŇ – podnet chodec [17].....	76
Tab. č. 36 Proband 3 DEŇ – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17] .....	77
Tab. č. 37 Proband 3 DEŇ – podnet brzdové svetlá [17].....	77
Tab. č. 38 Proband 3 DEŇ – statické podnety [17].....	77
Tab. č. 39 Proband 3 NOC – podnet brzdové svetlá [17] .....	78
Tab. č. 40 Proband 3 NOC – statické podnety [17] .....	78
Tab. č. 41 Proband 4 DEŇ – podnet chodec [17].....	79
Tab. č. 42 Proband 4 DEŇ – podnet brzdové svetlá [17].....	80
Tab. č. 43 Proband 4 DEŇ – statické podnety [17].....	80
Tab. č. 44 Proband 4 NOC – podnet chodec [17] .....	80
Tab. č. 45 Proband 4 NOC – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17].....	80
Tab. č. 46 Proband 4 NOC – podnet brzdové svetlá [17] .....	81
Tab. č. 47 Proband 4 NOC – statické podnety [17] .....	81
Tab. č. 48 Proband 5 DEŇ – podnet chodec [17].....	82
Tab. č. 49 Proband 5 DEŇ – podnet brzdové svetlá [17].....	82
Tab. č. 50 Proband 5 DEŇ – statické podnety [17].....	82
Tab. č. 51 Proband 5 NOC – podnet chodec [17] .....	83
Tab. č. 52 Proband 5 NOC – podnet žltý signál na svetelnom signalizačnom zariadení [17].....	83
Tab. č. 53 Proband 5 NOC – podnet brzdové svetlá [17] .....	83
Tab. č. 54 Proband 5 NOC – statické podnety [17] .....	83
Tab. č. 55 Chodec celkovo [17] .....	85
Tab. č. 56 Svetelné signalizačné zariadenie celkovo [17] .....	86
Tab. č. 57 Brzdové svetlá celkovo [17].....	88
Tab. č. 58 Reakčná doba celkovo [17].....	92

## ZOZNAM GRAFOV

Graf č. 1 Kumulatívne krivky distribučného intervalu výkonu vodičov [18] .....	33
Graf č. 2 Závislosť reakčnej doby na záťažovom indexe v reálnych podmienkach [18] .....	34
Graf č. 3 Závislosť reakčnej doby vodičov na indexe činnosti regulačných systémov v reálnych podmienkach [18] .....	35
Graf č. 4 Zmerané intervaly z testu [20] .....	38
Graf č. 5 Reakčná doba ako funkcia času do kolízie [20] .....	38
Graf č. 6 Graf reakčnej doby skúmaných subjektov [11] .....	41
Graf č. 7 Graf bezpečnostného benefitu včasného varovania RECAS v porovnaní s neskorým varovaním a žiadnym varovaním [26] .....	46
Graf č. 8 Grafy dôsledkov varovaní RECAS na pozornosť a bezpečnosť [26] .....	47
Graf č. 9 Nehodovosť na Slovensku za rok 2020 [1] .....	50
Graf č. 10 Reakčné doby DEŇ – celkovo .....	64
Graf č. 11 Závislosť Priemerného spomalenia na reakčnej dobe DEŇ .....	65
Graf č. 12 Reakčné doby NOC – celkovo [17] .....	69
Graf č. 13 Závislosť Priemerného spomalenia na reakčnej dobe NOC [17] .....	69
Graf č. 14 Proband 1 celkovo [17] .....	73
Graf č. 15 Proband 2 celkovo [17] .....	76
Graf č. 16 Proband 3 celkovo [17] .....	79
Graf č. 17 Proband 4 celkovo [17] .....	81
Graf č. 18 Proband 5 celkovo [17] .....	84
Graf č. 19 Chodec celkovo [17] .....	85
Graf č. 20 Svetelné signalizačné zariadenie žltý signál po zelenom celkovo [17] .....	87
Graf č. 21 Brzdové svetlá celkovo [17] .....	88
Graf č. 22 Závislosť reakčnej doby na TTC pri podnete brzdových svetiel [17] .....	89
Graf č. 23 Závislosť reakčnej doby na DTC pri podnete brzdových svetiel [17] .....	90
Graf č. 24 Závislosť priemerného spomalenia na TTC pri podnete brzdových svetiel [17] .....	91
Graf č. 25 Reakčná doba celkovo [17] .....	92

## ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. č.1 Proces riadenia vozidla [3] .....	17
Obr. č. 2 Stavba ľudského oka [5].....	18
Obr. č. 3 Druhy videnia [6] .....	20
Obr. č. 4 Priebeh reakčnej doby podľa Muttarta [16].....	25
Obr. č. 5 Znáznornenie vybraných komponentov reakčnej doby a ich integrácia [17].....	28
Obr. č. 6 Predmetná monitorovaná križovatka v Kentucky [16] .....	30
Obr. č. 7 Tvorenie EEG záznamu [18] .....	33
Obr. č. 8 DigiCar simulátor [19] .....	36
Obr. č. 9 Prípadová štúdia na simulátore [20].....	37
Obr. č. 10 Meranie reakčnej doby na podnet brzdových svetiel [21].....	40
Obr. č. 11 Snímanie kamerou [15] .....	42
Obr. č. 12 Eye Tracker [22] .....	44
Obr. č. 13 Vektor od záblesku do stredu zrenice a polohy deviatich kalibračných bodov [22] .....	45
Obr. č. 14 Skúmané formy reakčnej doby [17].....	53
Obr. č. 15 BMW 530d xDrive Tuoring [30].....	53
Obr. č. 16 Eye tracker Dikablis Glasses 3 [31].....	54
Obr. č. 17 VTK – Vehicle Testing Kit [32] .....	54
Obr. č. 18 Ukážka pracovného prostredia D-Lab [33] .....	55
Obr. č. 19 Trasa jazdnej skúšky [34].....	56
Obr. č. 20 Podnet – chodec vstupujúci do jazdného koridoru vozidla .....	57
Obr. č. 21 Podnet – svetelné signalizačné zariadenie – žltý signál „čakaj“ po zelenom .....	57
Obr. č. 22 Podnet – vpredu idúce vozidlo – brzdové svetlá .....	58
Obr. č. 23 Podnet – statické dopravné značenie .....	58

## ZOZNAM SKRATIEK

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

$a_{\text{priem}}$  – priemerné spomalenie

$v_{\text{priem}}$  – priemerná rýchlosť

km/h – kilometer za hodinu

s – sekunda

$m/s^2$  - meter za sekundu na druhú

m – meter

TTC – Time To Collision

DTC – Distance To Collision

TOCS – Time Of Complete Stopping = čas potrebný na úplné zastavenie vozidla

PRT – Perception Response Time = interval medzi momentom keď sa podnet stane identifikovateľným a rozpoznateľným zahájením motorickej reakcie

MPT – Mental Processing Time = interval medzi zaregistrovaním podnetu a rozhodnutím o odozve

RT – Reaction Time = reakčná doba

PT – Perception Time = interval potrebný na rozoznanie významu vzniknutého podnetu

MT – Movement Time = čas potrebný na realizáciu motorickej reakcie

DRT – Device Response Time = čas odozvy vozidla

EEG – Electroencephalogram

ECG – Electrocardiogram

EOG - Electrooculography

EMG – Electromyography

EDA – Electro Dermal Activity GSR – Galvanic Skin Reaction = galvanická reakcia a pokožky

FCW – Front Collision Warning = varovanie pred predným nárazom

PBA – Precrash Break Assist = predkolízny brzdový asistent

RE CAS – Rear End Collision Avoidance Systems = systémy na predídenie predozadných kolízií

CAN – Controller Area Network = zbernica – lokálna sieť, využívaná na internú komunikáciu riadiacich jednotiek, senzorov a akčných členov vo vozidle