



# 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

## VNÍMÁNÍ CYKLISTŮ V SILNIČNÍM PROVOZU

CYCLISTS PERCEPTION IN ROAD TRAFFIC

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Denisa Janošíková

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Kateřina Bucsuházy, Ph.D.

BRNO 2024



# Zadání diplomové práce

Studentka: **Bc. Denisa Janošíková**  
Studijní program: **Expertní inženýrství v dopravě**  
Studijní obor: **bez specializace**  
Vedoucí práce: **Ing. et Ing. Kateřina Bucsuházy, Ph.D.**  
Akademický rok: **2023/24**  
Ústav/odbor: **Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel**

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

## Vnímání cyklistů v silničním provozu

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

V rámci řešení diplomové práce bude nutné s využitím realizovaných studií vytvořit teoretickou znalostní základnu o chování cyklistů v silničním provozu během vybraných manévrů a jejich vzájemné interakci s ostatními účastníky silničního provozu. Vytvořená znalostní základna bude sloužit jako podklad pro návrh experimentálního měření v podmínkách reálného silničního provozu. Získaná data analyzována s cílem získat kvantifikované údaje o chování cyklistů ve vybraných situacích v silničním provozu.

### **Cíle diplomové práce:**

Cílem diplomové práce je analyzovat vnímání cyklistů v silničním provozu. Na podkladu vytvořené teoretické znalostní základny budou získány kvantifikované údaje o chování cyklistů ve vybraných situacích v silničním provozu.

### **Seznam literatury:**

Krauss, David A. Forensic aspects of driver perception and response. Lawyers & Judges Publishing Company, 2015.

Green, M. Roadway Human Factors: From Science to Application. Lawyers & Judges Publishing Company, Incorporated, 2018.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

---

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

---

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

### **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá chováním cyklistů v silničním provozu. Konkrétně je zaměřena na vizuální kontrolu situace za cyklistou před odbočením a před změnou jízdního pruhu. Chování cyklistů před odbočením a změnou jízdního pruhu je analyzováno nejen s ohledem na vizuální vnímání, vyhodnocena byla i doba otočení hlavy, znamení o změně směru jízdy a vzdálenosti těchto úkonů od křižovatky. Měření probíhalo v reálném provozu ve městě Valašské Klobouky. Při vizuální kontrole situace za cyklistou vyšly průměrné doby pohledu od 0,97 s do 1,50 s. Při zkoumání vzdálenosti mezi křižovatkou a prvním gestem cyklisty před odbočením i změnou jízdního pruhu se průměrné hodnoty pohybovaly v rozmezí od 41 m do 51 m. Výsledky této diplomové práce lze využít v rámci soudně inženýrské aplikace pro analýzu dopravních nehod a pro vzdělávání cyklistů.

### **Abstract**

This thesis deals with cyclist behavior in real road traffic — the thesis aimed specifically at visual perception of the situation behind the cyclist before turning and lane changing. The cyclist's behavior before turning and lane changing is analyzed concerning visual perception, the time of head-turning, and signaling the direction change. The distance from the intersection, where these actions began, was also evaluated. The measurement was conducted in real road traffic in the Valašské Klobouky town. The average times necessary for visual inspection of the situation behind the cyclist ranged from 0.97 seconds to 1.50 seconds. The average values of the distance from the intersection, where signaling of the direction change began, ranged from 41 m to 51 m. Results can be used in the field of accident analysis or education.

### **Klíčová slova**

Cyklisté, vizuální kontrola situace za cyklistou, odbočování, změna jízdního pruhu, eyetracking.

### **Keywords**

Cyclists, visual perception of situation behind the cyclist, turning, lane changing, eyetracking.

### ***Bibliografická citace***

JANOŠÍKOVÁ, Denisa. *Vnímání cyklistů v silničním provozu*. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/153161>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Kateřina Bucsuházy.

***Prohlášení***

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma *Vnímání cyklistů v silničním provozu* jsem vypracovala samostatně a veškerou použitou literaturu uvádím v seznamu použitých zdrojů.

V Brně .....

.....

Bc. Denisa Janošíková

### ***Poděkování***

Ráda bych využila tuto příležitost k poděkování všem, kteří mi pomáhali při psaní mé diplomové práci. Nejprve bych chtěla poděkovat Ing. et Ing. Kateřině Bucsuházy, Ph.D., za vedení, cenné rady a podporu během psaní diplomové práce. Dále děkuji Ing. Michalovi Belákovi, Ph.D., za odborné rady a připomínky. Moje upřímné poděkování patří také mé rodině, partnerovi, spolužákům a za jejich neustálou podporu a povzbuzování během mého studia. A nakonec patří mé velké poděkování cyklistům, kteří se zúčastnili měření k mé diplomové práci.

## OBSAH

OBSAH.....	9
1 ÚVOD .....	11
2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ .....	12
2.1 Simulátorové studie .....	12
2.2 Naturalistické studie .....	14
2.3 Jízdní zkoušky.....	16
2.4 Dotazníkové šetření .....	20
2.5 Shrnutí .....	24
3 METODY .....	26
3.1 Výběr metody měření.....	26
3.2 Návrh experimentu.....	26
3.3 Účastníci .....	27
3.4 Měřicí přístroje .....	29
3.5 Vyhodnocení .....	31
4 VÝSLEDKY .....	32
4.1 Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před odbočením.....	32
4.2 Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před odbočením .....	34
4.3 Délka trvání gesta při přejíždění k dělicí čáře před odbočením.....	35
4.4 Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu .....	36
4.5 Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu .....	37
4.6 Délka trvání gesta při změně jízdního pruhu .....	38
4.7 Vzdálenost mezi křižovatkou a první vizuální kontrolou za cyklistou před odbočením i změnou jízdního pruhu .....	40
4.8 Vzdálenost mezi křižovatkou a prvním gestem cyklisty před odbočením i změnou jízdního pruhu .....	41
4.9 Vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista zahajuje příčné přemístění.....	43
4.10 Strategie pohledů.....	44
4.10.1 Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před odbočením .....	44
4.10.2 Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu .....	45
4.11 Doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou .....	46
4.11.1 V závislosti na provozu .....	47

4.11.2	<i>V závislosti na strategii pohledu</i> .....	48
5	DISKUZE .....	50
6	ZÁVĚR .....	53
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	55
	SEZNAM TABULEK .....	59
	SEZNAM GRAFŮ .....	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	60

# 1 ÚVOD

V současné době narůstá zájem o cyklistiku jako ekologicky šetrnou a zdravou formu dopravy. S tímto trendem souvisí také stále rostoucí potřeba porozumění chování cyklistů a zkoumání faktorů ovlivňujících vnímání cyklistů v silničním provozu. Cyklisté jsou nedílnou součástí silničního provozu, avšak jejich vnímání a akceptace ze strany ostatních účastníků silničního provozu mohou být ovlivněny různými socio-kulturními, prostorovými a psychologickými faktory.

Tato práce se bude zaměřovat na chování, zejména vizuální vnímání cyklistů v silničním provozu. První část práce shrnuje současný stav poznání v této oblasti. Literární rešerše je rozdělena podle metod pro analýzu chování cyklistů, jako jsou simulátorové a naturalistické studie, jízdní zkoušky, dotazníkové šetření a další metody, které je možno využít k analýze chování cyklistů.

Druhá část práce se věnuje představení provedené jízdní zkoušky. Realizovaný experiment je zaměřen na vizuální kontrolu situace za cyklistou před odbočením i strategii vyhodnocení situace za cyklistou včetně souvisejících úkonů jako například znamení o změně směru jízdy cyklistů. Součástí je i analýza vzdálenosti od křižovatky, kdy jednotlivé úkony a manévry provádí. Měření bylo provedeno v reálném provozu. Experimentu se zúčastnilo celkem 15 cyklistů (8 mužů a 7 žen). Pro potřeby práce byla trasa zaměřena na odbočování vlevo a případné změny pruhů, tak aby bylo zajištěno co nejvíce situací, při kterých byl cyklista nucen kontrolovat situaci za sebou. Pro měření byla vybrána metoda eyetrackingu v kombinaci s dalšími videozáznamy.

Další kapitola je věnována interpretaci zjištěných výsledků. Konkrétně jsou podkapitoly věnovány celkovým dobám pohledu a otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před odbočením i před změnou jízdního pruhu, délkám trvání gesta při přejíždění k dělicí čáře před odbočením i před změnou jízdního pruhu. Dále pak vzdálenostem mezi křižovatkou a první vizuální kontrolou a mezi křižovatkou a prvním gestem cyklisty, před odbočením i změnou jízdního pruhu. Byla také zjišťována vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista zahajuje příčné přemístění. V následujících dvou podkapitolách pak byla analyzována strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou. Poslední dvě podkapitoly jsou věnovány době potřebné pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou. Získané poznatky jsou v závěru práce diskutovány, zhodnocen je přínos i limitace realizované práce.

## 2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Literární rešerše představuje studie zaměřené na bezpečnost a chování cyklistů v silničním provozu včetně jejich interakce s ostatními účastníky silničního provozu. Chování cyklistů lze analyzovat různými metodami, ty budou popsány v jednotlivých podkapitolách se zaměřením na studie věnující se chování cyklistů.

### 2.1 Simulátorové studie

Řada studií prokázala, že jízdní simulátory jsou užitečnými nástroji pro hodnocení chování účastníku silničního provozu při různých podmínkách. Simulátory jsou ideální pro studie, kde je průzkum v reálném provozu nemožný kvůli vysokým rizikům a obtížnosti zajištění kontrolovaných podmínek experimentu. [1]

Způsob simulátorových studií byl zvolen například ve člancích [1], [2], [3], [4], [5], [6]. Autoři, kteří se zaměřili na studie z pohledu cyklistů byli Friel a kol. [2], Kováčsová a kol.[3], Thorslund, Lindström a Käck [4] a Brazil a Caulfield [5]. Friel a kol. [2] se zaměřili na vnímání bezpečnosti z pohledu cyklistů. Vnímaná bezpečnost cyklistů je do jisté míry určována intenzitou automobilové dopravy, rychlostí vozidel a uspořádáním infrastruktury. Tato studie se zaměřila na dvě výzkumné otázky: 1) Jaké druhy křižovatek jsou cyklisty vnímány jako bezpečnější? 2) Které konstrukční prvky křižovatky ovlivňují subjektivní bezpečnost a jakým způsobem? Pro analýzu byl použit jízdní simulátor pro cyklisty, aby mohli autoři zapojit zkušené i méně zkušené cyklisty, ale přitom nebyla ohrožena jejich bezpečnost. Experimentu se účastnilo 48 probandů (24 žen, 24 mužů). Průměrný věk účastníků byl 43 let. Úkolem účastníků bylo odbočit doprava, poté pokračovat rovně a pak odbočit vlevo. Účastníky bylo kladně hodnoceno souvislé a jednotné značení cyklistické infrastruktury jak v prostoru křižovatky, tak v mezi křižovatkových úsecích. Většinou respondenti uváděli, že se cítí bezpečně a uvolněně na místech, kde došlo k fyzickému oddělení cyklistů od vozidel. Kritizován však byl typ fyzického oddělení – například živý plot byl označen za příliš vysoký a masivní, a tím bránil viditelnosti a vytvářel pocit sevření. Cyklisté si také stěžovali na možné konflikty mezi cyklisty a chodci. Autoři Kováčsová a kol. [3] vytvořili studii zaměřenou na analýzu vizuálního vnímání cyklistů a jejich úsudky. Cílem tohoto článku bylo prozkoumat, jak se liší pohyby očí cyklisty a úsudek, zda projede křižovatkou jako první, v závislosti na scénáři přiblížení vozidla (předjetí, střet, zastavení), složitosti provozu (jedno vs. dvě příjíždějící vozidla) a rychlosti jízdy na kole (15, 25 nebo 35 km/h). Této studie se zúčastnilo 37 probandů (6 žen, 31 mužů) ve věku 18–27 let. Výsledky dotazníku ukázaly, že žádný z účastníků by nejel do křižovatky, pokud by vozidlo příjíždějící zprava nezpomalilo, zatímco 11 % účastníků uvedlo, že by do křižovatky vjelo jako první,

pokud by vozidlo zprava zpomalilo. Procento účastníků, kteří by do křižovatky vjeli, bylo vyšší v případech, kdy se vozidlo přibližovalo zleva. Výzkum dokládá, že ke střetům mezi cyklistou a vozidlem často dochází, i přestože cyklista musel vidět blížící se vozidlo, což naznačuje důležitost schopnosti předvídat nebezpečí. Závěrem lze říci, že vizuální chování a úsudek cyklistů přijíždějících na nesignalizované křižovatky se liší mezi situačními aspekty bezpečnosti a střetů, umístěním vozidel na křižovatce a složitostí dopravy. Autoři Thorslund, Lindström a Käck [4] se zaměřili na interakci mezi cyklisty, vozidly a infrastrukturou. Cílem této studie bylo prozkoumání typického chování cyklistů při průjezdu křižovatkou a určení faktorů, které mohou ovlivnit rozhodnutí cyklistů. Celkem se studie zúčastnilo 33 probandů (15 mužů a 18 žen), s průměrným věkem 40,5 let. Při volbě polohy (během jízdy i při zastavování) a rychlosti jízdy byli účastníci nejvíce opatrní, pokud se v jejich blízkosti nacházel kamion. Boční prostor je také významným faktorem pro chování a pocit bezpečí cyklistů. Probandi, kteří o sobě uvedli, že jezdí na kole rychleji ve srovnání s ostatními, volí polohu zastavení více vpravo a probandi, kteří jezdí pomaleji než ostatní, zastavují více vlevo. Autoři Brazil a Caulfield [5] ve své studii využili kombinaci eyetrackingu a Google Street Map k pochopení vnímání cyklistů. Pro účely tohoto výzkumu se 52 probandů zúčastnilo eyetrackingového experimentu a doprovodného průzkumu. Studie se účastnil podstatně větší počet mužů než žen, a to 38 vs. 14. Pro účely studie bylo z Map Google Street View vybráno několik snímků scénářů na silnici v centru Dublinu. Čtyři obrázky použité pro tento experiment byly vybrány tak, aby reprezentovaly různá cyklistická prostředí, se kterými se cyklisté v Dublinu pravděpodobně setkají. Analýza byla provedena pomocí tepelných map, vizuálního vnímání během jízdy a sledování definovaných AOI. Výsledky zobrazené v tepelných mapách pro každý z uvažovaných snímků používají jako základní metriku relativní dobu fixace – to poskytuje informaci o tom, kterému aspektu každého obrázku účastníci věnovali největší pozornost v porovnání s ostatními informacemi. Druhá metoda analýzy zahrnovala použití fixačních dat generovaných z předem definovaných AOI v každém ze snímků. Výsledky této studie prokázaly účinnost tepelných map jako nástrojů souhrnné vizualizace, ale výsledky vyplývající ze zkoumání druhou metodou byly méně průkazné. Nebyly zjištěny významné rozdíly ve strategiích pohledu nebo vzorci v rychlosti jízdy mezi pohlavími a mezi zkušenými a méně zkušenými cyklisty.

Naopak z pohledu řidičů své studie vytvářeli například autoři Bella a Silvestri [1] a Piccinini, Moretto, Zhou a Itoh [7]. Bella a Silvestri [1] se ve své studii věnovali interakci řidič-cyklista na mimoměstských silnicích. Cílem této studie bylo posoudit účinky několika konfigurací dvouprůdých mimoměstských silnic. V této studii byl navržen multifaktorový experiment, který analyzoval účinky cyklistického provozu na chování řidičů během předjížděcího manévru. K řízení na simulátoru bylo vybráno 40 probandů (24 mužů a 16 žen), jejichž věk se pohyboval od 23 do

62 let a kteří měli běžný evropský řidičský průkaz minimálně tři roky. Výsledky ukázaly, že 62 % procent probandů nevnímalo při předjíždění cyklisty žádné riziko. Šířka jízdního pruhu ovlivňuje volbu trajektorie řidiče, nikoliv však jeho rychlost. Cyklista ovlivnil trajektorii vozidla, ale ne jeho rychlost. Řidič vnímal cyklistu jako překážku, a proto se přiblížil ke středu vozovky, aniž by snížil rychlost. Jaký vliv mají vozidla jedoucí v protisměru na řidiče při předjíždění cyklistů zkoumala ve své práci Piccinini, Moretto, Zhou a Itoh [6]. Cílem této simulátorové studie bylo prozkoumat, jak doba do střetu mezi protijedoucím vozidlem a testovacím vozidlem ovlivnila strategii předjíždění. Všechny tři jízdy byly vedeny po dvoupruhové mimoměstské silnici. Trasa byla dlouhá asi 16 km a zahrnovala osm předjížděcích manévrů s přítomností protijedoucích vozidel. Všechny předjížděcí manévry se odehrávaly na rovných úsecích silnice s dobrou viditelností a podélná čára byla přerušovaná. Cyklisté, které měli řidiči předjíždět, stáli na místě, dokud vozidlo řízené účastníkem nedosáhlo vzdálenosti 100 m od kola: v tu chvíli se cyklisté rozjeli konstantní rychlostí 22 km/h a udržovali konstantní vzdálenost 0,3 m od krajnice vozovky. Řidiči byli ve věkovém rozmezí 25-40 let nebo 65-75 let. Výsledky studie ukázaly, že nominální doba do střetu významně ovlivnila strategii předjíždění zvolenou řidičem. Zvýšení subjektivního rizika spojeného s předjížděcím manévrem – v důsledku zkrácení doby do střetu – přimělo značný počet řidičů ke zrychlení při předjíždění. Výsledky konkrétně naznačují významnou změnu z udržování konstantní rychlosti na zrychlení/zpomalení, když se nominální doba do střetu snížila z 8 s na 7 s. Střední rychlost byla výrazně vyšší při manévrech s konstantní rychlostí ve srovnání s předjížděcími manévry, kdy řidiči zrychlovali/zpomalovali. Řidiči však jeli vyšší rychlostí při předjížděcích manévrech, kdy udržovali konstantní rychlost i ve fázi předjíždění, během níž vozidlo jelo souběžně s cyklistou. Předjížděcí manévry, kdy řidiči jeli konstantní rychlostí (zaznamenané v této studii) představovali vyšší riziko pro bezpečnost cyklistů kvůli kombinaci nižších bezpečnostních odstupů a vyšších středních rychlostí.

## 2.2 Naturalistické studie

Naturalistické studie jsou prováděny v přirozeném prostředí, kde není chování řidičů, cyklistů ani jiných účastníků silničního provozu kontrolováno, takže interakce mezi řidiči a cyklisty jsou přirozenější oproti simulátorovým studiím. Tyto studie tedy poskytují validní data pro studium chování účastníků silničního provozu. [8]

Způsob naturalistických studií byl zvolen například ve člancích [8], [9], [10]. Autoři článků se zaměřili na situace jak z pohledu řidičů vozidel, tak z pohledu cyklistů. Z pohledu cyklistů byly vytvořeny práce od autorů Jahangiri a kol. [9] a Al-Taie a kol. [10]. Autoři Jahangiri a kol. [9] se zaměřili na vyšetřování přestupků cyklistů na křižovatkách řízených světelnou signalizací. V tomto

článek byl navržen a proveden naturalistický cyklistický experiment, aby bylo možné prozkoumat faktory ovlivňující chování cyklistů na signalizovaných křižovatkách. Účastníci byli požádáni, aby jezdili na kolech jako obvykle. Bylo zjištěno, že je pravděpodobnější, že při odbočování vpravo cyklista projede na signalizovaných křižovatkách na červenou. Pravděpodobnost, že cyklista projede na červenou se snižovala, pokud byl před cyklistou provoz. Autoři Al-Taie a kol. [10] zkoumali interakci mezi řidiči a cyklisty. Nejprve byly pozorovány interakce mezi řidiči a cyklisty, aby mohli autoři zjistit, jak se liší chování při interakci v pěti dopravních scénářích. Byly vybrány následující scénáře: křižovatka řízená světelnou signalizací, kruhový objezd, křižovatka bez světelné signalizace, cyklo pruh, který se napojuje do provozu a slučování jízdních pruhů. Bylo pozorováno pouze vozidlo nejbližší cyklistovi, aby bylo zajištěno, že s největší pravděpodobností dojde ke vzájemné interakci. Proběhlo 10 srovnání mezi každou dvojicí dopravních scénářů. Bylo zaznamenáno 231 interakcí řidič-cyklista. Účastníci silničního provozu si častěji vyjednávali přednost v jízdě na nesignalizovaných křižovatkách. Na studii 1 bylo navázáno naturalistickou cyklistickou studií. Byla shromážděna následující data: (1) GPS údaje o trase, (2) videozáznamy první osoby a (3) údaje o pohledech cyklistů. Trasy byly dlouhé alespoň 5 km a zahrnovaly alespoň tři typy silniční infrastruktury, aby se zvýšila pravděpodobnost zaznamenání různých interakcí mezi cyklisty a řidiči. Byly definovány oblasti zájmu (AOI) na vozidlech a zařízeních k řízení dopravy, aby mohly být zmapovány a analyzovány fixace pohledů účastníků. Studie se účastnilo 12 cyklistů (8 mužů a 4 ženy). Výsledky ukázaly, že i přesto, že se jednalo o křižovatku se světelnou signalizací, cyklisté i tak sledovali vodorovné i svislé dopravní značení. Interakce byly na křižovatkách se světelnou signalizací nepravděpodobné, ale k vyjednávání přednosti na křižovatkách bez světelné signalizace byly použity různé techniky, např. cyklisté používali gesta paží a vizuální kontroly situace za sebou, aby sdělili svůj záměr a vědomí při zařazování do jízdních pruhů.

Autoři Kovaceva a kol. [8] vytvořili studii zabývající se řidiči předjíždějícími cyklisty. Tato studie kvantifikovala hranice komfortních zón řidičů (CZB) a zkoumala kombinaci faktorů, které ovlivňují CZB, při předjíždění cyklistů. V této studii byla použita naturalistická jízdní data z UDRIVE, největší naturalistické studie v Evropě. Pro účely analýzy byly automaticky identifikovány manévry. Automatická detekce zajistila, že byly vybrány situace, kdy (a) byl přítomen cyklista v jízdním pruhu řidiče, (b) vozidlo jelo rychlostí alespoň 20 km/h, (c) vozidlo jelo na mimoměstské silnici, (d) vozidlo jelo rychleji než cyklista a (e) doba do střetu s jakýmkoliv vozidlem před vozidlem účastníka byla alespoň tři sekundy. Tato studie používala čtyři fáze předjíždění: Fáze 1: přiblížování – začíná, když je cyklista detekován senzory; Fáze 2: změna jízdního pruhu – když se vozidlo začne odklánět z kolizního kurzu; Fáze 3: předjetí – když je přední část vozidla méně než tři metry za zadní částí cyklisty; Fáze 4: návrat – když je zadní část vozidla více než tři metry před cyklistou. Výsledky

ukázaly, že řidiči často dodržovali boční odstup menší, než je vyžadováno zákonem ve většině evropských zemí. Kromě toho jsou CZB ovlivněny rychlostí vozidel a přítomností protijedoucího vozidla. Čím vyšší rychlost, tím větší CZB řidič předjíždějícího vozidla udržuje. Tento výsledek ukazoval, že řidiči mohou mít podobné vnímání jako cyklisté, kteří při rychlejším předjíždění očekávají větší odstup.

## 2.3 Jízdní zkoušky

Jedná se o metodu podobnou naturalistickým studiím. Definující vlastností jízdní zkoušky je její závislost na použití předem stanovené trasy k odhalení rozdílů v chování a výkonu při jízdě za různých podmínek. Jízdní zkouška může výzkumníkům poskytnout omezený rozsah dat, která mohou být vysoce přizpůsobena zkoumaným výzkumným otázkám. [11]

Jízdní zkoušky byly použity například u studií [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20]. Jak ovlivňují řidiče při předjíždění cyklistů protijedoucí vozidla a pozice cyklisty v jízdním pruhu? Na to se ve své práci rozhodli zaměřit Rasch a kol. [12]. Účastníci předjížděli robotického cyklistu, který byl řízen tak, aby jel ve dvou různých bočních pozicích v jízdním pruhu. Současně bylo řízeno protijedoucí robotické vozidlo, aby se setkalo s vozidlem účastníka s dobou do střetu 6 s nebo 9 s. Byly analyzovány bezpečnostní metriky pro čtyři různé fáze předjíždění, odrážející bezpečnostní rezervy řidičů při střetech zezadu a čelních a bočních střetů, aby mohly být prozkoumány dva binární faktory: 1) časový rozdíl mezi předjíždějícím vozidlem a protijedoucím vozidlem a 2) boční poloha cyklisty. Experimentu se zúčastnilo celkem 23 řidičů ve věku 25-54 let. Figurína cyklisty umístěná na vysokorychlostní plošině představovala cyklistu jedoucího v přímém směru. Celkově bylo analyzováno 68 pokusů. Když bylo přítomno protijedoucí vozidlo, řidiči prováděli jak manévry s udržováním konstantní rychlosti při předjíždění, tak manévry se zrychlením/zpomalením. Nejkritičtější a – podle účastníků – nejméně pohodlné, byly manévry, kdy řidiči udržovali konstantní rychlost za přítomnosti cyklisty a krátkého časového odstupu od protijedoucího vozidla. V těchto podmínkách byl pochopitelně preferován předjížděcí manévr se zrychlením/zpomalením vozidla před konstantní rychlosti. Chování řidiček při předjíždění se zdálo být více zaměřené na bezpečnost, protože dávaly přednost manévrum se zpomalením/zrychlením vozidla. Bylo zjištěno, že časový odstup od protijedoucího vozidla ovlivňuje volbu strategie ve větší míře než boční poloha cyklisty. Ukazatele bezpečnosti během celého manévru se snižovaly, když byla časová mezera krátká nebo cyklista jel více vlevo v jízdním pruhu; což se dalo předpokládat, protože bezpečnost cyklistů je za těchto podmínek ohrožena nejvíce. Interakci řidičů kamionu a cyklistů se ve své práci věnovali Kircher a Ahlström [13]. Cílem této studie bylo prozkoumat volbu rychlosti řidičů nákladních vozidel, jejich chování a strategie interakce ve vztahu ke zranitelným účastníkům

silničního provozu při odbočování vpravo na křižovatkách se signalizací a bez signalizace. Prezentovaná studie zvažovala několik scénářů:

- A. Řidiči kamionů zkušení v městském provozu mají dobře propracované strategie pro řešení městských křižovatek.
- B. Řidiči kamionů nezkušení s městským provozem si jsou vědomi svých nedostatků ve zkoumané situaci, a proto jsou při jízdě ve městě obzvláště opatrní.
- C. Zkušenost s řízením nákladních vozidel v městských oblastech neposkytuje žádnou výhodu.

Konečný vzorek tvořilo 29 řidičů kamionů (6 žen), z nichž 14 mělo zkušenosti s řízením v městských oblastech, dalších 15 řidičů nemělo žádné nebo jen malé zkušenosti s řízením v městských oblastech. Testovací trasa vedla jak vnitřním městem Linköpingu ve Švédsku, tak obytnými oblastmi v blízkosti města. Řidiči kamionů museli v osmi křižovatkách odbočit vpravo. Výsledky ukázaly, že zkušenosti s řízením v městském provozu měly malý dopad na strategie interakce řidičů nákladních vozidel s cyklisty. Řidiči kamionů, kteří nemají zkušenosti s jízdou v městském provozu byli opatrnější. Celkově výsledky naznačují, že konkrétní zkušenost s řízením nákladního vozidla ve městě výrazně neovlivňuje strategie používané při interakci s cyklisty při odbočování vpravo. Studii zaměřenou na selhání řidičů vůči chodcům a cyklistům (VRU) prováděnou v reálném provozu vytvořili autoři Kaya, Girgis, Hansma a Donmez [14]. Bylo použito vozidlo vybavené eyetrackerem, aby mohl být prozkoumán (a) selhání ve vizuálním vnímání řidičů směrem ke zranitelným účastníkům (VRU) na křižovatkách a (b) zda na toto má vliv cyklistika. 26 zkušených řidičů ve věku od 35 do 54 let projelo 18 různých křižovatek v Torontu. Řidiči celkem uskutečnili 443 unikátních odbočení na 18 křižovatkách. 75 % odbočení neobsahovalo žádné selhání vizuálního skenování. Řidiči, kteří zároveň jezdí na kole, měli méně chyb vizuálního skenování než ti, kteří na kole nejedí. Gohl, Schneider a Nitsch [15] se ve svém článku věnovali posouzení bezpečného chování řidičů vůči cyklistům na křižovatkách. Cílem tohoto článku je poskytnutí metody, která by umožnila určit, zda chování řidiče lze zpětně hodnotit jako kritické. Byl identifikován tzv. bod bez návratu, což lze považovat za poslední bod možného zásahu řidiče. Měření se účastnilo celkem 48 řidičů, 14 žen a 34 mužů. Věk probandů se pohyboval od 21 let do 60 let. V rámci studie každý řidič odbočil vpravo a vlevo na stykové křižovatce, přičemž sled odbočování vlevo a vpravo byl mezi subjekty vyvážený. Na druhé křižovatce ve 20 ze 75 přístupů by řidiči představovali pro cyklisty skutečné riziko, protože překážka ve výhledu vpravo jim bránila vidět cyklisty v době jejich poslední fixace na tuto stranu. Opačná tendence byla zjištěna u čtvrté stykové křižovatky. Zatímco část přiblížení kritických z hlediska bezpečnosti je identická jako na

druhé stykové křižovatce (26,7 %), bylo zjištěno, že relativní četnost přiblížení kritických z hlediska bezpečnosti je 1,25krát vyšší u řidičů odbočujících vlevo než u řidičů odbočujících vpravo. Ve studii bylo zjištěno, že na křižovatkách s omezeným výhledem na obě strany nebo jen na pravou stranu nebylo chování jedné čtvrtiny řidičů dostatečně bezpečné vůči cyklistům přijíždějícím z pravé strany.

Chování při interakci cyklisty s ostatními účastníky provozu prostřednictvím řízeného laboratorního experimentu zkoumali ve své práci na Delft University autoři Yuan a kol. [16]. Byly specifikovány tři hlavní proměnné, které byly zkoumány: a) typ interakce (čelní setkání, předjíždění, křížení); b) chování při zrychlení (jízda konstantní rychlostí, zrychlení, zpomalení); c) počet cyklistů (jeden cyklista versus skupina (dvou) cyklistů). Měření mělo celkem 13 scénářů, kde se mezi jednotlivými scénáři měnila pouze jedna proměnná. V těchto experimentech 12 účastníků (7 mužů a 5 žen) provedlo předem definované manévry. Zjištění potvrzovala, že muži obecně jezdí na kole rychleji než ženy. Jasně viditelný vyhýbací manévr (vyhýbání se střetu) je pozorován, když jedou dva cyklisté proti sobě, kdy se oba cyklisté odchýlí od zamýšlených tras. Cyklisté se začnou odchylovat od zamýšlených tras, když jsou od sebe přibližně 30 m. Ženy se při úhybném manévru více odchylojí od zamýšlených tras než muži. Mantuano, Bernardi a Ruppi [17] se ve svém článku věnují měření cyklistů ve městě Bologna v Itálii. Měření probíhalo na cyklostezkách a na trase, kde byl zároveň pohyb chodců. Analyzována byla data 12 cyklistů, jejichž věk byl v průměru 25 let. Trasa byla dlouhá asi 3 km a byla vedena různými typy cyklotras v Bologni. Byla rozdělena do celkem 7 segmentů. 4 úseky byly sdíleny s chodci, další 3 úseky byly pruhy na silnici pouze pro cyklisty. Křižovatky, přechody pro chodce a přítomnost chodců a další nespojitosti trasy vyžadovaly zvýšenou pozornost cyklistů. Na stezce čistě pro cyklisty byla většina fixací soustředěna na přerušení stezky. Pokud nebyli cyklisté a chodci fyzicky a vizuálně odděleni, vedlo to k nedostatečné pozornosti vůči rizikovým prvkům jako jsou křižovatky a přechody pro chodce. Když je zvýšena přítomnost chodců, čas strávený sledováním rizikových prvků (křižovatky, přechody) se zkrátil. Při jednoznačném oddělení chodců a cyklistů je pozornost cyklistů soustředěna právě na tyto rizikové body vyšší. Zda je značení pro cyklisty distraktivní nebo informativní se snažili zjistit autoři Aasvik a Fyhri [18]. Chování části cyklistů bylo zkoumáno před výstavbou nové infrastruktury a druhé části po úpravě infrastruktury. První cíl byl prozkoumat nové metody k analýze toho, jak opatření pro navádění na trase ovlivňují cyklisty v reálném dopravním prostředí. A druhý, zkoumání účinku samotného nového navigačního systému, pokud jde o snadnost použití a bezpečnost provozu. Analyzována byla následující opatření, která měla sloužit pro zlepšení navádění po trase pro cyklisty:

- Dopravní značení se symbolem kola a šipkou

- Identita trasy
- Značení s časy jízdy (spíše než vzdáleností)
- Mapové značky křižovatky ukazují, jak trasa pokračuje přes křižovatky
- Značení vedoucí k trasám
- Uliční pylony, tj. podrobné informační značky ukazující celou trasu.

Cyklisté měli za úkol najít cestu do cíle na kole bez použití telefonů nebo mapy při jízdě. Trasa měla podle odhadů trvat asi 20 minut. Zúčastnění cyklisté zvolili různé trasy, všichni cyklisté však i bez využití navigačních zařízení dojeli do stanoveného cíle. Před úpravou trasy se výzkumu zúčastnilo 20 probandů, po úpravách 28. Počet účastníků, kteří zvolili správnou trasu v celé její délce, byl jeden v situaci před zásahem a čtyři v situaci po zásahu. Většina cyklistů ani po zásahu striktně nedodržela značenou trasu. Výsledky naznačovaly, že nové prvky zavedené jako součást nové strategie značení města Oslo nevedly k menší pozornosti vůči ostatním účastníkům silničního provozu. Výsledky ukázaly, že nové metody sběru a analýzy dat by mohly být užitečné pro zlepšení podmínek pro cyklisty. Bylo zjištěno, že zkoumaný zásah do určité míry ovlivňuje chování cyklistů, zejména těch méně zkušených. Vizuelní pozornost a rychlost chodců, cyklistů a jezdců na elektrických koloběžkách při používání sdílené silnice je téma práce, kterou vytvořili autoři Pashkevich a kol. [19]. Účastníků testu bylo 12, 7 mužů a 5 žen. Celá trasa byla dlouhá cca 1500 m. Trasu absolvoval každý z účastníků testu vždy stejným směrem, na kole, na elektrické koloběžce i jako chodec – pořadí způsobu dopravy bylo náhodné. Výsledky této studie jasně ukázaly, že s ohledem na vizuelní pozornost a rychlost během jízdy ve sdíleném prostoru, by měly být elektrické koloběžky zařazeny mezi jízdní kola a měly by podléhat stejným omezením a výsadám. Žádný z účastníků nedodržel v celém úseku dlouhém 1500 m všechna pravidla silničního provozu: celkem bylo napočítáno 261 přestupků.

Autoři Kircher a Ahlström [20] ve své práci popisují požadavky na pozornost cyklistů a řidičů na městských křižovatkách. Cílem této studie bylo systematicky zkoumat nároky dopravních situací na pozornost řidiče a cyklisty a jak obtížné je tyto požadavky naplnit. Bylo vybráno 23 účastníků (z toho 12 žen). Každý účastník absolvoval trasu dvakrát, jednou na kole a jednou autem. Pro analýzu byly vybrány tři křižovatky na trase. Na všech křižovatkách účastník silničního provozu projíždí rovně, ale s odlišnými předpisy o přednosti v jízdě. Podíl pohledů mimo směr jízdy byl u cyklistů vyšší než u řidičů, bez ohledu na typ křižovatky. Celkově měli cyklisté vyšší frekvenci pohledů v kategorii „výchozí“ (pohled dopředu nebo dolů – obrubník, cyklostezka). Jako cyklisté

účastníci častěji sledovali věci netýkající se provozu jako takového) než jako řidiči. Navzdory nižší rychlosti byla náročnost jízdy na kole přibližně stejně vysoká jako u řidičů.

## 2.4 Dotazníkové šetření

Pomocí dotazníků získávali data do svých prací například autoři článků [21], [22], [23], [24]. Na pohled ze strany cyklistů se zaměřili autoři Ng, Debnath a Heesch [21], Useche a kol. [22] a Paschalidis, Basbas, Politis a Prodromou [23]. Z pohledu řidičů to pak byli autoři Fruhen, Rossen a Griffin [24]. Autoři Ng, Debnath a Heesch [21] se zaměřili na vnímání cyklistické infrastruktury cyklisty na nesignalizovaných křižovatkách. Cílem této studie bylo zjistit, které typy cyklistické infrastruktury vnímají cyklisté na nesignalizovaných křižovatkách jako nejbezpečnější. Do analýzy bylo zahrnuto 214 účastníků. Většina účastníků byli muži ve věku mezi 45 a 54 lety. Mnoho účastníků již v minulosti zažilo těsné minuty s vozidlem nebo jiným cyklistou. Výsledky ukázaly, že terénní cyklistické stezky a stezky pro pěší, které byly jedinými typy cyklistické infrastruktury zahrnuté do studie, kde cyklista musel dát přednost motorovým vozidlům na křižovatce, byly cyklisty vnímány jako nejbezpečnější cyklistická infrastruktura na nesignalizovaných křižovatkách. Při průjezdu nesignalizovanou křižovatkou měli cyklisté větší obavy z toho, že řidič vozidla nedodrží dostatečný boční odstup a budou „otřeni“ bokem vozidla, než že by do jejich boku narazilo vozidlo čelně. Autoři Useche a kol. [22] se zaměřili na rozptýlení pozornosti cyklistů a jak to může ovlivnit jejich rizikové chování. Hlavními cíli této studie bylo prozkoumat výskyt a trendy v rozptýlení pozornosti cyklistů na mezinárodním vzorku uživatelů jízdních kol a určit vliv takového rozptýlení na dopravní nehody cyklistů. Pro tuto studii byla analyzována data získaná od 1064 cyklistů – 61,2 % mužů a 38,8 % žen – z 20 různých zemí, kteří odpověděli na online dotazník o vlastnostech, zvycích, chování a nehodách souvisejících s cyklistikou. Celkově měly všechny distraktory relevantní vliv na chování cyklistů, a to v rozsahu mezi 34,7 % a 83,6 %. Konkrétně byly nejčastěji uváděnými distraktory, které ovlivnily cyklisty, chování ostatních účastníků silničního provozu (83,6 %), překážky na cestě (83,5 %) a aktuální povětrnostní podmínky. Naopak nejméně uváděnými distraktory byly: billboardy a textové zprávy. Shrnutím hlavních zjištění tohoto výzkumu tato studie umožnila potvrdit, že: rozptýlení pozornosti na silnici je u cyklistů poměrně častým faktorem; starší jedinci byli při jízdě na kole více ovlivněni rušivými vlivy na silnici; míra rozptýlení při jízdě na kole je také spojena s osobními proměnnými, jako je psychický stres a intenzita jízdy na kole. Paschalidis, Basbas, Politis a Prodromou [23] ve své studii řešili vnímání cyklistů v městském prostředí. Pro naplnění účelu výzkumu proběhlo u rekreační stezky přímé prezenční dotazníkové šetření určené cyklistům. Prostřednictvím dotazníkového šetření bylo dotazováno 306 cyklistů a 64 % uvedlo, že zažilo konflikt s chodcem, zatímco 55 % uvedlo, že zažilo konflikt s vozidlem. Většinu

respondentů tvořili muži (80 %). Většina cyklistů byla ve věku 19–24 let (22 %) a 25–39 let (56 %). Jedním z nejzajímavějších zjištění bylo, že se cyklisté z konfliktu obviňují jen zřídka. Rovněž u přednosti v jízdě byla pozorována zvýšená ochota cyklistů dát přednost chodcům, avšak ne řidičům vozidel. Tento výsledek může být známkou jejich obecného vnímání ostatních uživatelů. Navíc lze dojít k závěru, že cyklisté se vnímali jako méně zranitelní než chodci, ale zranitelnější než řidiči vozidla. Cyklisté primárně nedávají odpovědnost chodcům, ale jejich vina souvisí s typem konfliktu, zatímco v případě konfliktu s řidiči je obviňují nezávisle na typu události.

Autoři Fruhen, Rossen a Griffin [24] vytvořili práci zaměřenou na faktory, které utvářejí postoje řidičů k cyklistům a jaký vliv to má na jejich chování. Autoři této studie zjišťovali, do jaké míry jsou negativní postoje k cyklistům zakořeněny ve smyslu přílnutí k vozidlům a environmentálním postojům. Dále ve studii zkoumali, zda má odlišení cyklistickým oděvem nějaký vliv na postoje a agresivní chování vůči cyklistům. Pomocí online průzkumu byly u 308 řidičů vozidel zjišťovány automobilové a ekologické postoje, postoje k cyklistům a agresivní chování zaměřené na dvě skupiny cyklistů (cyklisté v cyklistickém oblečení nebo bez cyklistického oblečení). Výsledky ukázaly, že pozitivní postoje k automobilismu souvisely s negativními postoji k cyklistům. Dále výsledky ukázaly souvislost mezi negativními postoji k cyklistům a agresivním chováním k cyklistům. Nakonec výsledky ukázaly, že souvislost mezi postoji řidičů vozidel k cyklistům a agresivním chováním vůči cyklistům byla stejná pro různé skupiny cyklistů.

Pro analýzu chování lze kromě nejčastěji využívaných metod představených výše využít i celou řadu dalších metod. Okrajově budou představeny některé z metod, které byly využity pro analýzu chování cyklistů.

Autoři článků [25], [26], [27], [28] vytvořili své práce pomocí analýzy videozáznamů z jednotlivých křižovatek. Další zmiňované články byly analyzovány z pohledu cyklistů a jejich autory byli Mohammadi, Piccinini a Dozza [25], Nabavi Niaki, Saunier a Miranda-Moreno [26], Høye, Jensen a Sørensen [27] a Duncan a kol. [28]. Jak cyklisté interagují s motorovými vozidly na nesignalizovaných křižovatkách se rozhodli ve své studii řešit Mohammadi, Piccinini a Dozza [25]. Data pro tuto studii pocházejí z nesignalizované městské křižovatky ve švédském Göteborgu. Autoři sledovali, zda v odpovídajících videích došlo k možné komunikaci nebo vyjednávání o záměru mezi dvěma účastníky silničního provozu. Byly definovány stejné vzdálenosti 15 m k průsečíku trajektorií na stezce cyklisty i vozidla od místa, kde cyklista vjíždí do křižovatky (okraj krajnice). Vizuální pozorování rychlosti cyklistů a jejich interakce s ostatními účastníky ukazuje, že cyklisté začali zrychlovat nebo brzdit asi 8 m před průsečíkem trajektorií. Proto byla tato vzdálenost použita jako rozhodovací bod pro cyklisty a autoři se snažili určit výskyt vizuálních podnětů cyklistů

před tímto bodem. Celkem bylo pro analýzu a modelování použito 105 interakčních událostí; 35 % žen a 65 % mužů. V 65 % případů projel křižovatkou jako první cyklista a ve 35 % případů projelo křižovatkou jako první vozidlo. V 66 % případů měli cyklisté přilbu. Cyklisté zrychlovali před bodem rozhodnutí v 65 % případů. Ve 30 % případů se před bodem rozhodnutí cyklisté dívali na blížící se vozidlo. Na přijíždějící vozidlo mávali cyklisté rukou ve třech případech. Nabavi Niaki, Saunier a Miranda-Moreno [26] vytvořili případovou studii o pohybu cyklistů na křižovatkách s cyklistickými diskontinuitami. V místě diskontinuity, kde se umístění cyklistického pruhu přesunuje z jedné strany silnice na druhou, mají cyklisté jedoucí na severovýchod v pruhu nejnižší zaznamenané hodnoty TTC15 (15. percentil časového intervalu kratšího než 5 s), nižší než ve stejném směru na kontrolním místě. Na druhém místě diskontinuity, kde cyklisté přejížděli z cyklostezky na sdílenou silnici, přičemž překračovali dva dvousměrné jízdní pásy, bylo pozorováno, že cyklisté odbočující vlevo stejně jako cyklisté jedoucí na jihovýchod mají nejnižší střední hodnoty TTC15. Høye, Jensen a Sørensen [27] vytvořili práci, která se zaměřuje na cyklisty s přilbou a zda riskují na signalizovaných křižovatkách více než ti bez přilby. Cílem této studie bylo prozkoumat vztah mezi používáním cyklistické přilby a chováním na signalizovaných křižovatkách. Na základě videozáznamů 1031 cyklistů na 12 signalizovaných křižovatkách v Dánsku byly porovnány dva ukazatele rizikového chování cyklistů s přilbou a bez přilby: Rychlost a čas od začátku žlutého signálu na světelném signalizačním zařízení, kdy cyklisté přejeli STOP čáru. Čím později cyklista vjede do křižovatky, tím větší bude šance, že se dostane do konfliktu s řidiči vozidel jedoucích z vedlejší silnice, pokud bude udržovat konstantní rychlost. Podíl cyklistů přejíždějících na červenou je 16,1 % mezi cyklisty s přilbou a 16,7 % mezi cyklisty bez přilby. Výsledky ukázaly, že cyklisté jedoucí na červenou mají v průměru vyšší rychlost než ti, kteří překračují STOP čáru při žlutém signálu. Úplné modely ukázaly, že muži jezdí na kole rychleji a že v průměru přejedou STOP čáru později než ženy. V souhrnu výsledky naznačují, že kompenzace rizika u cyklistů s přilbou buď nenastává, nebo pokud k ní dojde, kompenzuje obecný sklon cyklistů s přilbou k bezpečnějšímu chování. Srovnávací analýza tras cyklistů přes sdílený prostor a křižovatky v Coventry v Anglii byla vytvořena autory Duncan a kol. [28]. Studie zkoumá dopad, který může mít návrh silnice na to, jak cyklisté projíždějí křižovatkami. Celkem bylo pozorováno 912 cyklistů, kteří projížděli křižovatkami v Coventry: 490 přes křižovátku ve sdíleném prostoru a 422 přes křižovátku bez signalizace. Celkem 42 % ze 490 pozorovaných cyklistů jelo v určitém okamžiku své jízdy přes křižovátku ve sdíleném prostoru po chodníku a 64 % ze 422 pozorovaných cyklistů jelo po chodníku na křižovatce bez signalizace. Celkem 13 % pozorovaných cyklistů jelo přes přechod na křižovatce ve sdíleném prostoru a 33 % pozorovaných cyklistů jelo přes přechod na křižovatce bez signalizace. Výsledky naznačovaly, že cyklisté jezdí jak na křižovatkách ve sdíleném prostoru, tak na křižovatkách bez

signalizace podobně, protože významné procento cyklistů využívalo chodníky i přechody na obou křižovatkách.

Na vnímání bezpečnosti jak řidiči, tak cyklisty při předjížděcích manévrech se ve své práci zaměřili autoři Rasch a kol. [29]. Cílem této práce bylo zlepšit schopnost porozumět a předvídat vnímanou bezpečnost řidičů a cyklistů během předjížděcích manévrů se zaměřením na fázi předjíždění. V této studii byly použity dva různé soubory dat. Každý předjížděcí manévr byl charakterizován sadou bezpečnostních metrik (nezávislých proměnných), které byly použity k přizpůsobení modelů vysvětlujících vnímanou bezpečnost každého účastníka silničního provozu (závislá proměnná). Data použitá v této studii zahrnují 18 účastníků, z toho 5 žen. V průměru bylo účastníkům 42,9 let, vlastnili řidičský průkaz 24,7 let, najezdili 14 944 km za rok a řídili 12krát za týden. Další část studie obsahuje data od 8 mužských cyklistů s průměrným věkem 23,2 let. Úkolem účastníku bylo ohodnotit na pětipoložkové škále vnímané riziko pro každý předjížděcí manévr. Zdá se, že řidiči byli znepokojeni především přítomností a TTC (doba do střetu) protijedoucího vozidla. Tento výsledek naznačoval, že řidiči, přestože se možná obávají o bezpečnost cyklisty, zakládají svou vnímanou bezpečnost na riziku střetu s protijedoucím vozidlem. Výsledky ukázaly silnou vazbu mezi objektivní a vnímanou bezpečností, protože oba účastníci silničního provozu vnímali svou bezpečnost jako nejvíce ohroženou tím, co ve skutečnosti jsou největší hrozby. Bylo zřejmé, že předjížděcí manévry jsou nebezpečné pro všechny účastníky silničního provozu a vyžadují dostatek prostoru k bezpečnému provedení. Autoři Richter a Sachs se ve své práci [30] zabývali nehodami mezi odbočujícími osobními a nákladními vozidly a cyklisty, kteří projíždí křižovatkou rovně. Po analýze nehody byly provedeny jízdní testy na simulátoru nákladního vozidla, aby se vyhodnotil pohyb očí před a během odbočování. Celkem je uvedeno 79 756 nehod, z nichž pouze malý podíl 1,1 % (873) tvoří nehody s odbočujícími vozidly. Téměř 80 % (693) těchto nehod při odbočování vedlo k újmě na zdraví (smrtné, těžká a lehká zranění). Celkově 91 % těchto nehod zavinili řidiči vozidel. V případech, kdy jsou částečně vinni cyklisté, asi 52 % jelo nesprávným směrem, 20 % nehod bylo způsobeno „jinou chybou“ a 11 % bylo způsobeno ignorováním světelných signalizačních zařízení. Muži byli častěji účastníky nehody (60 %) než ženy (40 %). Pokud jde o analýzu výsledků podle věku, cyklisté mezi 21 a 34 lety představovali dvakrát vyšší riziko než ostatní věkové skupiny. U řidičů ve věkových skupinách 18-20 let a 65-75+ let bylo dvakrát vyšší riziko, že se stanou účastníky dopravní nehody. Nejvíce nehod se stalo za denního světla (81 %) a na suché vozovce (80 %). Po analýze 318 vybraných křižovatek lze shrnout, že pokud nebyl k dispozici samostatný cyklopruh, porušení zákazu jízdy na chodnících se zvyšovalo o 36 % na křižovatkách se signalizací a o 27 % na křižovatkách bez signalizace. Nehody mezi kamiony odbočujícími vpravo a cyklisty jedoucími rovně, se nestávají příliš často (755 případů), ale pokud

k nim došlo, způsobily velké škody. Smrtelné nehody tvořily asi 2 % (16 případů) těchto nehod, téměř v 10 % (74 případů) byla způsobena vážná zranění a více než 67 % (508 případů) zahrnovala lehce zraněné osoby. Zbývajících 20 % tvořily havárie pouze s materiálními škodami. Hlavní příčinou 96 % těchto nehod byly řidiči nákladních vozidel, u nichž byl nejčastějším důvodem nehody odbočovací manévr. Cyklisté byli hlavní příčinou pouze 3 % nehod. Pouze 1 % nehod se stalo proto, že cyklisté projeli na červený signál světelného signalizačního zařízení. Celkem 43 % z 343 zkoumaných křižovatek mělo zakrytý výhled přes parkující vozidla, autobusové zastávky nebo rostliny.

## 2.5 Shrnutí

Z vypracované literární rešerše vyplývá zejména následující:

- Cyklisté dbají na dopravní značení i na signalizovaných křižovatkách; na nesignalizovaných křižovatkách byly využity různé techniky pro vyjednávání přednosti, včetně gest, ohlížení se přes rameno a sdělování záměru zařazování do jízdnic pruhů.
- Cyklisté v dopravním prostoru pozitivně hodnotí jednotné označování cyklistické infrastruktury a oddělení jízdnic pruhů pro cyklisty.
- Značení cyklistické infrastruktury nevedlo k distrakci a odvádění pozornosti cyklistů.
- Rozptýlení cyklistů na silnici je poměrně častým faktorem, míra rozptýlení se také odvíjí od osobních proměnných jako je psychický stres a intenzita jízdy na kole.
- Cyklisté častěji zaměřují svou pozornost na faktory, které nesouvisejí ve srovnání s řidiči vozidel.
- Nebyly identifikovány významné rozdíly ve strategiích pohledů mezi pohlavími a mezi zkušenými a méně zkušenými cyklisty při vizuálním skenování
- Při zvýšené přítomnosti chodců se zkracuje čas strávený sledováním rizikových a konfliktních prvků, jako jsou křižovatky a přechody; při oddělení chodců a cyklistů je pozornost cyklistů soustředěná na tyto rizikové body více.
- Cyklisté volí podobné trasy jak na signalizovaných, tak nesignalizovaných křižovatkách – využívají jak chodníky, tak přechody pro chodce. Pokud není přítomný pruh pro cyklisty, cyklisté využívají pro jízdu často chodníky.
- I přestože má cyklista na křižovatce přednost, tak do křižovatky nevjede, dokud přibližující se vozidlo viditelně nezpomalí nebo nedá cyklistovi najevo gestem, že může jet.
- Na křižovatkách je velmi často zakrytý výhled kvůli zaparkovaným vozidlům, budovám nebo rostlinám.
- Rychlost cyklisty má malý vliv na dobu setrvání na křižovatce a na délku fixace.

- Navzdory nižší rychlosti cyklistů je náročnost jízdy stejně vysoká jako u řidičů.
- Při vyšší rychlosti je jak řidiči, tak cyklisty, očekáván větší boční odstup vozidla od cyklisty.
- Zkušenější cyklisté si drží větší odstup od vozidla kvůli lepší viditelnosti, tím pádem i bezpečnosti.
- Šířka pruhu ovlivňuje boční polohu vozidla ve vztahu k cyklistovi, přičemž cyklista neovlivňuje rychlost vozidla, ale ovlivňuje jeho trajektorii.
- Cyklisté mají větší obavy z toho, že řidič vozidla nedodrží dostatečný boční odstup, což povede ke kolizi, než že by do jejich boku narazilo vozidlo čelně.
- V případech, kdy jedou dva cyklisté proti sobě se při vzájemném vyhýbání začnou odchylovat z původní trajektorie, když jsou od sebe vzdáleni zhruba 30 m.
- Při konfliktu mezi řidičem vozidla a cyklistou mají cyklisté tendenci dávat vinu řidiči vozidla, ale při konfliktu s chodcem nemají stejnou tendenci, v tomto případě záleží na typu konfliktu.
- Při nehodách cyklistů s odbočujícími vozidly jsou častěji na vině řidiči vozidel – špatný způsob odbočování
- Řidiči, kteří zároveň jezdí i na kole mají méně chyb ve vizuálním vnímání během jízdy oproti těm, kteří na kole nejezdí.
- Cyklisté s přilbou volí průměrně vyšší jízdní rychlost než ti bez přilby.

Ve vztahu k zaměření práce lze tedy poznatky z rešerše shrnout následovně:

- Cyklisté se řadí mezi zranitelné účastníky silničního provozu, a je tedy nutné analyzovat jejich chování a vnímání v dopravním prostoru včetně jejich interakce s ostatními účastníky silničního provozu.
- Většina prací se zaměřuje na vnímání cyklistů z pohledu řidičů motorových vozidel.
- Pro bezpečnost provozu je důležité zkoumat návyky cyklistů a jejich chování při odbočování a zařazování se do jízdních pruhů na křižovatkách.
- Pozornost je častěji soustředěna na chování cyklistů na signalizovaných křižovatkách.

Z těchto důvodů se tedy bude diplomová práce zaměřovat na chování cyklistů, konkrétně s cílem zjistit jakou dobu věnují cyklisté kontrole situace za jízdním kolem před odbočením. Součástí analýzy bude nejen vizuální vnímání, ale i související fyzická reakce (otočení hlavy, provedení gesta, počátek provedení manévru v závislosti na vyhodnocení doby za vozidlem)

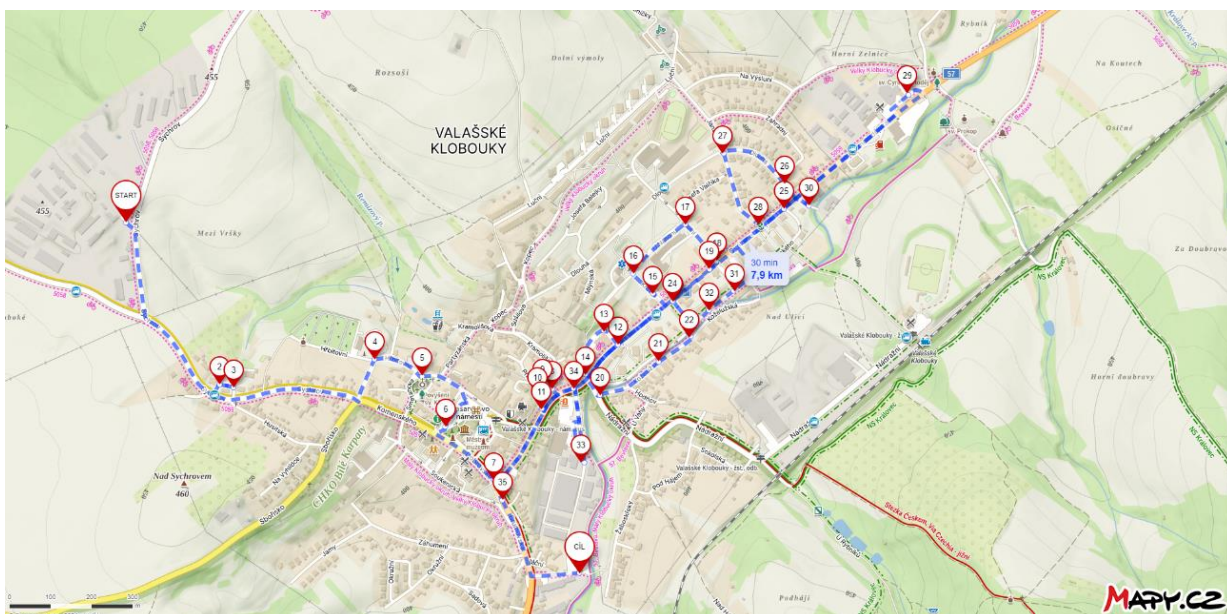
## **3 METODY**

### **3.1 Výběr metody měření**

Jak vyplývá z analýzy současného stavu, pro analýzu chování cyklistů se využívají zejména naturalistické studie, jízdni zkoušky v reálném provozu či na jízdni simulátoru. Jízdni simulátory umožňují nastolení stejných podmínek pro všechny probandy, jejich nevýhodou však je chybějící kontakt s reálným prostředím, například okolní zvuky, vítr nebo oslnění. Jízdni simulátory neposkytují často dostatečně autentické prostředí a cyklisté můžou chovat jinak, než v reálném provozu – nehrozí jim žádné nebezpečí, což může jejich rozhodování a vnímání ovlivnit. Naturalistické studie jsou časově i finančně náročné. Pro tuto diplomovou práci proto byla zvolena metoda jízdni zkoušky v reálném silničním provozu. Metoda byla vybrána z důvodu menší časové náročnosti oproti naturalistickým studiím. Jízdni zkouška umožňuje analyzovat chování v reálném provozu, kdy chování probandů je méně zkresleno oproti jízdni simulátoru.

### **3.2 Návrh experimentu**

Pro účely jízdni zkoušky byla navržena trasa o celkové délce 7,9 km v intravilánu ve městě Valašské Klobouky. Jízdni zkouška byla provedena ve dne za podobných meteorologických podmínek. Při návrhu trasy byl kladen důraz na odbočování vlevo a případné změny pruhů, tak aby bylo zajištěno co nejvíce situací, při kterých byl cyklista nucen kontrolovat situaci za sebou a dávat gesto při odbočování. Podmínkou pro cyklisty byl věk minimálně 18 let a vlastní kolo. Trasu se učili cyklisté dopředu nazpaměť, aby během jízdy nebyla jejich vizuální pozornost rozptýlena. Během jízdy tedy nepoužívali žádná navigační zařízení. Po dokončení měření vyplnil každý z probandů krátký dotazník týkající se jak jejich zkušeností s jízdou na kole, tak měření samotného.



**Obrázek 1:** Trasa měření [mapy.cz]

### 3.3 Účastníci

Vzhledem k tomu, že některé studie se věnovaly rozdílům v chování cyklistů s ohledem na genderové aspekty a nebyl zjištěn žádný významný rozdíl mezi ženami a muži, tak výběr účastníků experimentu nebyl omezen pouze na jedno pohlaví, ale vzorek probandů byl genderově vyvážený. Experimentu se zúčastnilo 15 probandů, 8 žen a 7 mužů ve věku 18-70 let. Všichni cyklisté v době měření vlastnili řidičský průkaz. 5 cyklistů uvedlo, že jezdí na kole několikrát týdně, 3 jednou za týden, 4 několikrát do měsíce, 2 několikrát za rok a 1 nejedzí vůbec. Na městský provoz nebyli zvyklí 3 cyklisti.

**Tabulka 1:** Informace o cyklistech získané pomocí dotazníku

Cyklista	Pohlaví	Věk	Četnost jízdy na kole	Typ jízdního kola	Typ cesty	Městský provoz	Cyklistická přilba
1	Muž	70	Jednou za týden	Elektrokolo	Cyklostezka	Ano	Ano
2	Muž	48	Několikrát za rok	Horské kolo	Silnice, les, cyklostezka	Ano	Ano

<b>Cyklista</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>Věk</b>	<b>Četnost jízdy na kole</b>	<b>Typ jízdního kola</b>	<b>Typ cesty</b>	<b>Městský provoz</b>	<b>Cyklistická přilba</b>
<b>3</b>	Žena	49	Jednou za týden	Silniční kolo	Silnice, cyklostezka, polní cesty	Ano	Ano
<b>4</b>	Žena	47	Několikrát za rok	Silniční kolo	Silnice	Ano	Ne
<b>5</b>	Žena	51	Několikrát týdně	Trekové kolo	Silnice, cyklostezka, lesní cesty	Ano	Ano
<b>6</b>	Žena	38	Několikrát týdně	Silniční kolo	Silnice	Ano	Ano
<b>7</b>	Žena	22	Několikrát do měsíce	Horské kolo	Cyklostezky, lesní cesty	Ne	Ano
<b>8</b>	Žena	49	Několikrát do měsíce	Silniční kolo	Cyklostezky	Ne	Ano
<b>9</b>	Žena	18	Nejezdí vůbec	Silniční kolo	Cyklostezka	Ne	Ne
<b>10</b>	Muž	56	Několikrát týdně	Horské kolo	Lesní cesty, cyklostezky	Ano	Ano
<b>11</b>	Žena	52	Několikrát týdně	Silniční kolo	Cyklostezky	Ano	Ne
<b>12</b>	Muž	44	Jednou za týden	Horské kolo	Cyklostezka, lesní cesty	Ano	Ano
<b>13</b>	Muž	25	Několikrát týdně	Silniční kolo	Cyklostezky, lesní cesty, silnice	Ano	Ano
<b>14</b>	Muž	49	Několikrát do měsíce	Elektrokolo	Lesní cesty, cyklostezky	Ano	Ano

Cyklista	Pohlaví	Věk	Četnost jízdy na kole	Typ jízdního kola	Typ cesty	Městský provoz	Cyklistická přilba
15	Muž	54	Několikrát do měsíce	Silniční kolo	Silnice, cyklostezky	Ano	Ano

### 3.4 Měřicí přístroje

Pro měření a následnou analýzu vizuálního vnímání cyklistů byla vybrána metoda eyetrackingu. Eyetracking je technika, která pomáhá při studiu zrakové pozornosti. Dokáže určit, kam se daný účastník v daný okamžik dívá a jak dlouho se na určitý objekt dívá. Eyetracking pomáhá pochopit celý uživatelský zážitek (termín používaný v oblasti technologie k popisu celkového dojmu, který uživatel získává při interakci s určitým produktem nebo systémem), včetně toho, co uživatelé nejsou schopni verbalizovat. [31]

Pro měření byl v této práci nejprve využit eyetracker View Point. Z důvodu technických problémů byl poté využit i eyetracker Tobii Glasses 3. Data z eyetrackeru byla kombinována s dalšími videozáznamy, konkrétně byly pro sledování pohybů cyklisty a situace za cyklistou využity kamery Garmin. Kamery byly připevněny na jízdním kole, jedna byla připevněná na řídítka a směřovala na cyklistu, druhá na zádech cyklisty a snímala provoz za cyklistou (viz následující obrázky). Data z kamery Garmin byla využita pro hodnocení fyzické reakce (otočení hlavy, gesta, provedení manévru) a vzdálenosti. Přesnost dat, zejména vzdálenosti, tak může být ovlivněna nepřesností snímání tohoto parametru.



**Obrázek 2:** Umístění měřících zařízení na cyklistovi a kole zepředu



**Obrázek 3:** Umístění měřících zařízení na cyklistovi a kole zezadu

### 3.5 Vyhodnocení

Záznamy z přední a zadní kamery Garmin byly s využitím GPS dat synchronizovány. Následně byla do videa přidána měřidla – datum, denní čas, vzdálenost, rychlost, čas nahrávky a ujetá trasa. Data z eyetrackeru byla vyhodnocena pomocí software FactFinder a Tobii Pro Lab. K vyhodnocení videozáznamů z kamer Garmin byl použit software Media Player Classic – Home cinema, který umožňuje procházet záznamy po snímcích. Jednotlivé záznamy byly procházeny manuálně.

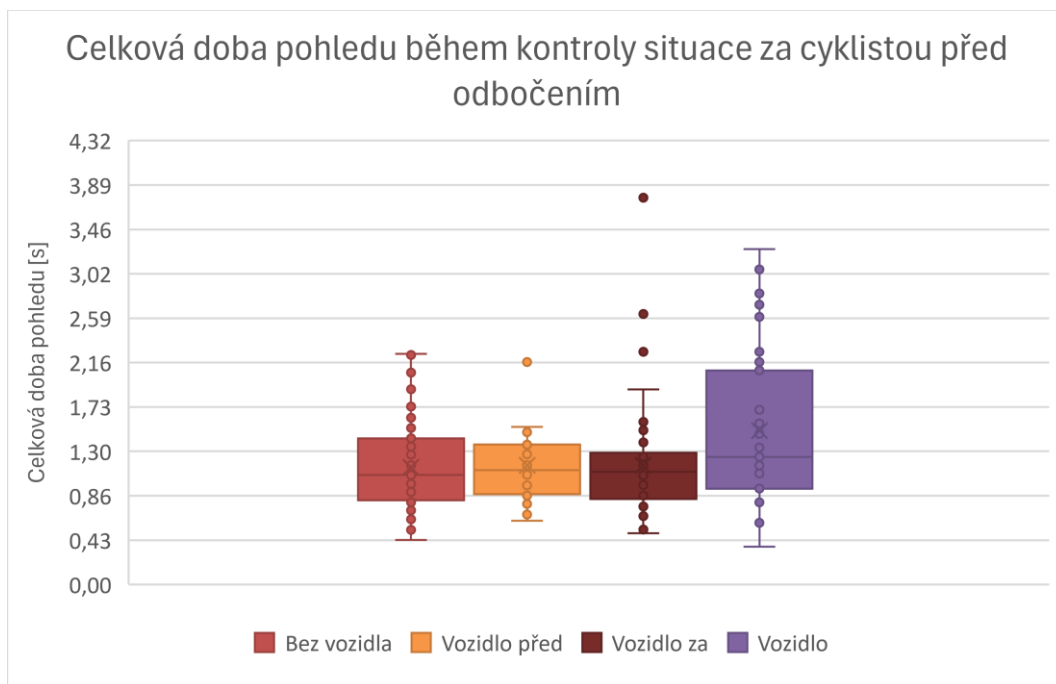
Při manuální analýze byl zkoumán typ, podtyp a charakteristika podnětu, situace před a za cyklistou. Analyzován byl počátek přesunu pohledu z vozovky, přesun pohledu zpět a konec přesunu pohledu, obdobně také počátek a konec otočení hlavy při kontrole situace za cyklistou, a vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista započne kontrolovat situaci za sebou. V případě gest byl analyzován počátek a konec fyzické reakce, vzdálenost od křižovatky, kdy gesto dává. Dále byl analyzován počátek manévru a vzdálenost od křižovatky, v níž cyklista započal manévr.

## 4 VÝSLEDKY

Následující kapitoly jsou členěny s ohledem na zkoumané charakteristiky chování cyklistů. Rozlišeny byly doby pohledů během kontroly situace za cyklistou před odbočením (bez odbočovacího pruhu) i před změnou jízdního pruhu. Obdobně byla analyzována rovněž doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před odbočením i před změnou jízdního pruhu, délka trvání gesta při přejíždění k dělicí čáře nebo do jiného jízdního pruhu. Navazuje analýza vzdálenosti mezi křižovatkou a místem, kde cyklista poprvé kontroluje situaci za sebou před odbočením i změnou pruhu, vzdálenost mezi křižovatkou a místem, kde poprvé dává gesto před odbočením i změnou jízdního pruhu a vzdálenost od křižovatky, kde cyklista zahájí příčné přemístění. Dále jsou prezentovány výsledky analýzy strategie pohledů a jejich doby trvání opět se zohledněním situace (před odbočením i před změnou jízdního pruhu).

### 4.1 Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před odbočením

Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před odbočením byla uvažována jako počátek přesunu pohledu, vizuální kontrolu situace za cyklistou a přesun pohledu zpět na vozovku před cyklistou. V **grafu 1** a **tabulce 2** jsou znázorněny celkové doby pohledu při kontrole situace za cyklistou v závislosti na provozu před a za cyklistou. Když nebyl žádný provoz před ani za cyklistou, průměrná a střední hodnota (1,14 s; 1,07 s) byly nejkratší. Naopak, když byl provoz před i za cyklistou, průměrná a střední hodnota (1,56 s; 1,26 s) byly nejdelší. Z toho vyplývá, že doba kontroly situace závisela na přítomnosti provozu před i za cyklistou. Maximální hodnota (3,77 s) byla zaznamenána v situaci, kdy byl provoz pouze za cyklistou, protože cyklista nestihl přejet k dělicí čáře a musel zastavit u pravého okraje vozovky, kde sledoval situaci za sebou. V podobné situaci, kdy byl provoz před i za cyklistou, vznikly i další extrémní hodnoty (3,27 s).



**Graf 1:** Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před odbočením

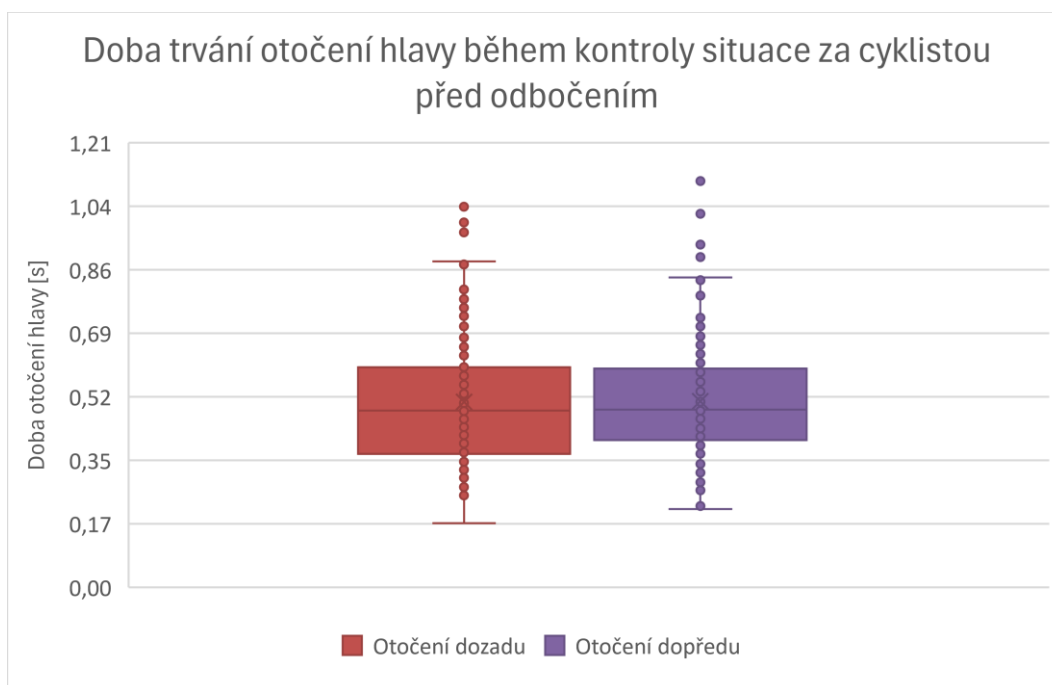
**Legenda:** Bez vozidla – situace před i za cyklistou byla bez provozu  
 Vozidlo před – provoz byl pouze před cyklistou  
 Vozidlo za – provoz byl pouze za cyklistou  
 Vozidlo – provoz byl před i za cyklistou

**Tabulka 2:** Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před odbočením

	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
	[s]	[s]	[s]	[s]
<b>Bez vozidla</b>	0,827	1,066	1,412	1,141
<b>Vozidlo před</b>	0,908	1,114	1,362	1,159
<b>Vozidlo za</b>	0,833	1,099	1,262	1,160
<b>Vozidlo</b>	0,933	1,242	1,892	1,496

## 4.2 Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před odbočením

Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před odbočením byla brána od počátku fyzické reakce (otočení hlavy) po dokončení otočení hlavy dozadu a následně pak od počátku otáčení hlavy dopředu po konec fyzické reakce otočení hlavy (tedy otočení hlavy zpět do přímého směru). Otočení hlavy dozadu a otočení hlavy zpět během kontroly situace za cyklistou před odbočením vykazovaly téměř totožné průměrné i střední hodnoty (průměr: 0,50 s, 0,51 s; medián: 0,48 s, 0,48 s) viz **graf 2** a **tabulka 3**. Při bližší analýze bylo zjištěno, že jednotlivé doby otočení hlavou nebyly závislé na provozu.



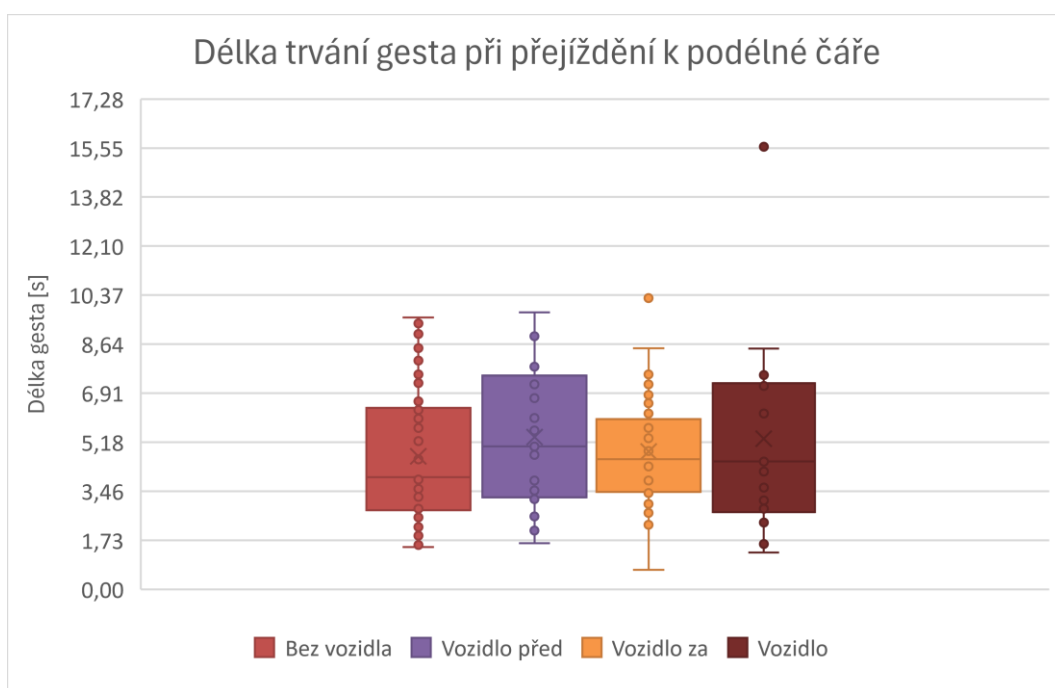
**Graf 2:** Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před odbočením

**Tabulka 3:** Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před odbočením

	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
	[s]	[s]	[s]	[s]
<b>Otočení dozadu</b>	0,365	0,481	0,595	0,504
<b>Otočení dopředu</b>	0,401	0,484	0,595	0,507

### 4.3 Délka trvání gesta při přejíždění k dělicí čáře před odbočením

Pro informovanost ostatních účastníků silničního provozu a bezpečnost samotného cyklisty je gesto jednou z klíčových součástí jízdy na kole. Délka gesta byla brána od počátku fyzické reakce, tedy od momentu, kdy cyklista začne zvedat ruku z řídítek až po konec fyzické reakce, tedy po moment, kdy cyklista pokládá ruku zpátky na řídítka. **Graf 3** a **tabulka 4** ukazují délku gesta při přejíždění k podélné čáře před odbočením. Z grafu je zřejmé, že když před ani za cyklistou nebyl žádný provoz, průměrné i střední hodnoty byly nejnižší (4,70 s; 3,96 s). Nejvyšší střední hodnotu lze pozorovat v situaci, kdy byl provoz pouze před cyklistou (5,04 s). Tento jev může být způsoben tím, že cyklista se před gestem nejprve otočil a zkontroloval situaci za sebou. I když za ním nebylo žádné vozidlo, cyklista držel gesto až do odbočení, pro případ, že by se za ním náhle objevilo vozidlo. Extrémní hodnota (15,60 s) v situaci, kdy byl provoz před i za cyklistou, pravděpodobně vznikla tím, že cyklista zkontroloval situaci za sebou a v dálce viděl přibližující se vozidlo, což ho přimělo držet gesto déle, aby si zajistil plynulé odbočení.



**Graf 3:** Délka trvání gesta při přejíždění k dělicí čáře před odbočením

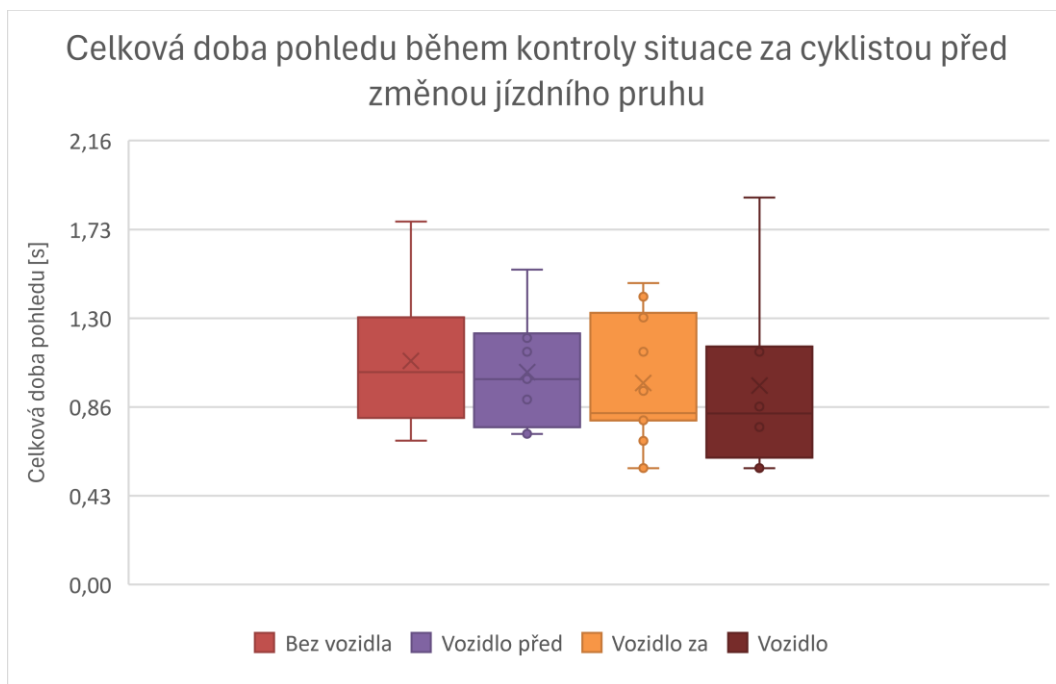
- Legenda:**
- Bez vozidla – situace před i za cyklistou byla bez provozu
  - Vozidlo před – provoz byl pouze před cyklistou
  - Vozidlo za – provoz byl pouze za cyklistou
  - Vozidlo – provoz byl před i za cyklistou

**Tabulka 4:** Délka trvání gesta při přejíždění k dělicí čáře před odbočením

	<b>25. percentil</b>	<b>Medián</b>	<b>75. percentil</b>	<b>Průměr</b>
	[s]	[s]	[s]	[s]
<b>Bez vozidla</b>	2,821	3,960	6,378	4,695
<b>Vozidlo před</b>	3,299	5,038	7,223	5,364
<b>Vozidlo za</b>	3,475	4,585	5,804	4,860
<b>Vozidlo</b>	2,917	4,509	6,951	5,309

#### **4.4 Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu**

Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu byla hodnocena jako počátek přesunu pohledu, vizuální kontrolu situace za cyklistou a přesun pohledu zpět na vozovku před cyklistou. V případě celkové doby pohledu při kontrole situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu, jak ukazují **graf 4** a **tabulka 5**, byly vyšší průměrné a střední hodnoty zaznamenány v situacích, kdy za cyklistou nebyl žádný provoz (průměr: 1,09 s a 1,03 s; medián: 1,03 s a 1,00 s). Pokud za cyklistou provoz byl, průměrné hodnoty byly 0,98 s a 0,97 s a střední hodnota byla shodná (0,83 s). Tento jev může být způsoben tím, že cyklista při absenci provozu za sebou kontroluje situaci déle, aby se ujistil, že za ním opravdu není žádné vozidlo.



**Graf 4:** Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu

**Legenda:** Bez vozidla – situace před i za cyklistou byla bez provozu  
 Vozidlo před – provoz byl pouze před cyklistou  
 Vozidlo za – provoz byl pouze za cyklistou  
 Vozidlo – provoz byl před i za cyklistou

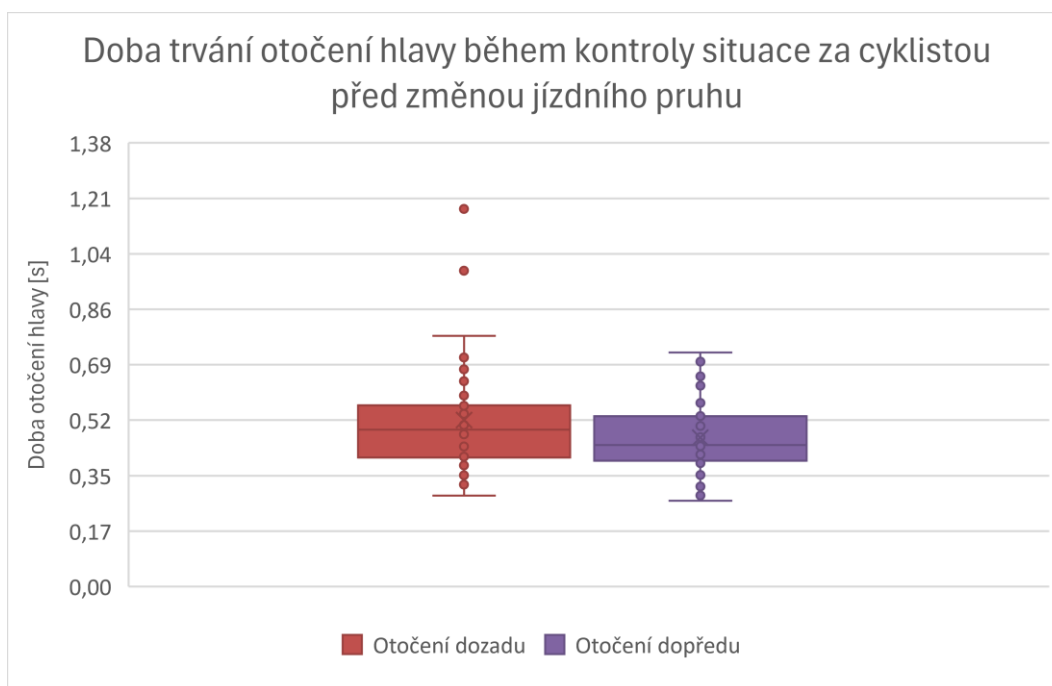
**Tabulka 5:** Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu

	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
	[s]	[s]	[s]	[s]
<b>Bez vozidla</b>	0,821	1,033	1,200	1,088
<b>Vozidlo před</b>	0,834	1,000	1,211	1,034
<b>Vozidlo za</b>	0,799	0,833	1,307	0,981
<b>Vozidlo</b>	0,716	0,833	1,141	0,968

#### 4.5 Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu

Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu byla brána od počátku fyzické reakce (otočení hlavy) po otočení hlavy dozadu a následně pak od

počátku otáčení hlavy dopředu po konec fyzické reakce, tedy kdy byla hlava natočena opětovně v přímém směru. V tomto případě, viz **graf 5** a **tabulka 6** byly mezi průměrnými a středními hodnotami nepatrné rozdíly v závislosti na směru otočení hlavy (průměr: 0,52 s, 0,46 s; medián: 0,49 s, 0,44 s). Maximální hodnota (1,18 s) vznikla v situaci, kdy cyklistu při otáčení hlavy začalo objíždět vozidlo a cyklista se na vozidle pozastavil pohledem, tudíž se prodloužila i doba otočení hlavy dozadu.



**Graf 5:** Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu

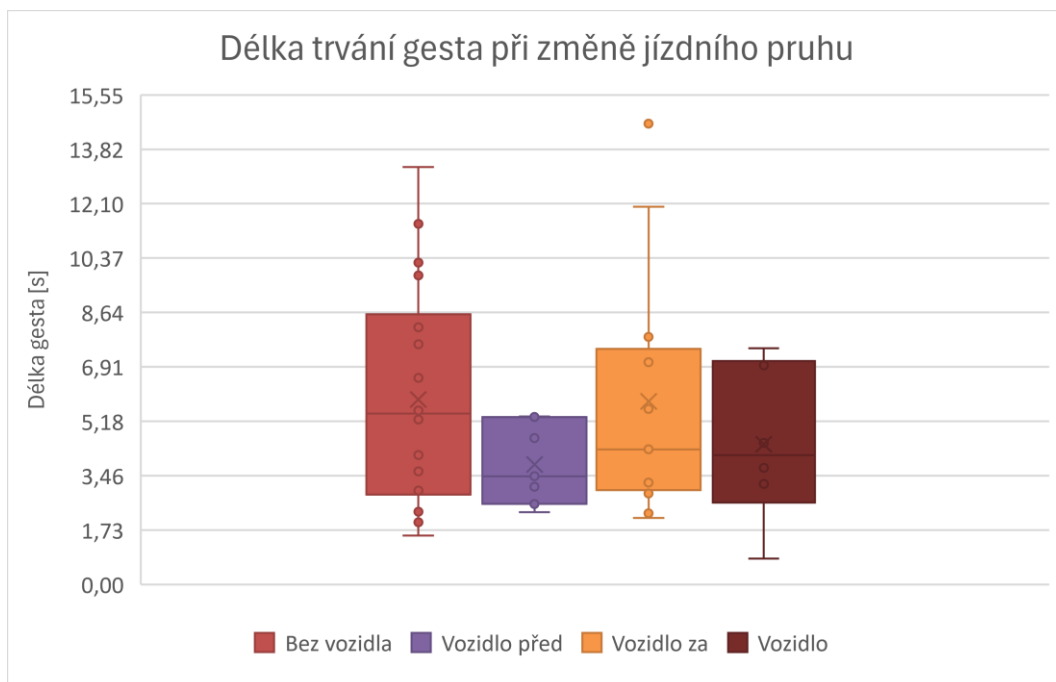
**Tabulka 6:** Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu

	<b>25. percentil</b>	<b>Medián</b>	<b>75. percentil</b>	<b>Průměr</b>
	[s]	[s]	[s]	[s]
<b>Otočení dozadu</b>	0,403	0,488	0,563	0,519
<b>Otočení dopředu</b>	0,395	0,441	0,528	0,464

#### 4.6 Délka trvání gesta při změně jízdního pruhu

V **grafu 6** a **tabulce 7** bylo analyzováno celkem 48 gest paží, z toho bylo 22 pro situaci bez vozidla, 7 pro vozidlo před, 13 pro vozidlo za a 6 pro vozidlo. Nejvyšší průměrné i střední hodnoty (průměr: 5,88 s, 5,82 s; medián: 5,43 s a 4,29 s) v situaci bez provozu a s provozem za cyklistou mohou být způsobeny maximálními hodnotami, které vznikly tím, že cyklista držel gesto během

přemístění přes celou délku jízdního (odbočovacího) pruhu. Výsledky jsou tedy opačné než v případě přejíždění k dělicí čáře před odbočením, viz **kapitola 4.3**.



**Graf 6:** Délka trvání gesta při změně jízdního pruhu

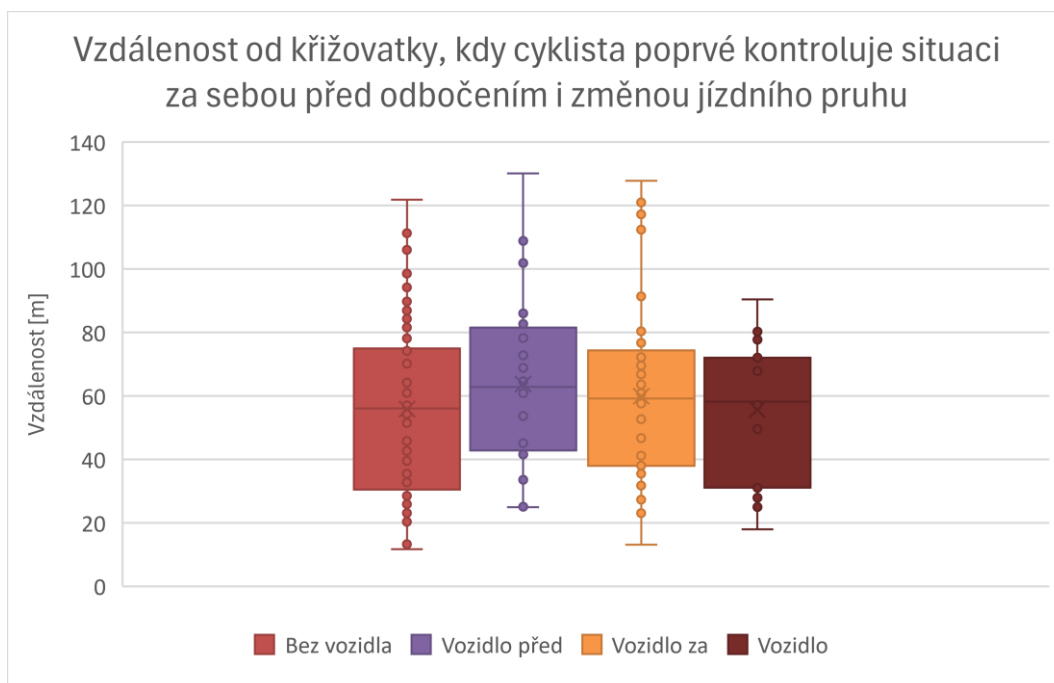
**Legenda:** Bez vozidla – situace před i za cyklistou byla bez provozu  
 Vozidlo před – provoz byl pouze před cyklistou  
 Vozidlo za – provoz byl pouze za cyklistou  
 Vozidlo – provoz byl před i za cyklistou

**Tabulka 7:** Délka trvání gesta při změně jízdního pruhu

	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
	[s]	[s]	[s]	[s]
<b>Bez vozidla</b>	3,138	5,429	8,034	5,878
<b>Vozidlo před</b>	2,835	3,438	4,984	3,817
<b>Vozidlo za</b>	3,110	4,292	7,100	5,818
<b>Vozidlo</b>	3,323	4,104	6,345	4,450

## 4.7 Vzdálenost mezi křižovatkou a první vizuální kontrolou za cyklistou před odbočením i změnou jízdního pruhu

V této kapitole byla řešena vzdálenost mezi křižovatkou a místem, kde cyklista poprvé vizuálně kontroluje situaci za sebou před přejetím k dělicí čáře nebo změnou jízdního pruhu. První vizuální kontrolu situace za cyklistou před odbočením i změnou jízdního pruhu, viz **graf 7** a **tabulka 8**, prováděli cyklisté nejbližše ke křižovatce v situaci, kdy byl provoz před i za cyklistou nebo byla situace bez provozu. Průměrné hodnoty vyšly v těchto dvou situacích totožně, a to 56 m od křižovatky.



**Graf 7:** Vzdálenost mezi křižovatkou a první vizuální kontrolou za cyklistou před odbočením i změnou jízdního pruhu

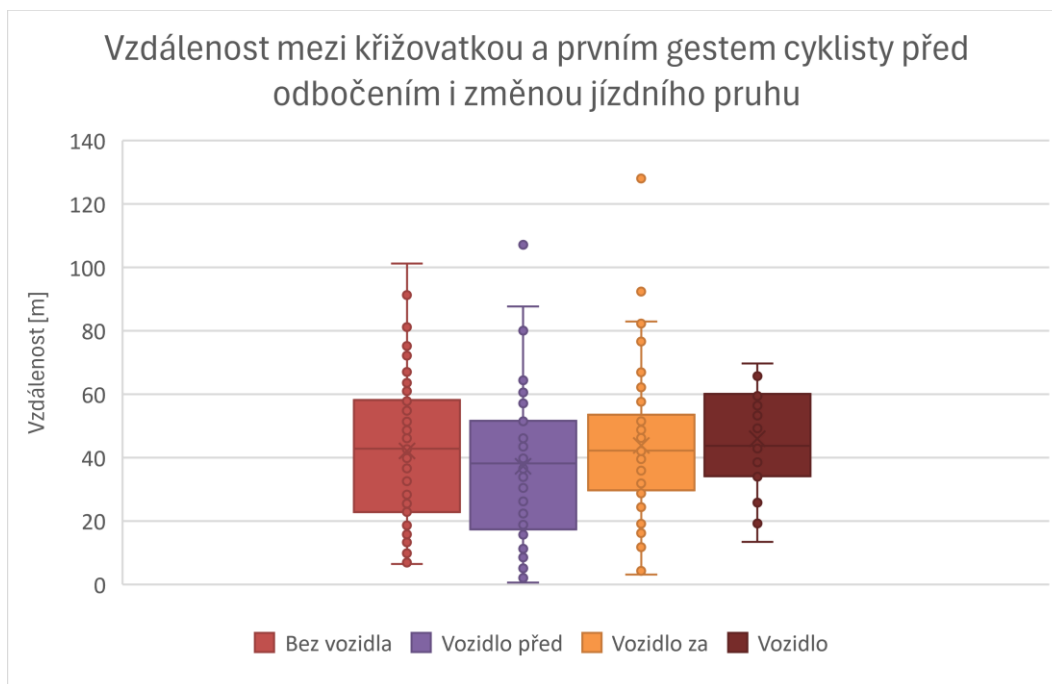
- Legenda:**
- Bez vozidla – situace před i za cyklistou byla bez provozu
  - Vozidlo před – provoz byl pouze před cyklistou
  - Vozidlo za – provoz byl pouze za cyklistou
  - Vozidlo – provoz byl před i za cyklistou

**Tabulka 8:** Vzdálenost mezi křižovatkou a první vizuální kontrolou za cyklistou před odbočením i změnou jízdního pruhu

	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
	[m]	[m]	[m]	[m]
<b>Bez vozidla</b>	31	56	74	56
<b>Vozidlo před</b>	44	63	79	64
<b>Vozidlo za</b>	38	59	74	60
<b>Vozidlo</b>	40	58	71	56

#### 4.8 Vzdálenost mezi křižovatkou a prvním gestem cyklisty před odbočením i změnou jízdního pruhu

V rámci této kapitoly byla zkoumána vzdálenost mezi křižovatkou a místem, kde cyklista poprvé signalizuje změnu směru před přejetím k dělicí čáře nebo změnou jízdního pruhu. První gesto paží dávali cyklisté nejdále od křižovatky v situaci, kdy byl provoz před i za cyklistou, jak lze vidět v **grafu 8** a **tabulce 9**. Průměrná hodnota v této situaci byla 51 m od křižovatky. Cyklisté si tak zajistili včasné přejetí k dělicí čáře nebo změnu jízdního pruhu. V situacích, kdy byl provoz pouze před cyklistou nebo nebyl provoz ani před cyklistou ani za cyklistou, lze pozorovat mezi průměrnými hodnotami (41 m; 42 m) malý rozdíl. V těchto případech cyklista dával gesto paží blíže ke křižovatce, jelikož si byl vědomý toho, že se za ním nenacházelo vozidlo, které by ho mohlo při následném přejíždění k dělicí čáře nebo změně jízdního pruhu, jakkoliv omezit nebo ohrozit. Extrémní hodnota (128 m) při provozu za cyklistou vznikla v situaci, kdy cyklista v dálce za sebou při vizuální kontrole viděl vozidlo, tak dal gesto dříve, aby si zajistil plynulé odbočení.



**Graf 8:** Vzdálenost mezi křižovatkou a prvním gestem cyklisty před odbočením

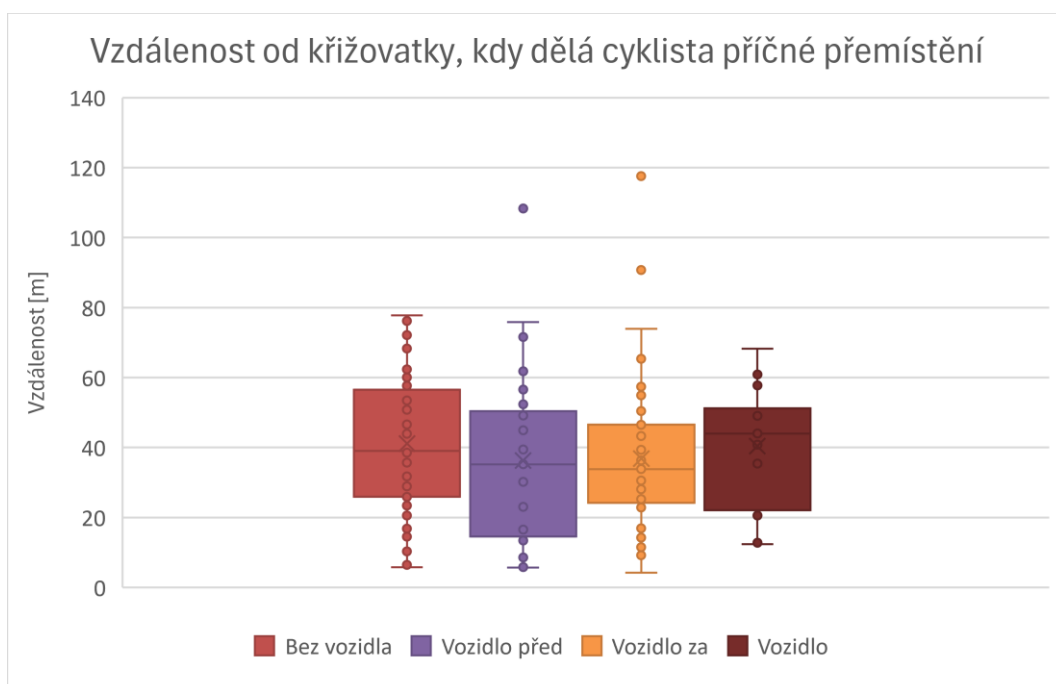
**Legenda:** Bez vozidla – situace před i za cyklistou byla bez provozu  
 Vozidlo před – provoz byl pouze před cyklistou  
 Vozidlo za – provoz byl pouze za cyklistou  
 Vozidlo – provoz byl před i za cyklistou

**Tabulka 9:** Vzdálenost mezi křižovatkou a prvním gestem cyklisty před odbočením

	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
	[m]	[m]	[m]	[m]
<b>Bez vozidla</b>	23	43	58	42
<b>Vozidlo před</b>	18	40	52	41
<b>Vozidlo za</b>	30	42	53	44
<b>Vozidlo</b>	34	46	60	51

## 4.9 Vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista zahajuje příčné přemístění

Jedná se o manévr, kdy cyklista začne z okraje vozovky přejíždět k dělicí čáře nebo do odbočovacího pruhu, aby mohl provést odbočovací manévr. Vzdálenost zahájení příčného přemístění cyklisty od křižovatky lze pozorovat v **grafu 9** a **tabulce 10**. Nejvyšší průměrné hodnoty (41 m; 40 m) lze pozorovat při situaci, kdy byl provoz před i za cyklistou nebo byla situace bez provozu. Extrémní hodnota (118 m) v případě, kdy byl provoz pouze za cyklistou vznikla při stejné situaci jako v předchozí kapitole.



**Graf 9:** Vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista dělá příčné přemístění

- Legenda:**
- Bez vozidla – situace před i za cyklistou byla bez provozu
  - Vozidlo před – provoz byl pouze před cyklistou
  - Vozidlo za – provoz byl pouze za cyklistou
  - Vozidlo – provoz byl před i za cyklistou

**Tabulka 10:** Vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista dělá příčné přemístění

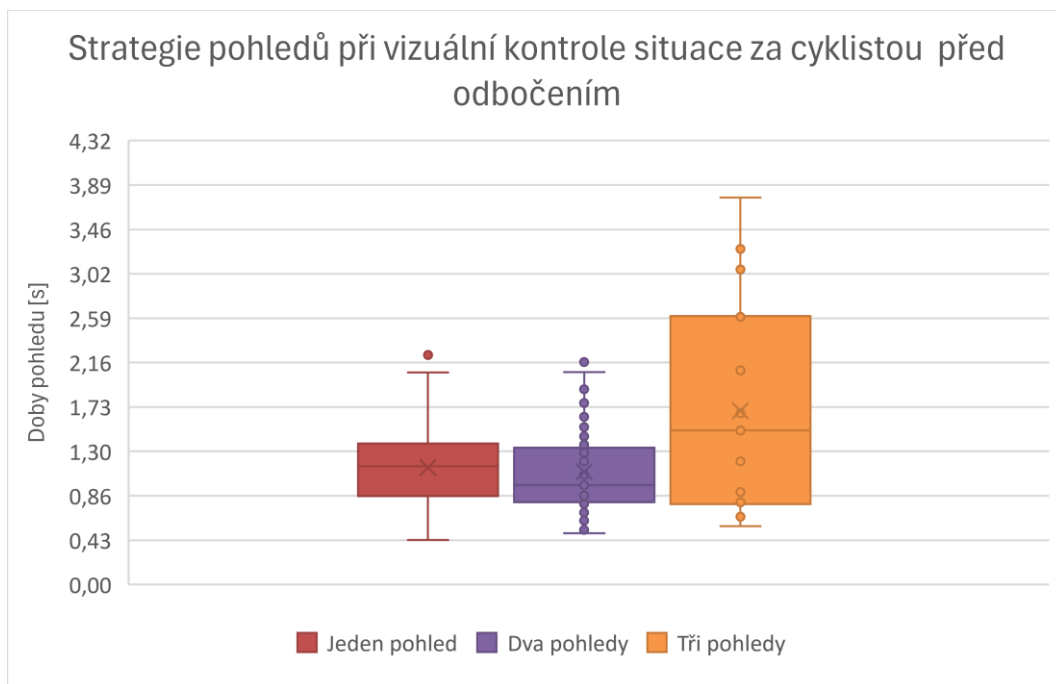
	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
	[m]	[m]	[m]	[m]
<b>Bez vozidla</b>	26	39	55	41
<b>Vozidlo před</b>	16	35	50	36
<b>Vozidlo za</b>	24	34	46	37
<b>Vozidlo</b>	29	44	50	40

## 4.10 Strategie pohledů

V rámci této kapitoly byly analyzovány strategie pohledů a jejich doby trvání. Před změnou jízdního pruhu nebo přejetím k dělicí čáře volily cyklisté různé strategie pohledů.

### 4.10.1 Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před odbočením

V této kapitole bylo analyzováno celkem 219 pohledů. Z toho 123 patřilo do strategie jednoho pohledu, 78 do strategie dvou pohledů a 18 do strategie tří pohledů. Analyzována byla doba jednotlivého pohledu s ohledem na zvolenou strategii vizuálního vnímání, respektive počet pohledů před zahájením manévru. Nejnižší průměrnou hodnotu (1,10 s) lze pozorovat (**graf 10 a tabulka 11**) při strategii dvou pohledů. Naopak nejvyšší průměrná hodnota (1,70 s) vyšla při strategii tří pohledů. Vysvětlením pro tento jev může být, že cyklisté strategií tří pohledů volili v případě, kdy byli před odbočením nuceni zastavit u okraje vozovky, jelikož se včas nestihli zařadit před vozidla, aby mohli odbočit, tudíž byla doba jednotlivých pohledů delší.



**Graf 10:** Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před odbočením

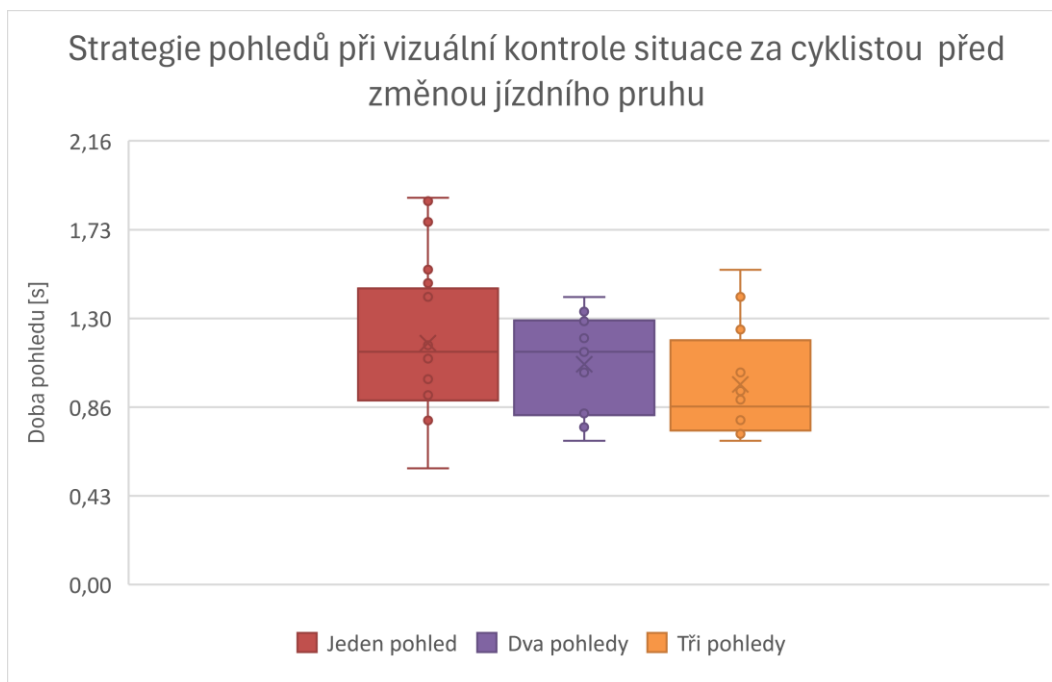
**Tabulka 11:** Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před odbočením

	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
	[s]	[s]	[s]	[s]
<b>Jeden pohled</b>	0,866	1,162	1,367	1,138
<b>Dva pohledy</b>	0,800	0,967	1,333	1,100
<b>Tři pohledy</b>	0,825	1,499	2,475	1,689

#### 4.10.2 Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu

V rámci kontroly před změnou jízdního pruhu bylo analyzováno celkem 53 pohledů, z toho 22 pohledů bylo provedeno při strategii jednoho pohledu, 16 při strategii dvou pohledů a 15 při strategii tří pohledů. Analyzována byla doba jednotlivého pohledu s ohledem na zvolenou strategii, respektive počet pohledů před zahájením manévru. V **grafu 11** a **tabulce 12** lze pozorovat opačný trend než v předchozí kapitole, co se týká strategie tří pohledů, průměrná i střední (0,92 s; 0,83 s)

hodnota byly nejnižší. Naopak nejvyšší průměrná i střední hodnota (1,18 s; 1,13 s) byla při strategii jednoho pohledu.



**Graf 11:** Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu

**Tabulka 12:** Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu

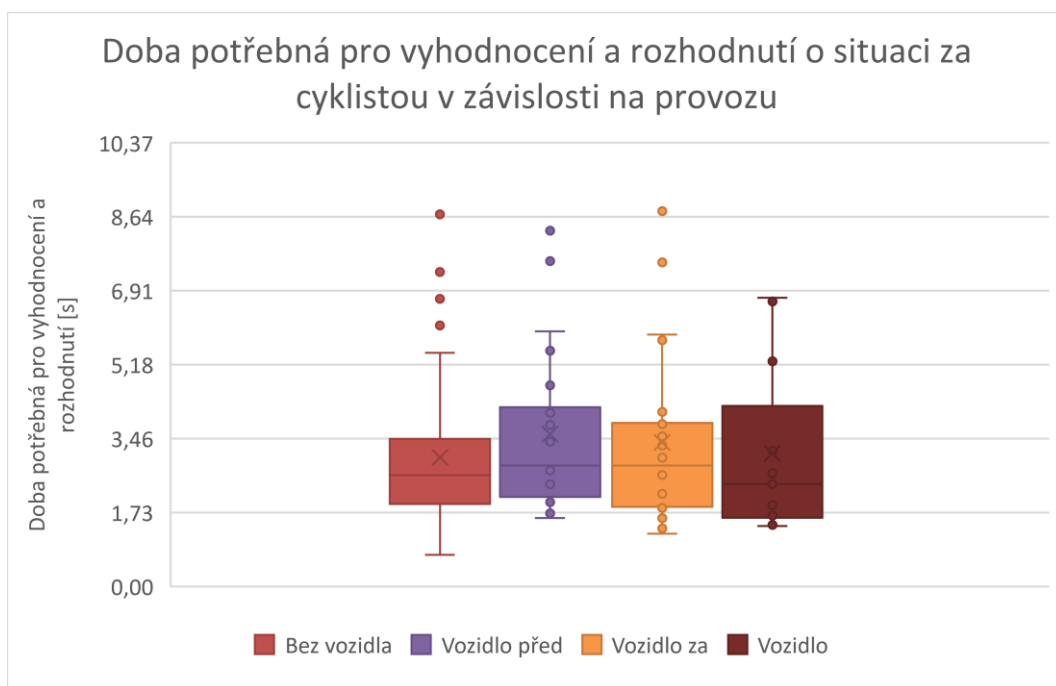
	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
	[s]	[s]	[s]	[s]
<b>Jeden pohled</b>	0,922	1,133	1,425	1,176
<b>Dva pohledy</b>	0,792	1,083	1,245	1,009
<b>Tři pohledy</b>	0,750	0,833	0,987	0,921

#### 4.11 Doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou

Následující kapitoly ukazují dobu potřebnou pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou, tedy od počátku fyzické reakce otočení hlavy dozadu až po zahájení příčného přemístění.

#### 4.11.1 V závislosti na provozu

Bylo analyzováno celkem 125 dob potřebných pro vyhodnocení a rozhodnutí, z toho 51 bylo při situaci bez provozu, 27 při situaci, kdy byl provoz pouze před cyklistou, 34 při provozu pouze za cyklistou a 13 při provozu před i za cyklistou. Nejnižší průměrná hodnota (3,02 s) byla při situaci bez provozu. Naopak nejvyšší průměrná hodnota (3,56 s) byla v situaci, kdy se vozidlo nacházelo pouze před cyklistou.



**Graf 12:** Doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou v závislosti na provozu

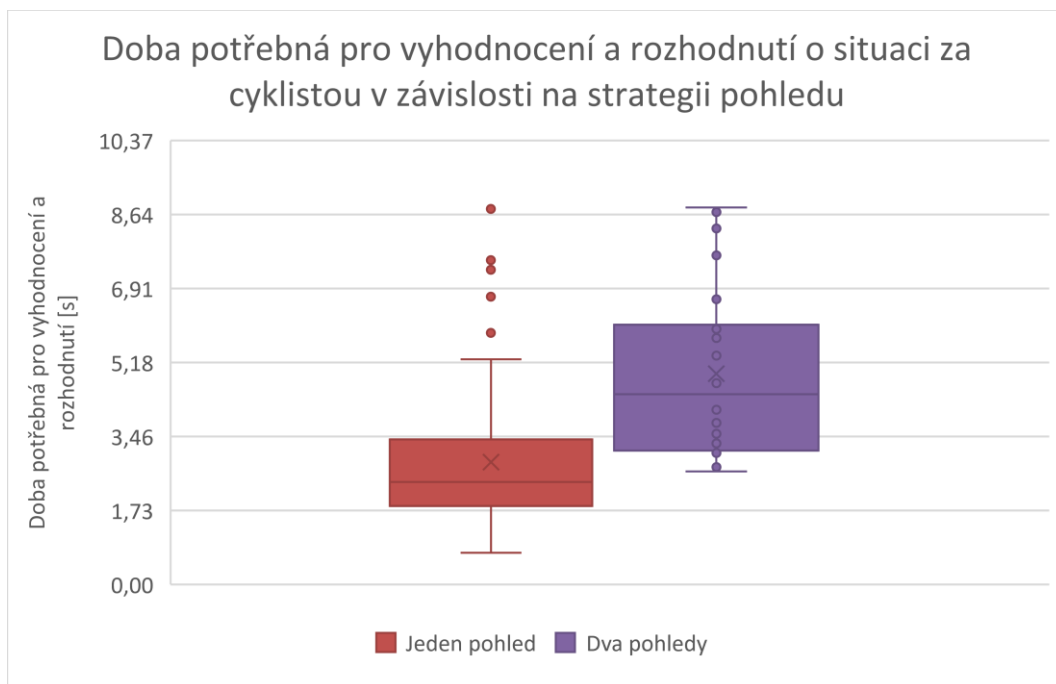
- Legenda:**
- Bez vozidla – situace před i za cyklistou byla bez provozu
  - Vozidlo před – provoz byl pouze před cyklistou
  - Vozidlo za – provoz byl pouze za cyklistou
  - Vozidlo – provoz byl před i za cyklistou

**Tabulka 13:** Doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou v závislosti na provozu

	<b>25. percentil</b>	<b>Medián</b>	<b>75. percentil</b>	<b>Průměr</b>
	[s]	[s]	[s]	[s]
<b>Bez vozidla</b>	1,937	2,604	3,449	3,018
<b>Vozidlo před</b>	2,120	2,829	4,125	3,564
<b>Vozidlo za</b>	1,902	2,830	3,763	3,365
<b>Vozidlo</b>	1,655	2,397	3,175	3,110

#### 4.11.2 V závislosti na strategii pohledu

Počátek doby potřebné pro vyhodnocení a rozhodnutí byl vždy brán od počátku fyzické reakce při první vizuální kontrole situace za cyklistou před odbočením nebo změnou jízdního pruhu bez ohledu na strategii pohledů. V rámci analýzy bylo zkoumáno celkem 125 dob potřebných pro vyhodnocení a rozhodnutí, z toho 101 při strategii jednoho pohledu a 24 při strategii dvou pohledů. Výsledky ilustruje **graf 13** a **tabulka 14**. Při strategii dvou pohledů je doba pro vyhodnocení a rozhodnutí výrazně delší (průměr: 4,93 s; medián: 4,45 s) s ohledem na skutečnost, že vyhodnocení je analyzováno vždy od prvního pohledu za cyklistu a při strategii dvou pohledů je první pohled vzdálenější od křižovatky, tím pádem vychází doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí delší. Jak ale dokládá analýza strategií pohledů, při vyhodnocení s využitím více pohledů je doba jednotlivého odpoutání pohledu od situace před cyklistou zpravidla kratší, tedy tato strategie se na základě dostupných dat jeví bezpečnější.



**Graf 13:** Doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou v závislosti na strategii pohledu

**Tabulka 14:** Doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou v závislosti na strategii pohledu

	<b>25. percentil</b>	<b>Medián</b>	<b>75. percentil</b>	<b>Průměr</b>
	[s]	[s]	[s]	[s]
<b>Jeden pohled</b>	1,835	2,397	3,383	2,858
<b>Dva pohledy</b>	1,835	4,445	5,998	4,926

## 5 DISKUZE

Cílem práce byla analýza vizuální kontroly situace za cyklistou, konkrétně při odbočování vlevo. V rámci této kontroly byly analyzovány doby jednotlivých pohledů od počátku přesunu až po konec pohledu, délka otočení hlavou od počátku fyzické reakce až po její konec, včetně samotné kontroly. Oba tyto úkony byly rozděleny na kontrolu před přejetím k dělicí čáře a před změnou jízdního pruhu. Dále bylo analyzováno znamení o změně směru jízdy, tedy gesto paží. Konkrétně byla analyzována délka trvání daného gesta, rozdělení bylo totožné jako v předešlém případě, tedy na přejetí k dělicí čáře a změnu jízdního pruhu. V práci byla taktéž analyzována vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista poprvé provádí kontrolu situace za sebou, dává znamení o změně směru a následně také vzdálenost od křižovatky, kdy dělá cyklista příčné přemístění. Dále byla také analyzována strategie pohledů cyklistů před odbočením a před změnou jízdního pruhu.

Měření se zúčastnilo celkem 15 probandů, 8 žen a 7 mužů ve věku 18-70 let. Trasa, na které probíhalo měření, měla délku 7,9 km a vedla přes město Valašské Klobouky. Podmínkou pro probandy byl věk minimálně 18 let a vlastní jízdní kolo. Trasu se učili probandi dopředu nazpaměť.

V rámci analýzy dob jednotlivých pohledů při kontrole situace za cyklistou se průměrné hodnoty pohybovaly od 0,97 s po 1,16 s. Nejkratší průměrná doba pohledu byla zjištěna při kontrole před změnou jízdního pruhu v případě, kdy byl provoz před i za cyklistou. Naopak nejdelší průměrná hodnota při kontrole před přejetím k dělicí čáře. Průměrná hodnota při zahrnutí všech analyzovaných pohledů bez rozlišení provozu byla 1,13 s. Doba potřebná pro vizuální kontrolu situace za cyklistou před přejetím k dělicí čáře se obvykle pohybovala v rozsahu 0,83 s až 1,89 s a před změnou jízdního pruhu v rozsahu 0,72 s až 1,31 s (25. a 75. percentil). Jelikož při analýze současného stavu poznání nebyla nalezena práce zabývající se problematikou kontroly situace za cyklistou, porovnání bylo provedeno s dizertační prací dr. Beláka [32], který se zabýval dobou potřebnou pro řidiče k vyhodnocení situace za vozidlem při odbočování a předjíždění. V rámci práce bylo zjištěno, že doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem pomocí levého zrcátka, se prodlužuje v případě, že se za měřicím vozidlem nacházel jiný účastník silničního provozu. Tak stejně bylo zjištěno ovlivnění cyklistů za přítomnosti jiných účastníků silničního provozu. V případě, že se za cyklistou nacházelo vozidlo, kontrola trvala 1,50 s. V situaci, kdy se za cyklistou nenacházel žádný účastník silničního provozu, doba kontroly se pohybovala v rozmezí 1,14 s až 1,16 s.

Doby otočení hlavy dozadu i dopředu při vizuální kontrole situace za cyklistou měly průměrné hodnoty v rozmezí 0,46 s až 0,52 s. Tyto doby se prakticky nijak neměnily v závislosti na provozu. K porovnání byly vybrány výsledky z dizertační práce dr. Sedláka [33], který se zabýval

délkou trvání natočení hlavy u řidičů při rozhlížení v křižovatce, nikoliv u cyklistů. V jeho případě vyšly průměrné délky natočení hlavy 0,37 s. U cyklistů byla průměrná délka otočení hlavy 0,50 s. Je však potřeba uvažovat, že u řidičů je natočení hlavy podstatně menší než u cyklistů, kteří při tomto úkonu potřebují zkontrolovat situaci za sebou.

Při analýze délky trvání gesta vyšly průměrné hodnoty od 3,80 s do 5,88 s. Nejnížší průměrná hodnota byla zjištěna v situaci, kdy se vozidla nacházela pouze před cyklistou a nejvyšší průměrná hodnota v situaci bez provozu, obě v rámci změny jízdního pruhu. Při analýze obou souborů dat vyšla průměrná délka trvání gesta 5,02 s. Délka trvání gesta byla u cyklistů v rozmezí 2,82 s až 7,22 s při přejíždění k dělicí čáře a v rozmezí 2,84 s až 8,03 s (25. a 75. percentil) v rámci změny jízdního pruhu.

Průměrná vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista provádí první kontrolu situace za jízdním kolem byla v rozmezí 56 m a 64 m, v závislosti na provozu. V tomto případě kvůli nedostatku dat nebyl rozlišen typ situace. Tuto kontrolu prováděli cyklisté v rozmezí 31 m až 79 m (25. a 75. percentil) od křižovatky v závislosti na provozu.

Během analýzy vzdálenosti mezi křižovatkou a prvním gestem byly zjištěny průměrné hodnoty vzdálenosti, kdy cyklista začne dávat gesto v rozmezí 41 m a 51 m v závislosti na provozu. Stejně jako v předchozím případě nebyl rozlišen typ situace, a to kvůli malému vzorku dat. První gesto dávali cyklisté v rozmezí 18 m až 60 m (25. a 75. percentil) od křižovatky, v závislosti na provozu.

Data získaná při analýze vzdálenosti od křižovatky, kdy cyklisté zahájili příčné přemístění byla rozdělena pouze podle provozu před a za cyklistou. Průměrné hodnoty se zde pohybovaly od 36 m do 41 m. Nejnížší průměrná hodnota byla při situaci, kdy byl provoz pouze před cyklistou, nejvyšší v situaci bez provozu. Příčné přemístění cyklisté prováděli převážně ve vzdálenosti 16 m až 55 m od křižovatky (25. a 75. percentil), a to v závislosti na provozu.

V rámci práce byla provedena analýza strategií pohledů a jejich dob trvání. Získaná data byla rozdělena na dvě části podle typu úkonu (přejetí k dělicí čáře, změna jízdního pruhu) bez závislosti na provozu. V situaci při přejíždění k dělicí čáře se průměrné hodnoty pohybovaly v rozmezí od 1,10 s do 1,70 s. Nejvyšší průměrná hodnota doby trvání pohledu byla v případě strategie tří pohledů. Bylo to způsobeno situacemi, kdy se před odbočením cyklisté nestihli včas zařadit mezi vozidla, a tudíž museli zastavit na kraji vozovky. Jejich vizuální kontroly proto poté trvaly delší dobu. Nejnížší průměrná hodnota doby trvání pohledu vyšla při strategii dvou pohledů, a to 1,10 s. V rámci změny jízdního pruhu vykazovaly výsledky opačný trend než v situaci předešlé. Průměrné hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 0,92 s do 1,18 s. Nejkratší průměrné hodnoty doby

trvání pohledů byly při strategii tří pohledů a nejdelší při strategii jednoho pohledu. Tím pádem by se mohla strategie více pohledů jevit jako bezpečnější, jelikož mezi jednotlivými pohledy si cyklista kontroluje i situaci před sebou, jednotlivé pohledy za jízdní kolo jsou při strategii více pohledů zpravidla kratší

Mezi hlavní limitace práce se řadí počet naměřených probandů. Pro důkladnější analýzu manévrů a úkonů řešených v této práci by bylo lepší naměřit větší vzorek probandů, aby byl získán větší soubor dat, který by bylo možné analyzovat. Vyšší počet dat by bylo možné získat také při analýze delší trasy, tedy zahrnutí více situací. Větší vzorek by umožnil také detailnější analýzu a zohlednění více charakteristik.

## 6 ZÁVĚR

Kvůli nárůstu zájmu o cyklistiku jako ekologicky šetrnou a zdravou formu dopravy je důležité věnovat pozornost této oblasti, zejména vnímání cyklistů v silničním provozu. Tato práce se konkrétně zabývala kontrolou situace za cyklistou. Analyzovány byly nejen doby pohledu za cyklistu, ale i provádění znamení o změně směru jízdy a vzdálenost od křižovatky, kdy tyto úkony cyklista provádí. Dále byla zkoumána strategie pohledů a vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista zahajuje příčné přemístění. Závěrem byla zkoumána doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou.

Teoretická část byla rozdělena na základě metod použitých v jednotlivých studiích zaměřených na cyklisty, konkrétně to byly simulátorové a naturalistické studie, jízdní zkoušky, dotazníkové šetření a další metody blíže popsané v rámci poslední podkapitoly teoretické části.

V praktické části byl popsán samotný experiment, který byl proveden metodou jízdní zkoušky. Trasa jízdní zkoušky o délce 7,9 km vedla městem Valašské Klobouky. Experimentu se zúčastnilo celkem 15 cyklistů (8 mužů a 7 žen) ve věku 18-70 let. Pro potřeby práce byla trasa zaměřena na odbočování vlevo a případné změny jízdních pruhů. Pro měření byla vybrána metoda eyetrackingu. K získání dalších potřebných dat byly také použity dvě kamery Garmin.

Průměrné celkové doby pohledu během kontroly situace za cyklistou před odbočením i před změnou jízdního pruhu se pohybovaly v rozmezí od 0,97 s do 1,50 s v závislosti na provozu. Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před odbočením i před změnou jízdního pruhu se průměrně pohybovala od 0,46 s do 0,52 s. Průměrné délky trvání gesta při přejíždění k dělicí čáře i před změnou jízdního pruhu byly od 3,82 s do 5,88 s. Vzdálenost mezi křižovatkou a první vizuální kontrolou za cyklistou před odbočením i změnou jízdního pruhu v průměru byla od 56 m do 64 m. Průměrná vzdálenost mezi křižovatkou a prvním gestem cyklisty před odbočením i změnou jízdního pruhu se pohybovala od 41 m do 51 m. Cyklisti zahajovali příčné přemístění v průměru od 36 m do 41 m ve vzdálenosti od křižovatky. Při zkoumání strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před odbočením bylo zjištěno, že nejkratší průměrná doba pohledu vyšla při strategii dvou pohledů, a to 1,10 s. U změny jízdního pruhu vycházely nejkratší průměrné doby pohledů při strategii tří pohledů (0,92 s). Průměrná doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou se pohybovala v rozmezí od 3,02 s do 3,56 s v závislosti na provozu. V závislosti na strategii pohledu se průměrná doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou pohybovala v rozmezí 2,86 s až 4,93 s.

Výsledky této práce mohou být použity např. pro potřeby soudně inženýrské aplikace pro analýzu dopravních nehod, dále také v oblasti bezpečnosti a vzdělávání cyklistů. Již při vzdělávání mladých cyklistů je nutné klást větší důraz na důležitost kontroly situace za cyklistou a znamení o změně směru jízdy.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] F. Bella and M. Silvestri, "Interaction driver–bicyclist on rural roads: Effects of cross-sections and road geometric elements," *Accid Anal Prev*, vol. 102, pp. 191–201, May 2017, doi: 10.1016/j.aap.2017.03.008.
- [2] D. Friel, S. Wachholz, T. Werner, L. Zimmermann, O. Schwedes, and R. Stark, "Cyclists' perceived safety on intersections and roundabouts – A qualitative bicycle simulator study," *J Safety Res*, vol. 87, pp. 143–156, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.jsr.2023.09.012.
- [3] N. Kováčsová *et al.*, "Cyclists' eye movements and crossing judgments at uncontrolled intersections: An eye-tracking study using animated video clips," *Accid Anal Prev*, vol. 120, pp. 270–280, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.aap.2018.08.024.
- [4] B. Thorslund, A. Lindström, and A. Käck, "Interaction between cyclists, motor vehicles and infrastructure: A simulator study on cyclist strategy and behaviour at intersections," 2020.
- [5] Brazil William, O'Dowd Anthony, and Caulfield Brian, "Using Eye-tracking Technology and Google Street View to Understand Cyclists' Perceptions," 2017.
- [6] G. F. Bianchi Piccinini, C. Moretto, H. Zhou, and M. Itoh, "Influence of oncoming traffic on drivers' overtaking of cyclists," *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*, vol. 59, pp. 378–388, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.trf.2018.09.009.
- [7] G. F. Bianchi Piccinini, C. Moretto, H. Zhou, and M. Itoh, "Influence of oncoming traffic on drivers' overtaking of cyclists," *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*, vol. 59, pp. 378–388, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.trf.2018.09.009.
- [8] J. Kovaceva, G. Nero, J. Bärgrman, and M. Dozza, "Drivers overtaking cyclists in the real-world: Evidence from a naturalistic driving study," *Saf Sci*, vol. 119, pp. 199–206, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.ssci.2018.08.022.
- [9] Jahangiri Arash, Elhenawy Mohammed, Rakha Hesham, and Dingus Thomas A., "Investigating cyclist violations at signal-controlled intersections using naturalistic cycling data," 2016.
- [10] A. Al-Taie, Y. Abdrabou, S. A. MacDonald, F. Pollick, and S. A. Brewster, "Keep it Real: Investigating Driver-Cyclist Interaction in Real-World Traffic," in *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, Association for Computing Machinery, Apr. 2023. doi: 10.1145/3544548.3581049.

- [11] O. Carsten, K. Kircher, and S. Jamson, "Vehicle-based studies of driving in the real world: The hard truth?," *Accid Anal Prev*, vol. 58, pp. 162–174, 2013, doi: 10.1016/j.aap.2013.06.006.
- [12] A. Rasch, C. N. Boda, P. Thalya, T. Aderum, A. Knauss, and M. Dozza, "How do oncoming traffic and cyclist lane position influence cyclist overtaking by drivers?," *Accid Anal Prev*, vol. 142, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.aap.2020.105569.
- [13] K. Kircher and C. Ahlström, "Truck drivers' interaction with cyclists in right-turn situations," *Accid Anal Prev*, vol. 142, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.aap.2020.105515.
- [14] N. Kaya, J. Girgis, B. Hansma, and B. Donmez, "Hey, watch where you're going! An on-road study of driver scanning failures towards pedestrians and cyclists," *Accid Anal Prev*, vol. 162, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.aap.2021.106380.
- [15] I. Gohl, A. Schneider, and V. Nitsch, "Assessing the safety criticality of driver behavior toward cyclists at intersections," *Traffic Inj Prev*, vol. 20, no. sup3, pp. 45–50, Dec. 2019, doi: 10.1080/15389588.2019.1709174.
- [16] Y. Yuan, B. Goñi-Ros, W. Daamen, and S. P. Hoogendoorn, "Investigating cyclist interaction behavior through a controlled laboratory experiment," *J Transp Land Use*, vol. 11, no. 1, pp. 833–847, 2018, doi: 10.5198/jtlu.2018.1155.
- [17] A. Mantuano, S. Bernardi, and F. Rupi, "Cyclist gaze behavior in urban space: An eye-tracking experiment on the bicycle network of Bologna," *Case Stud Transp Policy*, vol. 5, no. 2, pp. 408–416, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.cstp.2016.06.001.
- [18] O. Aasvik and A. Fyhri, "Distracting or informative? Examining signage for cyclists using eye-tracking," *Traffic Safety Research*, vol. 2, Jan. 2022, doi: 10.55329/wxcy5694.
- [19] A. Pashkevich, T. E. Burghardt, S. Puławska-Obiedowska, and M. Šucha, "Visual attention and speeds of pedestrians, cyclists, and electric scooter riders when using shared road – a field eye tracker experiment," *Case Stud Transp Policy*, vol. 10, no. 1, pp. 549–558, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.cstp.2022.01.015.
- [20] K. Kircher and C. Ahlström, "Attentional requirements on cyclists and drivers in urban intersections," *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*, vol. 68, pp. 105–117, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.trf.2019.12.008.
- [21] A. Ng, A. K. Debnath, and K. C. Heesch, "Cyclist' safety perceptions of cycling infrastructure at un-signalised intersections: Cross-sectional survey of Queensland cyclists," *J Transp Health*, vol. 6, pp. 13–22, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.jth.2017.03.001.

- [22] S. A. Useche, F. Alonso, L. Montoro, and C. Esteban, "Distraction of cyclists: How does it influence their risky behaviors and traffic crashes?," *PeerJ*, vol. 2018, no. 9, 2018, doi: 10.7717/peerj.5616.
- [23] E. Paschalidis, S. Basbas, I. Politis, and M. Prodromou, "Put the blame on...others!': The battle of cyclists against pedestrians and car drivers at the urban environment. A cyclists' perception study," *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*, vol. 41, pp. 243–260, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.trf.2015.07.021.
- [24] L. S. Fruhen, I. Rossen, and M. A. Griffin, "The factors shaping car drivers' attitudes towards cyclist and their impact on behaviour," *Accid Anal Prev*, vol. 123, pp. 235–242, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.aap.2018.11.006.
- [25] A. Mohammadi, G. Bianchi Piccinini, and M. Dozza, "How do cyclists interact with motorized vehicles at unsignalized intersections? Modeling cyclists' yielding behavior using naturalistic data," *Accid Anal Prev*, vol. 190, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.aap.2023.107156.
- [26] M. S. Nabavi Niaki, N. Saunier, and L. F. Miranda-Moreno, "Is that move safe? Case study of cyclist movements at intersections with cycling discontinuities," *Accid Anal Prev*, vol. 131, pp. 239–247, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.aap.2019.07.006.
- [27] A. K. Høye, M. L. Jensen, and M. W. J. Sørensen, "Are helmeted cyclists taking more risk at signalized intersections?," *Traffic Inj Prev*, vol. 21, no. 8, pp. 552–557, Sep. 2020, doi: 10.1080/15389588.2020.1817417.
- [28] A. Duncan, "A comparative analysis of cyclists' paths through shared space and non-shared intersections in Coventry, England," *J Urban Des (Abingdon)*, vol. 22, no. 6, pp. 833–844, Nov. 2017, doi: 10.1080/13574809.2017.1336062.
- [29] A. Rasch, S. Moll, G. López, A. García, and M. Dozza, "Drivers' and cyclists' safety perceptions in overtaking maneuvers," *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*, vol. 84, pp. 165–176, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.trf.2021.11.014.
- [30] T. Richter and J. Sachs, "Turning accidents between cars and trucks and cyclists driving straight ahead," in *Transportation Research Procedia*, Elsevier B.V., 2017, pp. 1946–1954. doi: 10.1016/j.trpro.2017.05.219.
- [31] "ŠPAČEK, Michal. Návrh a realizace systému pro sledování pohybu očí. Online. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 2023. Dostupné z: <https://theses.cz/id/thxeh9/> [Online]. Available: <http://latex.feec.vutbr.cz>

- [32] "BELÁK, Michal. Zjištění doby potřebné pro řidiče k vyhodnocení situace za vozidlem při odbočování a předjíždění. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/122595>. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce Marek Semela,," Vysoké učení technické v Brně, Brno.
- [33] "SEDLÁK, R. Komplexní analýza obvyklé doby pozorování jedoucího vozidla a okolních podmínek pro vyhodnocení dopravní situace. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2013. 72 s. Vedoucí disertační práce Ing. Albert Bradáč, Ph.D."

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1:</b> Informace o cyklistech získané pomocí dotazníku .....	27
<b>Tabulka 2:</b> Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před odbočením.....	33
<b>Tabulka 3:</b> Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před odbočením .....	34
<b>Tabulka 4:</b> Délka trvání gesta při přejíždění k dělicí čáře před odbočením .....	36
<b>Tabulka 5:</b> Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu .....	37
<b>Tabulka 6:</b> Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu .....	38
<b>Tabulka 7:</b> Délka trvání gesta při změně jízdního pruhu .....	39
<b>Tabulka 8:</b> Vzdálenost mezi křižovatkou a první vizuální kontrolou za cyklistou před odbočením i změnou jízdního pruhu .....	41
<b>Tabulka 9:</b> Vzdálenost mezi křižovatkou a prvním gestem cyklisty před odbočením .....	42
<b>Tabulka 10:</b> Vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista dělá příčné přemístění.....	44
<b>Tabulka 11:</b> Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před odbočením.....	45
<b>Tabulka 12:</b> Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu .....	46
<b>Tabulka 13:</b> Doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou v závislosti na provozu.....	48
<b>Tabulka 14:</b> Doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou v závislosti na strategii pohledu .....	49

## SEZNAM GRAFŮ

<b>Graf 1:</b> Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před odbočením .....	33
<b>Graf 2:</b> Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před odbočením .....	34
<b>Graf 3:</b> Délka trvání gesta při přejíždění k dělicí čáře před odbočením .....	35
<b>Graf 4:</b> Celková doba pohledu během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu .....	37
<b>Graf 5:</b> Doba trvání otočení hlavy během kontroly situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu .....	38
<b>Graf 6:</b> Délka trvání gesta při změně jízdního pruhu .....	39
<b>Graf 7:</b> Vzdálenost mezi křižovatkou a první vizuální kontrolou za cyklistou před odbočením i změnou jízdního pruhu .....	40
<b>Graf 8:</b> Vzdálenost mezi křižovatkou a prvním gestem cyklisty před odbočením .....	42
<b>Graf 9:</b> Vzdálenost od křižovatky, kdy cyklista dělá příčné přemístění .....	43
<b>Graf 10:</b> Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před odbočením .....	45
<b>Graf 11:</b> Strategie pohledů při vizuální kontrole situace za cyklistou před změnou jízdního pruhu .....	46
<b>Graf 12:</b> Doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou v závislosti na provozu .....	47
<b>Graf 13:</b> Doba potřebná pro vyhodnocení a rozhodnutí o situaci za cyklistou v závislosti na strategii pohledu .....	49

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1:</b> Trasa měření [mapy.cz] .....	27
<b>Obrázek 2:</b> Umístění měřících zařízení na cyklistovi a kole zepředu .....	30
<b>Obrázek 3:</b> Umístění měřících zařízení na cyklistovi a kole zezadu .....	31