



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 NA ZÁKLADĚ MĚŘENÍ V REÁLNÉM SILNIČNÍM PROVOZU

REACTION TIME ANALYSIS ON THE BASIS OF MEASUREMENTS IN REGULAR ROAD TRAFFIC

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Bilík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Belák

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Student:	Bc. Tomáš Bilík
Studijní program:	Expertní inženýrství v dopravě
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. Michal Belák
Akademický rok:	2019/20
Ústav:	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 na základě měření 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 doporučené 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 978-8-904944-2-8.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá reakční dobou řidičů v podmínkách reálného silničního provozu. V rámci analýzy současného stavu poznání je uveden rozbor problematiky reakčních dob, zejména se jedná o různé definování pojmu reakční doba, členění na jednotlivé fáze, vymezení vybraných metod měření a poznatků z prací jiných autorů. Na základě analýzy současného stavu byl autorem této práce navržen a realizován experiment za účelem zjištění reakčních dob řidičů při různých dopravních situacích v podmínkách běžného silničního provozu. Data získána v průběhu experimentu byla vyhodnocena na základě různých dopravních situací a různých časových odstupů.

Abstract

This diploma thesis deals with driver's reaction time in regular road traffic. The theoretical part of this work focuses on reaction time, such as various definitions, structuring of reaction time, methods of measuring or publications made by other authors. The practical part of this diploma thesis includes proposal and realization of experiment, based on analysis of the current state by the author of this diploma thesis, which focuses on driver's reaction time in regular road traffic (various traffic situations). At the end, the practical part presents the results evaluation based on various traffic situations or headway.

Klíčová slova

Reakční doba, časový odstup, eyetracking, jízdní zkouška, běžný silniční provoz

Keywords (example)

Reaction time, headway, eyetracking, driving study, real road traffic

Bibliografická citace

BILÍK, Tomáš. *Analýza reakčních dob na základě měření v reálném silničním provozu*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/120251>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Ing. Michal Belák.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „*Analýza reakčních dob na základě měření v reálném silničním provozu*“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce Ing. Michala Beláka a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně

.....

Podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Belákovi, za odborné rady, ochotu a pomoc při realizaci této práce. Doc. Ing. Bc. Marku Semelovi, Ph.D. a Ing. et Ing. Bc. Martinu Bilíkovi, Ph.D. za pomoc při řízení doprovodných vozidel v rámci realizace měření. Dále pak blízké rodině a přítelkyni za veškerou podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

OBSAH	13
1 ÚVOD	15
2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ	16
2.1 Základní vjemy řidiče	16
2.1.1 Zrakové vnímání řidiče	16
2.1.2 Sluchové vnímání řidiče	18
2.1.3 Vliv prostředí	19
2.2 Definování reakční doby řidiče	21
2.2.1 Základní přehled definic	21
2.2.2 Členění reakční doby řidiče	24
2.2.3 Historický vývoj v oblasti poznání reakční doby řidiče	28
2.3 Základní metody měření reakčních dob řidičů	31
2.3.1 Laboratorní měření na jednoduchých přístrojích	31
2.3.2 Laboratorní měření na speciálních jízdních simulátorech	32
2.3.3 Jízdní zkoušky	34
2.3.4 Naturalistické a observační studie	34
2.4 Vybrané metody získávání dat v praxi	35
2.4.1 Eyetracking	35
2.4.2 Měření fyziologických veličin	36
2.4.3 Data z vozidel	37
2.5 Reakční doba řidiče dle relevantní judikatury	37
2.6 Shrnutí analýzy současného stavu	41
3 STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ	43
4 POUŽITÉ METODY A JEJICH ZDŮVODNĚNÍ	45
4.1 Metoda realizace měření	45
4.1.1 Rámcová metodika měření	45
4.1.2 Vymezení reakčních podnětů	45
4.1.3 Definování měřených reakčních dob	46
4.2 Popis měření, získávání a zpracování dat	47
4.2.1 Měřící technika	47
4.2.2 Trasa měření	50
4.2.3 Zpracování dat	51
4.2.4 Probandi	55

5 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT A ZJISTĚNÝCH SKUTEČNOSTÍ.....	57
5.1 Vyhodnocení reakčních dob dle různých podnětů z běžného provozu	57
5.1.1 Osvětlené objekty, zvukové podněty.....	57
5.1.2 Vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla	57
5.1.3 Chodci, jízdní kola, překážky na silnici.....	58
5.1.4 Vepředu jedoucí vozidla.....	59
5.1.5 Řízení dopravy (světelná signalizace)	66
5.2 Souhrnné porovnání hodnot z měření	67
5.2.1 Porovnání celkových dob reakcí v rámci kategorií 2 až 5.....	67
5.2.2 Porovnání parametru doba aktivace brzd v rámci kategorií 2 až 5	68
5.2.3 Srovnání řidičů na základě zkušenosti s dopravní nehodou	71
5.2.4 Souhrnné statistiky z celého souboru hodnot.....	73
6 ZÁVĚR	75
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	78
SEZNAM TABULEK	81
SEZNAM OBRÁZKŮ	82
SEZNAM ZKRATEK	83
SEZNAM PŘÍLOH.....	83

1 ÚVOD

Dopravní nehody jsou smutnou, však nedílnou součástí provozu na pozemních komunikacích. Snahou zákonodárců a mnohých institucí je maximální snížení počtu dopravních nehod, zejména fatalit v provozu a přiblížení se tak švédské „Vizi 0“ (minimalizace mrtvých v důsledku provozu na pozemních komunikacích). Objem dopravy, zejména silniční, konstantně roste již řadu let. Je tedy logické, že s rostoucím objemem dopravy přirozeně roste i riziko vzniku dopravních nehod. Problematiku reakčních dob řidičů můžeme v souvislosti s dopravou nalézt v mnoha oblastech. Jednou z takových oblastí je například předcházení nehodám ve spojitosti s bezpečnými rozestupy mezi účastníky silničního provozu, v zahraničí známé pod pojmem „Tailgating“. Na rozdíl od jiných zemí Evropy naše právní úprava neobsahuje minimální požadavky na rozstup mezi vozidly, a spoléhá na výkladově nejednoznačné obecné ustanovení. Druhou oblastí, kde se typicky setkáváme s problematikou reakčních dob, je analýza dopravních nehod. Reakční doba je důležitým vstupním parametrem pro výpočet a rekonstrukci nehodového děje. Potřebou soudního inženýrství ve spojitosti s analýzou dopravních nehod je znalost všech prvků systému řidič – vozidlo, aby bylo možné komplexně popsat chování celého systému. Reakční doba řidiče motorového vozidla je jedním z významných prvků tohoto systému.

Snaha o vymezení reakční doby řidiče sahá až k samotným počátkům automobilismu. První vědecké publikace se datují do první poloviny 20. století. Tato problematika je hojně publikována i v dnešní době, zejména díky různorodosti názorů na obsahové vymezení a samotné definování reakční doby. Zřejmě nejvýznamnějším impulsem pro nové výzkumy v oblasti reakčních dob je technický pokrok v oblasti měřicí a počítačové techniky, který umožňuje provádět nové výzkumy, případně opakovat již realizované experimenty s daleko větší úrovní přesnosti. Cílem této diplomové práce, je rovněž využití moderní měřicí techniky ke zjištění reakčních dob řidičů v běžném silničním provozu. Přesné a vědecky podložené stanovení reakčních dob řidičů může být v budoucnosti například teoretickým základem pro zákonodárce při snaze o stanovení základních mezí z hlediska odpovědnosti řidiče za jednání v souvislosti s řízením motorových vozidel.

Předmětem této práce byla snaha o rozšíření poznatků v rámci reakčních dob řidičů na neočekávané a očekávané vizuální podněty v situacích v běžném silničním provozu, zejména reakce na brzdová světla vepředu jedoucího vozidla, náhlý vstup chodce do vozovky, reakce na změnu světelného signálu na světelném signalizačním zařízení a další.

2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

V rámci této kapitoly byla podrobně rozebrána problematika reakčních dob řidičů s ohledem na současný stav poznání. Jednotlivé podkapitoly se zabývaly obecným definováním reakční doby, členěním této doby na jednotlivé složky, historickým vývojem zkoumání a poznáním této problematiky. Dále byly představeny moderní měřicí přístroje vhodné pro účely měření k dosažení cílů této práce. Součástí byla také vybraná judikatura českých soudů, pro představu praktického využití a rozpětí reakčních dob řidičů v našem právním prostředí. Dílčím cílem rešerše současného stavu byla také snaha o obecné časové vymezení reakční doby řidiče s ohledem na možné využití např. ve znalecké praxi.

2.1 ZÁKLADNÍ VJEMY ŘIDIČE

Základním kamenem každé smyslové reakce je určitý podnět (vjem), který člověk vnímá pomocí konkrétních smyslových orgánů. Vzhledem k problematice této diplomové práce (dále jen DP) bylo vhodné alespoň v krátkosti nastínit proces vnímání řidiče, protože stanovení, popřípadě definování reakční doby řidiče s problematikou přesného určení počátku našeho vnímání přímo souvisí. Vnímání člověka může být poměrně snadno ovlivněno různými rušivými elementy (distraktory), které mohou přicházet jak zevnitř, tak i zvenčí vozidla a mohou přirozeně ovlivnit řidiče a jeho reakční schopnosti.

Mezi základní vjemy, relevantní pro problematiku řízení motorových vozidel, řadíme především vnímání prostřednictvím zraku a sluchu. Z dalších forem vnímání řidiče můžeme uvést například taktilní percepci neboli dotekové vnímání. Dotekové vnímání souvisí s problematikou celkové vnímavosti řidiče. Jednoduše řečeno, mnohdy vyvstává otázka, co je schopen řidič ještě registrovat a co nikoliv. Konkrétním příkladem z praxe jsou drobné dopravní nehody při parkovacích manévrech, typicky na veřejných parkovištích, jejichž správné posouzení může mít značné trestně-právní důsledky [4][28].

2.1.1 Zrakové vnímání řidiče

Zrakové vnímání je bezesporu hlavním zdrojem informací o okolním dění pro každého řidiče. Tyto informace řidič primárně užívá pro své reakce, nebo je zpracovává pro další rozhodování.

Z hlediska základních funkcí lidského vidění můžeme vyčlenit [4]:

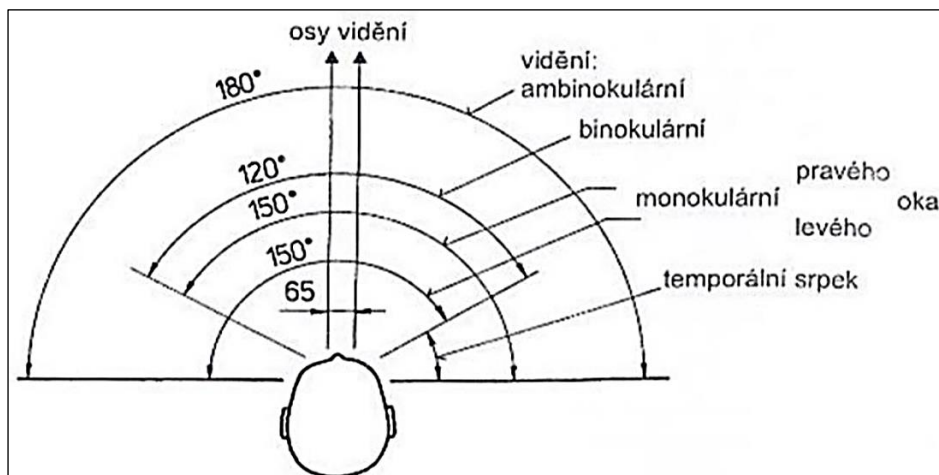
- vnímání jasů;
- vnímání kontrastu;
- vnímání prostoru;
- vnímání barev;
- vnímání detailů.

Zmíněné funkce vidění při správném fungování zajistí řidiči potřebné informace rychle a kvalitně tak, aby mohl na případnou dopravní situaci adekvátně reagovat.

Z pohledu řidiče souvisí se zrakovým vnímáním i problematika výhledu z vozidla. Výhled z vozidla je primárně řešen samotným konstrukčním řešením vozidla a rozmístěním jednotlivých komponent. V souvislosti s tím mohou být uvedeny různé druhy vidění, které můžeme členit do následujících kategorií [35]:

- monokulární vidění;
- binokulární vidění;
- ambinokulární vidění.

Tyto kategorie představují oblasti výhledu, které jsou viditelné pouze jedním okem (monokulární) a dále oblast s nejmenším a největším úhlem výhledu, který mohou naše oči vidět společně. Okrajovou oblast, kterou je možné vidět pouze monokulárně nazýváme temporální srpek. Osou vidění rozumíme spojnicí mezi centrální jamkou ve žluté skvrně a bodem fixace oka. Prostor, který vidíme před sebou jedním okem, stacionárním klidným pohledem, nazýváme zorné pole, viz **obr. 1** [35].



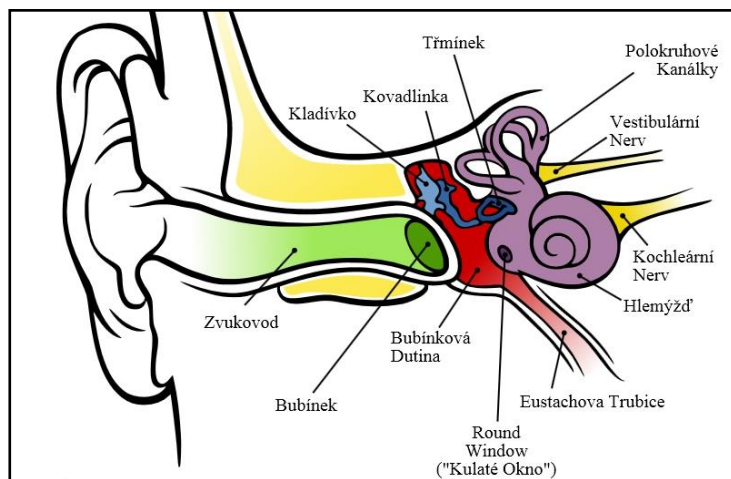
Obr. 1: Monokulární, binokulární, ambinokulární zorné pole [35]

Základní proces vidění můžeme popsat takto [4]:

- oko se v zorném poli pohybuje tzv. mikropohyby;
- vnější podnět zaujme pozornost, zrakový receptor se zaměří na tento podnět a připraví se na percepci;
- podnět zpracuje optický systém oka a přejde do sítnice, kde se optické podněty přemění na nervové vzruchy, které putují do mozkového centra vidění, kde vzniká počitek;
- syntézou počitků vzniká vjem, který podléhá hodnocení, zda bude pominut, uložen do paměti, nebo transformován na vzruch, který vyvolá svalový stah.

2.1.2 Sluchové vnímání řidiče

Stejně jako zrak je sluch základním prostředkem dorozumívání a během řízení motorového vozidla může rovněž zprostředkovat řadu vjemů, například zvukových výstrah nebo varování. Detailní přeměnu zvukového signálu na vjem v našem vědomí popisuje fyziologická akustika.



Obr. 2: Stavba lidského ucha [43]

Konkrétní signál je nejprve zachycen zevním uchem. Následuje střední ucho, které má převodní a ochrannou funkci. Ke konečnému zpracování zvukového signálu dochází ve vnitřním uchu pomocí tzv. smyslových vláskových buněk a dále v nervové soustavě člověka [4].

Shrnutí základních vjemů řidiče

Z hlediska řízení motorových vozidel je nejvýznamnější zrakové vnímání, které zprostředkovává většinu reakčních podnětů. Druhé nejčastější je vnímání prostřednictvím sluchu.

Naprostá většina výzkumu je prováděna v rámci tzv. smíšených podnětů řidiče (převážně zrakové a sluchové). Výzkumy, které by stavěly pouze na sluchovém podnětu řidiče, prakticky neexistují vzhledem k tomu, že naprostá většina podnětů přichází k řidiči prostřednictvím zraku [21].

2.1.3 Vliv prostředí

V dnešní době působí na řidiče motorového vozidla mnoho rušivých elementů, tím může být negativně ovlivněna i reakční doba řidiče a spolu s tím roste i riziko vzniku dopravní nehody.

V základním dělení můžeme vlivy rozdělit na vnitřní a vnější (z pohledu vozidla). Jako vlivy vnitřní označujeme vše, co na řidiče působí zevnitř vozidla. Jedná se zejména o složitost ovládacích prvků vozu, jejich vhodné rozmístění ve vozidle a množství informací, které řidiči poskytují. Zde je vhodné podotknout, že mnohé moderní vymoženosti (například velké palubní displeje) spíše odvádí pozornost řidiče od řízení. Místo správného množství informací, které by řidič mohl přeměnit v jakýsi náhled na dopravní situaci, se řidič spíše dostává do informační zátěže, a proto „méně může někdy znamenat více“. Mezi ovládání vnitřních komponent vozidla jako je rádio, nebo navigační systém, můžeme přiřadit i mobilní telefon. O negativním vlivu mobilních telefonů na reakční schopnosti řidičů bylo publikováno mnoho prací, jednou z dřívějších prací, která se touto problematikou zabývá je například Wojczyk [36]. Ve své práci uvádí, že používání mobilního telefonu prodlužuje reakční dobu řidiče až o 40 %. Vedle ovládání komponent, jako rádio či navigace jsou dalšími vnitřními rušivými elementy konzumace potravin řidičem, nebo kouření.

Uvádí se, že řidiči stráví až 30 % doby řízení vozidla provozováním různých potenciálně rušivých aktivit. Velmi významným rušivým vnitřním vlivem jsou ostatní členové posádky. Zejména děti, nebo domácí zvířata mohou značně ovlivnit koncentraci řidiče a tím i násobně zvýšit riziko vzniku dopravní nehody [30].

Vnějšími vlivy můžeme analogicky k výše uvedenému označit cokoliv, co působí na řidiče zvenčí vozidla a může odvádět jeho pozornost od řízení. Typickými příklady vnějších vlivů jsou počasí, různé dopravní značení a infrastruktura, ostatní účastníci provozu, nebo reklamní plochy v okolí komunikací [30].

Faktory ovlivňující délku reakční doby

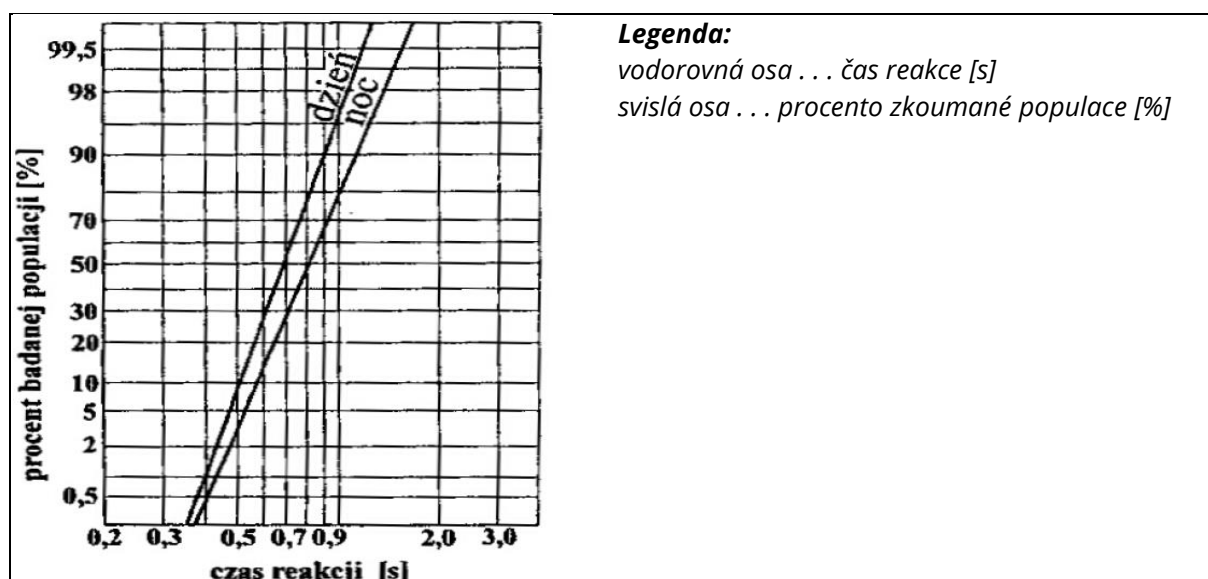
Jak uvádí Bradáč v [4], „délka reakční doby je velmi proměnlivá, často se mění i u téhož člověka. Mezi nejčastější příčiny prodloužení reakční doby patří únava, denní doba a aktuální stav počasí. S únavou klesá pozornost řidiče a možnost předvídání situace. Denní dobou a aktuálním stavem počasí uvažujeme například snížené podmínky viditelnosti, kterými rozumíme noc, hustou mlhu, sněh nebo hustý déšť. Snížená viditelnost spočívá především v menším kontrastu objektu vůči okolí. Při nízkém kontrastu se reakční doba prodlužuje“.

Další významnou skupinou jsou látky, které mají po požití negativní vliv na reakční dobu člověka, případně na správnost jeho rozhodování. V souvislosti s řízením k těmto látkám řadíme

zejména alkohol, některé léky a drogy. V našem dopravním prostředí se setkáváme nejčastěji s ovlivněním řidičů alkoholem. Vliv alkoholu na úsudek řidiče je různý, obecně je však považováno za kritické množství 1 promile alkoholu v krvi. S tímto množstvím spojujeme lehkou podnapilost, nekritické sebevědomí a snížené rozpoznávací schopnosti [4].

Dále je v této kapitole představeno pár zajímavých poznatků, které vzešly z výzkumů vybraných autorů. Společným jmenovatelem těchto příspěvků by mělo být poukázání na složitost problematiky reakčních dob řidičů a obtížnost stanovení určitého obecného rozsahu této doby pro další využití.

Autor Hartmann ve svých poznatkách uvádí různé délky reakční doby pro jízdu ve dne a v noci. Pro denní dobu uvádí autor rozmezí reakčních dob *0,35 sekundy až 1,4 sekundy*. V noci je rozmezí *0,4 sekundy až 1,8 sekundy*. Důležitým poznatkem je kontrast překážky, na kterou řidič reaguje. V naprosté většině případů je kontrast v nočních podmínkách horší. Nicméně v případě, kdy řidič reaguje na brzdová světla vepředu jedoucího vozidla, jsou výsledné hodnoty reakcí kratší než ve dne právě kvůli většímu kontrastu těchto světél v noci.

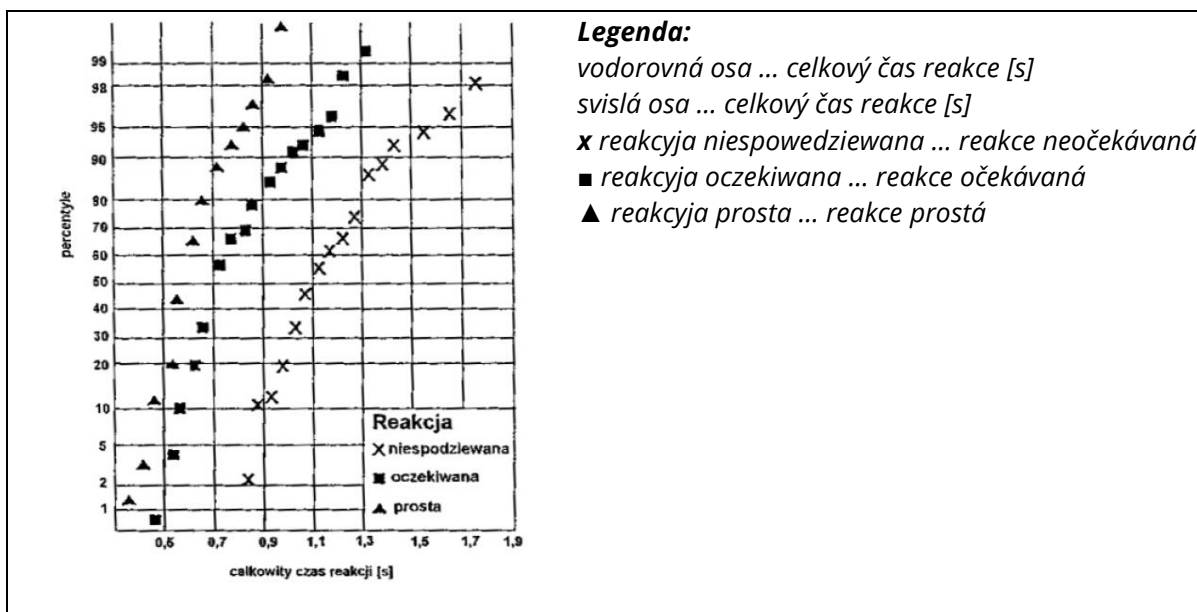


Obr. 3: Časy reakčních dob v denní a noční době dle výzkumu Hartmanna [19]

Hartmann se specializuje celkově na problematiku reakčních dob za snížené viditelnosti. K tomu dále uvádí, že dopravní nehody za snížené viditelnosti se musí brát v úvahu zvlášť. U dopravních nehod za snížené viditelnosti je žádoucí zjištění dohledné vzdálenosti, a přitom zohlednit taktéž otázku včasnosti reakce [17][21].

Autor Olson se zabývá problematikou obeznámení testované osoby s experimentálním měřením. Zkoumá, do jaké míry se předběžná znalost/připravenost testované osoby projeví ve výsledcích sledovaných hodnot. Tyto poznatky prezentuje jako různou míru překvapení

testovaných osob. V jednom z experimentů testovaní řidiči projížděli několikrát stanovený okruh, přičemž byli informováni, že cílem testu je zkoušení pneumatik. Následně byli náhodně vystaveni situaci, kdy museli prudce reagovat. V dalším cyklu byli řidiči informováni o možnosti objevení se překážky na jednom z průjezdů okruhu. U stejné skupiny řidičů pak byla testována jejich prostá reakce na rozsvícení světla. Výsledky jsou zachyceny na **obr. 4** níže. Časy reakcí se pohybovaly v rozmezí 0,7 až 0,9 sekundy na prostý signál, 1,0 až 1,2 sekundy na očekávanou situaci a 1,3 až 1,5 sekundy na neočekávanou situaci [21].



Obr. 4: Rozložení časů reakcí v závislosti na míře překvapení dle výzkumu Olsona [19]

2.2 DEFINOVÁNÍ REAKČNÍ DOBY ŘIDIČE

2.2.1 Základní přehled definic

Z hlediska analýzy reakčních dob bylo výše uvedené o základech vnímání řidiče velmi žádoucí, jelikož definovat přesné rozpětí reakční doby na určitý podnět je velmi obtížné, a proto je vhodné si nejprve ujasnit, kde a kdy se určitý podnět v lidském organismu zpracovává. Stejně obtížnou otázkou tvoří rovněž určení okamžiku počátku samotné reakce, tím může být například optická reakce, nebo samotné uvědomění si určité informace. Pokud budeme mít tyto hranice pevně stanoveny a ujasněny, budeme moci hovořit o konkrétní reakci s adekvátní přesností.

Dále bylo v této kapitole pojednáno o různých definicích reakčních dob vzhledem k tomu, jak jsou různými autory prezentovány.

Rozlišení mezi pojmy „čas“ a „doba“

Podle německé technické normy DIN 75204 z roku 1992 má být pro určitý časový interval (tj. známe počátek a konec) užíván pojem „doba“ a ne pojem „čas“. V důsledku toho je třeba užívat například slovní spojení „reakční doba“ [28].

Obecná definice reakční doby řidiče

Obecnou definici reakční doby uvádí například profesor Bradáč v publikaci Soudní inženýrství takto: „*Reakční dobou ze soudně inženýrského hlediska nazýváme čas od vjemu do uvedení zařízení v činnost naučeným způsobem. V neobvyklých situacích, bez naučeného způsobu, bude potřebná doba individuálně delší*“ [4].

Pokud se blíže podíváme na tuto obecnou definici, můžeme se zamyslet nad počátkem a koncem reakční doby vzhledem k výše uvedenému vnímání (zrakové, sluchové). Z uvedeného textu nevíme například, zda časem vjemu rozumíme samotné zpozorování v zorném poli, nebo až konečné vyhodnocení vjemu jako potenciálně nebezpečného. Pro další rozbor proto obecnou definici v další kapitole více rozčleníme pomocí subsystému řidič + vozidlo v případě nouzového brzdění.

Další definice pojmu reakční doba

V roce 1965 formuloval Klebelsberg reakční dobu takto: „*Pod pojmem doba reakce se nadále rozumí časový interval mezi výskytem rozpoznatelného reakčního podnětu a počátkem prvního poté prováděného usměrněného jednání.*“ [22][28].

Tato definice je označována za tzv. fyziologickou reakci. Tento časový interval obsahuje pozorování, postřehnutí a hodnocení. Z pohledu nouzového brzdění bychom k tomu dále připojili svalovou reakci pro přemístění nohy v rámci pedálů, odezvu vozidla a náběh brzd. Kölnerův model (viz kapitola historický vývoj) používá tuto definici a dále specifikuje takzvaný „*základní interval prodlení*“, který je množinou fyziologických a svalových reakcí řidiče. Alternativním názvem je „*základní reakční doba*“ [28].

Další obecnou definici reakční doby můžeme najít například u autorky Alison Smiley (Perception Response Time, dále jen PRT).

Volně přeloženo: „*Reakční doba od vnímání po odezvu může být definována jako interval, který začne v momentě, kdy rozpoznatelný reakční podnět nebo situace upoutá povědomí běžně vnímajícího řidiče, a končí, když řidič vzhledem k situaci provede nějakou odezvu (například začne brzdit, nebo otáčet*

volantem)“ [31] (pojmem běžně vnímající řidič je myšlena skutečnost, že daný řidič není ovlivněn únavou, či jiným faktorem, který by měl vliv na jeho reakční schopnosti).

Autorka dále uvádí, že čas na „dokončení manévru“ není obvykle součástí PRT, ale uvádí se samostatně. Těmito součástmi jsou například doba náběhu brzd, prodleva brzd apod.

Pokud se blíže seznámíme s uvedenými definicemi, můžeme konstatovat, že jsou velmi obecné a obsahově shodné. V širším kontextu existují dva základní pohledy na problematiku reakčních dob. V prvním případě chápeme reakční dobu jako časový interval, který potřebuje řidič od okamžiku výskytu nebezpečí do okamžiku prvního psychického jednání. Druhým, častějším pohledem, je chápání pojmu reakční doba jako souhrnu různých časových úseků (fází) mezi okamžikem rozpoznání nebezpečí a počátkem fáze náběhu brzd, respektive okamžikem dosažení plného brzdění. K druhému pojetí je třeba dodat, že prosté sčítání jednotlivých úseků nevede vždy ke správným výsledkům, jak uvádí například Muttart. Jednotlivé fáze se mohou překrývat vlivem provádění více úkonů současně [28][25].

Po bližším seznámení se s definicemi narážíme na problém, který nám brání při snaze o obecné časové vymezení reakční doby řidiče. Jednotliví autoři mají různé názory na to, kdy interval reakční doby začíná a kdy končí. Z hlediska počátku reakce je nejvýznamnější zejména detekční práh, tedy možnost identifikace podnětu, jak uvádí Muttart [25]. V důsledku toho ve svých výzkumech a měřeních definují různí autoři reakční dobu rozličně, především však varíují s jednotlivými fázemi reakční doby. Jednotlivé fáze reakční doby je možné definovat s taxativním výčtem (viz kapitola **2.2.2** členění reakční doby). Ohledně členění reakční doby na jednotlivé fáze panuje u odborné veřejnosti relativní shoda, nicméně v rámci jednotlivých výzkumů autoři typicky některé fáze reakční doby nezahrnují z různých důvodů [28].

Pro přehled základního rozmezí reakční doby řidiče můžeme použít například práce Muttarta a Greena. V případech, kdy nejsou známy žádné bližší podrobnosti je doporučeno jako základní rozmezí hodnot pro reakční dobu v denních hodinách *1,5 sekundy* a v nočních hodinách *2,5 sekundy*. Nejnížší hodnoty reakčních dob závisí na očekávanosti podnětu a míře neurčitosti. Na základě toho se uvádí, že nejkratší reakční doby se pohybují okolo *0,7 sekundy*. Obdobné rozmezí uvádí i Americká asociace státních úřadů pro dopravu (*0,6 sekundy až 2,7 sekundy* pro očekávané a neočekávané podněty) [1][16][25].

2.2.2 Členění reakční doby řidiče

Členění reakční doby podle subsystému řidič + vozidlo

Celkovou reakční dobu můžeme dále v subsystému řidič + vozidlo dělit na menší složky (fáze). Jednotlivé časové úseky reakční doby řidiče definujeme jako [4][28]:

- **Optická reakce řidiče** – tuto část reakční doby uvažujeme pouze v případech, kdy řidič kritický objekt nesleduje přímo. Jedná se tedy o situace, kdy daný objekt leží mimo oblast ostrého vidění, která představuje přibližně 1° kolem osy oka. Optickou reakci představuje doba, po kterou se oko z periferního vidění natáčí k objektu a fixuje se na kritický objekt;
- **Psychická reakce řidiče** – rozumíme tím dobu od optického zafixování objektu po začátek svalové reakce. Konkrétně se jedná o dobu, kdy řidič hodnotí danou situaci. Je zřejmé, že právě zde se projevují faktory jako střízlivost, věk či pohlaví řidiče;
- **Svalová reakce řidiče** – představuje dobu od ukončení psychické reakce po dotyk brzdového pedálu (případně přesun nohy mezi pedály).

Další časové úseky, které běžně řadíme do reakční doby řidiče, jsou:

- **Prodleva brzd** – tímto okamžikem přecházíme od reakce řidiče na odezvu vozidla. Prodlevou brzd rozumíme dobu mezi dotykem brzdového pedálu a samotným počátkem brzdění (dotyk čelistí brzd s bubnem, nebo dotyk destiček s kotoučem). Faktorem ovlivňujícím prodlevu brzd je zejména rychlost sešlápnutí brzdového pedálu řidičem, která je v rozmezí $0,5-1 \text{ m/s}$;
- **Doba náběhu brzd** – v učebnicovém pojetí je definována jako doba od prvního dotyku brzdného mechanismu (destičky s brzdovým kotoučem například) po okamžik, kdy pneumatiky začínají na vozovce zanechávat viditelné stopy. Problémem může být fakt, že moderní vozidla díky ABS nezanechávají žádné brzdné stopy, nebo jen nepatrné stopy obtížně detekovatelné. Proto bude vhodnější definovat dobu náběhu brzd jako okamžik od prvního dotyku brzdného mechanismu po dosažení maximálního účinku brzd. Účinek brzd není maximální okamžitě vzhledem k tomu, že se musí nejprve vymezit vůle v brzdném mechanismu a vytvořit patřičný tlak. Jiné zdroje uvádí, že plný náběh brzd uvažujeme od 90 % maximální hodnoty brzdného tlaku v brzdné soustavě. Dále pak počátek vzniku brzdných stop kladou do poloviny intervalu náběhu brzd jakožto úzus. K počátku zanechávání brzdných stop však většinou dochází až s dosažením maximálního zpomalení.

Tab. 1: Dělení reakční doby dle subsystému řidič + vozidlo [4]

Hranice časového úseku		Název časového úseku	
1	Počátek optického vnímání nebezpečného objektu	optická reakce	reakční doba řidiče
2	Počátek ostrého optického vnímání objektu	psychická reakce	
3	Začátek svalové reakce	svalová reakce	
4	Dotyk brzdového pedálu	prodleva brzd	odezva vozidla
5	První dotyk třecích ploch brzd	náběh brzd	
6	Začátek zanechávání stop pneumatik na vozovce		

Členění reakční doby dle Perchonok & Pollack

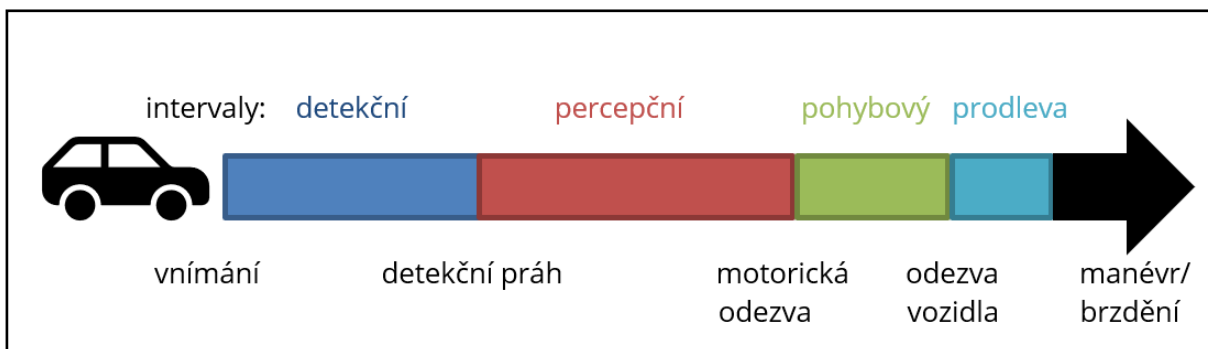
Jinou formu dělení reakční doby představují například autoři Perchonok & Pollack. Jednotlivé fáze jsou následující:

- Detection (detekce) – tato fáze začíná, když potenciální nebezpečí vstoupí do zorného pole řidiče a končí, když řidič tento objekt zaregistruje;
- Identification (identifikace) – řidič hodnotí objekt v rámci možného nebezpečí;
- Decision (rozhodnutí) – v této fázi řidič vyhodnocuje jaká akce je vhodná. Typicky se rozhoduje mezi snížením rychlosti, nebo změnou směru jízdy;
- Response (reakce) – v této fázi mozek vysílá signál pro konkrétní skupiny svalů, aby vykonaly požadovanou akci. Zároveň tím končí interval PRT (řidičova noha se dotkne brzdového pedálu, nebo ruce začnou otáčet volantem) [31].

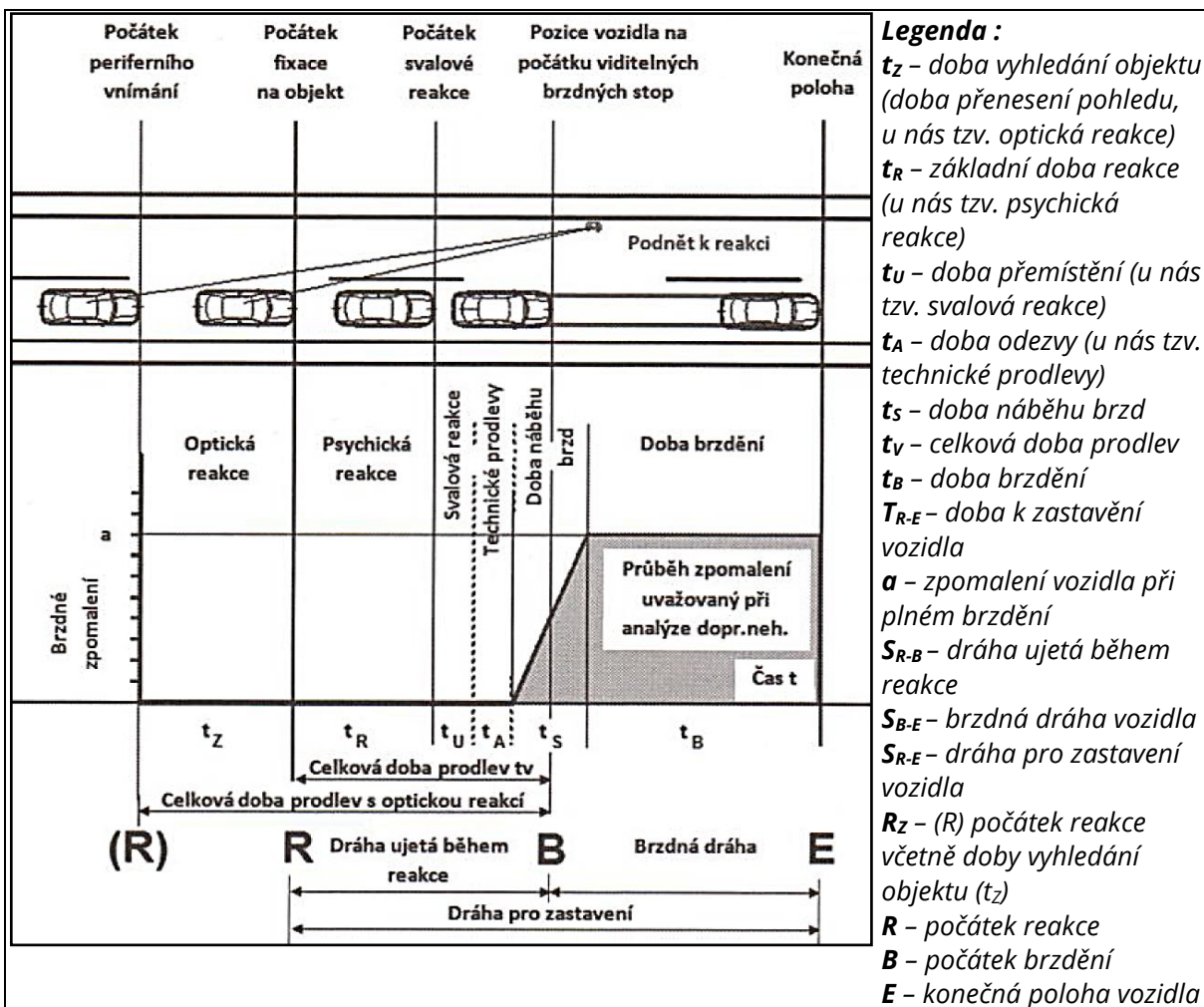
Autorka Alison Smiley ve své přehledové publikaci rovněž uvádí, že existuje mnoho definic a dělení reakční doby na jednotlivé fáze. Někteří autoři uvádí až 6 fází, názvy se rovněž mnohdy liší.

Členění reakční doby dle Muttarta

Autor Muttart rozlišuje reakční dobu na složky detekční interval, percepční (reakční) interval, pohybový interval a prodlevu. Detekční interval představuje prodlevu mezi rozlišením objektu na příslušný detekční práh. V tomto ohledu představuje Muttart odlišné pojetí, když uvádí, že většina studií měří reakční dobu od okamžiku, kdy je daný objekt viditelný [25][5].



Obr. 5: Členění reakční doby Muttart [25]



Obr. 6: Fáze reakční doby řidiče; Kölnerův model [28]

Na **obr. 6** můžeme vidět rozdělení reakční doby na jednotlivé fáze, toto rozdělení bylo představeno v rámci tzv. Kölnerova modelu, který již ne zcela odpovídá současnému stavu poznání. Jednotlivé fáze odpovídají rozdělení subsystému řidič + vozidlo, které bylo uvedeno výše, nicméně jednotlivé fáze jsou pevně stanoveny. Ze současného stavu poznání však vyplývá, že fáze reakční doby se často překrývají [4][25].

Přehled délky jednotlivých fází reakční doby, reálné hodnoty z měření

V následující tabulce můžeme vidět hodnoty reakční doby řidičů při nouzovém brzdění. Tyto hodnoty jsou členěny dle výše uvedených součástí. Naměřené hodnoty pochází z rozsáhlého experimentu pánů Burga a Raua, kteří porovnávali výsledky ze 135 osobních vozidel při nouzovém brzdění. Měření probíhalo na různých typech pneumatik za různých rychlostí. Povrch vozovky byl asfaltový; betonový. V rámci experimentu byla použita palníková metoda měření¹. [4][6].

Tab. 2: Přehled jednotlivých fází reakční doby při nouzovém brzdění osobního vozidla [4]

	Doba trvání (sekund)		
	Spodní mez (2 %)	průměr	Horní mez (98 %)
Optická reakce (varianty)			
Řidič předem přímo pozoruje kritický objekt a) řidič sledoval jiný objekt v rozsahu do 5° b) v rozsahu nad 5° c)	0,00 0,32 0,41	0,00 0,48 0,61	0,00 0,55 0,70
Psychická reakce (rozhodování)	0,22	0,45	0,58
Svalová reakce (přesun nohy mezi pedály)	0,15	0,19	0,21
Odezva vozidla:			
- prodleva brzd	0,03	0,05	0,06
- náběh brzd	0,07	0,15	0,49
Odezva celkem	0,10	0,20	0,55
CELKEM - varianta			
a) přímý pohled	0,47	0,84	1,34
b) do 5°	0,79	1,32	1,89
c) nad 5°	0,88	1,45	2,04

Členění reakčních dob v rámci konkrétních výzkumů

V rámci jednotlivých výzkumů si autoři pro účely analyzování výsledků experimentů vhodně definují různé variace reakčních dob. Příkladem může být výzkum reakcí na zprava přijíždějící vozidlo od polských autorů Stanczyk; Jurecki a kol., kteří si pro účely výše zmíněného experimentu vymezili následující reakční doby [33]:

¹ Palníková metoda měření spočívá v systému, který pomocí patrony s barvou vystřelí v požadovaný okamžik, například sešlápnutí brzdového pedálu, a vytvoří značku na testovací dráze, od které je možné dále odměřovat. Drobným nedostatkem této metody je prodleva mezi aktivací systému a dopadem barvy na povrch komunikace. Tuto prodlevu lze rovněž experimentálně určit.

- psychomotorická reakční doba u brzdění, definovaná jako doba od okamžiku vynoření překážky k prvnímu tlaku na brzdový pedál;
- mentální reakční doba brzdění, definovaná jako doba od okamžiku vynoření překážky až k počátku pohybu nohy z akceleračního pedálu;
- zahajovací reakční doba při brzdění, definovaná jako doba od uvolnění akceleračního pedálu až po první tlak na brzdový pedál;
- psychomotorická reakční doba při řízení, definovaná jako doba od okamžiku vynoření překážky až po první tlak na volant.

Zmíněné vymezení reakčních dob se jeví jako velmi vhodné a bylo zvoleno pro vyhodnocení dat naměřených v rámci této DP.

2.2.3 Historický vývoj v oblasti poznání reakční doby řidiče

Zkoumání reakční doby řidiče do roku 1982

Zřejmě první pokus o stanovení reakční doby řidiče pochází z Německa z roku 1931. V tomto roce provedl autor Jante měření asi 60 závodních jezdců primitivní metodou od hlasového pokynu „stop“. Naměřené reakce se pohybovaly v rozmezí 0,3 až 2,5 sekundy, se střední zaokrouhlenou hodnotou 1 sekunda. Problém tohoto měření byl především ve využití závodní dráhy místo veřejné komunikace a závodních jezdců, kteří mají přirozeně lepší a trénovanější reakce než obyčejní řidiči. Dále pak hlasový podnět pro zahájení nouzového brzdění je z praxe nejméně četný, jak bylo naznačeno v kapitole 2.1 o vjemech řidiče. Janteho výsledky a obecné povědomí o reakční době řidiče stanovené na přibližnou 1 sekundu bylo odbornou veřejností uznáváno zhruba do 70. let 20. století, u laické veřejnosti je tak chápáno dodnes. V následujících dekádách se projevila snaha o důkladnější, členění, definování a stanovení reakční doby řidiče [19][27][28].

Další autoři, kteří publikovali v období počátku zkoumání reakčních dob řidičů jsou DeSilva, H. R. and Forbes, T. W. (1937); Roper, V. J. and Howard, E. A. (1938); Cation, W. L., Mount, G. E., & Brenner, R. (1951); American Automobile Association (1952) [2][7][9][29].

Mezi významné výzkumy, které korespondují se současnými výzkumnými metodami, můžeme zařadit například:

- Jak uvádí Rábek: „V roce 1977 provedly společnosti Daimler – Benz – Dekra řady pokusů ohledně stanovení počátku reakce. Pokusy byly prováděny ve vlastním areálu společností ve Stuttgartu. Do pokusu byly zapojeni jak tovární testovací jezdci, tak řidiči z řad normálních občanů různého věku a pohlaví. Experiment probíhal tak, že nepřipraveným řidičům byla náhle do jízdny dráhy vpravena

figurína z pěnové hmoty, která nebyla dříve pozorovatelná. Testované osoby na tuto situaci nebyly připraveny, domnívaly se, že se účastní jiného typu výzkumu. Prezentované výsledky jsou rozděleny do podoby: silný, střední a slabý podnět dle výpovědí testovaných osob po ukončení experimentu“ [28]. Konkrétní hodnoty ve stejném pořadí jsou: 0,74 sekundy, 0,92 sekundy, 1,27 sekundy.

- Problematikou podnětů a jejich dělením na slabé, silné se blíže věnoval autor Zomotor.
- V roce 1980 autor Grandel souhrnně zpracoval výsledky 8 autorů a stanovil základní reakční doby řidiče. Tato doba je udávána vždy bez fáze náběhu brzd. 50. percentil testovaných osob dosahoval reakční doby 0,6 sekundy bez optické reakce, včetně optické reakce činila reakční doba pro tento percentil 0,9 sekundy. 99. percentil testovaných osob dosahoval reakční doby 1,1 sekundy bez optické reakce. S optickou reakcí činila reakční doba 1,4 sekundy. Doba optické reakce autor dosazoval jako konstantu v hodnotě 0,3 sekundy [15][28].

Kölnerův model uspořádání reakční doby

Za počátek moderního pojetí reakční doby můžeme považovat již dříve zmíněný Kölnerův model z roku 1982, který byl poprvé prezentován na 20. výročním semináři k dopravě v Goslaru jakožto doporučený model pro uspořádání reakční doby. Základem modelu byly předcházející zkoumání a symposia odborných komisí.

Pro Kölnerův model měly velký význam práce Burckhardta, který prováděl pokusy v reálném silničním provozu. Z jeho výsledků byl pro základní reakční dobu dle Weibullova rozdělení uváděn 2. percentil pro minimální hodnoty a 98. percentil pro maximální hodnoty. Průměrné hodnoty reakční doby jsou ty, kterých bylo dosaženo s největší pravděpodobností.

Tab. 3: *Vyhodnocení pokusů Burckhardta, podklad pro Kölnerův model [28]*

Hodnoty jsou v sekundách	2. percentil	průměrná hodnota	98. percentil
Psychická + svalová reakce	0,36	0,64	0,78
Psychická + svalová reakce + náběh brzd (konec)	0,58	0,86	0,99
Optická + psychická + svalová reakce	0,68	1,12	1,33
Optická + psychická + svalová reakce + náběh brzd	1,02	1,34	1,48
Optická reakce + korekce při mikrofixaci zraku na objekt + prodleva před psychickou reakcí (tj. doba přenosu signálu nervovou soustavou) + psychická reakce	1,11	1,47	1,62

Kölnerův model nezohledňuje tzv. případy s „komplikacemi“, případy odehrávající se za tmy a dále pak nákladní vozidla a motocykly kvůli jiné době svalové reakce a chování brzd. Případy s komplikacemi jsou vysvětleny jako případy se sníženou viditelností, a proto musí být uvažovány zvlášť [28].

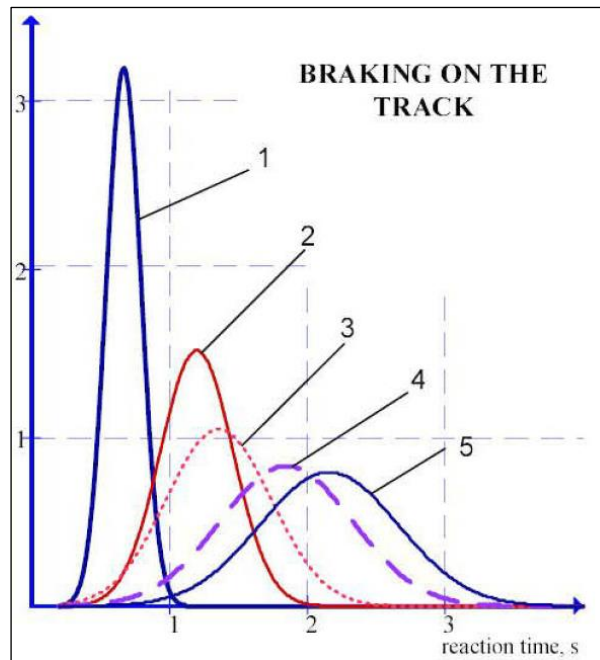
Zkoumání reakční doby řidiče od roku 1982 do současnosti

V kapitole **2.2.3** byl představen stručný historický vývoj, zejména v samotných počátcích této problematiky. Dále pak důležitý milník v podobě Kölnerova modelu, který představuje jakýsi přechod k současnému modernějšímu pojetí reakční doby řidičů a důkladnější členění této problematiky. V současnosti můžeme problematiku reakčních dob řidičů nalézt v odborných člancích pod mnoha zkratkami (*PRT = Perception Response Time*, taktéž *Perception – Reaction Time*; *PRBT = Perception Response Brake Time*; *BRT = Brake Response Time*, nebo *Reaktionszeit*, *Reaktionsdauer* případně *Bremsreaktionsdauer* v německé literatuře) [31].

Obecně lze říct, že problematika reakčních dob řidičů je velmi rozsáhlá a hojně publikovaná. Jednotlivé výzkumy, však řeší velmi konkrétní situace, nebo se zaměřují jen na určité části reakční doby, jak napovídají i samotné zkratky. *Perception – Response* či *Reaction Time* představují reakční doby, které zahrnují pouze fáze reakce řidiče. *PRBT* zahrnují i odezvu vozidla.

TTC = Time To Collision je blízký pojem, který se často využívá v souvislosti s výzkumem reakčních dob a může rovněž sloužit k vyhledání relevantní literatury. Původní koncept *TTC* byl představen americkým autorem Haywardem již v roce 1971. Touto problematikou se v posledních letech úspěšně zabývá kolektiv polských autorů: Stanczyk, T. L., Jurecki, R.

TTC v doslovném překladu znamená „čas do střetu“. Tento pojem je rovněž označován jako „riziková doba“ a odpovídá době, kterou má řidič k dispozici od okamžiku, kdy uvidí překážku až k možné kolizi s ní. Jak bylo naznačeno v jiných kapitolách, řada autorů pracuje s různou intenzitou podnětů k reakci, nebo vlivem prostředí. Riziková doba dle výsledků polských autorů [32][33], se jeví jako vhodný způsob pro korelaci reakční doby s danými podmínkami. Autoři ve svých výzkumech potvrzují velmi silnou závislost mezi délkou rizikové doby a reakcí řidiče. Z měření dále vyplývá, že tato závislost je lineární. Pro posouzení této závislosti provedli autoři řadu měření na zkušební dráze i simulátorech jízdy se stejnými parametry. Rychlosti vozidla byly v rozmezí 40 až 60 km/h a vzdálenost od překážky od 10 do 50 metrů. Tyto parametry odpovídají rizikové době v rozmezí 0,6 až 4,5 sekundy. Zjištěná závislost je zachycena níže [21][33].

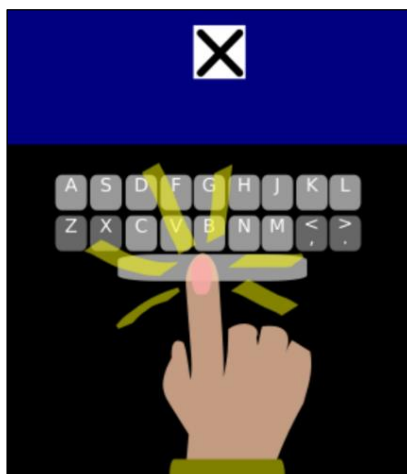


Obr. 7: Rozložení času pro psychomotorické reakce při brzdění na dráze pro 5 hodnot času rizika; 1 - čas rizika 0,9 s; 2 - čas rizika 1,8 s; 3 - čas rizika 2,7 s; 4 - čas rizika 3,6 s; 5 - čas rizika 4,5 s [21]

2.3 ZÁKLADNÍ METODY MĚŘENÍ REAKČNÍCH DOB ŘIDIČŮ

2.3.1 Laboratorní měření na jednoduchých přístrojích

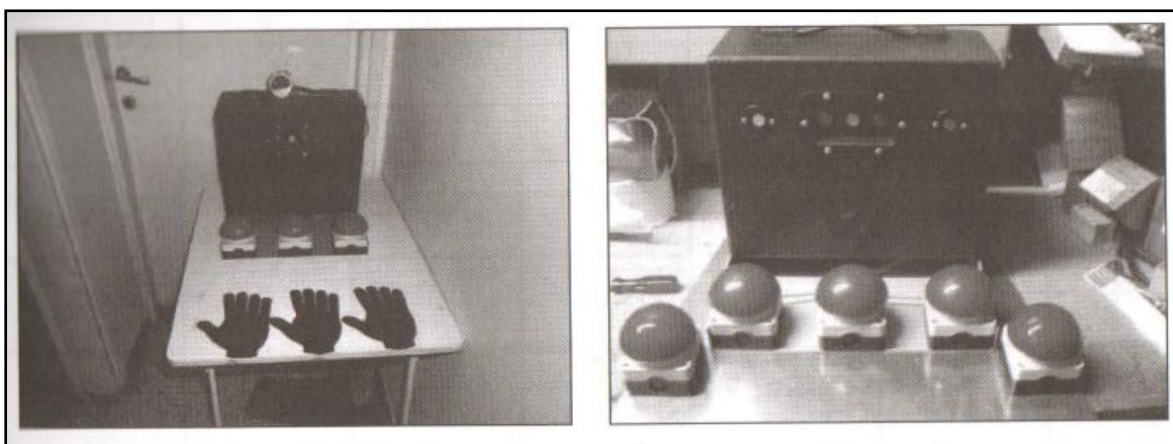
Základní metodou měření reakční doby je měření na jednoduchých laboratorních přístrojích. Výsledkem takového měření je tzv. jednoduchá reakční doba, v zahraniční literatuře označovaná jako „*simple reaction time*“. Testovaná osoba má k dispozici jeden podnět, na který je možné reagovat jedním způsobem. Z pravidla se jedná o optický nebo zvukový podnět, který se náhodně zobrazuje v čase a testovaná osoba na něj reaguje sešlápnutím pedálu, nebo stisknutím klávesnice. Typickým příkladem jsou jednoduché aplikace dostupné na internetu, kde může každý zjistit svou jednoduchou reakční dobu.



Obr. 8: Měření jednoduché reakční doby pomocí jednoduchého měřicího přístroje [44]

Nevýhodou těchto testů je zjevná odtrženost od reálných podmínek silničního provozu i řízení motorového vozidla. Další nevýhodou je snadná předvídatelnost, testovaná osoba se na požadovanou reakci, například v podobě zmáčknutí klávesy, může snadno připravit [21].

Příkladem vhodného využití pro podobné jednoduché měřicí přístroje je například práce autora Georgiadise, který se zabývá různými faktory ovlivňujícími délku reakční doby (věk, alkohol v krvi).



Obr. 9: Zkušební aparatura pro zjištění závislosti reakční doby na ovlivnění alkoholem [28]

Na **obr. 9** můžeme vidět měřicí zařízení sestavené pro sérii měření vlivu alkoholu na reakční dobu řidiče. Výsledné poznatky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 4: Základní reakční doba v závislosti na míře ovlivnění alkoholem při ostrém vidění [14][28]

Muži		Ženy	
Hladina alkoholu (‰)	Zvýšení základní doby reakce	Hladina alkoholu (‰)	Zvýšení základní doby reakce
0,2 – 0,5	min. o 10 %	0,2 – 0,5	min. o 17 %
0,5 – 0,8	až do 37 %	0,5 – 0,8	až do 41 %
0,8 – 1,2	až do 47 %	0,8 – 1,2	až do 60 %
1,2 – 1,8	zvýšení až do 105 %	1,2 – 1,8	až do 98 %

2.3.2 Laboratorní měření na speciálních jízdních simulátorech

Pokročilejší metodou blížící se reálným podmínkám ve vozidle je měření na jízdních simulátorech. Výhodou je snadné nastavení různých scénářů a vizuálních podnětů. Testované osoby musí ovládat stejné prvky jako při jízdě vozidlem ve skutečnosti, tj. pedál akcelerace, pedál brzdy, směrovky, volant a podobně. Předností jízdních simulátorů je především bezpečnost, opakovatelnost a možnost realizování měření, která jsou v běžném silničním provozu obtížně proveditelná (vliv alkoholu, drog na reakční schopnosti řidiče) [21]. Na obrázku níže je zachycen moderní jízdní simulátor společnosti Goodyear.



Obr. 10: Víceúčelový jízdní simulátor společnosti Goodyear [42]

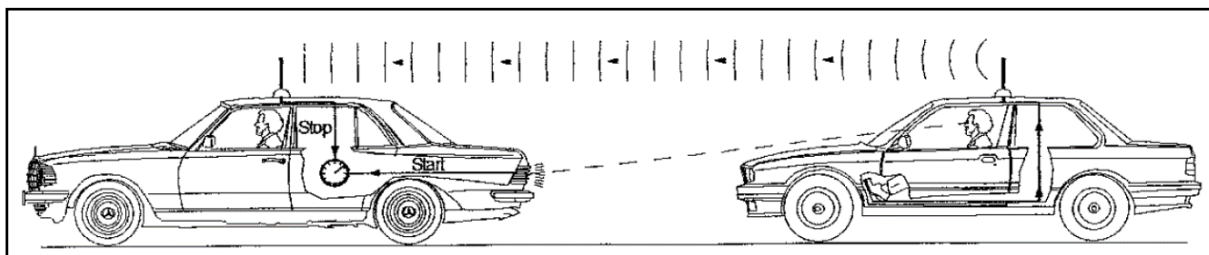
Jízdní simulátory, stejně jako jednoduché měřicí přístroje, jsou často jedinou možností, jak testovat vliv omamných látek na reakční schopnosti řidiče. Příkladem takových výzkumů, kde byla reakční doba řidiče měřena za pomoci jízdního simulátoru jsou práce, které publikoval Moskowitz, H. (2007); Moskowitz, H. (1973); Huntley, M. S., & Kirk, R. S. (1972); Olson, P. L. (1989) [18][23][24][26].

Dalším zajímavým poznatkem je porovnání získaných hodnot obsahově stejných experimentů za použití různých metod měření. Konkrétně se jedná o porovnání výsledků mezi simulátorem jízdy a reálnou jízdní zkouškou. Touto problematikou se mimo jiné zabývali rovněž polští autoři Stanczyk Jurecki, dříve zmíněni v rámci konceptu TTC. Součástí výzkumu bylo 30 testovacích řidičů, kteří se podrobili jízdním zkouškám i laboratorním testům. Ze závěrů autorů vyplývá, že při stejných scénářích jsou nejdelší naměřené časy reakcí z jízdních zkoušek. Menší rozdíly jsou u zkoušek na jízdních simulátorech, záleží ovšem na formě reakce. Při reakci řízením jsou výsledky jízdních zkoušek a jízdních simulátorů prakticky totožné. Výrazně odlišné (menší) jsou hodnoty získané při laboratorních měřeních.

Celkové závěry autorů jsou následující: Výsledky získané měřeními na simulátorech jízdy (pro dlouhé rizikové doby) jsou výrazně odlišné od výsledků z jízdních zkoušek a pro analýzu nehod jsou nepoužitelné. Rozdíl časů reakcí naměřených na jízdní dráze a jízdním simulátoru se mění v závislosti na délce rizikové doby. Rozdíly v naměřených hodnotách se zmenšují, pokud se zmenšuje i riziková doba. Pokud je riziková doba menší než jedna sekunda jsou rozdíly prakticky nulové. Z toho vyplývá, že výzkumy s nejkratšími časy rizika lze bezpečně provádět na jízdním simulátoru se stejnými výsledky. Stejnou problematiku i závěry publikoval i autor Green [16][21][33].

2.3.3 Jízdní zkoušky

Jízdní zkoušky se realizují na zkušebních drahách (polygonech), nebo na veřejných komunikacích, kde může být provoz regulován. Nejautentičtější výsledky z pohledu reakčních dob však získáváme z měření v reálném silničním provozu. Ideálním scénářem je nevědomost, případně nepřipravenost, testované osoby na konkrétní cíl testování. Příkladem jízdních zkoušek jsou experimenty, při nichž se modelují situace, v důsledku kterých dochází k častým dopravním nehodám. Mezi nejběžnější experimenty patří tzv. „trap study“. Jedná se o scénář dvou za sebou jedoucích vozidel, které jsou na dálku propojeny měřicí technikou. Testovaná osoba řídí druhé z vozidel a reaguje na rozsvícení brzdových světel prvního vozidla. První vozidlo reaguje na reálnou provozní situaci typicky brzděním, nebo dostává signál k brzdění od jiné osoby z druhého (testovaného) vozidla. Další časté scénáře jsou objíždění různých překážek na vozovce, náhlý vjezd vozidla z vedlejší komunikace (nedání přednosti), případně vhazování míčů, nebo figurín před testovací vozidlo, což má představovat vběhnutí chodce nebo zvěře do koridoru vozidla [21].



Obr. 11: Znárodnění modelové jízdní zkoušky "trap study" [21]

Příklady výzkumů prováděných v podmínkách běžného silničního provozu jsou práce, které publikoval Fambro et al 1998; Mazzae et al 2003; Stanczyk, T. L., Jurecki, R (2007) [13][20].

2.3.4 Naturalistické a observační studie

Další metody můžeme souhrnně označit jako jistou formu „pozorování“ v běžném silničním provozu. Naturalistické studie představují dlouhodobé pozorování řidičů v podmínkách běžného silničního provozu prostřednictvím kamer v interiéru vozidla, nebo sběrem jiných dat z vozidla. Typickým znakem je dlouhý interval pozorování. Výsledky naturalistických studií slouží k lepšímu pochopení chování účastníků silničního provozu. Použití naturalistických studií není v praxi příliš časté vzhledem k časové náročnosti na sběr dat i následné vyhodnocení [5].

Observační studie představují jednodušší formu zejména z hlediska časové náročnosti. V rámci observační studie lze provádět i výzkum reakčních dob řidičů. V praxi se jedná například o vyhodnocení záznamů z různých průmyslových či dopravních kamer, které se nachází na frekventovaných místech, jako jsou přechody pro chodce, nebo rušné křižovatky. Tato metoda

má své výhody i nevýhody. Výhodou je naprostá autentičnost prostředí i chování řidičů. Nevýhodou jsou neúplné informace o získaných datech. Obtížné je zejména stanovení počátku a konce reakce a s tím souvisejících fází reakční doby. Modelovým příkladem je výzkum autorů Diew a Kai (2001), kteří vyhodnotili data z kamerových záznamů křižovatek v Singapuru. Reakční dobu stanovovali od momentu rozsvícení oranžové barvy na semaforu po rozsvícení zadních brzdových světel na vozidlech. Výsledné reakční doby byly analyzovány na vzorku 102 vozidel medián 0,84 sekundy, 85. percentil 1,02 sekundy. Hodnoty pro 237 vozidel činily medián 0,94 sekundy, 85. percentil 1,23 sekundy [10].

Shrnutí

Nejobecnější dělení metod měření reakčních dob je na měření laboratorní a jízdní. V další úrovni dělení můžeme dle použité metody měření dělit laboratorní měření na jednoduchých měřicích přístrojích a laboratorní měření na speciálních simulátorech jízdy. Praktická jízdní měření jsou prováděna na zkušebních drahách (polygonech), na veřejných komunikacích v omezených podmínkách a na veřejných komunikacích v podmínkách běžného provozu.

2.4 VYBRANÉ METODY ZÍSKÁVÁNÍ DAT V PRAXI

V návaznosti na předešlou kapitolu byly v následující části představeny konkrétní způsoby získávání dat, které se primárně pojí s vybranou metodou a cílem výzkumu. Z prezentovaných způsobů byly vybrány nejvhodnější formy pro realizaci měření.

2.4.1 Eyetracking

Eyetracking je metoda využívaná pro měření směru pohledu nebo pohybu oka vůči hlavě (současné modely sledují obě oči současně). Jedná se o bezkontaktní metodu měření, která původně sloužila ke sledování pouze jednoho oka, přičemž bylo nezbytné být u přístroje ve stacionární poloze. Současné modely eyetrackerů již fungují jako mobilní zařízení a jejich použití je pocitově srovnatelné s nošením brýlí, pro testovanou osobu je neinvazivní a dosahuje poměrně vysoké přesnosti [11].



Obr. 12: Eyetracker Dikablis Glasses [37]

Na **obr. 12** můžeme vidět Eyetracker Dikablis Glasses 3, který je na Ústavu soudního inženýrství v Brně (dále jen ÚSI) k dispozici pro studijní a vědecké účely. Sledování pohledu řidiče je zprostředkováno soustavou dvou kamer, které snímají pohyby jednotlivých očí řidiče a další kamera snímá jeho výhled tzv. scénu. Pohyb očí se dá rozdělit na několik základních druhů. Eyetracking umožňuje analyzovat zejména jednotlivé fixace a sáky, kdy fixaci rozumíme relativní zastavení zraku na dobu delší než *0,1 sekundy*. Jako sáky jsou označeny velmi rychlé pohyby oka, kdy se ostré vidění přesouvá mezi jednotlivými fixacemi. V současné době bývají nejvyužívanější eyetrackery založené na odrazech infračerveného světla od jednotlivých částí oka. Infračervené světlo bývá využíváno, neboť nemá vliv na změnu velikosti zornice. Metody založené na eyetrackingu se v současné době hojně využívají pro analýzu vizuálního vnímání všech účastníků silničního provozu, zejména řidičů. Využití z hlediska analýzy chování řidiče je velmi široké. Významné je i uplatnění eyetrackingu v souvislosti s určováním reakčních dob řidičů na vizuální podněty [11].

Metoda eyetrackingu se jevila jako vhodná pro realizaci měření DP. S využitím technologie eyetrackingu za pomoci zpětné analýzy videozáznamu bylo možné určit jednotlivé optické podněty v rámci běžného silničního provozu a spojit tak konkrétní podněty s příslušnými reakcemi.

2.4.2 Měření fyziologických veličin

Při sledování fyziologických veličin pracujeme zejména s využitím elektroencefalografie (EEG), elektrokardiografie (EKG), elektrookulografie (EOG), elektromyografie (EMG) a dalších [5].

EEG – elektroencefalografie představuje sledování mozkové aktivity během různých činností pomocí přístroje elektroencefalografu. EOG – elektrookulografie je elektrofyziologická metoda, která registruje elektrické klidové oční potenciály mezi předním a zadním pólem oka. EKG – elektrokardiografie je diagnostická metoda, která je založena na principu snímání elektrické aktivity srdečního svalu. EMG – elektromyografie je elektrodiagnostická metoda, kterou je možno využít k detekci činnosti svalů [12][5].

Snímání fyziologických veličin má v dopravě uplatnění zejména při sledování chování řidičů v různých dopravních situacích. Fyziologická data nám mohou poskytnout představu o psychickém stavu řidiče, úrovni únavy, stresu a podobně. Pomocí EMG mohl být řešen jeden z požadavků měření, konkrétně sledování pohybu dolních končetin řidiče, místo toho byla zvolena metoda vizuální kontroly pedálového prostoru pomocí kamery. Sledování fyziologických veličin tedy nebylo primárně spojeno s cíli měření této DP, nebylo o nich tedy dále pojednáváno.

2.4.3 Data z vozidel

Jako data z vozidel můžeme označit zejména údaje o natočení volantu, GPS poloze vozidla, rychlosti vozidla, otáčkách motoru, sešlápnutí/uvolnění pedálů a další data, která lze z provozu vozidla vyčíst. Pro získání základních dat lze využít například řídicí jednotky ve vozidlech. Pro pokročilejší sběr dat slouží speciální zařízení, například Vehicle Testing Kit (dále jen VTK) od společnosti Ergoneers, které je schopno získávat data ze sběrnice typu CAN, kterou pro komunikaci a sdílení dat využívají řídicí jednotky předmětného vozidla. Další zařízení, které je možno připojit k VTK je senzor Mobileye od společnosti Intel, které měří kromě jiných údajů časový odstup od vepředu jedoucího vozidla, nebo jiných objektů. VTK se do testovaných vozidel montují externě. Využití dat z vozidla lze stejně jako v předešlých případech využít k lepšímu porozumění chování řidiče v různých dopravních situacích [5].

Kombinace technologií eyetrackingu, Mobileye a přístroje VTK, které jsou k dispozici na ÚSI, byla nejvhodnější pro splnění stanovených cílů DP.

2.5 REAKČNÍ DOBA ŘIDIČE DLE RELEVANTNÍ JUDIKATURY

Zajímavé myšlenky v souvislosti s právní problematikou přednesl autor Dannert, který se zabýval i možnými právními důsledky a uvádí (převzato z Rábek): „Čistě fakticky bráno, horní hranice reakční doby řidiče není ničím omezena. Pokud však řidič v ojedinělém případě zde uvedenou maximální hodnotu překročí, potom při právním pohledu na věc musí být řečeno, že řidič buď je vinen tím, že kritickou situaci nezvládnul, nebo není způsobilý k řízení motorových vozidel. Maximální hodnoty reakční doby tedy neudávají jen empiricky zjištěnou dobu, ale mají taky normativní význam“ [8][28].

V návaznosti na poznámku autora Dannerta tato kapitola pojednává o situaci v rámci českého soudnictví, zejména o okolnostech výkladu reakční doby řidiče, nejčastějším užívaném rozmezí apod. V přehledu níže je uvedeno 8 judikátů převážně od nejvyšších soudů, které pojednávají o různých dopravních situacích. U každého judikátu je stručně popsán skutkový stav, nehodový děj a případné okolnosti relevantní pro stanovení reakční doby.

Rozsudek Nejvyššího soudu, 25 Cdo 1127/2007, [C 5808], ze dne 20. 3. 2008

Skutkový stav: předmětem sporu byla dopravní nehoda z nočních hodin z listopadu roku 2001, kdy osobní vozidlo srazilo chodce, který vstoupil do koridoru vozidla náhle a nečekaně. Z právní věty rozsudku NS, který se zabýval otázkou odpovědnosti, plyne, že s ohledem na průměrnou reakční dobu řidiče a vzdálenost chodce v okamžiku vstupu do vozovky řidič nemohl být objektivně schopen včas zareagovat a vyhnout se střetu, a to ani při dodržení všech povinností plynoucích z pravidel provozu na pozemních komunikacích, nese odpovědnost za škodu chodec sám [45].

Hodnotu, průměrné reakční doby soud v odůvodnění nestanovuje, odvolává se na znalecké posudky, ze kterých plyne, že chodec vstoupil do vozovky přibližně *11 metrů a 1,4 až 1,6 sekundy* před střetem. Reakční doba byla vzhledem k povětrnostním podmínkám stanovena znalci na 1,3 až 1,5 sekundy. Dále bylo zjištěno, že řidič vozidla měl po nehodě naměřen alkohol v krvi v hodnotě *0,39 g/kg*. Zdali byla tato skutečnost zohledněna v rámci stanovení rozmezí reakční doby z rozsudku NS, neplyne [45].

Rozsudek Nejvyššího soudu, 8 Tdo 1202/2013-23, [NS 549/2014] ze dne 15. 1. 2014

Skutkový stav: 28. 4. 2012 ve 12:00 se stala dopravní nehoda mezi vozidly Honda Civic a Fiat Punto. Příčinou nehody bylo nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo na světelné křižovatce. V rámci soudního sporu se střetávají 2 rozdílné znalecké posudky, které se kloní k jednotlivým stranám sporu. Revizní posudek vypracován nebyl. Nárazovou rychlost znalci stanovili na *53 km/h*. Uvažovaná reakční doba řidiče byla 1 sekunda s dodatkem, že maximální délka reakční doby mohla být 1,34 sekundy. Okolnosti naznačující možné snížené podmínky viditelnosti z textu rozsudku neplynou, předkládáme tedy, že viditelnost byla dobrá [46].

Rozsudek Nejvyššího soudu, 4 Tz 41/2010, [NS 4275/2010] ze dne 15. 9. 2010.

Skutkový stav: 27. 9. 2007 mezi 16. a 17. hodinou se stala dopravní nehoda na rychlostní komunikaci R4, kdy vozidlo Land Rover v rychlosti okolo *120 km/h* narazilo do zadní části vozidla VW Polo, které se pohybovalo rychlostí do *15 km/h* v odstavném pruhu. Okolnosti naznačující zhoršené podmínky viditelnosti nebyly v rozsudku uvedeny. V rámci soudních sporů byly vypracovány 4 znalecké posudky. Z uvedeného plyne pouze, že v rámci znaleckých posudků bylo při výpočtech uvažováno s běžnou reakční dobou okolo 1 sekundy. Vzhledem k zjištěným souvislostem, zejména konstantnímu telefonování (prostřednictvím „hands free“ zařízení) řidiče vozidla Land Rover bylo konstatováno, že reakční doba měla být uvažována v rozmezí 1,34 až 2,0 sekundy. NS zrušil rozsudky soudů prvního a druhého stupně, přičemž v odůvodnění upozornil

na skutečnosti, které by měly dopadat na další soudní i znaleckou praxi: „Zde je třeba též zdůraznit, že při absenci některých přesně zjištěných a důkazy doložených údajů, se kterými se ve znaleckém posudku počítá, přičemž se vychází z odhadů, technických předpokladů, tabulkových koeficientů, pomocných výpočtů apod., především pokud je s nimi uvažováno v určitých rozmezích (např. reakční doba řidiče, technická prodleva brzd, přepokládaná střetová rychlost, EES jednotlivých vozidel, rozhledové - výhledové poměry, vzdálenosti atd.), je třeba při jejich dosazování do příslušných výpočtů vycházet vždy z hodnot, které jsou z technického hlediska korektní a objektivně přijatelné, ale přesto pro obviněného, nejpříznivější nikoli z hodnot středních, a to v souladu s již zmiňovanou zásadou „in dubio pro reo“ (v pochybnostech ve prospěch obviněného). Tím spíše pak v situaci, kdy jako v tomto případě předstřetový průběh dopravní nehody nebyl kromě výpovědi obviněného prakticky ničím dalším objektivizován“ [47].

Usnesení Nejvyššího soudu 5 Tdo 845/2012, [NS 5095/2012] ze dne 19. 9. 2012.

Skutkový stav: dne 19. 1. 2010 v 7:30 se stala dopravní nehoda na silnici III. třídy mezi vozily VW Crafter a Opel Van Combo. Vozidlo VW za snížené viditelnosti narazilo do vozidla Opel, které bylo odstaveno u krajnice neosvětlené ani jinak označené. Reakční doba řidiče VW byla znaleckým posudkem stanovena na rozmezí 1,1 až 2,95 sekundy. V rámci okolností relevantních pro reakční dobu řidiče se vedle snížené viditelnosti uvažovalo i porušení zákona v rámci nevěnování se řízení, vzhledem ke skutečnosti, že na místě nehody nebyly nalezeny žádné brzdové stopy [48].

Usnesení Nejvyššího soudu, 6 Tdo 1343/2008, [NS 6216/2009] ze dne 29. 1. 2009

Skutkový stav: dne 5. 8. 2007 kolem 18:00 došlo k dopravní nehodě na silnici I. třídy mezi traktorem Case MX 135 a motocyklem Honda CB900F Hornet SC48. Příčinou bylo přehlédnutí motocyklu Honda řidičem traktoru při odbočování vlevo na místo ležící mimo vozovku. Z dalších okolností vyplynulo, že nehoda se stala na rovném a přehledném úseku silnice za dobrých světelných podmínek. Významným zjištěním bylo naměření látky marihuana (THC) v krvi řidiče motocyklu. Soud prvního stupně přihlédl v první řadě k výpovědi svědka, který řídil osobní vozidlo jedoucí za traktorem Case. V důsledku toho se z judikátu nedozvídáme podrobnosti ohledně uvažované reakční doby řidiče motocyklu. K případu byly vypracovány 2 znalecké posudky pouze s odkazy na „běžnou“ reakční dobu a prvním případě a možné prodloužení reakční doby řidiče vlivem THC až na 3 sekundy [49].

Usnesení Nejvyššího soudu, 3 Tdo 1197/2016, [NS 6919/2016] ze dne 19. 10. 2016

Skutkový stav: dne 13. 4. 2013 kolem 17:00 se stala dopravní nehoda na dálnici D1 mezi vozidlem Audi A6 a nákladním vozidlem Volvo s návěsem. Řidič Audi se před nehodou pohyboval

v levém jízdním pruhu rychlostí 130 km/h poté reagoval na příčné přemístění jiné jízdní soupravy z pravého pruhu do levého, která se pohybovala před ním. Řidič Audi reagoval brzděním a vyhýbáním vpravo až k odstavnému pruhu, kde narazil do stojící soupravy Volvo. Okolnosti naznačující zhoršené podmínky viditelnosti nebyly uvedeny. Předmětem sporu a důvodem k novému projednání věci byla reakční doba řidiče, která byla znaleckým ústavem, který zpracovával revizní znalecký posudek stanovena na fixní hodnotu 0,6 sekundy bez dalšího vysvětlení. Z materiálu daného znaleckého ústavu bylo dále doloženo, že ústav běžně pracuje s reakční dobou v rozmezí 0,47 až 2,04 sekundy [50].

Rozhodnutí Nejvyššího správního soudu, 1 As 12/2017-65, [NSS 693/2018] ze dne 31. 1. 2018.

Skutkový stav: dne 2. 6. 2015 došlo k dopravní nehodě čelním střetem mezi vozidly Mazda 121 a Citroën Jumper v místě ostré pravotočivé zatáčky, kde je trvale zúžená komunikace i výhledové poměry vlivem zaoblení komunikace a trvalé vegetace. V rámci znaleckého posudku byla stanovena reakční doba na 0,8 sekundy. Žalobce navrhoval vypracování revizního znaleckého posudku vzhledem k vyššímu věku řidiče a tím i případné delší reakční době. Návrh na vypracování revizního znaleckého posudku a provedení dalších úkonů soud zamítl [51].

Rozsudek Krajského soudu v Plzni, 17 A 8/2017-39, ze dne 24. 8. 2018.

Skutkový stav: dne 20. 4. 2016 v 16:00 došlo na komunikaci III. třídy k dopravní nehodě mezi traktorem Massey Ferguson a osobním vozidlem Škoda Octavia v momentě, kdy řidič traktoru chtěl odbočit vlevo mimo komunikaci. Řidič Octavie nereagoval na znamení o změně směru jízdy, které traktor prokazatelně z výpovědí dalších svědků dával. Okolnosti naznačující možné prodloužení reakční doby z textu judikátu nevyplývaly. V rámci znaleckého posudku bylo znalcem uvedeno, že použil reakční hodů s náběhem brzděného účinku v hodnotě 1,2 sekundy. Dále bylo uvedeno, že nejběžnější rozmezí reakční doby řidiče je 0,8 až 1 sekundy [52].

Shrnutí judikátů

Při porovnání uváděných hodnot reakčních dob z uvedených judikátů je zřejmé, že obecné rozmezí pro reakční dobu neexistuje ani není nikterak upraveno v rámci sjednocující judikatury². Soudy přistupují k jednotlivým případům individuálně a otázku reakčních dob nechávají plně v kompetenci soudních znalců. Konkrétní hodnoty jsou ve většině případů uváděny v určitém

² „Sjednocující judikatura je mimoprocením prostředkem sjednocování soudní praxe pomocí sjednocujících stanovisek. Nejedná se o formulování konkrétního právního názoru v konkrétním případě, ale o formulaci určité právní otázky bez přímé vazby na individuální případ. Předpokladem pro vydání sjednocujícího stanoviska je více pravomocných rozhodnutí v téže věci v nichž byla stejná právní otázka řešena soudy nižších stupňů rozdílně“ [3]

rozmezí, které je často protistranou připomínkováno jako nepodložené. Otázku podloženosti konkrétního rozmezí znalce uváděné reakční doby nelze objektivně posoudit, protože se v judikatuře prakticky nevyskytuje (bylo by nutné analyzovat konkrétní texty znaleckých posudků, případně podané vysvětlení znalce v rámci soudního jednání). Pozitivně lze hodnotit fakt, že znalci ve většině případů přistupují zodpovědně k problematice reakčních dob a zohledňují faktory ovlivňující reakční dobu, někdy argumentují i odbornou literaturou. Stanovení reakční doby pro konkrétní případ v určitém rozmezí podporuje možnosti soudce pro posouzení právní zásady „in dubio pro reo“ (viz citovaný text judikát NS 4275/2010). Problematika rozmezí reakčních dob v rámci znaleckých posudků, požadavky na podložení takového rozmezí, případně vypořádání se s otázkou maximální přípustné reakční doby řidiče způsobilého k řízení motorových vozidel by měla být upravena v rámci tzv. sjednocující judikatury, která je v gesci nejvyšších soudů České republiky, přesněji Nejvyššího soudu a Nejvyššího správního soudu.

2.6 SHRNUÍ ANALÝZY SOUČASNÉHO STAVU

V rámci analýzy současného stavu poznání bylo představeno několik obecných definic, které se touto problematikou zabývají. Z uvedených příkladů plyne, že názory na definování jsou různé a definice samotné jsou velmi obecné. S ohledem na analýzu současného stavu byla pro měření zvolena reakční doba řidiče ve smyslu PRT, tedy bez odezvy vozidla. Z jednotlivých fází byl brán zřetel zejména na optickou, psychickou a svalovou část reakční doby. Některé fáze byly specificky definovány pro účely této práce v kapitole **4.2.3**.

Při snaze o číselné vymezení běžné reakční doby řidiče v běžném silničním provozu musíme od obecných definic přejít ke konkrétním výzkumům. Dělení reakční doby na jednotlivé fáze je složitá otázka, na kterou mají autoři velmi rozdílné názory. Autoři ve svých výzkumech definují reakční dobu různě, především ale nezahrnují některé z fází, které se navíc mohou překrývat. Tím vzniká mnoho různých pojmů a variací reakčních dob (PRT, PRBT, BRT apod.) a celkové pojetí problematiky reakčních dob se stává nepřehledným.

Pokud určitým způsobem zkombinujeme výsledky z uvedených měření, můžeme s nadsázkou říct, že reakční doba v běžném silničním provozu (pokud uvažuje složky optická, psychická, svalová reakce, bez dalšího uvažování faktorů ovlivňujících délku reakční doby) by se v denních hodinách měla pohybovat v rozmezí *0,6 sekundy až 1,8 sekundy* (praktická ukázka z judikatury naznačuje, že v našem soudnictví se běžně používá i daleko širší rozmezí). Toto rozmezí je ovšem velmi široké a pro účely soudní (myšleno sjednocení judikatury), nebo analýzy nehod použitelné. Dalším z problémů jsou různé faktory, které naše reakce ovlivňují. Tyto a spousta

dalších argumentů tedy vylučují možnost, vymezit jednu konkrétní reakční dobu v rozsahu, který by byl pro všechny případy univerzálně použitelný.

Výzkumy, které se zabývají konkrétními dopravními situacemi, umí pro typově obdobné případy stanovit reakční dobu poměrně přesně a v přijatelném rozmezí. Poznatky dalších autorů (o vlivu snížené viditelnosti, míře připravenosti, intoxikaci různými látkami...) nám však jasně naznačují, že v naprosté většině případů musíme ke konkrétní dopravní nehodě/situaci přistupovat individuálně a konkrétní podmínky v reakční době zohlednit. Jedním z přístupů, který by mohl tuto situaci změnit je pokračování ve výzkumu TTC, kde parametr „rizikové doby“ před případným střetem vykazuje dobré známky pro přiřazení konkrétního rozmezí reakční doby.

V návaznosti na analýzu současného stavu byl pro realizaci cílů DP jako nejvhodnější vybrán experiment v podobě jízdní zkoušky v podmínkách běžného silničního provozu. Data pro stanovení konkrétních reakčních dob byla získána kombinací technologie eyetrackingu, sběru dat z testovacího vozidla a kamery snímající pedálový prostor testovacího vozidla. Při vyhodnocení naměřených reakcí, bylo snahou tyto reakce spojit s příslušnými hodnotami časového odstupu mezi vozidly po vzoru rizikové doby (TTC). Z hlediska vhodného prezentování výsledků bylo využito členění podnětů a definování reakčních dob na základě publikací citovaných v analýze současného stavu.

Základní členění podnětů pro realizaci měření

Jednou z možností, jak zkoumat reakce člověka, je způsob rozlišování různých reakčních podnětů v souvislosti s dopravním prostředím. Z hlediska běžného provozu na pozemních komunikacích můžeme v návaznosti na práci Americké asociace státních úřadů pro dopravu vyčlenit tyto kategorie podnětů [1]:

- osvětlené objekty, zvukové podněty;
- vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla;
- chodci, jízdní kola, překážky na silnici;
- vepředu jedoucí vozidla;
- řízení dopravy (světelná signalizace);
- celková reakční doba.

Dělicím kritériem byla bezpečná vzdálenost pro zastavení.

3 STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ

V souvislosti se zadáním DP byla níže nastíněna nehodovost v České republice, která je jedním z hlavních témat celé dopravní problematiky. Významnost tohoto tématu byla podložena statistikou nehodovosti za uplynulý rok 2019, kterou každoročně zpracovává Policie ČR.

Pořadí	Nejčastější příčiny nehod zaviněných řidiči motorových vozidel	počet nehod
1.	řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	17 623
2.	nesprávné otáčení nebo couvání	9 155
3.	jiný druh nesprávné jízdy	8 945
4.	nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	7 231
5.	nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky	5 627
6.	nezvládnutí řízení vozidla	4 826
7.	vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu	4 765
8.	nepřízpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky	4 049
9.	nedání přednosti upravené dopravní značkou "DEJ PŘEDNOST V JÍZDĚ!"	3 770
10.	přejetí do protisměru	2 575

Obr. 13: Přehled příčin nehod v ČR za rok 2019 [34]

Ze statistik PČR plyne, že nejčastější příčinou nehod v roce 2019 bylo nevěnování se řízení vozidla s počtem nehod 17 623. Rovněž významné byly případy s nedodržením bezpečné vzdálenosti za vozidlem s počtem 7 231 nehod, v pořadí čtvrtá nejčastější příčina. Konkrétně jmenované příčiny se v součtu 30,2 % podílely na celkovém počtu nehod za rok 2019. Zdůraznění těchto příčin nehodovosti bylo zcela záměrné, vzhledem k tomu, že z celkového výčtu nejvíce souvisí s problematikou reakčních dob řidičů. Vzhledem k rostoucímu pracovnímu tempu a celkovému zrychlování okolního světa, se řidiči stále více věnují telefonování, nebo občerstvování za volantem, podléhají stresu, spěchají a nedodrží bezpečné rozestupy mezi vozidly.

Všechny tyto okolnosti se negativně projevují na délce reakční doby řidiče. Reakční doba je jedním z důležitých parametrů při výpočtech pohybu vozidel v rámci nehodového děje. Potřebou analýzy nehod je podrobná znalost problematiky reakčních dob řidičů a okolností, které mohou ovlivnit její rozpětí. Ze současného stavu poznání plyne (kapitola 2), že k problematice reakčních dob existuje více přístupů a nesrovnalostí v definování reakčních dob, či jejich členění na jednotlivé fáze. Na základě analýzy současného stavu lze pak učinit tyto závěry týkající se problematiky reakčních dob:

1. Existuje nejednotnost v definování reakčních dob;
2. Existuje nejednotnost v členění reakčních dob na jednotlivé fáze a jejich vymezení.

Na základě výše uvedeného byly formulovány následující cíle:

1. Zjištění definované reakční doby řidičů silničních motorových vozidel v podmínkách běžného silničního provozu (městský provoz) na různé zejména optické podněty (očekávané i neočekávané);
2. Zjištěné reakce vhodně rozčlenit do příslušných kategorií dle poznatků z analýzy současného stavu;
3. Při dosažení vhodného a dostatečného souboru dat zjistit případné rozdíly v reakčních dobách v rámci různých dopravních situacích, zkušenostech řidičů, časovém odstupu mezi vozidly apod.

4 POUŽITÉ METODY A JEJICH ZDŮVODNĚNÍ

4.1 METODA REALIZACE MĚŘENÍ

Rozeznáváme dva základní způsoby měření reakčních dob. Prvním způsobem je simulované prostředí na speciálních jízdních simulátorech. Druhým způsobem je metoda realizace měření pomocí jízdních zkoušek na zkušební dráze, nebo v podmínkách běžného silničního provozu. Vzhledem k možným odlišnostem mezi výsledky z jízdních simulátorů a jízdních zkoušek, byla pro experimentální měření zvolena metoda jízdních zkoušek v podmínkách běžného silničního provozu. Hlavní výhody takového způsobu měření jsou v autentičnosti prostředí a přirozenosti reagování na vzniklé dopravní situace. Při jízdních zkouškách byly některé reakční podněty vyvolány uměle (detailnější popis v kapitole 4.2.2).

4.1.1 Rámcová metodika měření

Pro dosažení stanovených cílů byla vypracována následující rámcová metodika:

- návrh trasy a výběr měřicího zařízení pro zaznamenávání požadovaných veličin;
- kontrola trasy z hlediska dostatečného množství potenciálních podnětů pro sběr dat;
- návrh úseků a scénáře vytváření simulovaných reakčních podnětů;
- testovací jízda a zkušební vyhodnocení dat;
- dílčí úpravy po vyhodnocení testovací jízdy;
- seznámení probandů s měřicí technikou zkušebním vozidlem, účel jízdní zkoušky zamlčen;
- měření a záznam dat;
- analýza získaných dat a formulování závěrů.

4.1.2 Vymezení reakčních podnětů

K měření reakčních doby byly vymezeny optické a složené podněty, s využitím členění na 6 různých kategorií dle Americké asociace státních úřadů pro dopravu vyčlenit tyto kategorie podnětů [1]:

1. osvětlené objekty, zvukové podněty;
2. vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla;
3. chodci, jízdní kola, překážky na silnici;
4. vepředu jedoucí vozidla;
5. řízení dopravy (světelná signalizace);
6. celková reakční doba.

Nashromážděná data byla tříděna na základě stejných kategorií. Na tyto podněty mohli probandi reagovat čtyřmi různými způsoby:

1. uvolněním akceleračního pedálu;
2. brzděním (měřeno na základě informací o aktivaci brzd z hlediska dat vozidla);
3. vyhýbáním (měřeno od prvního vyvinutí tlaku na věnec volantu);
4. kombinací uvedeného.

Aktivace brzd byla vyhodnocena jako informační hodnota z dat vozidla v programu D-Lab.

4.1.3 Definování měřených reakčních dob

Základem pro definování měřených reakčních dob byla práce autorů Stanczyk; Jurecki a kol., [32]. Na základě toho byly pro vyhodnocení dat naměřených v rámci této DP vymezeny následující reakční doby:

- **Psychomotorická reakční doba** u brzdění, definovaná jako doba od okamžiku vynoření překážky k prvnímu tlaku na brzdový pedál. Následně označovaná jako „*reakční doba brzdění*“;
- **Mentální reakční doba brzdění**, definovaná jako doba od okamžiku vynoření překážky až k počátku pohybu nohy z akceleračního pedálu. Následně označovaná jako „*reakční doba akcelerační pedál*“;
- **Zahajovací reakční doba při brzdění**, definovaná jako doba od uvolnění akceleračního pedálu až po první tlak na brzdový pedál. Následně označovaná jako „*doba přemístění*“;
- **Psychomotorická reakční doba při řízení**, definovaná jako doba od okamžiku vynoření překážky až po první tlak na volant. Následně označovaná jako „*reakční doba řízení*“.

Definování počátku reakce z hlediska měření

Jako počátek reakční doby byl stanoven okamžik rozsvícení brzdových světel vepředu jedoucího vozidla, žlutého světla na světelném signalizačním zařízení či vstup objektu do koridoru vozidla, a to ve vztahu k situaci odehrávající se v rámci zorného pole řidiče. V případech s vyskytující se fází optické reakce, je za počátek reakce považováno započetí přemístění pohledu z oblasti ostrého vidění z předem sledované oblasti/objektu na reakční podnět.

Definování konce reakce z hlediska měření

Konec reakční doby souvisí s konkrétním typem reakce. Ukončení sledované reakční doby je dáno uvolněním akceleračního pedálu, přemístění nohy mezi pedály, aktivaci brzdového pedálu, nebo započítáním vyhýbacího manévru natočením volantů.

Z hlediska jednotlivých složek se u těchto reakčních dob uvažuje zejména o fázích: optická reakce, psychické reakce, svalové reakce a prodleva brzd.

4.2 POPIS MĚŘENÍ, ZÍSKÁVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ DAT

4.2.1 Měřicí technika

K realizaci měření a sběru dat byly nezbytné tyto měřicí přístroje a pomůcky:

- testovací vozidlo BMW 530d xDrive Touring;
- zařízení pro sledování pohybu očí a pohledu řidiče Eyetracker Dikablis Glasses 3;
- zařízení pro sběr dat VTK;
- software D-Lab od společnosti Ergoneers pro synchronní záznam a analýzu naměřených dat;
- externí kamera pro snímání pedálového prostoru vozidla;
- další vozidla pro cílené vyvolání dopravních situací;
- mobilní aplikace se sdílením polohy pro kontrolu vozidel na trase.

Testovací vozidlo

Jako testovací vozidlo bylo využito vozidlo BMW 530d xDrive Touring s automatickou převodovkou a pohonem všech kol (dále jen testovací vozidlo), které je na Ústavu soudního inženýrství dostupné od roku 2018 pro studijní účely. Testovací vozidlo je vybaveno množstvím asistenčních a bezpečnostních prvků, například adaptivní tempomat, hlídání mrtvého úhlu, sledování jízdních pruhů vč. možnosti částečně autonomní jízdy, noční vidění, head up display a další.

V rámci přípravy jízdní zkoušky byla trasa zadána do navigačního systému testovacího vozidla a zároveň byl deaktivován head up display. Důvodem deaktivace byla nadbytečnost a neznalost tohoto prvku některými probandy a v důsledku toho by použití mohlo odvádět pozornost testované osoby.



Obr. 14: Testovací vozidlo BMW [40]

Zařízení pro sledování pohybu očí řidiče

Pro sledování pohybu očí řidiče byl použit Eyetracker Dikablis Glasses od společnosti Ergoneers. Toto zařízení se sestává ze 3 kamer. Dvě kamery snímají oči řidiče, jedna kamera snímá dopředný pohled řidiče. Ve spolupráci se zařízením VKT umožňuje Eyetracker synchronní záznam všech požadovaných dat. Vzhledem k technickým omezením použitého eyetrackeru byli vybíráni probandi bez zrakových vad/ brýlí, aby nedocházelo ke ztrátám dat při měření.



Obr. 15: Proband se zařízením Eyetracker Dikablis Glasses [39]

Zařízení pro sběr dat VTK

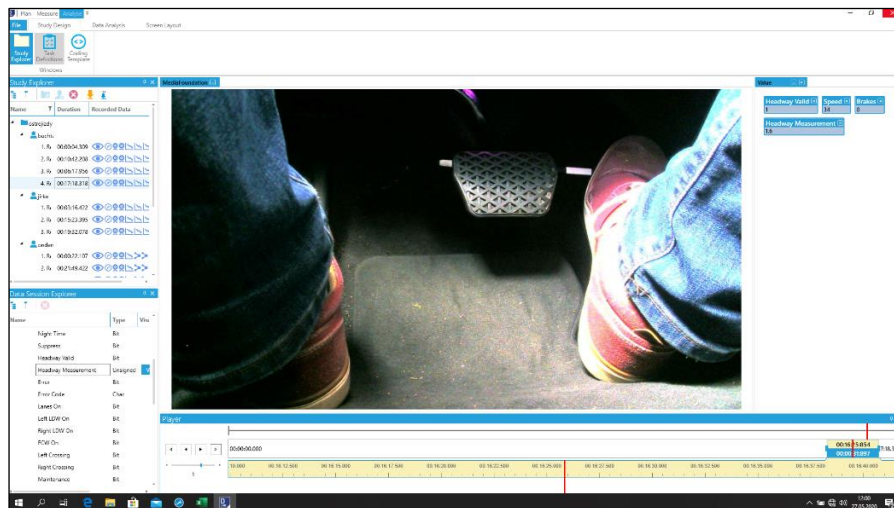
Zařízení VTK od společnosti Ergoneers je v testovacím vozidle připojeno na sběrnici CAN. Dále umožňuje připojení dalších externích zařízení (kamery, mikrofony, systém GPS apod.). Pro účely této DP byl prostřednictvím VKT měřen a zaznamenáván směr pohledu řidiče pomocí eyetrackeru, poloha a pohyb dolních končetin akceleračního a brzdového pedálu pomocí kamery v pedálovém prostoru a dále vybraná jízdní a vozidlová data ze sběrnice CAN a senzoru Mobileye (rychlost, časový odstup od vepředu jedoucího vozidla, poloha, informace o aktivaci brzd).



Obr. 16: Zařízení VTK s kontrolním displejem [39]

Software D-Lab

Pro vyhodnocení veškerých dat ze zařízení VTK, byl použit program D-Lab rovněž od společnosti Ergoneers, který byl využit v rámci celé analýzy videozáznamů a dat z jízdních zkoušek jednotlivých probandů.



Obr. 17: Ukázka prostředí programu D-Lab; záběr z kamery pedálového prostoru [39]

Kamera pro snímání pedálového prostoru

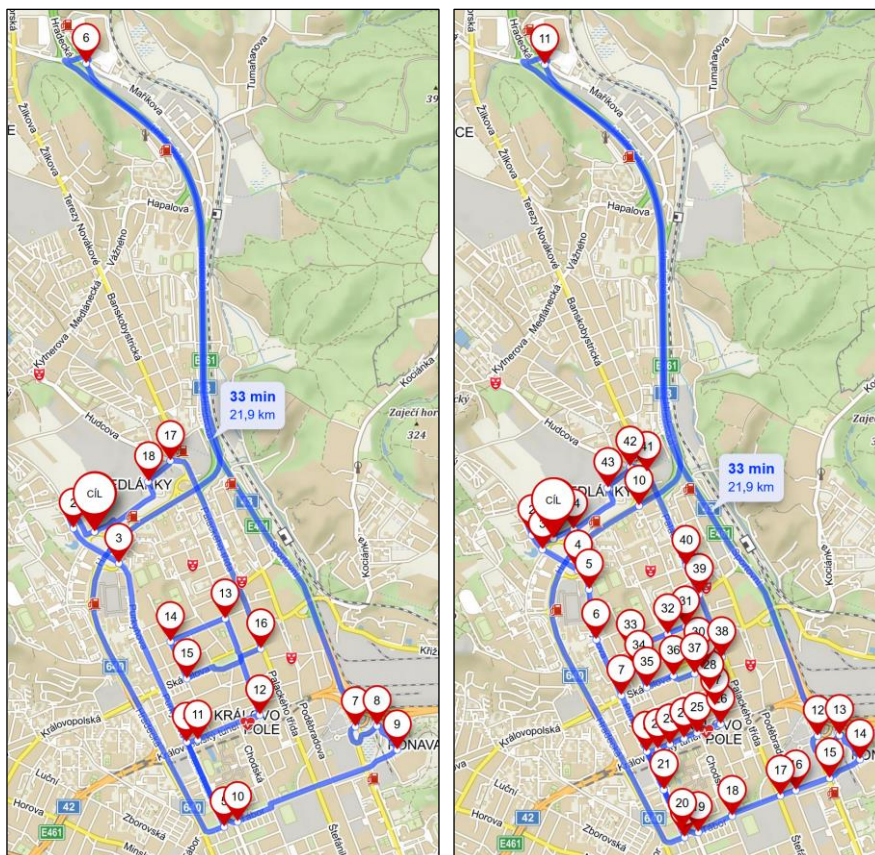
Pro účely monitorování pedálového prostoru byla k sedadlu řidiče připevněná kamera, umístění a zorné pole které, je zřejmé z **obr. 18**. Důvodem pro přidání této kamery byla potřeba získání dalších informací, která byla rozhodná pro přesné vymezení některých fází reakčních dob.



Obr. 18: Ukázka umístění kamery pod sedadlem řidiče [39]

4.2.2 Trasa měření

Pro účely jízdní zkoušky byla zvolena trasa v okolí Brněnského městského centra. Trasa měla délku přibližně 22 km a vedla převážně přes městskou část Královo pole. Předpokládána doba na projetí trasy dle online map byla přibližně 33 minut. Měření se uskutečnilo ve dnech 25. a 26. 5. 2020, vždy v rozmezí od cca 14:00 do 19:00 hod. Podmínky měření byly v obou dnech srovnatelné a z hlediska sběru dat velmi příznivé (bylo zataženo, nedocházelo tedy k přesaturování scény).



Obr. 19: Vlevo: mapa trasy jízdní zkoušky, vpravo: mapa trasy včetně vytipovaných míst pro vznik reakčního podnětu [38]

Trasa byla koncipována jako okruh, který začínal a končil v areálu ÚSI, kde docházelo ke střídání probandů a kalibrování eyetrackeru. V rámci sestavování návrhu trasy, bylo vytipováno přes 40 míst (křižovatky, přechody pro chodce, místa pro přecházení, zpomalovací prahy apod.), na kterých bylo možné s vysokou pravděpodobností očekávat vznik situací, které vyžadují reakci řidiče. V rámci prostudování jiných experimentů např. [31], bylo přistoupeno k částečně cílenému vyvolání reakčních podnětů na vybraných úsecích trasy.

Při návrhu trasy bylo rovněž snahou začlenit úseky s různou intenzitou dopravy a maximální povolenou rychlostí. Před samotnou jízdou byli probandi instruováni o ovládání vozidla a podmínkách jízdní zkoušky. V rámci měření nebylo s probandy komunikováno, aby nedocházelo k ovlivnění, navádění na trase bylo zajištěno navigačním systémem testovacího vozidla. Ohledně cíleně vyvolaných reakcí a přesném účelu jízdní zkoušky nebyli probandi nikterak informováni.

První část trasy vedla k obchodnímu centru Globus, kdy byl ponechán prostor řidičům pro navyknutí na testovací vozidlo. Druhý úsek vedl k nákupnímu centru Královo pole po komunikaci č. 43 Hradecká. Na tomto úseku docházelo k cílenému vyvolání reakce, předjetím vozidla Volkswagen Caravelle před testovací vozidlo a vytvořením reakčního podnětu brzděním (bližší popis v rámci analýzy dat níže kapitola 5.1.4). Třetí úsek trasy vedl starou zástavbou (charakteristickým znakem tohoto prostředí byly úzké ulice a množství po stranách zaparkovaných vozidel) v okolí Slovanského náměstí. V tomto úseku docházelo k cílenému vyvolání reakcí vozidlem Škoda Superb, které v příhodných místech předstíralo snahu o zaparkování, nebo naopak vjíždělo z podélných parkovacích stání do koridoru testovacího vozidla.



Obr. 20: Ukázka cílených reakcí z pohledu řidiče [39]

4.2.3 Zpracování dat

Zpracování dat probíhalo formou analýzy synchronního záznamu z eyetrackeru, dat z vozidla a videozáznamu prostoru pedálů v programu D-Lab, kde bylo možné odečítat časy v řádech milisekund (dále jen ms). Takto získaná data byla zpracována pomocí MS Excel, přičemž

byly z časového hlediska vymezeny jednotlivé fáze příslušné reakční doby a její celková doba trvání. Dále byly zpracovány vybrané údaje z vozidla, zejména rychlost, aktivace brzd a odstup od vepředu jedoucího vozidla. Tyto hodnoty spolu s označením dopravní situace a příslušné kategorie podnětu byly poznamenány pro možnosti dalšího analyzování a srovnávání hodnot. Pro účely grafické prezentace výsledků byl zvolen krabicový diagram (box-plot),

Definování některých pojmů

Optická reakce – pro účely této práce se pojmem optická reakce rozumí doba přemístění ostrého pole vidění testované osoby mezi fixací na reakční podnět a předešlou fixací.

Psychická reakce – pro účely této práce se psychickou reakcí rozumí interval od počátku fixace ostrého vidění na reakční podnět, nebo od okamžiku, kdy je objekt pro řidiče poprvé viditelný. Interval končí počátkem vyvolání tělesné aktivity (přesouvání dolní končetiny, natočení volantu).

Doba aktivace brzd – pro účely této práce se pojmem doba aktivace rozumí „doba sešlápnutí brzdového pedálu“. Počátek doby je stanoven na dotyk brzdového pedálu. Konec doby je určen aktivací brzd.

Celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – pro účely této práce se celkovou dobou reakce rozumí interval od počátku přesouvání oblastí ostrého vidění na reakční podnět, nebo od okamžiku, kdy je objekt pro řidiče poprvé viditelný. Interval končí počátkem uvolňování akceleračního pedálu.

Celková doba reakce brzděním – pro účely této práce se celkovou dobou reakce rozumí interval od počátku přesouvání oblastí ostrého vidění na reakční podnět, nebo od okamžiku, kdy je objekt pro řidiče poprvé viditelný. Interval končí dotykem brzdového pedálu.

Celková doba reakce řízením – pro účely této práce se celkovou dobou reakce myslí interval od počátku přesouvání oblastí ostrého vidění na reakční podnět, nebo od okamžiku, kdy je objekt pro řidiče poprvé viditelný. Interval končí vyvinutím prvního tlaku na věnec volantu.

Doba přemístění – pro účely této práce se dobou přemístění rozumí interval od počátku uvolňování jednoho pedálu po dotyk pedálu druhého.

Na sérii obrázků níže (viz **obr. 21** až **obr. 26**) je znázorněna ukázka vyhodnocení průběhu reakce z jízdní zkoušky (obdobným způsobem bylo vyhodnoceno všech přibližně 135 naměřených reakcí). Jednalo se o situaci, kdy do koridoru vozidla vešlo zvíře (holub) zpoza zaparkovaného vozidla a řidič byl nucen na tuto neočekávanou situaci reagovat.

K dané situaci byly na základě výše uvedeného postupu zjištěny tyto hodnoty:

- optická reakce 87 ms;
- psychická reakce 442 ms;
- doba přemístění 255 ms;
- doba aktivace brzd 70 ms (nezahrnuto v celkových reakční dobách);
- celková doba reakce brzděním 784 ms;
- rychlost vozidla na počátku reakce 31 km/h.



Obr. 21: Počátek optické reakce řidiče, fixace na nastartované vozidlo [39]



Obr. 22: Optická reakce, přesun pohledu na reakční podnět [39]



Obr. 23: Konec optické reakce, fixace na reakční podnět, počátek psychické reakce [39]



Obr. 24: Počátek uvolnění akceleračního ho pedálu, konec psychické reakce, počátek doby přemístění [39]



Obr. 25: Přemístění nohy řidiče na brzdový pedál, konec doby přemístění a celkové doby reakce brzděním [39]



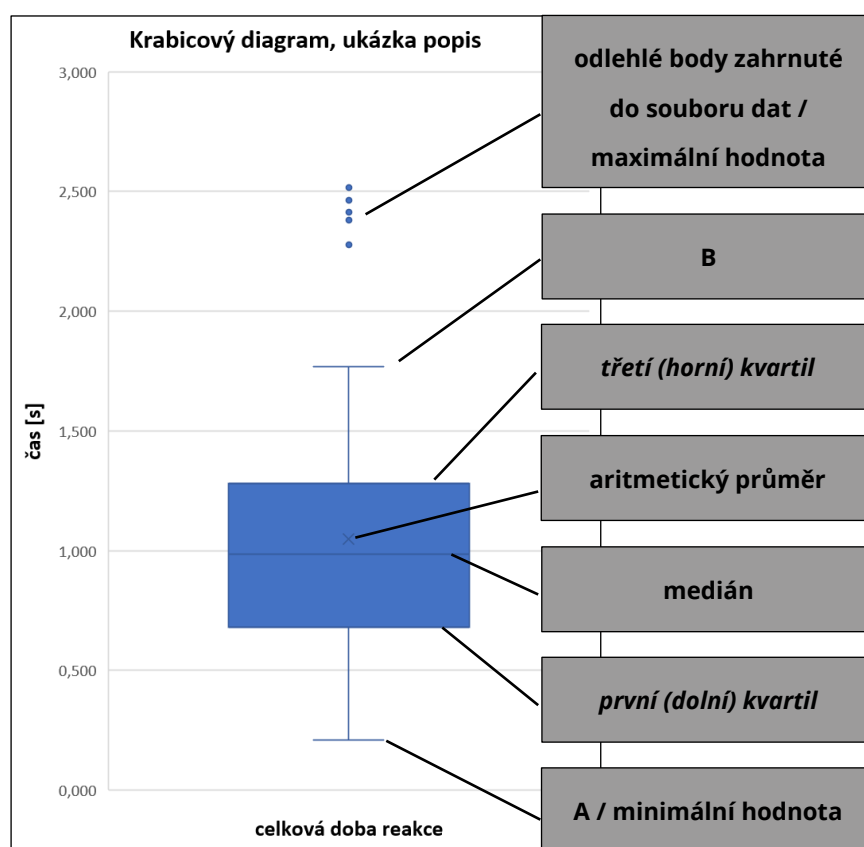
Obr. 26: Okamžik aktivace brzd [39]

Modelový popis, krabicový diagram

Box-Plot neboli krabicový graf slouží ke statistickému posouzení dat pomocí kvartilů. Kvartily dělí soubor hodnot na čtyři stejné části (první a třetí kvartil představují 25 % a 75 % jednotek souboru dat). Kvartilové rozpětí (QR) představuje rozdíl mezi horním a dolním kvartilem. Odlehlé body jsou hodnoty ze souboru dat, které leží vně bodů A, B. Vyskytnou-li se, tvoří minimální a maximální hodnoty.

$$A = \text{dolní kvartil} - 1,5 \cdot \text{QR}$$

$$B = \text{horní kvartil} + 1,5 \cdot \text{QR} \quad [41]$$



Obr. 27: Krabicový diagram popis [39]

4.2.4 Probandi

Jízdni zkoušky se zúčastnilo celkem 12 řidičů mužského pohlaví z toho 11 bylo využito pro vyhodnocení dat. První řidič, který se účastnil testovací jízdy pro ověření zvolené trasy, byl vyloučen z výsledného souboru dat, vzhledem k rozdílným podmínkám a obeznámením s cílem experimentu.

Tab. 5: Informace o probandech [39]

Proband č.	Věk [let]	Řidičské oprávnění skupiny	Zkušenosti s řízením [let]	Průměrný roční nájezd [km]	Četnost řízení	Zkušenost s dopravní nehodou
1	25	B	7	10 000	několikrát týdně	NE
2	27	B	9	15 000	několikrát týdně	ANO – řidič, svědek, spolujezdec
3	28	B	10	3 000	několikrát týdně	NE
4	30	B, C	12	30 000	denně	NE
5	28	B	10	6 000	několikrát týdně	NE
6	30	B	12	10 000	denně	NE
7	28	B, C	10	60 000	denně	ANO, řidič
8	26	B	5	13 000	denně	NE
9	27	B	10	17 000	denně	ANO, řidič
10	23	A, B	4	30 000	denně	ANO, řidič
11	27	B, C	9	35 000	denně	ANO, řidič

Informace o probandech byly vyhodnoceny na základě dotazníku, který byl vyplněn vždy před počátkem jízdní zkoušky. Z tabulky výše plyne, že jízdních zkoušek se zúčastnilo celkem 11 řidičů s věkovým rozmezím 23 až 30 let. Porovnáním délky držení řidičského oprávnění a průměrného ročního nájezdů kilometrů lze předpokládat, že se nejedná o řidiče začátečníky. Vzhledem k relativně nízkému věku probandů se nabízí srovnání s rizikovou skupinou mladých řidičů. Tato kategorie je však obecně chápána do věkové hranice 25 let (odpovídá pouze pro 2 probandy), tudíž takové srovnání nebude v rámci analýzy výsledků zahrnuto. Z hlediska dalších zjištěných okolností s možným dopadem na reakce řidiče je zajímavým poznatkem, že 5 z 11 probandů mělo zkušenost s dopravní nehodou. Dalším dotazováním bylo zjištěno, že se jednalo o lehké až středně závažné dopravní nehody, nikoli pouze o škodní události v nízkých rychlostech typicky z prostředí parkovišť apod.

Žádný z probandů netrpěl zrakovou vadou ani jiným postižením. Pouze jeden z probandů měl profesní průkaz řidiče. U dvou probandů byly pozorovány známky zvýšené soustředěnosti a obezřetnosti v rámci jízdní zkoušky, které mohly být zapříčiněny nezvykem na testovací vozidlo, případně celkovými zkušenostmi s řízením motorových vozidel. Po projetí trasy byl každý proband dotazován, zda pojal podezření z hlediska možného identifikování doprovodných vozidel a následného očekávání a připravenosti na nezvyklé chování. V tomto ohledu odpověděl pozitivně pouze jeden z probandů, přičemž na toto jednání bral zřetel až v posledních úsecích trasy. Zmíněné okolnosti byly zohledněny v rámci vyhodnocování dat.

5 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT A ZJISTĚNÝCH SKUTEČNOSTÍ

Předmětem této kapitoly bylo vyhodnocení naměřených dat na základě metodiky popsané v kapitolách výše. Pro srovnávání reakčních dob řidičů byla zvolena forma členění reakčních podnětů dle různých dopravních situací, dále pak členění na základě různých časových odstupů mezi vozidly. Možnost srovnání řidičů v závislosti na zkušenostech s účastí na dopravní nehodě, resp. nehodách, vzešla na základě vyhodnocení informací o probandech z dotazníku.

Data byla zpracována přehledně do tabulek, v nichž jsou uvedeny základní statistické parametry (minimální hodnota, maximální hodnota, medián, průměr apod.). Takto zpracovaná data jsou dále graficky znázorněna formou krabicových diagramů.

Součástí této DP je příloha, ve které jsou přehledně seřazena data z jízdních zkoušek.

5.1 VYHODNOCENÍ REAKČNÍCH DOB DLE RŮZNÝCH PODNĚTŮ Z BĚŽNÉHO PROVOZU

Dle členění v kapitole 4.1.2 byly vyjmenovány kategorie reakčních podnětů 1 až 6.

5.1.1 Osvětlené objekty, zvukové podněty

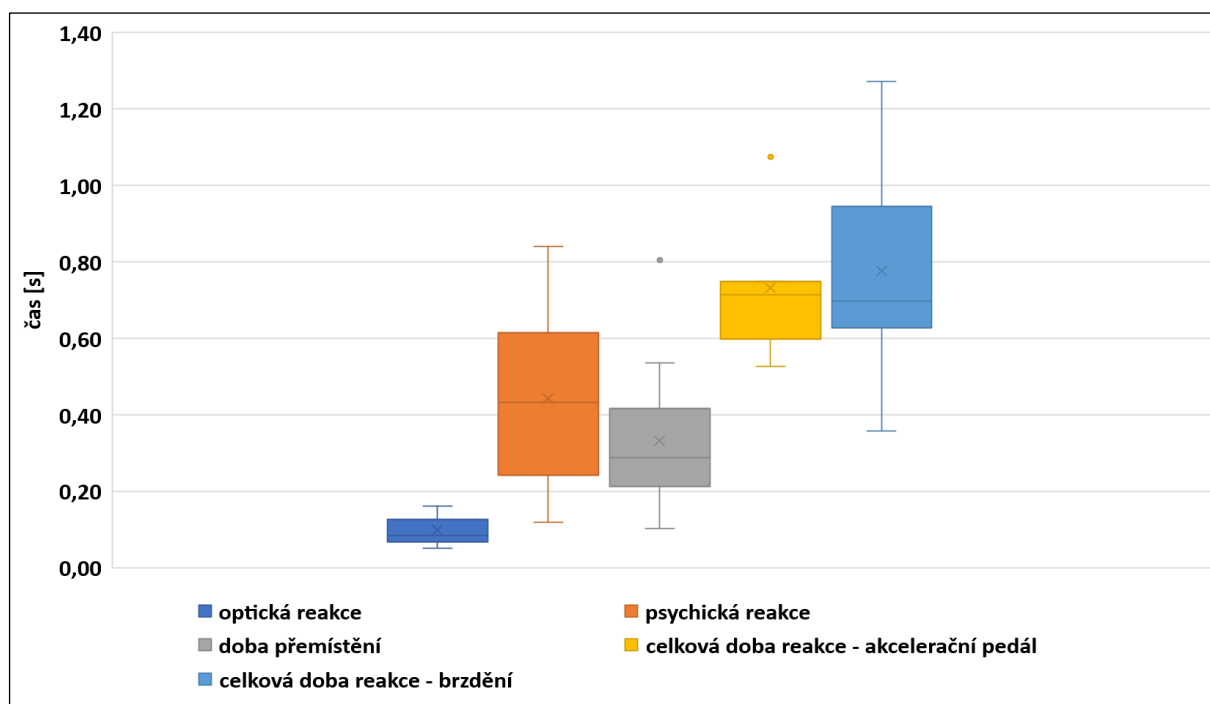
Reakční podněty odpovídající této kategorii se u měření nevyskytly ani nebyly cíleně vyvolávány.

5.1.2 Vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla

Z celkového souboru naměřených dat bylo v této kategorii vyčleněno 20 hodnot. Z toho v 25 % případů byla zaznamenána i optická fáze reakce. V 75 % případů řidiči na tyto situace reagovali brzděním, ve zbylých případech došlo k reakci uvolnění akceleračního pedálu. Rozpětí rychlostí na počátku reakce se pohybovalo v rozmezí 30 až 45 km/h. V závislosti na konkrétním rozpětí rychlosti nebyly zaznamenány pozorovatelné odlišnosti v reakčních dobách řidičů. Všechny situace se odehrály v okolí Slovanského náměstí a přilehlých úzkých uličkách s velkým množstvím zaparkovaných vozidel. Zjištěné střední hodnoty celkových dob reakcí jsou cca 700 ms a odpovídají zvýšené pozornosti řidičů a dobré rozlišitelnosti podnětů, která se dá v takovém prostředí předpokládat (pro nejrychlejší reakce na dobře rozlišitelné podněty se uvádí rozmezí 600 až 700 ms viz 2.2.1).

Tab. 6: Zjištěné hodnoty pro kat. vstup/ vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla [39]

	optická reakce [s]	psychická reakce [s]	doba přemístění [s]	celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	celková doba reakce - brzdění [s]
minimum	0,05	0,12	0,10	0,53	0,36
první kvartil	0,07	0,24	0,21	0,60	0,63
medián	0,09	0,43	0,29	0,71	0,70
průměr	0,10	0,44	0,33	0,73	0,78
třetí kvartil	0,13	0,62	0,42	0,75	0,95
maximum	0,16	0,84	0,80	1,08	1,27



Obr. 28: Zjištěné hodnoty pro kat. vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla [39]

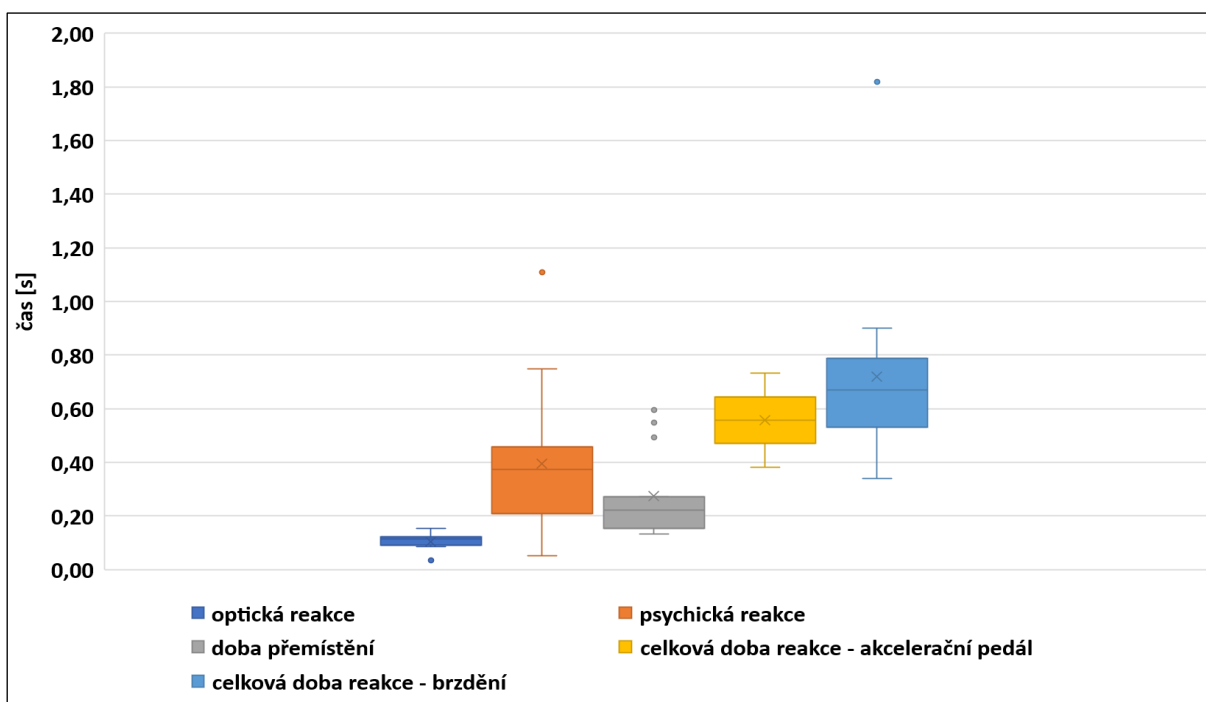
U fáze doba přemístění je odlehlá hodnota (802 ms), která byla zapříčiněna váhavým jednáním řidiče a hodnocením situace v průběhu doby přemístování (řidič prováděl přemístění váhavě).

5.1.3 Chodci, jízdní kola, překážky na silnici

Do této kategorie bylo zařazeno 14 hodnot, z toho 12 bylo v přímé interakci s chodci u přechodů, nebo v zastávkách, zbylé 2 hodnoty souvisely s reakcí na zvířata v okolí i uvnitř jízdního koridoru vozidla. 43 % případů bylo s optickou fází reakce. Ve 14 % případů řidiči reagovali uvolněním akceleračního pedálu, zbylé reakce spočívaly v brzdění. Rozpětí rychlostí na počátku reakce 18 až 46 km/h.

Tab. 7: Zjištěné hodnoty pro kat. chodci, jízdní kola, překážky na silnici [39]

	optická reakce [s]	psychická reakce [s]	doba přemístění [s]	celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	celková doba reakce - brzdění [s]
minimum	0,03	0,05	0,13	0,38	0,34
první kvartil	0,09	0,21	0,15	0,47	0,53
medián	0,11	0,37	0,22	0,56	0,67
průměr	0,10	0,40	0,28	0,56	0,72
třetí kvartil	0,12	0,46	0,27	0,64	0,79
maximum	0,15	1,11	0,59	0,73	1,82



Obr. 29: Zjištěné hodnoty pro kat. chodci, jízdní kola, překážky na silnici [39]

Vzdálené hodnoty u fáze psychické reakce a celkové doby reakce souvisí s jedním případem, kdy řidič při nízké rychlosti na počátku reakce, 18 km/h dlouho hodnotil danou situaci (psychická fáze reakční doby 1,11 s).

5.1.4 Vepředu jedoucí vozidla

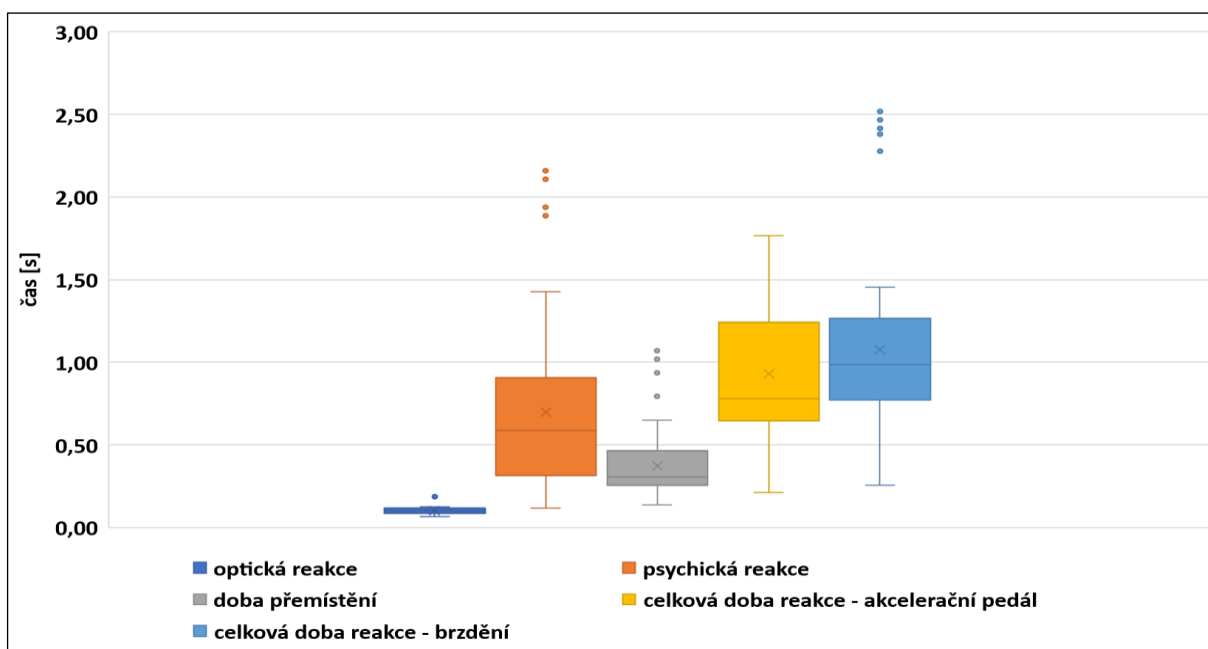
Tato kategorie byla s počtem 68 hodnot nejčetnější. Podnětem pro reakce řidičů bylo v těchto případech rozsvícení brzdových světel u vepředu jedoucího vozidla. Široké rozpětí rychlostí na počátku reakce (15 až 100 km/h) při získávání těchto hodnot značí potřebu po komplexnějším rozdělení. V návaznosti na analýzu současného stavu byl jako další dělicí kritérium zvolen časový odstup mezi vozidly, který byl v 85 % případů zaznamenán.

Celkový souhrn:

Ze 68 hodnot bylo 19 % případů s optickou fází reakce. V 19 % případů řidiči reagovali pouze uvolněním akceleračního pedálu, ve zbylých 81 % případů reagovali brzděním.

Tab. 8: Zjištěné hodnoty pro kat. vepředu jedoucí vozidla [39]

	optická reakce [s]	psychická reakce [s]	doba přemístění [s]	celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	celková doba reakce - brzdění [s]
minimum	0,07	0,12	0,14	0,21	0,25
první kvartil	0,09	0,32	0,26	0,65	0,77
medián	0,10	0,59	0,31	0,78	0,99
průměr	0,10	0,70	0,38	0,93	1,08
třetí kvartil	0,12	0,91	0,46	1,24	1,27
maximum	0,19	2,16	1,07	1,77	2,52



Obr. 30: Zjištěné hodnoty pro kat. vepředu jedoucí vozidla [39]

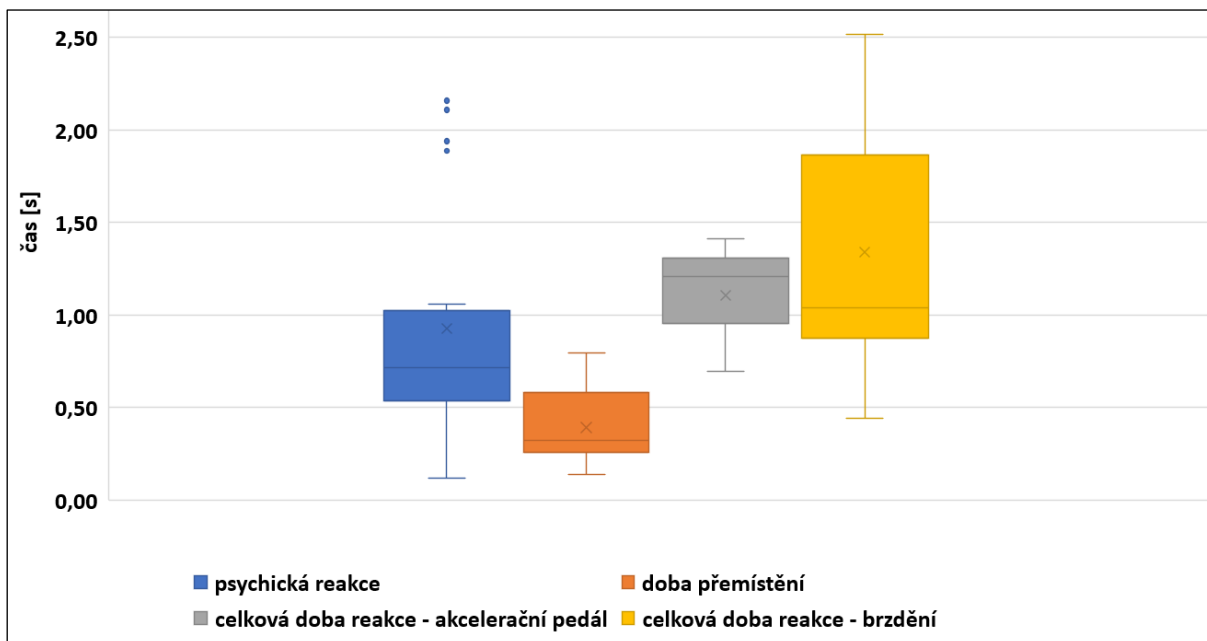
Odlehle hodnoty u fází psychické reakce a celkové doby reakce souvisí s cíleně vyvolanou reakcí na úseku „Hradecká“, kde doprovodné vozidlo VW Caravelle předjíždělo testovací vozidlo, přičemž brzdilo již v průběhu zařazování před testovací vozidlo. V důsledku toho mělo rozsvícená brzdová světla během předjíždění a ještě několik sekund po předjetí. Řidiči nejprve nereagovali, protože danou situaci hodnotili jako běžné předjetí. Následně však všichni reagovali rychlým přesunem nohy na brzdový pedál a připraveností na případné brzdění. V důsledku toho se u reakcí na úseku Hradecká vyskytuje poměrně dlouhá psychická fáze reakční doby, kdy řidiči hodnotili danou situaci.

Reakce s časovým odstupem vozidel 0 až 1 [s]

Reakční podněty s nejkratšími odstupy mezi vozidly byly primárně spojeny s výše popsanou situací na úseku „Hradecká“, kde docházelo k těsnému předjetí doprovodným vozidlem. Celkem do této kategorie spadá 18 naměřených hodnot, z toho 15 v rozpětí odstupu 0,3 až 0,9 sekund přímo ze situace „Hradecká“ (rozpětí rychlostí na počátku reakce bylo 78 až 100 km/h; 90 % reakcí bylo brzděním). Vzhledem k tomu, že tato situace byla jediná, kdy řidič sám neovlivňoval velikost odstupu mezi vozidly, lze uvést pozitivní fakt, že ve zbylých situacích řidiči sami udržovali odstupy větší než 1 sekunda, tedy přijatelné z hlediska bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích, jak uvádí například BESIP.

Tab. 9: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vepředu jedoucích vozidel 0 až 1 s [39]

časový odstup 0 -1 [s]	optická reakce [s]	psychická reakce [s]	doba přemístění [s]	celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	celková doba reakce - brzdění [s]
minimum	0,07	0,12	0,14	0,70	0,44
první kvartil	0,07	0,53	0,26	0,95	0,88
medián	0,07	0,71	0,32	1,21	1,04
průměr	0,07	0,93	0,39	1,11	1,34
třetí kvartil	0,07	1,02	0,58	1,31	1,87
maximum	0,07	2,16	0,80	1,41	2,52



Obr. 31: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vepředu jedoucích vozidel 0 až 1 s [39]

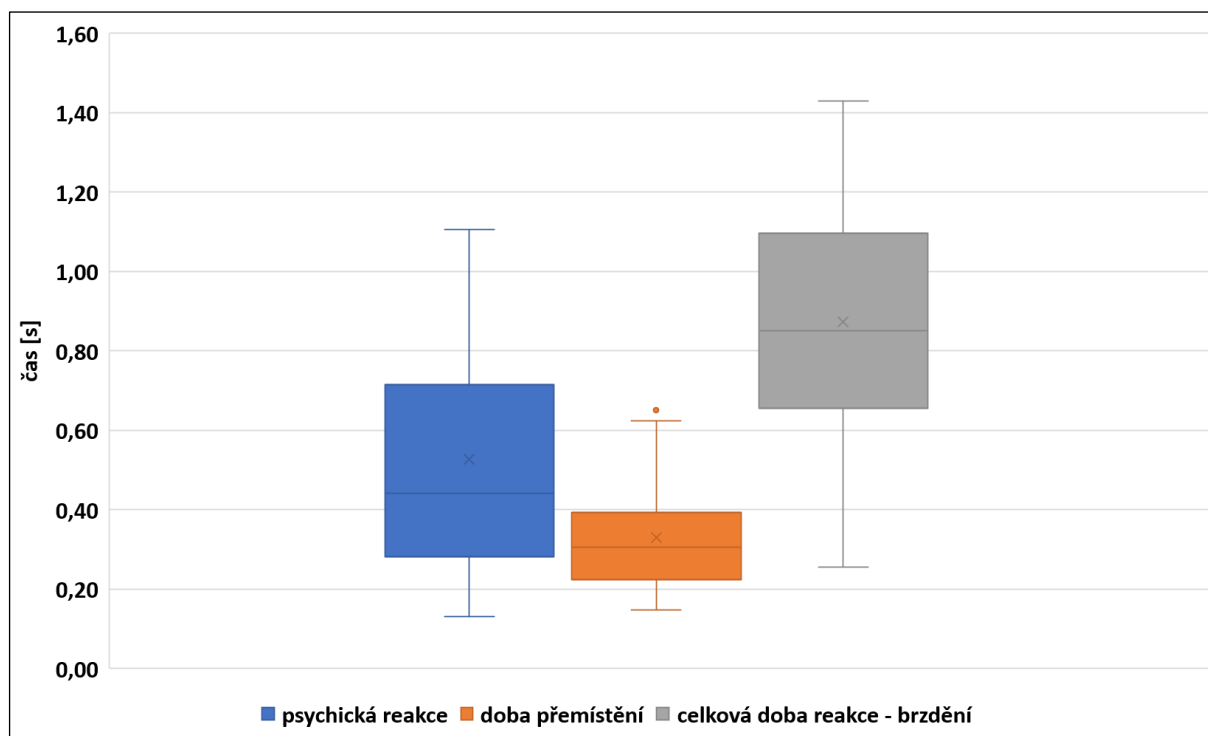
Fáze optické reakce nebyla v grafu, na **obr. 31**, vyobrazena, protože se v daném souboru dat nacházela pouze jedna hodnota. Z tohoto důvodu nebyla tato složka znázorněna ani v dalších podkapitolách týkajících se reakcí s časovým odstupem.

Reakce s časovým odstupem vozidel 1,1 až 2 [s]

Do tohoto rozmezí spadá 17 naměřených hodnot. Rozpětí rychlostí na počátku reakce bylo 25 až 35 km/h. V 16 případech ze 17 řidiči reagovali brzděním. Do tohoto rozmezí spadá 70 % zjištěných hodnot dalších cíleně vyvolávaných reakcí. Tyto reakce spočívaly v náhlém odbočení doprovodného vozidla VW Caravelle bez směrové signalizace u nákupního střediska Královo pole. Tato situace byla pro řidiče velmi neočekávaná a často končila poměrně razantním brzděním. Důvodem bylo rozptýlení hlasovým pokynem z navigačního systému vozidla, který dané situaci vždy předcházela (v důsledku toho většina řidičů v danou chvíli kontrolovala trasu na středovém displeji vozidla).

Tab. 10: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vpředu jedoucích vozidel 1,1 až 2 s [39]

časový odstup (1.1-2) [s]	optická reakce [s]	psychická reakce [s]	doba přemístění [s]	celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	celková doba reakce - brzdění [s]
minimum	0,09	0,13	0,15	0,78	0,25
první kvartil	0,09	0,28	0,22	0,78	0,66
medián	0,10	0,44	0,31	0,78	0,85
průměr	0,10	0,53	0,33	0,78	0,87
třetí kvartil	0,12	0,71	0,39	0,78	1,10
maximum	0,13	1,11	0,65	0,78	1,43



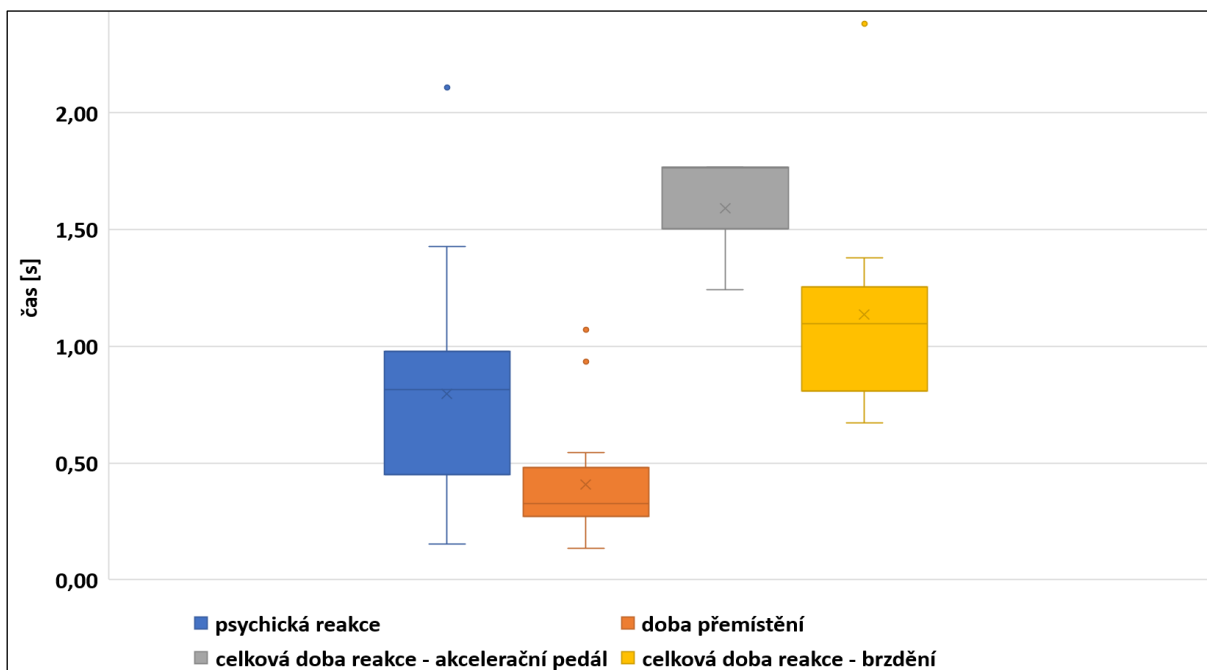
Obr. 32: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vpředu jedoucích vozidel 1,1 až 2 s [39]

Reakce s časovým odstupem vozidel 2,1 a více [s]

Do tohoto rozmezí spadá 15 naměřených hodnot. Rozmezí rychlostí na počátku reakce bylo 25 až 48 km/h. Ve 20 % případů řidiči reagovali uvolněním akceleračního pedálu, zbylé reakce byly brzděním. 90 % hodnot z této kategorie koresponduje s cíleně vyvolávanými podněty doprovodným vozidlem Škoda Superb, v okolí Slovanského náměstí. Jednalo se o náhlá přibrzdění před retardéry, křižovatkami, nebo předstírání hledání vhodného místa k zaparkování. Celkové rozmezí zaznamenaných odstupů mezi vozidly bylo do hodnoty 2,8 sekundy.

Tab. 11: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vepředu jedoucích vozidel 2,1 a více s [39]

časový odstup 2+ [s]	optická reakce [s]	psychická reakce [s]	doba přemístění [s]	celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	celková doba reakce - brzdění [s]
minimum	0,11	0,15	0,14	1,24	0,67
první kvartil	0,13	0,45	0,27	1,50	0,81
medián	0,15	0,81	0,32	1,77	1,10
průměr	0,15	0,80	0,41	1,59	1,13
třetí kvartil	0,17	0,98	0,48	1,77	1,25
maximum	0,19	2,11	1,07	1,77	2,38



Obr. 33: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vepředu jedoucích vozidel 2,1 a více s [39]

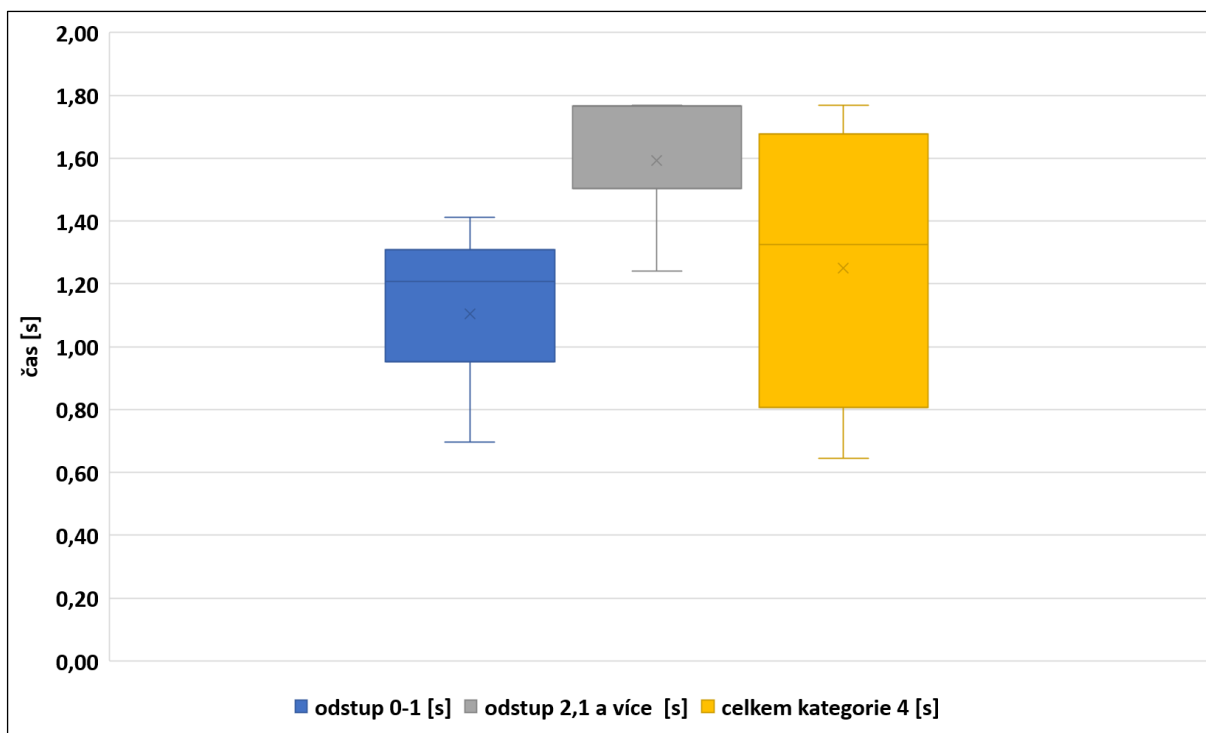
Odlehlé hodnoty u fází psychická reakce a celková doba reakce souvisely s konkrétní situací, kdy řidič v relativně nízké rychlosti na počátku reakce 32 km/h udržoval od vepředu jedoucího vozidla značný odstup 2,8 sekundy, tudíž měl dostatečný prostor pro výběr adekvátní reakce. Obdobně byly vyhodnoceny odlehlé hodnoty u fáze doba přemístění, kdy řidič v souvislosti dostatečným odstupem 2,5 sekundy pozvolna přemísťoval nohu mezi pedály.

Srovnání celkových reakčních dob – vepředu jedoucí vozidla

Tabulka a graf níže znázorňují srovnání hodnot v rámci rozlišování jednotlivých odstupů mezi vozidly.

Tab. 12: Zjištěné hodnoty srovnání celkových reakčních dob, různé časové odstupy kat. vepředu jedoucí vozidla [39]

celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	časový odstup 0-1 [s]	časový odstup 1,1-2 [s]	časový odstup 2,1 a více [s]	celkem kategorie 4 [s]
minimum	0,70	0,78	1,24	0,21
první kvartil	0,95	0,78	1,50	0,65
medián	1,21	0,78	1,77	0,78
průměr	1,11	0,78	1,59	0,93
třetí kvartil	1,31	0,78	1,77	1,24
maximum	1,41	0,78	1,77	1,77

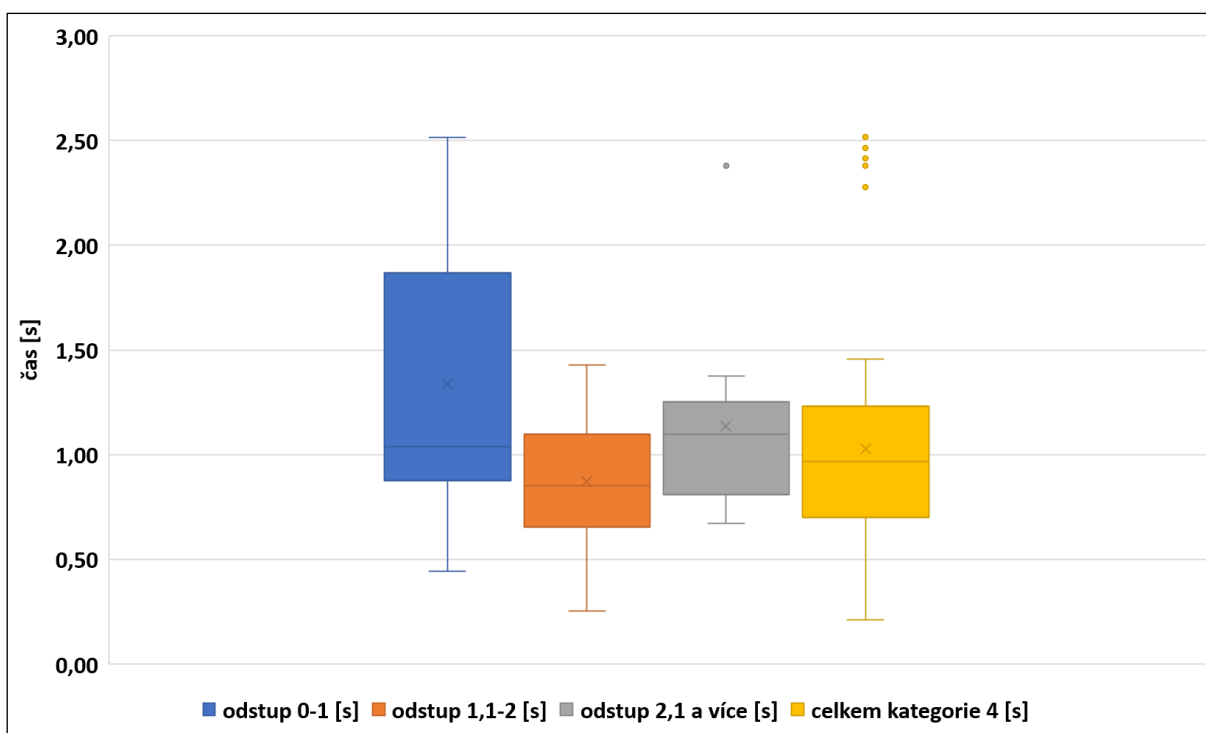


Obr. 34: Zjištěné hodnoty srovnání celkových reakčních dob, různé časové odstupy kat. vepředu jedoucí vozidla [39]

Pro časový odstup 1,1 až 2 sekundy byla zjištěna pouze jedna hodnota 780 ms, proto nebyla zahrnuta do grafického zobrazení. Porovnáním středních hodnot lze vypočítat rychlejší reakce řidičů při kratších časových odstupech.

Tab. 13: Zjištěné hodnoty srovnání celkových reakčních dob, různé časové odstupy kat. vepředu jedoucí vozidla [39]

celková doba reakce - brzdění [s]	časový odstup 0-1 [s]	časový odstup 1,1-2 [s]	časový odstup 2,1 a více [s]	celkem kategorie 4 [s]
minimum	0,44	0,25	0,67	0,25
první kvartil	0,88	0,66	0,81	0,77
medián	1,04	0,85	1,10	0,99
průměr	1,34	0,87	1,13	1,08
třetí kvartil	1,87	1,10	1,25	1,27
maximum	2,52	1,43	2,38	2,52



Obr. 35: Zjištěné hodnoty srovnání celkových reakčních dob, různé časové odstupy kat. vepředu jedoucí vozidla [39]

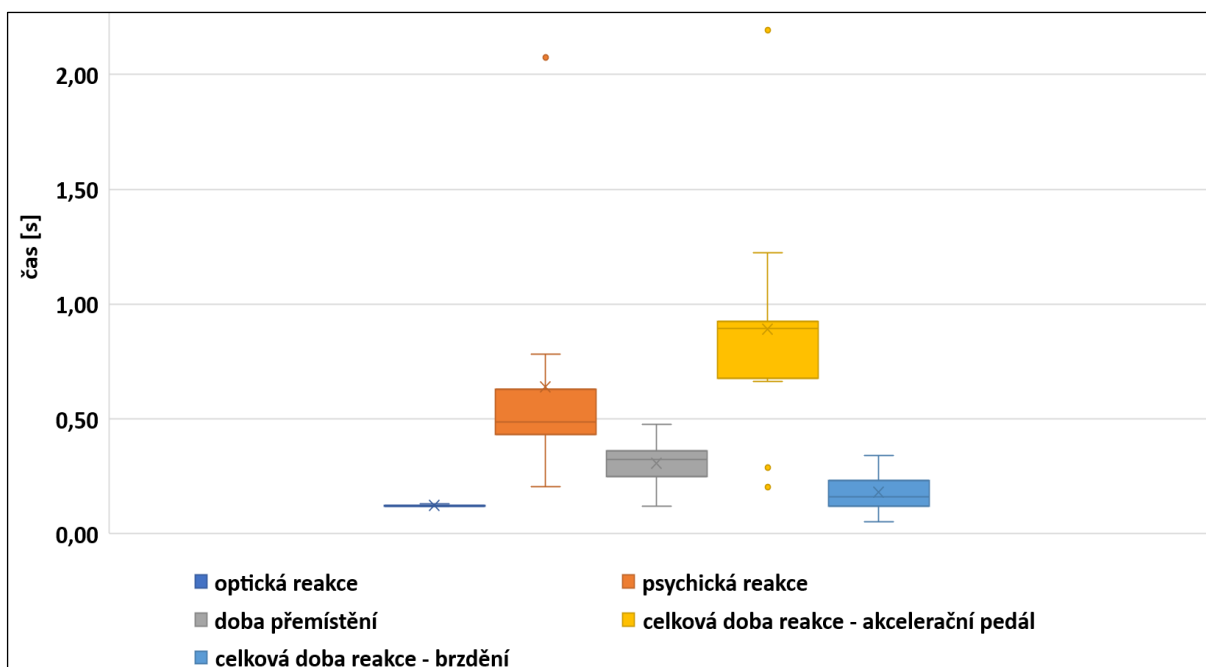
Odlehlé hodnoty korespondují s popisem v podkapitolách výše, které byly zaměřeny na jednotlivé časové odstupy. Ze srovnání celkových reakčních dob kategorie vepředu jedoucí vozidla je patrné, že v nejkratších odstupech řidiči dosahovali nejvyšších průměrných hodnot. Toto zjištění by bylo v rozporu se závěry jiných autorů [20][32][33], ze kterých prokazatelně vyplývá, že nejkratší časové odstupy řidiči přirozeně hodnotí jako nejvíce nebezpečné, a proto reagují bezprostředně v krátkých reakčních časech. Objasnění zjištěných hodnot plyne z nezvyklosti dané situace, viz dílčí podkapitola *reakce s časovým odstupem 0 až 1 s* výše. Zbývající části grafu již vykazují očekávané tendence, tedy rostoucí průměrnou dobu reakce v závislosti na rostoucím odstupem mezi vozidly.

5.1.5 Řízení dopravy (světelná signalizace)

Obsahem této kategorie je 29 hodnot, z toho 19 hodnot bylo zaznamenáno při rozjezdu v situaci, kdy testované vozidlo stálo u světelného signalizačního zařízení jako první vozidlo. Tyto hodnoty nebyly primárně určeny pro rozšíření souboru hodnot reakčních podnětů v běžném provozu, ale jako doplňkové hodnoty pro určení optické reakce řidičů a doby přemístění mezi pedály. Zbýlých 10 hodnot představuje situace, kdy se řidiči vozidla „rozsvítila žlutá“ v okamžik, kdy bylo možné ještě bezpečně zastavit před úrovní světelného signalizačního zařízení. Ve zmíněných 10 situacích řidiči ve 100 % reagovali brzděním. Rozmezí rychlostí bylo 30 až 50 km/h, 30 % případů bylo zaznamenáno včetně optické fáze reakce.

Tab. 14: Zjištěné hodnoty pro kat. řízení dopravy, světelná signalizace [39]

	optická reakce [s]	psychická reakce [s]	doba přemístění [s]	celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	celková doba reakce - brzdění [s]
minimum	0,12	0,20	0,12	0,20	0,71
první kvartil	0,12	0,43	0,25	0,25	0,89
medián	0,12	0,49	0,32	0,29	0,90
průměr	0,12	0,64	0,31	0,39	1,11
třetí kvartil	0,12	0,63	0,36	0,48	1,08
maximum	0,13	2,07	0,48	0,66	2,19



Obr. 36: Zjištěné hodnoty pro kat. řízení dopravy, světelná signalizace [39]

Odlehlé hodnoty u fází psychická reakce a celková doba reakce souvisí s případem, kdy řidič nejprve přehlédl světelnou signalizaci a poté velmi rychle reagoval brzděním.

5.2 SOUHRNNÉ POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ

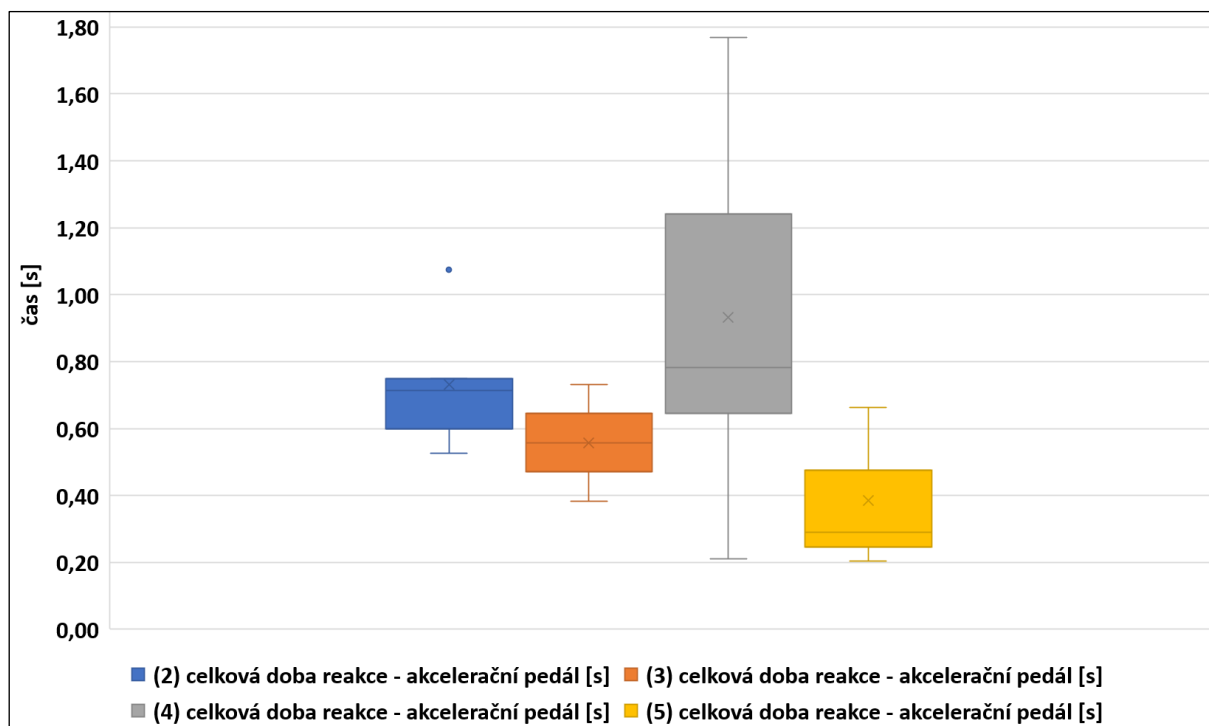
5.2.1 Porovnání celkových dob reakcí v rámci kategorií 2 až 5

- vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla (2);
- chodci, jízdní kola, překážky na silnici (3);
- vepředu jedoucí vozidla (4);
- řízení dopravy, světelná signalizace (5).

Označení kategorií reakčních podnětů pro následující srovnání.

Tab. 15: Zjištěné hodnoty porovnání celkových dob reakcí akcelerační pedál, kategorie 2 až 5 [39]

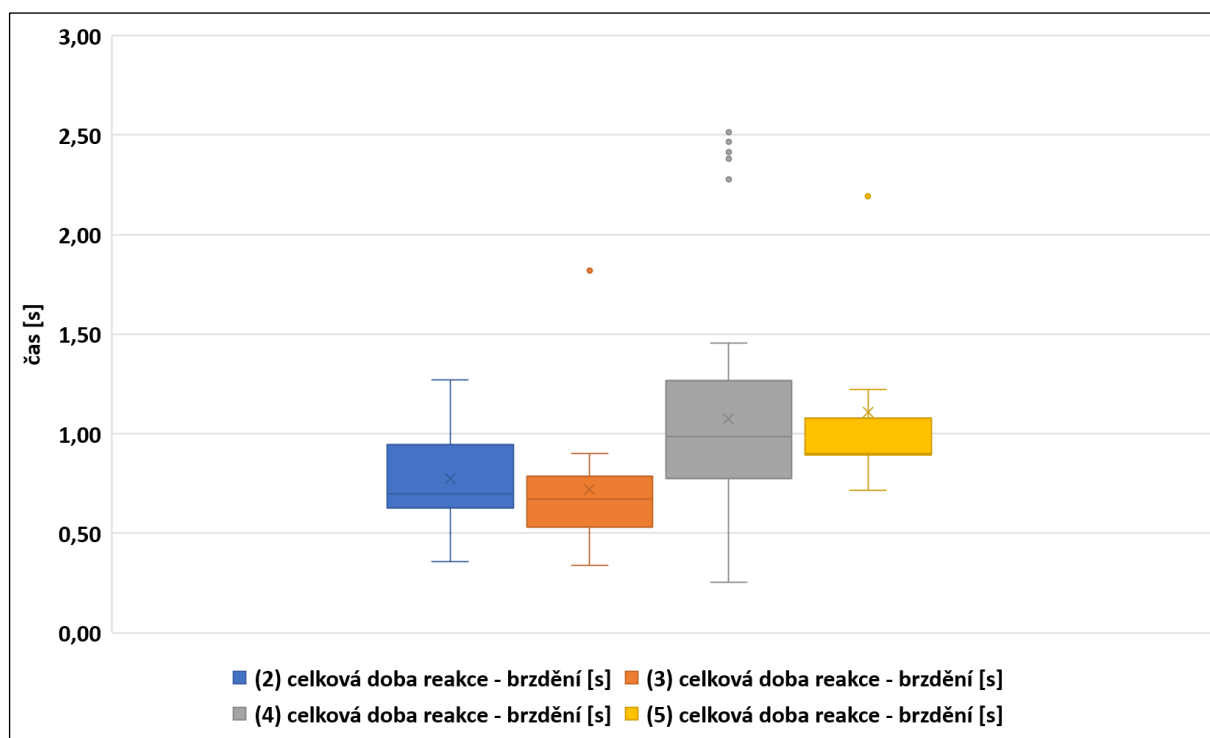
	(2) celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	(3) celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	(4) celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	(5) celková doba reakce - akcelerační pedál [s]
minimum	0,53	0,38	0,21	0,20
první kvartil	0,60	0,47	0,65	0,25
medián	0,71	0,56	0,78	0,29
průměr	0,73	0,56	0,93	0,39
třetí kvartil	0,75	0,64	1,24	0,48
maximum	1,08	0,73	1,77	0,66



Obr. 37: Zjištěné hodnoty porovnání celkových dob reakcí akcelerační pedál, kategorie 2 až 5 [39]

Tab. 16: Zjištěné hodnoty porovnání celkových dob reakcí brzdění, kategorie 2 až 5 [39]

	(2) celková doba reakce - brzdění [s]	(3) celková doba reakce - brzdění [s]	(4) celková doba reakce - brzdění [s]	(5) celková doba reakce - brzdění [s]
minimum	0,36	0,34	0,25	0,71
první kvartil	0,63	0,53	0,77	0,89
medián	0,70	0,67	0,99	0,90
průměr	0,78	0,72	1,08	1,11
třetí kvartil	0,95	0,79	1,27	1,08
maximum	1,27	1,82	2,52	2,19



Obr. 38: Zjištěné hodnoty porovnání celkových dob reakcí brzdění, kategorie 2 až 5 [39]

Při porovnání celkových dob reakcí u výše uvedeného grafu lze vypočítat srovnatelné hodnoty průměrů a mediánů u kategorií 2 a 3. Situace s chodci a se vstupem cizího objektu do jízdního koridoru vozidla mohou řidiči hodnotit jako nebezpečnější, a proto reagují rychleji.

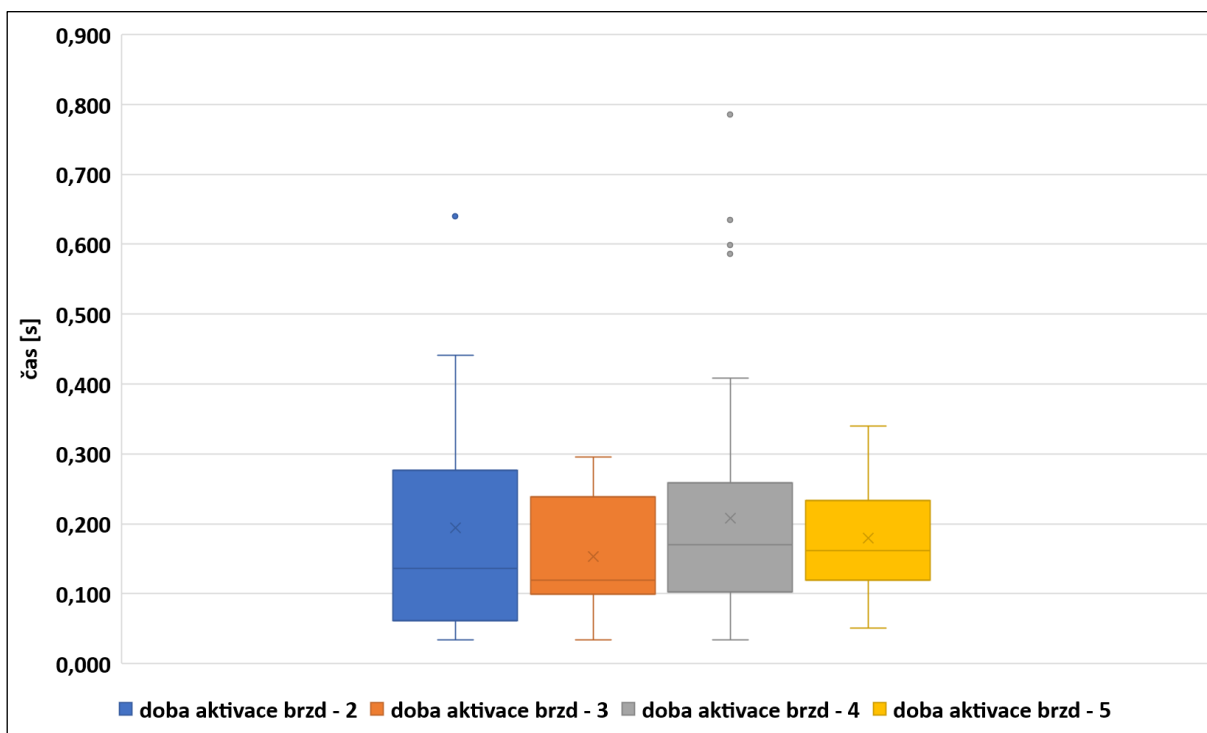
5.2.2 Porovnání parametru doba aktivace brzd v rámci kategorií 2 až 5

- vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla (2);
- chodci, jízdní kola, překážky na silnici (3);
- ve předu jedoucí vozidla (4);
- řízení dopravy, světelná signalizace (5).

Označení kategorií reakčních podnětů pro následující srovnání.

Tab. 17: Zjištěné hodnoty porovnání doby aktivace brzd, kategorie 2 až 5 [39]

	aktivace brzd - 2 [s]	aktivace brzd - 3 [s]	aktivace brzd - 4 [s]	aktivace brzd - 5 [s]
minimum	0,03	0,03	0,03	0,05
první kvartil	0,06	0,10	0,10	0,12
medián	0,14	0,12	0,17	0,16
průměr	0,19	0,15	0,21	0,18
třetí kvartil	0,28	0,24	0,26	0,23
maximum	0,64	0,30	0,79	0,34



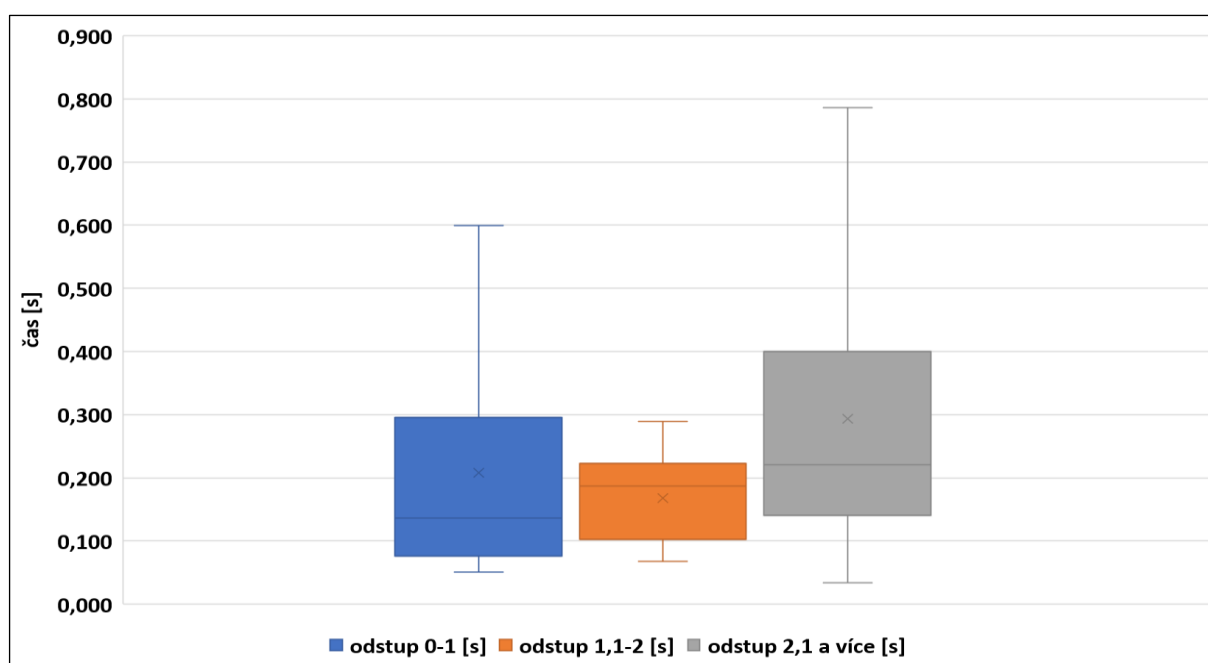
Obr. 39: Zjištěné hodnoty porovnání doby aktivace brzd, kategorie 2 až 5 [39]

Porovnáním hodnot mediánu z **obr. 39** lze říct, že v určitých dopravních situacích (vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla a chodci, jízdní kola, překážky na silnici) řidiči reagují rychleji. Nejnižší střední hodnoty ve vztahu k aktivaci brzd byly u řidičů dosahovány v rámci situací s účastí chodců (120 ms). V pořadí druhé nejnižší hodnoty byly zjištěny v dopravních situacích kategorie vstup, vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla, 14 % nárůst hodnot. Zbylé kategorie, vepředu jedoucí vozidla a řízení dopravy mají výrazně pomalejší časy, nárůst hodnot o 42 % a 36 % ve srovnání s kategorií vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla. Z výše uvedeného je zřejmé, že řidiči konkrétní dopravní situace vnímají rozdílně z hlediska možného nebezpečí a jejich možného dopadu.

Porovnání parametru doba aktivace brzd v rámci kategorie vepředu jedoucí vozidla, různé časové odstupy [s]

Tab. 18: Zjištěné hodnoty, porovnání parametru doba aktivace brzd pro kat. vepředu jedoucí vozidla, různé časové odstupy [39]

Doba aktivace brzd pro časové odstupy	časový odstup 0-1 [s]	časový odstup 1,1-2 [s]	časový odstup 2,1 a více [s]
minimum	0,05	0,07	0,03
první kvartil	0,08	0,10	0,15
medián	0,14	0,19	0,22
průměr	0,21	0,17	0,29
třetí kvartil	0,30	0,22	0,40
maximum	0,60	0,30	0,79



Obr. 40: Zjištěné hodnoty, porovnání parametru doba aktivace brzd pro kat. vepředu jedoucí vozidla, různé časové odstupy [39]

Porovnáním hodnot mediánů na **obr. 39 a 40**, lze vypořádat závislost mezi velikostí časového odstupu, případně druhem reakčního podnětu a rychlostí odezvy řidiče v podobě „doba aktivace brzd“. Tento termín neodpovídá učebnicovému pojetí náběhu brzd a pro účely DP je blíže vymezen v kapitole **4.2.3**. Při popisu předešlého grafu bylo zjištěno, že řidiči na různé dopravní situace reagují různě z pohledu náběhu brzd. Obdobné závěry lze vyvodit z **obr. 40**, kde s rostoucím časovým odstupem mezi vozidly roste i střední hodnota parametru náběh brzd. (Konkrétně se jedná o nárůst hodnot o 38 % a 62 % vůči hodnotám odstupu 0 až 1 s). Detailnější výzkum této hypotézy by mohl být přínosný pro problematiku hodnocení reakčních podnětů řidičů,

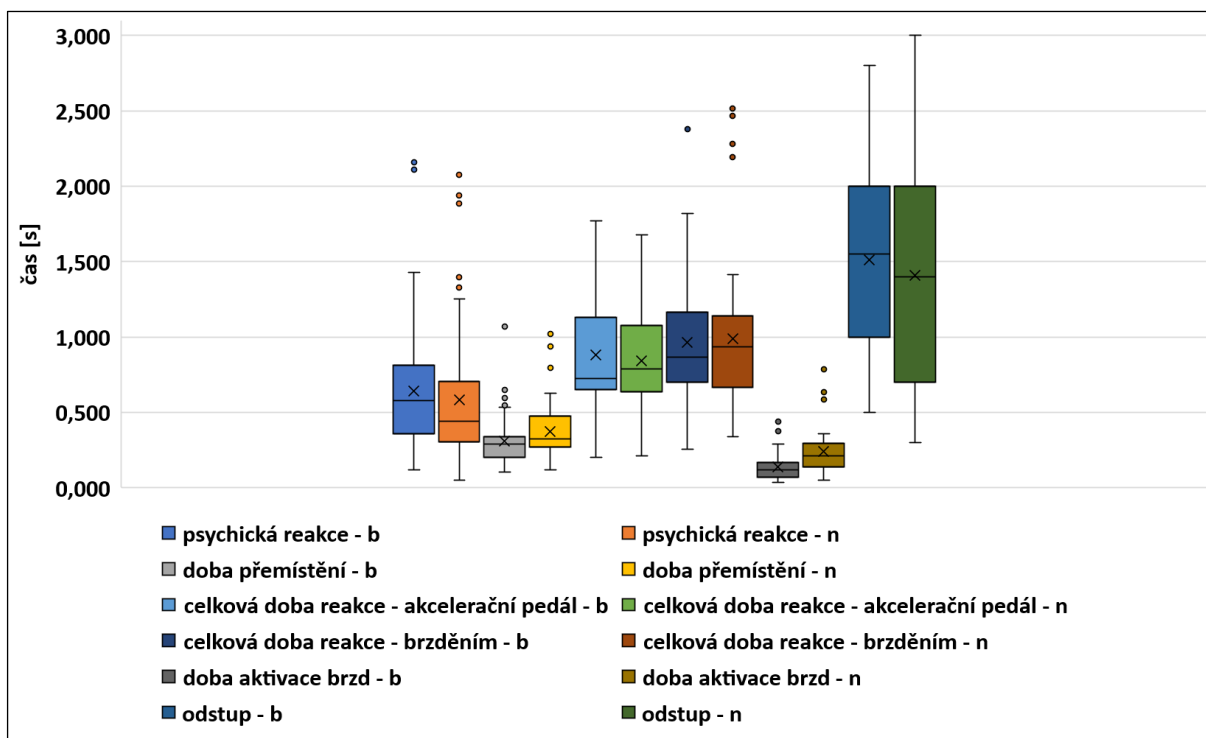
kteřou se v minulosti zabývali například autoři Olson, Zomotor (rozlišování reakčních podnětů na slabý, silný, očekávaný, neočekávaný apod.).

5.2.3 Srovnání řidičů na základě zkušenosti s dopravní nehodou

V tabulce a grafu níže jsou srovnány souhrnné hodnoty měření mezi řidiči, kteří již měli zkušenost s dopravní nehodou (hodnoty označeny „b“) a mezi řidiči, kteří takovou zkušenost nemají (hodnoty označeny „n“). Z testovaných 11 řidičů mělo 5 probandů řidičskou zkušenost s dopravní nehodou.

Tab. 19: Zjištěné hodnoty, porovnání řidičů na základě zkušenosti s dopravní nehodou [39]

	optická reakce - b [s]	optická reakce - n [s]	psychická reakce - b [s]	psychická reakce - n [s]	doba přemístění - b [s]	doba přemístění - n [s]	CDR - akcelerační pedál - b [s]	CDR - akcelerační pedál - n [s]	CDR - brzděním - b [s]	CDR - brzděním - n [s]	doba aktivace brzd - b [s]	doba aktivace brzd - n [s]	časový odstup - b [s]	časový odstup - n [s]
minimum	0,05	0,03	0,12	0,05	0,10	0,12	0,20	0,21	0,25	0,34	0,03	0,05	0,50	0,30
první kvartil	0,07	0,10	0,36	0,30	0,20	0,27	0,65	0,64	0,70	0,67	0,07	0,14	1,00	0,70
medián	0,09	0,12	0,58	0,44	0,29	0,32	0,72	0,79	0,87	0,94	0,12	0,21	1,55	1,40
průměr	0,09	0,11	0,64	0,58	0,31	0,37	0,88	0,84	0,97	0,99	0,14	0,24	1,51	1,41
třetí kvartil	0,11	0,13	0,81	0,71	0,34	0,48	1,13	1,08	1,16	1,14	0,17	0,30	2,00	2,00
maximum	0,13	0,19	2,16	2,11	1,07	1,02	1,77	1,68	2,41	2,52	0,44	0,79	2,80	3,00



Obr. 41: Zjištěné hodnoty, porovnání řidičů na základě zkušenosti s dopravní nehodou [39]

Na **obr. 41** výše jsou znázorněny dvojice hodnot (levá pro řidiče, kteří mají zkušenost s dopravní nehodou a pravá pro ty co takovou zkušenost nemají) porovnávající sledované veličiny u řidičů, kteří mají, nebo nemají zkušenosti s dopravní nehodou. Z uvedených hodnot je zřejmé, že řidiči, kteří již v minulosti měli účast na dopravní nehodě, přičemž řídili vozidlo, reagují prakticky ve všech ohledech, kromě psychické složky, rychleji oproti ostatním řidičům. Příčina je zdá se v podvědomí řidičů a zvýšená opatrnost vychází ze získaných zkušeností. Jediné dvě komponenty, kdy řidiči bez zkušeností s dopravní nehodou dosahovali nižších středních hodnot, byly optické fáze reakce a časový odstup mezi vozidly. Porovnáním časového odstupu mezi vozidly lze potvrdit předpoklad bezpečnějšího chování u řidičů se zkušeností s dopravní nehodou, jelikož větší střední a průměrné hodnoty, stejně jako větší hodnoty v dolním kvartilu se vyskytují u řidičů se zkušeností s dopravní nehodou.

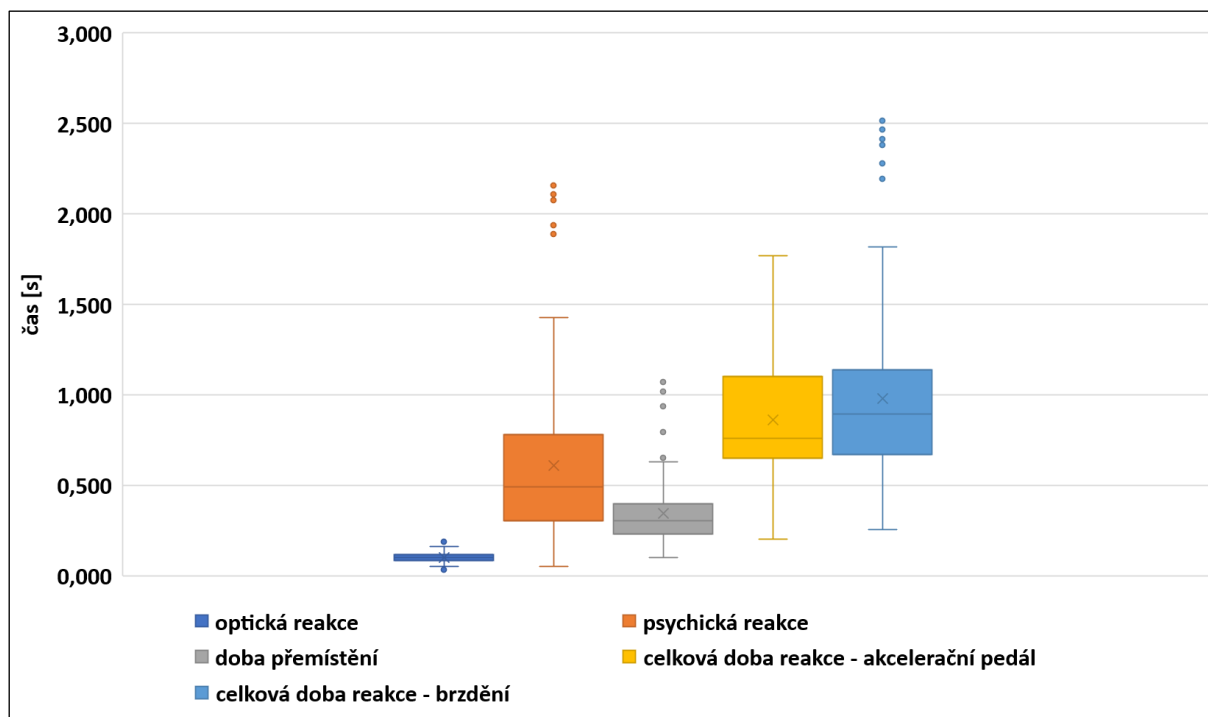
Procentuální rozdíly v hodnotách jsou následující:

- optická reakce „n“ je o 33 % větší než „b“;
- psychická reakce „b“ je o 32 % větší než „n“;
- doba přemístění „n“ je o 10 % větší než „b“;
- celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu „n“ je o 10 % větší než „b“;
- celková doba reakce brzděním „n“ je o 8 % větší než „b“;
- doba aktivace brzd „n“ je o 75 % větší než „b“;
- časový odstup „b“ je o 11 % větší než „n“.

5.2.4 Souhrnné statistiky z celého souboru hodnot

Tab. 20: Zjištěné hodnoty, celkový přehled [39]

	optická reakce [s]	psychická reakce [s]	doba přemístění [s]	celková doba reakce - akcelerační pedál [s]	celková doba reakce - brzdění [s]
minimum	0,03	0,05	0,10	0,20	0,25
první kvartil	0,09	0,31	0,23	0,65	0,67
medián	0,10	0,49	0,31	0,76	0,89
průměr	0,10	0,61	0,34	0,86	0,98
třetí kvartil	0,12	0,78	0,40	1,10	1,14
maximum	0,19	2,16	1,07	1,77	2,52



Obr. 42: Zjištěné hodnoty, celkový přehled [39]

Z celkového souboru 132 hodnot byly vyhodnoceny tyto výsledky. Optická fáze reakce byla zjištěna ve 33 případech se střední hodnotou 100 ms. Psychická fáze reakce byla zjištěna se střední hodnotou 490 ms. Doba přemístění mezi pedály byla analyzována z případů, kdy řidič reagoval brzděním, nebo reakcí na oranžové světlo světelné signalizace při rychlých rozjezdech na křižovatkách (pokud stál řidič před rozjezdem na brdovém pedálu). Celkem bylo zjištěno 117 hodnot se střední hodnotou 310 ms.

Celková doba reakce brzděním byla naměřena celkem v 89 (68 %) případech s mediánem 890 ms. Celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu byla zaznamenána v 42 případech s mediánem 760 ms, tato střední hodnota doby reakce je o 15 % menší než u reakce brzděním. Zjištěný rozdíl není markantní, je však třeba zdůraznit, že pouhým uvolněním akceleračního pedálu reagují řidiči v méně kritických situacích, tudíž si mohou dovolit reagovat pomaleji.

Reakční doba řízením byla v celém souboru hodnot zaznamenána pouze jednou, v situaci, kdy vepředu jedoucí vozidlo náhle započalo parkovací manévr (zjištěná hodnota doby reakce řízením 930 ms).

6 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá problematikou reakčních dob řidičů v podmínkách běžného silničního provozu. Ze statistických ročenek Policie ČR vyplývá, že na mezi nejčastější příčiny zavinění dopravních nehod patří situace, kdy se řidiči plně nevěnují řízení, nebo nedodrží bezpečnou vzdálenost za vozidlem. Zejména tyto příčiny s tématem diplomové práce úzce souvisí.

Potřeba přesného vymezení reakčních dob v závislosti na různých okolnostech je stěžejní zejména pro analýzu dopravních nehod, jelikož reakční doba řidiče je jednou ze základních vstupních hodnot analýzy nehod. Další využití poznatků o reakčních dobách řidičů může být například v oblasti prevence a různých informačních kampaní pro řidiče (zejména oblast bezpečných rozestupů). V rámci analýzy současného stavu byla vymezena reakční doba řidičů na základě definic různých autorů a rozčleněna na jednotlivé dílčí fáze. Dále byly vymezeny základní metody měření a různé formy dělení podnětů s ohledem na využití pro účely této práce. Součástí této práce bylo rovněž představení relevantní judikatury s demonstrativním využitím reakční doby v praxi.

Na základě provedené analýzy současného stavu bylo navrženo a realizováno měření reakčních dob řidičů v podmínkách běžného silničního provozu. K tomuto účelu byla zvolena metoda jízdní zkoušky v reálném provozu a trasa v okolí centra Brna. Účelem jízdní zkoušky bylo získat data o reakčních dobách řidičů z různých dopravních situací. Vzhledem k omezené době na realizaci měření byla zvolena metoda částečně cíleného vyvolávání reakčních podnětů využitím doprovodných vozidel na vybraných úsecích trasy. Výsledkem bylo v průměru přes deset naměřených reakčních podnětů na jednoho probanda.

Na základě analýzy současného stavu byly v této DP stanoveny následující cíle:

1. *Zjištění definované reakční doby řidičů silničních motorových vozidel v podmínkách běžného silničního provozu (městský provoz) na různé zejména optické podněty (očekávané i neočekávané).*

Analyzováním naměřených dat, byly zjištěny reakční doby řidičů v různých souvislostech, tento cíl byl naplněn.

2. *Zjištěné reakce vhodně rozčlenit do příslušných kategorií dle poznatků z analýzy současného stavu.*

Reakční podněty byly členěny dle kategorií podnětů od Americké asociace [1], vymezený cíl byl splněn.

3. Při dosažení vhodného a dostatečného souboru dat zjistit případné rozdíly v reakčních dobách v rámci různých dopravních situací, zkušenostech řidičů, časovém odstupu mezi vozidly apod.

Celkový základní datový soubor obsahoval 135 zjištěných reakcí, které byly rozříděny do různých kategorií. Některé kategorie obsahovaly menší množství dat, proto byl tento cíl hodnocen jako částečně splněný.

Při vyhodnocení naměřených dat byly zjištěny rozdíly v reakcích řidičů v různých dopravních situacích. Pro jednotlivé kategorie byly zjištěny následující střední hodnoty celkové doby reakce:

- vstup / vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla:
 - celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 0,71 sekund;
 - celková doba reakce brzděním – 0,70 sekund.
- chodci, jízdní kola, jiné překážky:
 - celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 0,56 sekund;
 - celková doba reakce brzděním – 0,67 sekund.
- vepředu jedoucí vozidla:
 - celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 0,78 sekund;
 - celková doba reakce brzděním – 0,99 sekund.
- řízení dopravy, světelná signalizace:
 - celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 0,29 sekund;
 - celková doba reakce brzděním – 0,90 sekund.

Dále pak střední hodnoty z celého souboru dat:

- celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 0,76 sekund;
- celková doba reakce brzděním – 0,89 sekund;
- optické reakce – 0,10 sekund;
- psychická reakce – 0,49 sekund;
- doba přemístění – 0,31 sekund.

Celkové doby reakce se střední hodnotou 0,76 sekund (uvolnění akceleračního pedálu) a 0,89 sekund (reakce brzděním) ve srovnání s publikacemi jiných autorů odpovídá kategorii očekávaných, dobře rozlišitelných podnětů, pro které se udává rozpětí nejrychlejších reakčních dob okolo 0,70 sekund. Presentované výsledky vzhledem k relativně mladé skupině probandů a podmínkám městského provozu (kde je předpokladem větší obezřetnost) odpovídají očekávaným hodnotám.

Dále byly srovnány reakční doby řidičů v rámci různých časových odstupů, zjištěné výsledky střední hodnoty celkové doby reakce:

- *časový odstup 0 až 1 sekunda:*
 - *celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 1,21 sekund;*
 - *celková doba reakce brzděním – 1,04 sekund.*
- *časový odstup 1,1 až 2 sekundy:*
 - *celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 0,78 sekund;*
 - *celková doba reakce brzděním – 0,85 sekund.*
- *časový odstup 2,1 a více sekund:*
 - *celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 1,77 sekund;*
 - *celková doba reakce brzděním – 1,10 sekund.*

Zjištěné výsledky odpovídají předpokladu, že řidiči v situacích s kratšími odstupy reagují rychleji a jsou v souladu s výsledky jiných autorů (zjištěné hodnoty pro časový odstup 0 až 1 sekunda neodpovídají tomuto předpokladu kvůli specifické dopravní situaci, které byli řidiči cíleně vystaveni, bližší vysvětlení, viz kapitola **5.1.4**). V souvislosti s časovými odstupy, bylo dále zjištěno, že v situacích, kdy řidiči sami určovali velikost tohoto odstupu byla jeho průměrná hodnota *1,7 sekundy* (ze 42 zjištěných hodnot). Zajímavá možnost srovnání se vyskytla po vyhodnocení dotazníku, kde téměř polovina probandů uvedla, že má řidičskou zkušenost s účastí na dopravní nehodě. Výsledným porovnáním byly zjištěny rozdíly v reakčních dobách mezi těmito dvěma skupinami řidičů.

Pro účely měření byla použita kamera snímající pedálový prostor řidičů. V souvislosti s tím byly při vyhodnocování dat zjištěny potenciálně významné závislosti při srovnávání dat o dobách přesunu nohy řidiče mezi pedály a aktivaci brzdového pedálu. Porovnáním těchto hodnot v rámci různých kategorií a zkušeností řidičů byly zjištěny patrné rozdíly. Využití těchto parametrů by mohlo sloužit k hodnocení reakčních podnětů z hlediska intenzity a nebezpečnosti pro řidiče (současné metody staví na bázi dotazování). Možnosti nového hodnocení reakčních podnětů a rozdílné chování řidičů na základě zkušenosti s účastí na dopravní nehodě bylo doporučeno jako vhodné pro další výzkum.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials. *A policy on the geometric design of highways and streets Washington, D.C.* (2001).
- [2] American Automobile Association. Traffic Engineering and Safety Department. *Age and Complex Reaction Time*. Report No. 41 (1952).
- [3] Baráková, Martina. *Stanoviska nejvyšších soudů: efektivní prostředek sjednocování judikatury nebo přežitek socialistické justice?* (2015), MUNILaw Working Paper No.2015.07, dostupné z: <http://www.law.muni.cz/dokumenty/33308>.
- [4] Bradáč, Albert. *Soudní inženýrství*. Dot. 1. vyd. Brno: CERM, (1999). ISBN 8072041339.
- [5] Bucsuházy, K. *Analýza vlivu vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče*, Brno: Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství, 2019. 134 s. Vedoucí disertační práce doc. Ing. Marek Semela, Ph.D. [cit. 14. 6. 2020]
- [6] Burg, H., Rau, H. a kol.: *Handbuch der Unfallrekonstruktion*. Nakladatelství Information Ambs, Berlin, (1981).
- [7] Cation, W. L., Mount, G. E., & Brenner, R. *Variability of reaction time and susceptibility to automobile accidents*, *Journal of Applied Psychology*, 35, 101-107, (1951).
- [8] Dannert, G.: *Die Reaktionszeit des Kraftfahrers*. DAR, (1997) Heft 12.
- [9] DeSilva, H. R. and Forbes, T. W. *Driver Testing Results*. Cambridge. Massachusetts. Harvard Traffic Bureau, (1937).
- [10] Diew, W. Y. and Kai, G. P. *Perception – Braking Response Time of Unalerted Drivers at Signalized Intersections*. ITE Journal. June, 2001. 73-76, (2001).
- [11] Drewes, H. *Eye Gaze Tracking for Human Computer Interaction*. München, (2010). Disertace. Ludwig-Maximilians-Universität München. Vedoucí práce Professor Dr. Heinrich Hußmann, Professor Dr. Albrecht Schmidt. Dostupné z: <https://edoc.ub.uni-muenchen.de/11591/>
- [12] Faltýnková, K. *Polygrafické měření stresu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, (2012). 41 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Bubník
- [13] Fambro, D. B. Koppa, R. J. Picha, D. L. and Fitzpatrick, K. *Driver Perception – Brake Response in Stopping Sight Distance Situations*. Paper presented at the 78th Annual Meeting of the Transporting Research Board. Wastington D.C., (1998).
- [14] Georgiadis, E.: *Der Einfluss des Alkohols auf die Reaktionszeit des Fahrers*. Dissertation, (2004).
- [15] Grandel, J. *Über den Vergleich verschiedener Reaktionszeit auf die Berechnung der Vermeidbarkeit*. VKU, Heft 7/8, seite 169 bis 175, (1980).

- [16] Green, M. *How Long Does it Takes to Stop? Methological Analysis of Driver Perception – Brake Times*. *Transportation Human Factors*, 2,195-216, (2000).
- [17] Hartmann, E.: *Der Dunkelheitsunfall*. Enke Verlag Stuttgart, (1984).
- [18] Huntley, M. S., & Kirk, R. S., *Influences of alcohol on emergency control-reaction times and brake pressure modulation during automobile driving*, Human factors Society 16th Annual Proceedings, (1972).
- [19] Jante, A.: *Mechanika ruchu samochodu*. Polský překlad německého originálu, Wydawnictwa komunikacyjne, Warszawa, (1959).
- [20] Jurecki, Rafał Stanisław, Tomasz Lech Stanczyk a Marek Jacek Jaskiewicz. *Driver's reaction time in a simulated, complex road accident*. *Transport* [online]. 2017, 32(1), 44-54 [cit. 2020-05-31]. DOI: 10.3846/16484142.2014.913535. ISSN 1648-4142. Dostupné z: <http://journals.vgtu.lt/index.php/Transport/article/view/662>
- [21] Kaplánek, A.: *Analýza reakcí řidičů na složené podněty*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, (2010). 90 s. Vedoucí disertační práce prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.
- [22] Klebelsberg, D.: *Reaktionszeit des kraftfahrers*. ZVR 1965 Heft II.
- [23] Moskowitz, H. *Alcohol and Drugs*. In: Dewar, R. E. and Olson, P. L. (eds). *Human Factors in Traffic Safety, Second Edition*. Tucson, AZ. Lawyears and Judges Publishing Company, Inc., 123-142, (2007).
- [24] Moskowitz, H., *A marihuana dose response study of performance in a driving simulator*, International Conference on Driving Behavior, Zurich, Switzerland, (1973).
- [25] Muttart, J. W. *Development and Evaluation of Driver Response Time Predictors Based upon Meta Analysis*. (2003-01-0885). Warrendale, PA: SAE International. (2003).
- [26] Olson, P. L. Driver PRT. *The Society of Automotive Engineers*. Technical Paper Number 890731, (1989).
- [27] Ptáček, P.: *Možnosti využití řidičských trenažerů ke znaleckému zkoumání chování řidičů pro účely analýzy silničních nehod*. Disertační práce VUT-USI Brno, (2001).
- [28] 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 9788090494428.]
- [29] Roper, V. J. and Howard, E. A. *Seeing With Motor Car Headlamps*. *Transactions of The Illumination Engineering Society*, Vol. XXXIII., No. 5, 417-438, (1938).

- [30] Seriš, Jozef. *Vnímání řidiče v různých podmínkách*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/112359>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Kateřina Bucsuházy.
- [31] Smiley, Alison a Gerson J. Alexander. *Human factors in traffic safety*. Third edition. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Publishing Company, (2016). ISBN 9781933264882.
- [32] Stanczyk, T. L. a kolektiv. *Výzkum reakcí řidiče na zprava přijíždějící vozidlo. 19. výroční konference EVU: Praha (2010): sborník příspěvků*. ISBN 978-80-7399-128-9
- [33] Stanczyk, T. L., Jurecki, R.: *Dokladność oszacowania czasów reakcji kierowców w rekonstrukcji wypadków drogowych*, konference EVU, (2007).
- [34] Statistická ročenka 2019 Policie ČR. *Policie.cz* [online]. 2019 [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [35] Vlk, F. *Stavba motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, (2003). 499 s. ISBN 80-238-8757-2.
- [36] Wojczyk, K.: *Telefony komórkove w samochodach a bezpieczeństwo ruchu*, Paragraf na drodze (2004), nr.2.
- [37] <https://www.ergoneers.com/>
- [38] <https://www.mapy.cz/>
- [39] Archiv autora
- [40] Archiv ÚSI
- [41] <http://kvalita-jednoduse.cz/box-plot/>
- [42] <https://pneunews.cz/goodyear-inovuje-vyvoj-a-nakupuje-prumyslove-simulatory-jizdy/>
- [43] <http://www.nabla.cz/obsah/biologie/kapitoly/biologie-cloveka/ucho-slyseni.php>
- [44] https://www.psychtoolkit.org/lessons/simple_choice_rts.html

Zdroje judikatura:

- [45] Rozsudek Nejvyššího soudu, 25 Cdo 1127/2007, [C 5808], ze dne 20. 3. 2008. In: Beck-online, právní informační systém. [cit. 30.04.2020]. Dostupné z: <http://www.beck-online.cz/>
- [46] Rozsudek Nejvyššího soudu, 8 Tdo 1202/2013-23, [NS 549/2014] ze dne 15.1.2014. In: Beck-online, právní informační systém. [cit. 30.04.2020]. Dostupné z: <http://www.beck-online.cz/>
- [47] Rozsudek Nejvyššího soudu, 4 Tz 41/2010, [NS 4275/2010] ze dne 15.9.2010. In: Beck-online, právní informační systém. [cit. 30.04.2020]. Dostupné z: <http://www.beck-online.cz/>

- [48] Usnesení Nejvyššího soudu, 5 Tdo 845/2012, [NS 5095/2012] ze dne 19. 9. 2012. In: Beck-online, právní informační systém. [cit. 30.04.2020]. Dostupné z: <http://www.beck-online.cz/>
- [49] Usnesení Nejvyššího soudu, 6 Tdo 1343/2008, [NS 6216/2009] ze dne 29.1.2009. In: Beck-online, právní informační systém. [cit. 30.04.2020]. Dostupné z: <http://www.beck-online.cz/>
- [50] Usnesení Nejvyššího soudu, 3 Tdo 1197/2016, [NS 6919/2016] ze dne 19.10.2016. In: Beck-online, právní informační systém. [cit. 30.04.2020]. Dostupné z: <http://www.beck-online.cz/>
- [51] Rozsudek Nejvyššího správního soudu, 1 As 12/2017-65, [NSS 693/2018] ze dne 31.1.2018. In: Beck-online, právní informační systém. [cit. 30.04.2020]. Dostupné z: <http://www.beck-online.cz/>
- [52] Rozsudek Krajského soudu v Plzni, 17 A 8/2017-39, ze dne 24.8.2018. In: Beck-online, právní informační systém. [cit. 30.04.2020]. Dostupné z: <http://www.beck-online.cz/>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Dělení reakční doby dle subsystému řidič + vozidlo [4].....	25
Tab. 2: Přehled jednotlivých fází reakční doby při nouzovém brzdění osobního vozidla [4]	27
Tab. 3: Vyhodnocení pokusů Burckhardta, podklad pro Kölnerův model [28]	29
Tab. 4: Základní reakční doba v závislosti na míře ovlivnění alkoholem při ostrém vidění [14][28]	32
Tab. 5: Informace o probandech [39]	56
Tab. 6: Zjištěné hodnoty pro kat. vstup/ vjezd objektu do jízdniho koridoru vozidla [39].....	58
Tab. 7: Zjištěné hodnoty pro kat. chodci, jízdni kola, překážky na silnici [39]	59
Tab. 8: Zjištěné hodnoty pro kat. vepředu jedoucí vozidla [39].....	60
Tab. 9: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vepředu jedoucích vozidel 0 až 1 s [39]	61
Tab. 10: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vepředu jedoucích vozidel 1,1 až 2 s [39]	62
Tab. 11: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vepředu jedoucích vozidel 2,1 a více s [39]	63
Tab. 12: Zjištěné hodnoty srovnání celkových reakčních dob, různé časové odstupy kat. vepředu jedoucí vozidla [39]	64
Tab. 13: Zjištěné hodnoty srovnání celkových reakčních dob, různé časové odstupy kat. vepředu jedoucí vozidla [39]	65
Tab. 14: Zjištěné hodnoty pro kat. řízení dopravy, světelná signalizace [39]	66
Tab. 15: Zjištěné hodnoty porovnání celkových dob reakcí akcelerační pedál, kategorie 2 až 5 [39]	67
Tab. 16: Zjištěné hodnoty porovnání celkových dob reakcí brzdění, kategorie 2 až 5 [39]	68
Tab. 17: Zjištěné hodnoty porovnání doby aktivace brzd, kategorie 2 až 5 [39]	69

Tab. 18: Zjištěné hodnoty, porovnání parametru doba aktivace brzd pro kat. vepředu jedoucí vozidla, různé časové odstupy [39].....	70
Tab. 19: Zjištěné hodnoty, porovnání řidičů na základě zkušenosti s dopravní nehodou [39]	71
Tab. 20: Zjištěné hodnoty, celkový přehled [39].....	73

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Monokulární, binokulární, ambinokulární zorné pole [35]	17
Obr. 2: Stavba lidského ucha [43].....	18
Obr. 3: Časy reakčních dob v denní a noční době dle výzkumu Hartmanna [19].....	20
Obr. 4: Rozložení časů reakcí v závislosti na míře překvapení dle výzkumu Olsona [19]	21
Obr. 5: Členění reakční doby Muttart [25].....	26
Obr. 6: Fáze reakční doby řidiče; Kölnerův model [28].....	26
Obr. 7: Rozložení času pro psychomotorické reakce při brzdění na dráze pro 5 hodnot času rizika; 1 - čas rizika 0,9 s; 2 - čas rizika 1,8 s; 3 - čas rizika 2,7 s; 4 - čas rizika 3,6 s; 5 - čas rizika 4,5 s [21]	31
Obr. 8: Měření jednoduché reakční doby pomocí jednoduchého měřicího přístroje [44].....	31
Obr. 9: Zkušební aparatura pro zjištění závislosti reakční doby na ovlivnění alkoholem [28].....	32
Obr. 10: Víceúčelový jízdní simulátor společnosti Goodyear [42].....	33
Obr. 11: Znázornění modelové jízdní zkoušky "trap study" [21].....	34
Obr. 12: Eyetracker Dikablis Glasses [37]	36
Obr. 13: Přehled příčin nehod v ČR za rok 2019 [34].....	43
Obr. 14: Testovací vozidlo BMW [40]	48
Obr. 15: Proband se zařízením Eyetracker Dikablis Glasses [39].....	48
Obr. 16: Zařízení VTK s kontrolním displejem [39].....	49
Obr. 17: Ukázka prostředí programu D-Lab; záběr z kamery pedálového prostoru [39].....	49
Obr. 18: Ukázka umístění kamery pod sedadlem řidiče [39].....	50
Obr. 19: Vlevo: mapa trasy jízdní zkoušky, vpravo: mapa trasy včetně vytipovaných míst pro vznik reakčního podnětu [38].....	50
Obr. 20: Ukázka cílených reakcí z pohledu řidiče [39]	51
Obr. 21: Počátek optické reakce řidiče, fixace na nastartované vozidlo [39]	53
Obr. 22: Optická reakce, přesun pohledu na reakční podnět [39].....	53
Obr. 23: Konec optické reakce, fixace na reakční podnět, počátek psychické reakce [39].....	53
Obr. 24: Počátek uvolnění akceleračního ho pedálu, konec psychické reakce, počátek doby přemístění [39]	54
Obr. 25: Přemístění nohy řidiče na brzdový pedál, konec doby přemístění a celkové doby reakce brzděním [39]	54

Obr. 26: Okamžik aktivace brzd [39]	54
Obr. 27: Krabicový diagram popis [39]	55
Obr. 28: Zjištěné hodnoty pro kat. vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla [39]	58
Obr. 29: Zjištěné hodnoty pro kat. chodci, jízdní kola, překážky na silnici [39]	59
Obr. 30: Zjištěné hodnoty pro kat. vepředu jedoucí vozidla [39]	60
Obr. 31: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vepředu jedoucích vozidel 0 až 1 s [39].....	61
Obr. 32: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vepředu jedoucích vozidel 1,1 až 2 s [39].....	62
Obr. 33: Zjištěné hodnoty pro časové odstupy kat. vepředu jedoucích vozidel 2,1 a více s [39]....	63
Obr. 34: Zjištěné hodnoty srovnání celkových reakčních dob, různé časové odstupy kat. vepředu jedoucí vozidla [39]	64
Obr. 35: Zjištěné hodnoty srovnání celkových reakčních dob, různé časové odstupy kat. vepředu jedoucí vozidla [39]	65
Obr. 36: Zjištěné hodnoty pro kat. řízení dopravy, světelná signalizace [39]	66
Obr. 37: Zjištěné hodnoty porovnání celkových dob reakcí akcelerační pedál, kategorie 2 až 5 [39]	67
Obr. 38: Zjištěné hodnoty porovnání celkových dob reakcí brzdění, kategorie 2 až 5 [39]	68
Obr. 39: Zjištěné hodnoty porovnání doby aktivace brzd, kategorie 2 až 5 [39].....	69
Obr. 40: Zjištěné hodnoty, porovnání parametru doba aktivace brzd pro kat. vepředu jedoucí vozidla, různé časové odstupy [39]	70
Obr. 41: Zjištěné hodnoty, porovnání řidičů na základě zkušenosti s dopravní nehodou [39]	72
Obr. 42: Zjištěné hodnoty, celkový přehled [39].....	73

SEZNAM ZKRATEK

a zrychlení

s sekunda

ms milisekunda

m/s..... metr za sekundu

v rychlost

DP diplomová práce

PRT..... Perception Response Time, anglický ekvivalent pojmu reakční doba

ABS protiblokovací systém vozidla

VTK..... Vehicle Testing Kit

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha: Základní datový soubor