



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

## ANALÝZA ROZJEZDU A VYBRANÝCH MANÉVRŮ CYKLISTŮ

ANALYSIS OF SELECTED MANOEUVRES OF BICYCLISTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Doseděl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.

BRNO 2017

## Zadání diplomové práce

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Ústav:            | Ústav soudního inženýrství     |
| Student:          | Bc. Jan Doseděl                |
| Studijní program: | Soudní inženýrství             |
| Studijní obor:    | Expertní inženýrství v dopravě |
| Vedoucí práce:    | Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.   |
| Akademický rok:   | 2016/17                        |

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

### **Analýza rozjezdu a vybraných manévrů cyklistů**

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

Úkolem práce je teoreticky představit konstrukci jízdních kol, užití jednotlivých typů a zvláštnosti a specifika jízdy, provést měření akceleračních, brzdných a vybraných vyhýbacích manévrů pokud možno na různých površích s cílem popsat základní technické odlišnosti a vlivy na měřitelné hodnoty, vyhodnotit měření a na základě měření formulovat doporučení pro znalecké posuzování pohybu jízdních kol.

### **Cíle diplomové práce:**

- teoreticky připravit problematiku a specifika jízdy jízdních kol
- rozlišit jízdní kola a popsat specifika ve vztahu k manévřům cyklistů
- připravit a realizovat komplexní měření vybraných jízdních manévřů cyklistů
- vyhodnotit výsledky,
- formulovat doporučení, vlivy a specifika pro znalecké posuzování nehod a jízdy jízdních kol.

### **Seznam doporučené literatury:**

BRADÁČ, A. a kol. Soudní inženýrství. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 1997. ISBN 80-7204-057-X. s. 719

BURG, H., MOSER A. Handbuch Verkehrsunfall-rekonstruktion – Unfallaufnahme – Fahrdynamik – Simulation, 1. vydání 2007, Vieweg, ISBN 978-3-8348-0172-2. s. 952.

HUGEMANN, W. a rozsáhlý autorský tým. Unfall-rekonstruktion, dva svazky, 1. vydání, 2007. ISBN 3-00-019419-3. s. 1238.

KOLEKTIV AUTORŮ. Wypadki drogowe – Vademecum biegłego sadowego, wydawatelství Instytutu Ekspertys sadowych, Krakow 2010. ISBN 83-87425-32-X. s. 1094.

RIVERS, Robert W. Evidence in traffic crash investigation and reconstruction. Springfield : Charles C Thomas Publisher, 2006. str. 295. 1. vydání. ISBN 978-0-398-07644-8.

JANÍČEK, Přemysl. Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky - hledání souvislostí. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2007. str. 1234. Sv. 1+2, 1. vydání. ISBN 978-80-7204-554-9.

RÁBEK, Vlastimil. Vybrané postupy analýzy dopravních nehod. Žilina, EDIS - vydavatelství Žilinské univerzity, 2009. str. 217. VPRA-SCP-2009-06-02.

ŠTIKAR, J, ŠMOLÍKOVÁ, J. a HOSKOVEC, J. Psychologie v dopravě. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2003, 275 s. Učební texty (Univerzita Karlova. Filozofická fakulta). ISBN 80-246-0606-2.

Související právní předpisy, případně další podklady předložené vedoucím práce.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L.S.

---

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.

ředitel

## ***Abstrakt***

Diplomová práce s názvem „Analýza rozjezdu a vybraných manévrů cyklistů“ se v první části zabývá historií jízdních kol, konstrukcí, rozdělením, nehodovostí a legislativou. V druhé části je diplomová práce zaměřena na praktickou měřicí část. V této části byly provedeny zkoušky brzdění na třech površích, akcelerace a manévr, při němž se cyklista ohlédně za sebe, než zahájí změnu směru jízdy. V závěru jsou vyhodnocena jednotlivá měření a srovnání s ostatními pracemi, které se zabývaly podobnou tematikou.

## ***Abstract***

Master thesis titled “Analysis of selected manoeuvres of bicyclists” in the first part deals with the history of bicycles, construction, division of bicycles and introduces traffic accidents of cyclists and national legislation. Practical measurements with bicyclists is in the second part of this thesis. Cyclists performed deceleration on three surfaces, acceleration and a manoeuvre, in which cyclist looked behind himself before changing the direction. The evaluation of all measurements and comparison with other similar works has been made in the last chapters.

## ***Klíčová slova***

Jízdní kolo, cyklista, akcelerace, brzdění, jízda v oblouku, nehodovost

## ***Keywords***

Bicycle, cyclist, acceleration, deceleration, ride in the curve, accidents

***Bibliografická citace***

DOSEDĚL, J. Analýza rozjezdu a vybraných manévrů cyklistů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2017. 134 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.

***Prohlášení***

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2017

.....

Podpis diplomanta

### ***Poděkování***

Na tomto místě bych chtěl v první řadě poděkovat svému vedoucímu Ing. Bc. Markovi Semelovi, Ph.D., za jeho odborné rady a připomínky.

Další poděkování patří všem zúčastněným při měření, bez kterých by práce nemohla být provedena (Ing. Martin Kavka, Ing. Jaroslav Renza, Ing. Lukáš Jána, Ing. Jan Nádvorník, Bc. Martin Klusůň, Bc. Klára Vostřelová, Veronika Heroldová, David Nádvorník).

A v neposlední řadě děkuji také své rodině za pomoc a podporu při zpracovávání této práce, ale i během celého studia.

# OBSAH

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| OBSAH.....                                                                                                                                   | 9  |
| ÚVOD.....                                                                                                                                    | 11 |
| 1 HISTORIE JÍZDNÍCH KOL .....                                                                                                                | 13 |
| 2 KONSTRUKCE JÍZDNÍCH KOL .....                                                                                                              | 16 |
| 2.1 Rám .....                                                                                                                                | 16 |
| 2.1.1 Materiál.....                                                                                                                          | 17 |
| 2.2 Vidlice .....                                                                                                                            | 18 |
| 2.3 Brzdy .....                                                                                                                              | 19 |
| 2.4 Řidítka a představce .....                                                                                                               | 21 |
| 2.5 Pohonný systém kola.....                                                                                                                 | 23 |
| 2.6 Kolo .....                                                                                                                               | 24 |
| 2.7 Obutí.....                                                                                                                               | 24 |
| 2.8 Systém řazení .....                                                                                                                      | 25 |
| 3 ROZDĚLENÍ JÍZDNÍCH KOL.....                                                                                                                | 26 |
| 3.1 Horská kola.....                                                                                                                         | 26 |
| 3.2 Trekingová kola.....                                                                                                                     | 27 |
| 3.3 Silniční kola.....                                                                                                                       | 28 |
| 3.4 Městská kola.....                                                                                                                        | 29 |
| 3.5 BMX, freestyle kola .....                                                                                                                | 30 |
| 3.6 Elektrokola .....                                                                                                                        | 30 |
| 3.7 Dětská kola .....                                                                                                                        | 31 |
| 3.8 Tandemové kola .....                                                                                                                     | 31 |
| 4 LEGISLATIVA .....                                                                                                                          | 32 |
| 4.1 Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů.....                                             | 32 |
| 4.2 ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací .....                                                                                       | 41 |
| 4.3 Vyhláška č. 341/2014 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích ..... | 42 |
| 4.4 Nehodovost cyklistů .....                                                                                                                | 45 |
| 4.5 Statistiky nehodovosti pro rok 2016.....                                                                                                 | 45 |
| 4.6 Metody pro zlepšení bezpečnosti .....                                                                                                    | 48 |
| 4.7 Nehody jednostopých vozidel .....                                                                                                        | 49 |
| 5 TEORIE JÍZDY NA JÍZDNÍM KOLE.....                                                                                                          | 52 |

|       |                                                       |     |
|-------|-------------------------------------------------------|-----|
| 5.1   | Trajektorie pohybu a stabilita jízdního kola.....     | 52  |
| 5.2   | Jízda ve směrovém oblouku .....                       | 53  |
| 6     | VYBRANÉ ZAHRANIČNÍ VÝZKUMY ZAMĚŘENÉ NA CYKLISTY ..... | 54  |
| 7     | PRAKTICKÁ ČÁST .....                                  | 61  |
| 7.1   | Figuranti a jízdní kola.....                          | 61  |
| 7.2   | Místa měření.....                                     | 65  |
| 7.3   | Metodika měření.....                                  | 68  |
| 7.3.1 | Brzdění v přímém směru na asfaltovém povrchu .....    | 68  |
| 7.3.2 | Akcelerace na asfaltovém povrchu.....                 | 68  |
| 7.3.3 | Ohlédnutí za sebe .....                               | 70  |
| 8     | VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ.....                               | 71  |
| 8.1   | Brzdění na asfaltovém povrchu.....                    | 71  |
| 8.1.1 | Brzdění pro rychlost 10 km/h .....                    | 72  |
| 8.1.2 | Brzdění pro rychlost 15 km/h .....                    | 74  |
| 8.1.3 | Brzdění pro rychlost 20 km/h .....                    | 75  |
| 8.2   | Brzdění na nepevněné komunikaci.....                  | 78  |
| 8.2.1 | Brzdění pro rychlost 10 km/h .....                    | 78  |
| 8.2.2 | Brzdění pro rychlost 15 km/h .....                    | 79  |
| 8.2.3 | Brzdění pro rychlost 20 km/h .....                    | 81  |
| 8.3   | Brzdění na dlažebních kostkách .....                  | 83  |
| 8.3.1 | Brzdění pro rychlost 10 km/h .....                    | 83  |
| 8.3.2 | Brzdění pro rychlost 15 km/h .....                    | 84  |
| 8.3.3 | Brzdění pro rychlost 20 km/h .....                    | 85  |
| 8.4   | Akcelerace na asfaltovém povrchu.....                 | 88  |
| 8.5   | Ohlédnutí za sebe .....                               | 92  |
| 8.5.1 | Ohlédnutí za sebe o 180°.....                         | 92  |
| 8.5.2 | Ohlédnutí za sebe o 90°.....                          | 96  |
| 9     | ZÁVĚR .....                                           | 98  |
| 10    | POUŽITÁ LITERATURA .....                              | 101 |

## ÚVOD

Cyklistická doprava má nejen v České republice, ale i v zahraničí stoupající tendenci. Jedná se o zdravý životní styl a ekologii, kdy jízdní kola neznečišťují životní prostředí jako motorové dopravní prostředky. Dalším hlediskem je finanční dostupnost. Jízda na jízdním kole by se dala rozdělit do dvou skupin. Jedna skupina má pouze dopravní funkci. Zejména přeprava osob či osoby do zaměstnání. Zatímco druhá má jen relaxační funkci, která je zaměřena na zdravý životní styl. Obě skupiny lze úspěšně kombinovat.

Avšak jízda na komunikacích s ostatními účastníky provozu skýtá mnoho nástrah. Jenom samotná jízda v jednom jízdním pruhu, kdy musí být dostatečná boční vzdálenost mezi cyklistou a dopravním prostředkem. A to se neuvažují jiné vlivy, které mají vliv na samotného cyklistu (fyzický a duševní stav). Dalším faktorem je stav vozovky, po které se účastníci pohybují. Naše komunikace nejsou pokaždé v perfektním stavu. Silnice jsou pokryty výmoly a jinými nerovnostmi, se kterými se musí při jízdě počítat.

Vedení cyklistů v intravilánu nebo v extravilánu má spousty výhod i nevýhod. Pro vytvoření cyklistického pruhu ve městech je na úkor prostoru pro ostatní účastníky a vždy se to nepodaří udělat, aby to bylo funkční. Zatímco v extravilánu je více méně brán ohled na zábor pozemku na vybudování cyklostezky a celkovou sumu vloženou do projektu.

K největšímu počtu dopravních nehod dochází na křižovatkách.

Diplomová práce začíná popsáním historie jízdních kol. V další kapitole se zabývám konstrukcí jednotlivých dílů, které lze na běžném kole najít. Kapitola rozdělení jízdních kol navazuje a zabývá se tematikou, jaká kola lze v dnešní době pořídit a na jakou jízdu jsou uzpůsobeny. Zákony, vyhlášky, kde je upraven provoz pro cyklisty a ČSN, zabývající se projektováním cyklistické dopravy jsou náplní čtvrté kapitoly. Část nehodovosti v České republice z roku 2016 ukazuje, jaké bylo množství dopravních nehod zapříčiněno právě cyklisty. Srovnání pouze úmrtnosti je od roku 2007 do roku 2014.

V sedmé kapitole jsou vysvětleny okolnosti provedení praktických zkoušek, a to samotný průběh měření, figuranti a jízdní kola. Akcelerace, brzdění v přímém směru na třech různých površích a manévr, při kterém se cyklista ohlédne za sebe, byly zvoleny jako vhodné téma pro praktickou část.

Osmá část se zabývá vyhodnocením všech měření, které proběhly. Porovnáním mezi sebou a s ostatními pracemi.

Podobnou tematikou se zabývali Stanislav Prčík [39], diplomová práce s názvem Vybraná měření pohybu jízdních kol – brzdění a jízda v oblouku. Porovnání výsledků je na konci této práce. Další prací pro porovnání je Analýza pohybu jízdního kola při jízdě v přímém směr, autorem je Roman Haluska [40]. Práce se zabývala analýzou pohybu cyklisty, při šlapání, ukázání o změně směru jízdy, a ohlédnutí za sebe. Pro porovnání brzdného zpomalení pro jízdní kolo Favorit bylo využito knihy Analýza nehod jednostopých vozidel od autorů Gustáv Kasanický a Pavol Kohút. Některé zahraniční studie jsou uvedeny v šesté kapitole.

Naměřené hodnoty ukazují skutečné obvyklé možnosti pohybu různých druhů jízdních kol, v závislosti na površích, na kterých byly použity, manévrech, nastavení kol a zvolených cyklistů. Výsledné hodnoty by mohly být použity jako vstupní údaje při soudně inženýrské činnosti, např. tvorbě znaleckých posudků.

# 1 HISTORIE JÍZDNÍCH KOL

První náznaky o vytvoření jízdního kola sahala až na počátek 19. století. Jako první vynálezce je považován německý vynálezce Karl Drais. 12. 6 1817 předvedl svůj vynález v Mannheimu. V Evropě zdomácněl název odvozený od jeho jména – *draisina*. Jednalo se o jednostopé dřevěné vozidlo poháněno lidskou silou. Jezdec vozidlo poháněl odrážením od země. Karl Drais dotáhl svůj vynález k dokonalosti, když opatřil přední kolo řiditelné. Kolo mělo mnoho nevýhod. Ať se jednalo o řízení, brzdění v nekvalitním povrchu po kterém se muselo pohybovat. [1]



Obr. č. 1 Draisina [41]

Kirkpatrick MacMillan, kovář ze Skotska vynalezl kolo s pedály v roce 1839 se vzhledem moderní doby. Kolo opatřil dvěma klikami s pedály, kterými se šlapalo dopředu a dozadu, ty spojil železnou tyčí se zadním kolem. Avšak nevýhody stále zůstaly. [1]



Obr. č. 2 Jízdní kolo Kirkpatricka MacMillana [42]

V roce 1861 francouzský vynálezce Pierrem Michauxem přidělal pedály k ose předního kola a svůj vynález nazval *velocipede*. A začala sériová výroba jízdních kol s velkou popularitou. [1]

Vlivem zdokonalování jízdních kol byl i požadavek na zvyšování jízdních rychlostí, čehož se dosahovalo zvětšováním průměru předního kola. Tím se došlo až na tzv. *vysoká kola*, kde přední kolo bylo značně vyšší než zadní kolo. To mělo za následek nestabilitu při jízdě a riziko pádu. Proto byl vynalezen *tricykl*, který tuto nevýhodu odstraňovala. Tyto kola se konstruovala z ocelových částí a ráfků s gumovými obručkami. [1]

Jako zlatý věk cyklistiky jsou nazývána 90. léta 19. století. U jízdních kol se začaly objevovat převody. Zjistilo se, že s použitím vhodných převodů lze dosáhnout vyšších rychlostí při nízkém poloměru předního kola. Vlivem použití převodů došlo k zániku vysokého kola. [1]

Roku 1885 se objevil první předchůdce dnešního nízkého kola nazván *Rover Safety* a vytvořen Williamem Suttonem a Jamesem Starleyem. [1]

Nedílnou součástí bylo i vynalezení pneumatiky, na níž má svou zásluhu irský zvěrolékař John Boyd Dunlop. Po obvodu kola natáhl gumovou hadici, kterou pumpičkou nafoukl. Tento vynález si nechal patentovat. Roku 1890 bylo v časopise *Sport And Play* publikováno, že prvním vynálezcem pneumatiky nebyl John Dunlop, ale Robert William Thompson, který si nápad nechal patentovat. Na rozšíření nebyla vhodná doba, a tak vynález byl zapomenut. [1]

Dalším objevem, bez kterého by se neobešlo žádné dnešní jízdní kolo, byla brzda. Jako první byla vynalezena *axiální* brzda, která působila na ráfek z obou stran. Další brzda byla takzvaná *torpedo*. Byla založena na šlapání proti směru jízdy. [2]

Poslední nevýhodou byl jeden převod, proto se přešlo na měnitelný. Tím se na jedné straně stalo, že při jízdě do stoupání se jelo pomaleji, ale s menší námahou. A na druhé straně se při vhodně zvoleném převodu jelo po rovině vyšší rychlostí. [2]

Přelomem pro cyklistiku byla 70. a 80. léta 20. století, kdy bylo vynalezeno *horského kolo*, které se stalo hlavním pilířem pro cykloturistiku. Jeho nejdůležitějším kritériem byla průjezdnost terénními nerovnostmi. [2]

## 2 KONSTRUKCE JÍZDNÍCH KOL



Obr. č. 3 Konstrukce jízdního kola [43]

Hlavní charakteristické rozměry jízdního kola jsou:

- Výška rámu – vzdálenost mezi osou středové spojky a protilehlým koncem sedlové trubky
- Rozvor – vzdálenost mezi osou předního a zadního kola
- Průměr kola – největší průměr nahuštěné pneumatiky na ráfku
- Vyosení přední vidlice – vzdálenost od osy hlavového složení k ose náboje předního kola
- Snížení středu – vzdálenost osy středového složení od roviny os kol
- Stopa kola – vzdálenost průsečíku osy hlavového složení se základnou od bodu dotyku předního kola se základnou
- Řetězová linka – vzdálenost osy řetězu od roviny popisu jednotlivých částí jízdního kola

### 2.1 RÁM

Zaujímá výsadní postavení mezi ostatními konstrukčními částmi jízdního kola. Proto vyžaduje speciální pozornost jeho kvalita a provedení. Nejrozšířenější je klasická Humberova konstrukce z roku 1855. [8]



Obr. č. 4 Rám jízdního kola [autor]

- 1 zadní stavba rámu, zadní trojúhelník
- 2 sedlová spojka spojující sedlovou trubku, rámovou trubku a zadní stavbu kola
- 3 sedlová trubka
- 4 střed
- 5 horní rámová trubka
- 6 spodní rámová trubka
- 7 hlavová trubka

Základní typy rámu:

- *pevné* – tento rám je vybaven většina jízdních kol
- *odpružené* – základem pro celoodpružené kolo

### 2.1.1 Materiál

V dnešní době se nejvíce přihlíží na hmotnost, životnost a pevnost při výrobě rámu. Materiály použité mají rozdílnou cenu, ale i fyzikální vlastnosti a technologické možnosti obrábění.

Ocel – většina kol je vyrobena z oceli. Ostatní materiály mají rostoucí tendenci v nahrazení. Levné ocelové rámy jsou vyráběny z oceli Hi-Ten, která má ocel vyšší pevnost, ale je stále těžká. Dražší modely jsou z oceli Chrom molybdenové (Cr-Mo). U drahých ráků je stěna tenčí a na krajích silnější, kde je větší namáhání.

Hliník – patří do skupiny lehkých kovů. 3 x lehčí než ocel. Výroba ráků je dvěma technologiemi. Svařováním a lepením. Hliník je měkčí než ocel a opracování je snadnější.

Karbon – ze všech kompozitních materiálů je nejpoužívanější. 5 x nižší hmotnost a 6 x vyšší pevnost než ocel. Těžce zpracovatelný v čisté formě. Proto se používá s jinými materiály, kdy je dosaženo požadovaných vlastností. Zpracování může probíhat několika způsoby. Nejdokonalejší je metoda Monocoque. Karbonové pláty jsou namontovány na předem připravenou formu, tak aby ho v místech s větším namáháním byla větší vrstva a naopak, čímž se dosahuje maximální pevnosti. Karbonové rámy mají schopnost pohlcovat vibrace.

Titan – ušlechtilý kov. Použití s ostatními prvky například s hliníkem nebo vanadem. Svařování probíhá v ochranné atmosféře z argonu. Konstrukce je velice lehká a nerezavějící. Cena výrobku je vysoká, jen pro rám se může pohybovat od cca 40-50 tisíc korun. [4]

## 2.2 VIDLICE

Vidlice jsou nejnamáhavější součásti jízdního kola. Slouží ke spojení představce s řídítky s předním kolem.

Podle konstrukce se dělí:

- pevné
- odpružené – slouží ke zvýšení komfortu při jízdě. Nejvíce rozšířené na horských a trekových kolech.

Druhy odpružení:

- pružinové s elastomerem – varianta pro nejlevnější kola
- vzduchové – mají větší možnosti nastavení
- kombinace – pružina s olejovým tlumičem

Důležitým faktorem pro správnou volbu odpružených vidlic je zdvih. Jedná se o rozdíl délek úplně vysunuté a úplně na doraz zasunuté vidlice. Zdvihy se pohybují od 60 do 300 mm. Některé vidlice lze nastavit i v rozmezí (např. 60–125 mm). Zvyšování zdvihů má za následek snižování torzní a ohybové tuhosti vidlic. Nejvyšší nároky na zdvih budou mít jezdci, kteří provádějí vysoké skoky s akrobatickými prvky. [9]



*Obr. č. 5 Odpružená vidlice [9]*



*Obr. č. 6 Pevná vidlice [9]*

## **2.3 BRZDY**

Brzdy jsou nejdůležitějším vybavením jízdních kol. Slouží pro snížení rychlosti do požadované rychlosti, nebo až do úplného zastavení. Dnešní kola dosahují takových rychlostí, že jízda bez kvalitních brzd by nebyla možná v rámci bezpečnosti. [10]

Při sjezdu můžou jezdci Tour de France dosahovat i rychlostí přes 100 km/h. [47]

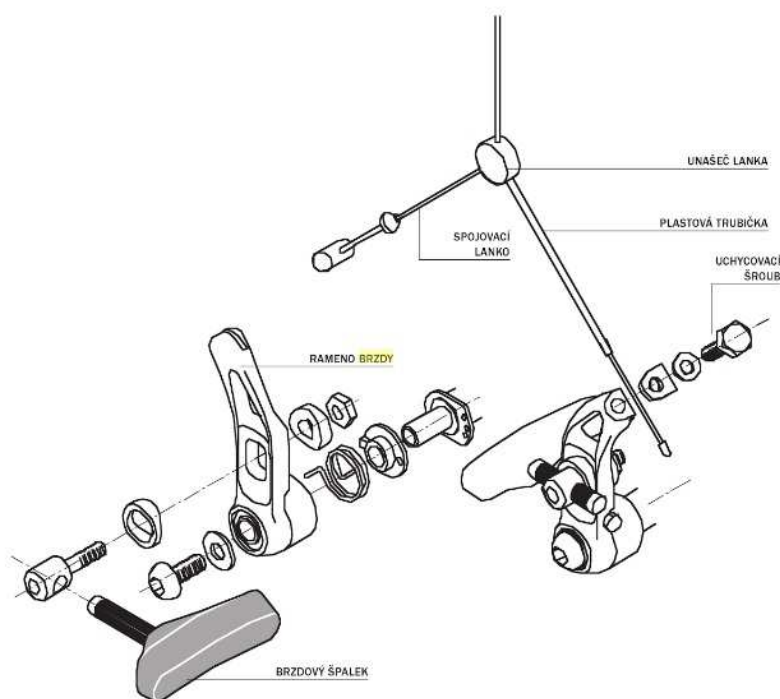
Mezi prvními brzdami byla zpětná protišlapná brzda tzv. torpédo, která se aktivovala šlápnutím dozadu. Takovou brzdou lze najít pouze na starších typech kol a dětských kol.

Dalším typem je bubnová brzda. Použití zejména u elektrokol. Často využíváno v zahraničí zejména v Nizozemí. Vyznačuje se mohutným nábojem, ve kterém je celé brzdné ústrojí, které je chráněno před okolními vlivy. Nevýhodou je vyšší hmotnost. [10]

Postupem času se přešlo na ráfkové brzdy, kde se přitahují brzdové špalky k ráfku kola. Účinnost je ovlivněna konstrukcí samotné brzdy a na kvalitě brzdových špalků. Rozeznáváme více variant ráfkových brzd. [10]

### **Cantilever**

Kořeny má v cyklokrosu, kde se používá dodnes. Postupem času byla u horských kol nahrazena V brzdou (V-Brake). [10] Brzdové lanko prochází unáščem a je přímo uchyceno k jednomu rameni brzdy. Druhé rameno brzdy je spojeno s lankem vedoucím od unášče [11].



*Obr. č. 7 Brzda Cantilever [11]*

### **V-Brake**

Lze se s nimi setkat u dětských, trekových nebo horských kol. Účinnější než cantilever brzda. Jedná se o levnější variantu s porovnáním kotoučových brzd. Nevýhodou je, že je potřeba určité zkušenosti najitím správné polohy mezi úplným zablokováním kola a jemným přibrzděním. Další nevýhodou je citlivost na vlhkost a poslední řadě, při dlouhém brzdění může dojít k zahřátí ráfku a k porušení duše. [11]

## Kotoučové brzdy

Zprvu byly osazovány na horská kola, ale s postupem času se začaly prosazovat i do ostatních typů jízdních kol. Brzda vyniká svojí vysokou účinností i při jízdě na mokru. Kotoučové brzdy se dělí do dvou kategorií. Mechanické a hydraulické.

Mechanické kotoučové brzdy jsou osazeny na levnějších horských a cyklokrosových kolech. Brzda je ovládána pomocí lanka. Brzdové destičky mohou být obě či jedna pohyblivého charakteru.

Hydraulická kotoučová brzda má výbornou účinnost při použití v různých podmínkách. Výhodou je použití malé ovládací síly. Jako brzdné médium je použita brzdová kapalina nebo minerální olej. [10]



Obr. č. 8 Kotoučová brzda [44]

## 2.4 ŘIDÍTKA A PŘEDSTAVCE

Řidítka zprostředkovávají otáčení vidlicí a tím ovládání jízdního kola. Zároveň slouží i jako opora jezdce. Řidítka jsou opatřena brzdovými pákami, řídícími pákami a v případě potřeby se mohou opatřit i světlem pro jízdu v noci. Vyrobeny ze stejného materiálu jako rám. Nejběžněji jsou hliníkové. Uchyceny do představce. Na koncích opatřeny rukojetí. V případě potřeby se můžou nainstalovat rohy.

Druhy řídítek:

- Berany – pro závodní silniční kola
- Rovná řídítka – použití u městských a horských kol
- Zahnutá řídítka – použití u městských a horských kol



*Obr. č. 9 Různé druhy řídítek [45]*

Představce slouží jako spojovací prvek, díky němuž dojde ke spojení řídítek s rámem. Hlavním parametrem je délka a sklon představce. Běžně se pohybuje okolo 100 mm. Platí pravidlo, čím více jezdec jede z kopce, tím je potřeba představce kratší. Délka ovlivňuje polohu těžiště, a tím i ovládání kola. Sklon upravuje relativní výšku řídítek vůči sedlu. [12]



*Obr. č. 10 Představec [12]*

## 2.5 POHONNÝ SYSTÉM KOLA

Pohonný systém kola je velice komplikovanou částí. Skládá se z několika dílů.

- Řetěz
- Pedály
- Kazety
- Klika s převodníky

Kola s jediným převodem používají řetěz o rozměru 1/8" nebo 3/32". Jízdní kolo s klasickým osazením má řetěz délky 3/32".

Osazením ozubených koleček do kazety má za následek zvýšení pevnosti. V minulosti před výrobou kazet docházelo k lámání zadní osy.

Pedály se liší dle druhu kola. Na městských či trekkingových kolech jsou použity plastové nebo gumové pedály. V závodní cyklistice jsou použity nášlapné pedály, na které je potřeba speciální obuv, která je nevhodná pro normální použití. Pro použití obyčejné obuvi lze použít na pedály klipsny. [11]



*Obr. č. 11 Kazeta, pedál, detail řetězu klipsny [11]*

## 2.6 KOLO

Velikost kola je zpravidla závislý na výšce člověka. Kolo jako celek je složeno z několika částí

- Ráfek
- Výplet
- Náboj
- Obutí

Ráfky se vyrábějí z hliníkových profilů zakružováním. Původní profil má délku 6 m. Nařezání na jednotlivé předem dané délky. Dalším krokem je svařování. Následuje vyvrtání otvorů na dráty výpletu. Ráfky mohou být různě tvarované. [13]

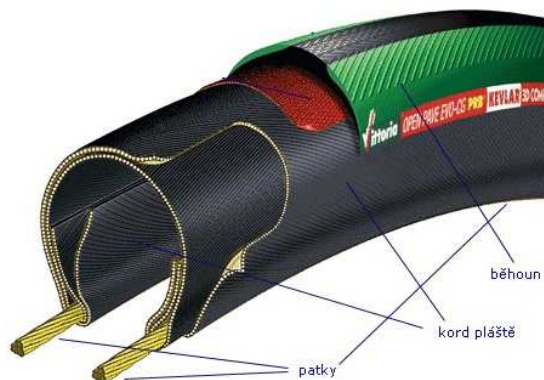
Výplet kola je složen z jednotlivých drátů, které mohou být pozinkované nebo nerezové. K uchycení drátu k ráfku slouží matice neboli niple. Na druhém konci jsou dráty uchyceny k náboji kola.

Náboj se nachází ve středu kola. Kotoučové brzdy jsou pevně spojeny s nábojem kol. Je rozdílný náboj pro přední a zadní kolo. Zadní náboj je delší z důvodu umístění kazety. Náboj a ráfek drží pohromadě výplet kola. Náboje mohou být i zapouzďené, kde není riziko proniknutí vody nebo prachu do ústrojí. [14]

## 2.7 OBUTÍ

Obutí přímo ovlivňuje jízdu. Je požadováno jisté vedení, trvanlivost a odolnost proti defektu. Plášť je montován na ráfek společně s duší. V dnešní době se častěji objevují horská kola s bezdušovou pneumatikou. Montáž bezdušové pneumatiky vyžaduje speciální ráfek.

Plášť je složen z několika komponentů a vrstev. Základem je kostra vyrobená většinou z textilie. Běhoun na povrchu pláště je vnější vrstva, která má přímý kontakt s terénem a je opatřena dezénem. K upevnění pláště k ráfku slouží patky, které jsou vyztuženy kovovými drátky.



Obr. č. 12 Konstrukce pneumatiky [15]

K jednoznačnému určení pláště slouží číselné údaje na bocích. Zásadní volbou pro volbu pláště je typ kola. Každý typ kola má rozdílný dezén, jízdní vlastnosti, průměry a šířky ráfků. Rozměry se mohou lišit. Můžou se udávat v milimetrech, ale i v palcích. [15]

## 2.8 SYSTÉM ŘAZENÍ

Hlavními zařízeními pro změnu převodu jsou měniče převodů (přehazovačky) a přesmykače. Změna převodů probíhá pomocí ovládání, které je umístěno na řídítkách. [8]

Přehazovačka je umístěna na zadním kole. Mění převodový poměr kazety. Převody se pohybují od 6 do 10 ozubených koleček na zadním kole. Nejvíce je možné i 11 pastorků. U předních kol se pohybuje od 1 do 3 ozubených kol. [17]

Přesmykač je komponent, který se stejně důležitý jako přehazovačka. Slouží k přeřazení na jednotlivé převodníky. U závodních horských kol je trend přesmykač nepoužívat. Využívá se jednoprevodníku s upraveným profilem zubů, který zabraňuje padání zubů. [16]

Řazení umístěno na řídítkách může mít více druhů. Nejběžnějším způsobem je páčkové řazení, méně častější je otočné řazení. Páčkové řazení nepotřebuje tolik místa a je komfortnější než otočné řazení. [16]



Obr. č. 13 Otočné a páčkové řazení [48]

### 3 ROZDĚLENÍ JÍZDNÍCH KOL

Jízdní kola se dělí především na kterém povrchu budou použita. Rozdílne bude použití kol do terénu nebo do měst.

#### 3.1 HORSKÁ KOLA

Název vznikl z anglického slova *mountain bike*, aby se s kolem dalo jezdit po horách. Ale to už neplatí. V dnešní době je použití mnohem širší. Kolo se stalo oblíbeným pro svou schopnost projet terénem bez větších obtíží a bez ohledu na povětrnostní vlivy. Je vybaveno širšími pláštěmi s hrubým vzorkem, aby mohlo překonávat nerovnosti. Velký rozsah převodů dovoluje překonávat různé náročnosti terénu. Kolo má vyšší vzdálenost osy středu od země. Průměr kol je obvykle 26 palců. Mohou se vyskytnout kola i s průměrem 29 palců. Tyto kola mají vyšší rychlost, lepší ovladatelnou a lepší výkon ve stoupání, avšak zhoršenou manévrovatelnou. Hmotnost se pohybuje okolo 12 kg. Posez je oproti silničnímu kolu vzpřímený a řídítka širší pro lepší ovladatelnost. Horská kola jsou konstruována s větší tuhostí, z důvodů vyššího namáhání. S postupem času se stala samozřejmostí odpružení (přední odpružení nebo přední i zadní odpružení). Dle zdvihu odpružení lze rozdělit na kola s menším zdvihem (do 120 mm), kola s vyššími zdvihy (120 až 160 mm) nazývané „enduro“ a kola se zdvihem až 200 mm, která jsou určena pro freeride a sjezd. Cenu i jízdní parametry ovlivňují brzdy. Dámská verze nelze poznat od pánské na první pohled. Dámské kolo má kratší rám i představec, užší řídítka, kratší sedlo a širší v zadní partii. U dámské kolo má

menší velikost. Výška rámu je dána výškou postavy. Pro postavu do 155 cm je výška rámu od 12 do 15 palců, nad 195 cm je výška rámu 23 až 24 palců. [3]



*Obr. č. 14 Horské jízdní kolo [3]*

### **3.2 TREKINGOVÁ KOLA**

Též nazýváno i crossová kola. Jedná se o hybrid mezi horským a silničním kolem. Robustnější stavba unese větší zatížení, větší kola a užší pneumatiky dovolují rychlou jízdu po komunikaci než horská kola. Vhodné i do nenáročného terénu. Posez je vzpřímený. Většina modelů má odpruženou vidlici, někdy i sedlovku. Převody se používají  $3 \times 7$  až  $3 \times 9$ . Rychlostí. Kolo je vhodné pro cykloturistiku. Obvykle kola mají průměr 28 palců. Ve standardní výbavě lze najít, blatníky, světla, stojánek a nosič na cyklistickou brašnu. Crossová kola mohou mít výšku rámu větší o 1 až 2 palce než horská kola. [3]



*Obr. č. 15 Crossové jízdní kolo [3]*

### **3.3 SILNIČNÍ KOLA**

Silniční kola lze rozdělit na několik kategorií. Podle výkonnosti jezdce, kvality povrchu nebo disciplíny. [49]

Podle výkonnosti se dělí na rekreaci, sportovní a závodní využití. Dle terénu na kvalitní asfalt, silnice horší kvality, cyklokrosové speciály a na triatlonové a „časovkové“ bicykly. [49]

Rekreační jízdní kola mívají hliníkový rám a jejich komponenty jsou navrženy tak, aby dobře fungovaly při menší frekvenci zatížení. Geometrie umožňuje vzpřímenější posed. [49]

Sportovní kola bývají vybaveny prvky pro tlumení vibrací. Rám může být karbonový i hliníkový. [49]

Závodní kola jsou zaměřena pouze na výkon bez ohledu na jízdní komfort. Mají geometrii s velmi položeným sedlem, nejlehčí a nejtužší rámy, zpravidla z karbonu, a velmi odolné komponenty. [49]

Používají se pouze k jízdě po pozemních komunikacích, které jsou zpevněné. Pro tato kola jsou typickým znakem úzké hladké pláště, šířky 19 až 25 mm, které mají nízký valivý odpor a dosahují vysokých rychlostí. Průměr kol je obvykle 28 palců. Jedná se o nejrychlejší a nej aerodynamičtější typ kola. Z důvodu co nejmenší hmotnosti, která se může pohybovat kolem 6 kg. Jednotlivé části nejsou odolné proti otřesům na nezpevněné komunikaci. [3]



*Obr. č. 16 Silniční jízdní kolo [3]*

### **3.4 MĚSTSKÁ KOLA**

Jinak nazývané Citybike. Jde o použití zejména v městském provozu, kde jsou malé dojezdové vzdálenosti. I pro fyzickou nenáročnost provozu, jelikož městské komunikace nejsou navrhovány ve velkých hodnotách podélných sklonů. Součástí kola může být nosič pro a odložení věcí, blatníky či světlo. Hmotnost se může pohybovat kolem 16 až 18 kg pro kolo s kompletní výbavou. Lehké kolo MyCity Traffic může mít i 15 kg. Posed je ve velmi vzpřímené poloze. Absence horní rámové trubky umožňuje snadné nasednutí i sesednutí. [3]



*Obr. č. 17 Městské jízdní kolo [3]*

### 3.5 BMX, FREESTYLE KOLA

Speciální kategorie jízdních kol určená pro jízdu přes překážky na krátkých tratích. Kola mají zpravidla průměr 16 až 24 palců. Průměr kola 16 a 18 palců je použití u dětí. Vybaveny stálým převodem. Velikost rámu je závislá na výšce a hmotnosti jezdce. Hmotnost se pohybuje okolo 11 kg. Zřídla může klesnout i pod hranici 10 kg. Mohou být připevněny pegy, prodloužené osy pro klouzání po zábradlích a akrobatické kousky. Vidlice a rám musí být z kvalitních materiálů z důvodu vysokého namáhání. [3]



*Obr. č. 18 BMX kolo [5]*

### 3.6 ELEKTROKOLA

Kola jsou vybavena elektrickým pomocným pohonem. Slouží pro snížení fyzické námahy při zdolávání převýšení. Standardní kolo má dojezd minimálně 40 km, kolo s nejlepším akumulátorem má dojezd i 200 km. [5]

Elektrokola lze rozdělit na městská, treková, horská a skládací. Umístění motoru může být ve předním, zadním kole nebo ve středu kola nazýván jako středový pohon. Městské elektrokolo má použití při pravidelném dojíždění do práce a na nákupy po nenáročném terénu. Dojezd je od 50 až 70 km. Hmotnosti se pohybují okolo 22 kg. Nosnost až 150 kg. Umístění elektromotoru je v předním kole. Horská elektrokola jsou určena pro jízdu po terénu. Dojezd je nepatrně vyšší než u městského kola a může se pohybovat od 60 do 100 km. Hmotnost je obdobná jako u městských elektrol. Elektromotor je umístěn v zadním kole. [50]

Umístění baterie může být na rámu elektrokola, nazývaná také jako lahvová baterie, nosičová baterie, převážně u městských a cestovních elektrokol nebo umístění baterie za sedlovou tyčí. Dojezdová vzdálenost zpravidla závisí na použité baterii. Dříve se používaly olovněné. V současnosti je nejvíce rozšířena lithiová baterie. Běžné napětí akumulátorů je 36V (výjimečně i 48V). [50]

### 3.7 DĚTSKÁ KOLA

Zmenšený model kola pro dospělé. Průměr kol je od 12 do 24 palců v závislosti na velikosti dítěte. Pro nižší průměry kol je zpravidla pevný převod a protisměrná šlapací brzda. Hmotnost může být od 3,28 kg pro nejmenší kola až po 13 kg pro kola s průměry kol 24 palců. [6]



*Obr. č. 19 Dětské jízdní kolo [6]*

### 3.8 TANDEMŮVÉ KOLA

Kola určená pro dvě osoby. Je vyžadována koordinace obou cyklistů. [46]

Geometrie tandemů je uzpůsobena jízdnímu stylu. Rámy mají delší hlavovou trubku, čímž jsou vyšší a tím komfortnější pro jízdu. Rozvor může být od 1,67 do 1,768 m. [46]



*Obr. č. 20 Tandemové jízdní kolo [46]*

## 4 LEGISLATIVA

V této kapitole byly vybrány, zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, vyhláška č.341/2014 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací. Pasáže se zabývají cyklistickou dopravou.

### 4.1 ZÁKON Č. 361/2000 SB., O PROVOZU NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH A O ZMĚNÁCH NĚKTERÝCH ZÁKONŮ

#### § 2 Vymezení základních pojmů

*a) Účastník provozu na pozemních komunikacích je každý, kdo se přímým způsobem účastní na provozu na pozemních komunikacích,*

*d) Řidič je účastník provozu na pozemních komunikacích, který řídí motorové nebo nemotorové vozidlo anebo tramvaj; řidičem je i jezdec na zvířeti,*

*h) Nemotorové vozidlo je přípojné vozidlo a vozidlo pohybující se pomocí lidské nebo zvířecí síly, například jízdní kolo, ruční vozík nebo potahové vozidlo,*

*l) Nesmět ohrozit znamená povinnost počínat si tak, aby jinému účastníku provozu na pozemních komunikacích nevzniklo žádné nebezpečí,*

*m) Nesmět omezit znamená povinnost počínat si tak, aby jinému účastníku provozu na pozemních komunikacích nebylo nijak překáženo,*

*ll) Přejezd pro cyklisty je místo na pozemní komunikaci určené pro přejíždění cyklistů přes pozemní komunikaci vyznačené příslušnou dopravní značkou,*

§ 2 shrnuje kdo je účastníkem provozu. Ať se jedná o cyklistu, který vede své jízdní kolo vedle sebe nebo jede na něm. Je v každé situaci účastníkem provozu pro kterého vyplývají práva jako pro ostatní účastníky provozu.

#### **§ 4 Povinnosti účastníka provozu na pozemních komunikacích**

*a) Chovat se ohleduplně a ukázněně, aby svým jednáním neohrožoval život, zdraví nebo majetek jiných osob ani svůj vlastní, aby nepoškozoval životní prostředí ani neohrožoval život zvířat, své chování je povinen přizpůsobit zejména stavebnímu a dopravně technickému stavu pozemní komunikace, povětrnostním podmínkám, situaci v provozu na pozemních komunikacích, svým schopnostem a svému zdravotnímu stavu,*

#### **§ 5 Povinnosti řidiče**

*b) Věnovat se plně řízení vozidla nebo jízdě na zvířeti a sledovat situaci v provozu na pozemních komunikacích,*

*f) Podrobit se na výzvu policisty, vojenského policisty, zaměstnavatele, ošetřujícího lékaře nebo strážníka obecní policie vyšetření podle zvláštního předpisu ke zjištění, zda není ovlivněn alkoholem,*

*g) Podrobit se na výzvu policisty, vojenského policisty, zaměstnavatele, ošetřujícího lékaře nebo strážníka obecní policie vyšetření podle zvláštního předpisu ke zjištění, zda není ovlivněn jinou návykovou látkou než alkoholem (dále jen „jiná návyková látka“)*

*(h) Ohrozit cyklistu přejíždějícího pozemní komunikaci na přejezdu pro cyklisty,*

#### **§ 7 Řidič nesmí**

*d) Kouřit při jízdě na motocyklu, na mopedu a na jízdním kole*

§ 5 říká, že se musí cyklista plně soustředit na jízdu. Existuje spousta prvků, které snižují soustředěnost. Pro rekreační jezdce se může jednat o sledování krajiny, billboardů nebo komunikaci s ostatními jezdci. V případě potřeby se podrobit dechové zkoušce na výzvu policisty.

### **Díl 3**

#### **Pravidla provozu na pozemních komunikacích**

##### **Oddíl 1**

##### **Jízda vozidly**

##### **§ 12**

*(2) V obci na pozemní komunikaci o dvou nebo více jízdních pruzích vyznačených na vozovce v jednom směru jízdy smí řidič motorového vozidla užívat k jízdě kteréhokoliv jízdního pruhu; přitom se nepovažuje za předjíždění, jedou-li vozidla v jednom z jízdních pruhů rychleji než vozidla v jiném jízdním pruhu. Pokud by vozidla jedoucí současně ve všech jízdních pruzích bránila v jízdě rychleji jedoucímu vozidlu, musí řidič jedoucí v levém krajním jízdním pruhu tento pruh co nejdříve uvolnit; to neplatí, užívá-li řidič levého krajního jízdního pruhu k odbočování, otáčení nebo při souběžné jízdě podle odstavce 3. Řidič nákladního automobilu o celkové hmotnosti převyšující 3 500 kg, jízdní soupravy, jejíž celková délka přesahuje 7 m, zvláštního motorového vozidla, motocyklu s nejvyšší povolenou rychlostí do 45 km/h a cyklista smí levý krajní jízdní pruh užít k jízdě, jen jestliže je to nutné k objíždění, předjíždění, otáčení nebo odbočování.*

##### **§ 14**

*(5) Je-li vyznačen jízdní pruh vodorovnými dopravními značkami jako jízdní pruh pro cyklisty, použijí se pro cyklisty a řidiče jiných vozidel odstavce 1 až 3 obdobně. Na jízdní pruh pro cyklisty smí řidič jiného vozidla vjet v podélném směru rovněž tehdy, není-li přilehlý jízdní pruh pro toto vozidlo dostatečně široký. Při vjíždění na jízdní pruh pro cyklisty nesmí řidič ohrozit cyklistu jedoucího v tomto pruhu*

##### **§ 17**

##### **Předjíždění**

*(2) Řidič, který při předjíždění vybočuje ze směru své jízdy, musí dávat znamení o změně směru jízdy a nesmí ohrozit řidiče jedoucí za ním. Řidič musí dát znamení o změně směru jízdy při předjíždění cyklisty.*

*(5) Řidič nesmí předjíždět*

*d) na přechodu pro chodce nebo na přejezdu pro cyklisty a bezprostředně před nimi,*

*f) na křižovatce a v těsné blízkosti před ní; tento zákaz neplatí*

*2. jde-li o předjíždění jízdních kol, mopedů a motocyklů bez postranního vozíku,*

## **§ 21**

### **Odbočování**

*(5) Řidič odbočující vlevo musí dát přednost v jízdě protijedoucím motorovým i nemotorovým vozidlům, jezdcům na zvířeti, protijedoucím organizovaným útvarům chodců a průvodcům hnaných zvířat se zvířaty, tramvajím jedoucím v obou směrech a vozidlům jedoucím ve vyhrazeném jízdním pruhu, pro něž je tento jízdní pruh vyhrazen, a cyklistům jedoucím v jízdním pruhu pro cyklisty.*

*(6) Řidič odbočující vpravo musí dát přednost v jízdě vozidlům jedoucím ve vyhrazeném jízdním pruhu, pro něž je tento jízdní pruh vyhrazen, a cyklistům jedoucím v jízdním pruhu pro cyklisty. Tam, kde je povolena jízda podél tramvaje vlevo, musí dát přednost v jízdě i tramvaji.*

## **§ 23**

### **Vjíždění na pozemní komunikaci**

*(1) Při vjíždění z místa ležícího mimo pozemní komunikaci na pozemní komunikaci musí dát řidič přednost v jízdě vozidlům nebo jezdcům na zvířatech jedoucím po pozemní komunikaci nebo organizovanému útvaru chodců nebo průvodcům hnaných zvířat se zvířaty jedoucím po pozemní komunikaci. To platí i při vjíždění z účelové pozemní komunikace nebo ze stezky pro cyklisty nebo z obytné nebo pěší zóny na jinou pozemní komunikaci.*

### **Provoz v obytné, pěší a cyklistické zóně**

#### **§ 39a**

*(1) Cyklistická zóna je oblast, jejíž začátek je označen dopravní značkou „Zóna pro cyklisty“ a konec je označen dopravní značkou „Konec zóny pro cyklisty“.*

(2) V cyklistické zóně smějí cyklisté užívat vozovku v celé její šířce, přičemž se na ně nevztahuje § 57 odst. 2 a 3.

(3) Jiným vozidlům než jízdním kolům je vjezd do cyklistické zóny povolen jen tehdy, jsou-li vyznačena ve spodní části dopravní značky podle odstavce 1.

(4) V cyklistické zóně smí řidič jet rychlostí nejvýše 30 km/h. Přitom musí dbát zvýšené ohleduplnosti vůči cyklistům, které nesmí ohrozit; v případě nutnosti musí zastavit vozidlo. Stání je dovoleno jen na místech označených jako parkoviště.

(5) V cyklistické zóně musí cyklisté umožnit motorovým vozidlům jízdu.

#### **§ 40**

(1) Není-li v tomto oddílu stanoveno jinak, platí pro provoz v obytné, pěší a cyklistické zóně ostatní ustanovení tohoto zákona.

(2) Je-li povolen vjezd cyklistů na chodník nebo stezku pro chodce, použijí se pro jejich pohyb § 39 odst. 5 a 7 obdobně.

#### **§ 53**

(2) Jiní účastníci provozu na pozemních komunikacích než chodci nesmějí na chodníku nebo stezky pro chodce užívat, pokud není v tomto zákoně stanoveno jinak.

(4) Je-li zřízena stezka pro chodce a cyklisty označená dopravní značkou "Stezka pro chodce a cyklisty", nesmí chodec ohrozit cyklistu jedoucího po stezce.

(5) Je-li zřízena stezka pro chodce a cyklisty označená dopravní značkou "Stezka pro chodce a cyklisty", na které je oddělen pruh pro chodce a pruh pro cyklisty, je chodec povinen užít pouze pruh vyznačený pro chodce. Pruh vyznačený pro cyklisty může chodec užít pouze při obcházení, vcházení a vycházení ze stezky pro chodce a cyklisty; přitom nesmí ohrozit cyklisty jedoucí v pruhu vyznačeném pro cyklisty.

(7) Osoba vedoucí jízdní kolo nebo moped smí užít chodníku, jen neohrozí-li ostatní chodce; jinak musí užít pravé krajnice nebo pravého okraje vozovky.

## **§ 57 Jízda na jízdním kole**

(1) *Je-li zřízen jízdní pruh pro cyklisty, vyhrazený jízdní pruh pro cyklisty, stezka pro cyklisty nebo je-li na křižovatce řízeným provozem zřízen pruh pro cyklisty a vymezený prostor pro cyklisty, je cyklista povinen jich užít.*

(2) *Na pozemní komunikaci se na jízdním kole jezdí při pravém okraji vozovky; nejsou-li tím ohrožováni ani omezováni chodce, smí se jet po pravé krajnici. Jízdním kolem se z hlediska provozu na pozemních komunikacích rozumí i koloběžka.*

(3) *Cyklisté smějí jet jen jednotlivě za sebou.*

(4) *Pohybují-li se pomalu nebo stojí-li vozidla za sebou při pravém okraji vozovky, může cyklista jedoucí stejným směrem tato vozidla předjíždět nebo objíždět z pravé strany po pravém okraji vozovky nebo krajnici, pokud je vpravo od vozidel dostatek místa; přitom je povinen dbát zvýšené opatrnosti. To neplatí, odbočuje-li vozidlo vpravo a dává-li znamení o změně směru jízdy.*

(5) *Je-li zřízena stezka pro chodce a cyklisty označená dopravní značkou „Stezka pro chodce a cyklisty“, nesmí cyklista ohrozit chodce jdoucí po stezce. Je-li v místě křížení stezky pro chodce a cyklisty s jinou pozemní komunikací zřízen sdružený přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty, použijí se ve vztahu k tomuto sdruženému přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty pro jednotlivé účastníky provozu na pozemních komunikacích obdobné ustanovení upravující chování těchto účastníků provozu na přechodu pro chodce a na přejezdu pro cyklisty.*

(6) *Je-li zřízena stezka pro chodce a cyklisty označená dopravní značkou „Stezka pro chodce a cyklisty“, na které je oddělen pruh pro chodce a pruh pro cyklisty, je cyklista povinen užít pouze pruh vyznačený pro cyklisty. Pruh vyznačený pro chodce může cyklista užít pouze při objíždění, otáčení, odbočování a vjíždění na stezku pro chodce a cyklisty; přitom nesmí ohrozit chodce jdoucí v pruhu vyznačeném pro chodce.*

(7) *Vyhrazený jízdní pruh pro cyklisty nebo stezku pro cyklisty může užít i osoba pohybující se na lyžích nebo kolečkových bruslích nebo obdobném sportovním vybavení, Přitom je tato osoba povinna řídit se pravidly podle odstavců 2, 3, 5 a 6 a světelnými signály podle § 73.*

(8) *Před vjezdem na přejezd pro cyklisty se cyklista musí přesvědčit, zda-li může vozovku přejet, aniž by ohrozil sebe i ostatní účastníky provozu na pozemních komunikacích,*

*cyklista smí přejíždět vozovku, jen pokud s ohledem na vzdálenost a rychlost jízdy přijíždějících vozidel nedonutí jejich řidiče k náhlé změně směru nebo rychlosti jízdy. Na přejezdu pro cyklisty se jezdí vpravo.*

§ 57 upravuje jízdu na kole. V jakých případech musí cyklista využít pruhu pro cyklisty, stezky pro cyklisty nebo stezky pro cyklisty a chodce. Cyklista musí využít pruhu jenom pro cyklisty určené. Při objíždění, otáčení, odbočování a vjíždění na stezku pro chodce může cyklista užít i jiných pruhů pro ostatní účastníky provozu se zvýšenou opatrností.

## **§ 58**

*(1) Cyklista mladší 18 let je povinen za jízdy použít ochrannou přilbu schváleného typu podle zvláštního právního předpisu a mít ji nasazenou a řádně připevněnou na hlavě.*

*(2) Dítě mladší 10 let smí na silnici, místní komunikace a veřejně přístupné účelové komunikaci jet na jízdním kole jen pod dohledem osoby starší 15 let; to neplatí pro jízdu na chodníku, cyklistické stezce a v obytné a pěší zóně.*

*(3) Na jednomístném jízdním kole není dovoleno jezdit ve dvou; je-li však jízdní kolo vybaveno pomocným sedadlem pro přepravu dítěte a pevnými opěrami pro nohy, smí osoba starší 15 let vézt osobu mladší 7 let. Osoba starší 18 let může vézt nejvýš dvě děti mladší 10 let v přívěsném vozíku určeném pro přepravu dětí, který splňuje technické podmínky stanovené zvláštním předpisem, nebo dítě na dětském kole připojeném k jízdnímu kolu spojovací tyčí.*

*(4) Cyklista nesmí jet bez držení řídítek, držet se jiného vozidla, vést za jízdy druhé jízdní kolo, ruční vozík, psa nebo jiné zvíře a vozit předměty, které by znesnadňovaly řízení jízdního kola nebo ohrožovaly jiné účastníky provozu na pozemních komunikacích. Při jízdě musí mít cyklista nohy na šlapadlech.*

*(5) Cyklista je povinen za snížené viditelnosti mít za jízdy rozsvícen světlomet s bílým světlem svítící dopředu a zadní svítilnu se světlem červené barvy nebo přerušovaným světlem červené barvy. Je-li vozovka dostatečně a souvisle osvětlena, může cyklista použít náhradu za světlomet svítilnu bílé barvy s přerušovaným světlem.*

*(6) K jízdnímu kolu se smí připojit přívěsný vozík, který není širší než 900 mm, má na zádi dvě červené odrazky netrojúhelníkového tvaru umístěné co nejblíže k bočním obrysům*

vozíku a je spojen s jízdním kolem pevným spojovacím zařízením. Zakrývá-li přívěsný vozík nebo jeho náklad za snížené viditelnosti zadní obrysové červené světlo jízdního kola, musí být přívěsný vozík opatřen vlevo na zádi červeným neoslňujícím světlem. Jsou-li v přívěsném vozíku přepravovány děti, musí být přívěsný vozík označen žlutám nebo oranžovým praporkem nebo štítkem o rozměru 300 × 300 mm vztyčeným ve výšce 1200 – 1600 mm nad úrovní vozovky.

Změnit první bod, aby všichni cyklisté měli povinně při jízdě nasazenou a upevněnou ochrannou přilbu. S vysokou pravděpodobností by došlo ke snížení úmrtnosti. Hlava je nejzranitelnější. S jízdou cyklistů, jakéhokoliv věku, na chodníku nesouhlasím. Chodník slouží pouze pro pěší. Pokud cyklista je nucen použít chodník, ať sesedne a jízdní kolo vede vedle sebe. U pátého bodu poupravit, aby cyklisté měli za zhoršené viditelnosti reflexní vestu nebo oděv s reflexními prvky.

### § 73

(1) Je-li na stezce pro cyklisty nebo cyklistickém pruhu zřízeno světelné signalizační zařízení se světelnými signály „Signál pro cyklisty se znamením Stůj!“, „Signál pro cyklisty se znamením Pozor!“, „Signál pro cyklisty se znamením Volno!“. Platí obdobně § 70 odst. 1 písm. a) až d). To platí i tehdy, je-li signál s plnými kruhovými světla doplněn bílou tabulkou s vyobrazením jízdního kola.

(2) Jsou-li signály pro cyklisty umístěny za pozemní komunikaci, znamená signál

a) „Signál pro cyklisty se znamením Stůj!“, že cyklista nesmí vjíždět na vozovku,

b) „Signál pro cyklisty se znamením Stůj!“ spolu se signálem „Signál pro cyklisty se znamením Pozor!“, že cyklista je povinen připravit se k jízdě,

c) „Signál pro cyklisty se znamením Volno“, že cyklista může přejíždět vozovku; rozsvítí-li se poté signál „Signál pro cyklisty se znamením Pozor!“, smí dokončit přejetí k světelnému signalizačnímu zařízení s tímto signálem.

Tam, kde jsou světelná signalizační zařízení pro cyklisty vybavena tlačítkem pro cyklisty, smí cyklista po stisknutí tlačítka vjet na vozovku teprve na znamení signálu „Signál pro cyklisty se znamením Volno“ [7].

### **Piktogramový koridor pro cyklisty**

Značka vyznačuje prostor a směr jízdy cyklistů. Řidiče motorových vozidel upozorňuje, že se na pozemní komunikaci nachází zvýšený provoz cyklistů. [34]

Je značeno pouze vodorovným dopravním značením (V20) Dopravní opatření je volně pojízdné a pro účastníky neplynou žádná práva ani povinnosti. Toto značení je stále více používáno ve větších městech, kde není dostatek místa pro samostatný cyklistický pruh. Jedná se o sdílení jízdního pruhu jak pro cyklisty, tak i pro motorová vozidla a ostatní účastníky provozu. [35]

### **Jízdní pruhy pro motorovou dopravu**

Jízdní pruhy se navrhují jako dvoupruhové až čtyřpruhové jednosměrné, dvoupruhové až čtyřpruhové obousměrné, jednopruhé jednosměrné, jednopruhé obousměrné s výhybnami. V šířkách od 2,75 do 3,5 m. [36]

### **Jízdní pruhy pro cyklisty a cyklostezky**

Cyklistický provoz se ve vztahu k ostatním účastníkům dopravy navrhuje jako společný nebo oddělený. V provozu společném jsou cyklisté vedeni ve společném prostoru s ostatními účastníky dopravy (jízdní pruh, pruh/pás/stezka pro chodce a cyklisty), v provozu odděleném jsou vedeni po pružích/pásech pro cyklisty v prostoru místní komunikace (v hlavním nebo přidruženém dopravním prostoru), nebo po samostatných stezkách pro cyklisty mimo prostor místní komunikace (po místních komunikacích funkční podskupiny D2). Možnosti vedení cyklistického provozu je znázorněno v Tab. č. 1. [36]

*Tab. č. 1 Vedení cyklistů v provozu*

|                                                                                                                                 | společný provoz                                                                                                                                                                         | oddělený provoz                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| v hlavním dopravním prostoru                                                                                                    | - v jízdním pruhu pro motorová vozidla<br>místních komunikací funkčních skupin B a C a účelových komunikací<br>- v autobusovém nebo trolejbusovém pruhu<br>- v obytných a pěších zónách | samostatný jízdní pruh pro cyklisty<br>v hlavním dopravním prostoru<br>komunikací funkční skupiny B a C |
| v přidruženém prostoru                                                                                                          | společný pruh/pás pro chodce a cyklisty                                                                                                                                                 | jízdní pruh/pás pro cyklisty<br>v přidruženém prostoru                                                  |
| samostatné stezky                                                                                                               | stezka pro chodce a cyklisty                                                                                                                                                            | stezka pro cyklisty                                                                                     |
| Poznámky :<br>- společný provoz chodců a cyklistů je možný při převažujícím podílu chodců;<br>- oddělený provoz podle 10.4.2.2. |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |

## 4.2 ČSN 73 6110 PROJEKTOVÁNÍ MÍSTNÍCH KOMUNIKACÍ

### 10.4.3 Uspořádání pruhů/pásů/stezek pro cyklisty

10.4.3.1 Jízdní pruhy pro cyklisty se mají zpravidla navrhovat jako jednosměrné (v odůvodněných případech mohou být obousměrné). Základní šířka je 1,00 m.

10.4.3.3 Jízdní pásy pro cyklisty v přidruženém prostoru se navrhují zpravidla jako jednosměrné. Obousměrný jízdní pás se může navrhnout v odůvodněných případech.

10.4.3.4 Stezky pro cyklisty vedené v samostatné trase se navrhují jako dvoupruhové obousměrné. Protisměrné pruhy na jízdním pásu stezky pro cyklisty mají být odděleny bezpečnostním odstupem a vodorovným dopravním značením.

10.4.3.5 Stezky pro společný provoz cyklistů a chodců se mohou navrhovat jen při nižších intenzitách provozu jak cyklistů tak chodců. Není vhodné zřizovat v místech častého křížení s provozem chodců (vchody do staveb apod.) a tam, kde má přidružený prostor pobytovou funkci.

10.4.3.6 Stezky pro společný provoz cyklistů a chodců mají mít šířku  $\geq 3,00$  m. Pokud intenzita provozu na stezce překročí 180 chodců/h a 150 cyklistů/h rozšíří se stezka na 4,00 m, nebo se provoz cyklistů a chodců oddělí. Při intenzitě  $\leq 50$  cyklistů a 100 chodců/h se šířka stezky může snížit na 2,00 m ve stísněných poměrech na 1,75 m. V odůvodněných případech (stezka v území nezastavitelném) lze připustit i menší šířku, nejméně základní šířku pruhu 1,00 m při intenzitách  $\leq 20$  cyklistů a 50 chodců/h v obou směrech, pokud je možné v dohledové vzdálenosti vzájemné vyhnutí cyklistů a chodců. [36]

ČSN je závazná pro projektanty, kteří se zabývají danou problematikou. Norma stanovuje minimální a maximální hodnoty (poloměry směrových oblouků, poloměry výškových oblouků, sklony, atd.) pro bezpečný provoz.

#### **4.3 VYHLÁŠKA Č. 341/2014 SB. O SCHVALOVÁNÍ TECHNICKÉ ZPŮSOBILOSTI A O TECHNICKÝCH PODMÍNKÁCH PROVOZU VOZIDEL NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH**

**C) Technické požadavky na výbavu jízdních kol, potahových vozidel a ručních vozíků:**

##### **1. Jízdní kola musí být vybavena**

a) dvěma na sobě nezávislými účinnými brzdami s odstupňovatelným ovládním brzdného účinku; jízdní kola pro děti předškolního věku vybavená volnoběžným nábojem s protiřlapací brzdou nemusí být vybavena přední brzdou,

b) volné konce trubky řídítek musí být spolehlivě zaslepeny, např. zátkami, rukojeťmi apod.,

c) zakončení ovládacích páček brzd a volné konce řídítek musí mít hrany buď obaleny materiálem pohlcujícím energii, nebo jsou-li použity tuhé materiály, musí mít hrany o poloměru zakřivení nejméně 3,2 mm; páčky měničů převodů, křídlové matice, rychloupínače nábojů kol, držáky a konce blatníků musí mít hrany buď obaleny materiálem pohlcujícím energii, nebo jsou-li použity tuhé materiály, musí mít hrany o poloměru nejméně 3,2 mm v jedné rovině a v druhé rovině na ni kolmé nejméně 2 mm,

d) matice nábojů kol, pokud nejsou křídlové, rychloupínací nebo v kombinaci s krytkou konce náboje, musí být uzavřené,

e) zadní odrazkou červené barvy, tato odrazka může být kombinována se zadní svítilnou vyzařující světlo červené barvy nebo nahrazena odrazovými materiály obdobných vlastností; plocha odrazky nesmí být menší než 2000 mm<sup>2</sup>, přičemž vepsaný čtyřúhelník musí mít jednu stranu dlouhou nejméně 40 mm, odrazka musí být pevně umístěna v podélné střední rovině jízdního kola nebo po levé straně co nejbližší k ní ve výšce 250-900 mm nad rovinou vozovky; činná plocha odrazky musí být kolmá k rovině vozovky v toleranci +/-15 st. a kolmá k podélné střední rovině jízdního kola s tolerancí +/-5 st.; odrazové materiály nahrazující zadní odrazku mohou být umístěny i na oděvu či obuvi cyklisty,

f) přední odrazkou bílé barvy, tato odrazka může být nahrazena odrazovými materiály obdobných vlastností; odrazka musí být umístěna v podélné střední rovině nad povrchem pneumatiky předního kola u stojícího kola; plocha odrazky nesmí být menší než 2000 mm<sup>2</sup>, přičemž vepsaný čtyřúhelník musí mít jednu stranu dlouhou nejméně 40 mm, činná plocha

odrazky musí být kolmá k rovině vozovky s tolerancí  $\pm 15$  st. a kolmá k podélné střední rovině jízdního kola s tolerancí  $\pm 5$  st.; odrazové materiály nahrazující odrazku mohou být umístěny i na oděvu či obuvi cyklisty,

g) odrazkami oranžové barvy (autožluť) na obou stranách šlapátek - pedálů, tyto odrazky mohou být nahrazeny světlo odrážejícími materiály umístěnými na obuvi nebo v jejich blízkosti,

h) na paprscích předního nebo zadního kola nebo obou kol nejméně jednou boční odrazkou oranžové barvy (autožluť) na každé straně kola; plocha odrazky nesmí být menší než 2000 mm<sup>2</sup>, přičemž vepsaný čtyřúhelník musí mít jednu stranu dlouhou nejméně 20 mm, tyto odrazky mohou být nahrazeny odrazovými materiály na bocích kola nebo na bocích plášťů pneumatik či na koncích blatníků nebo bočních částech oděvu cyklisty.

Kapitola zabývající se vybaveností jízdních kol. Všechna jízdní kola by měla být těmito prvky vybavena.

## **2. Jízdní kola pro jízdu za snížené viditelnosti musí být dále vybavena následujícími zařízeními pro světelnou signalizaci a osvětlení:**

a) světlometem svítícím dopředu bílým světlem; světlomet musí být seřízen a upraven trvale tak, aby referenční osa světelného toku protínala rovinu vozovky ve vzdálenosti nejdále 20 m od světlometu a aby se toto seřízení nemohlo samovolně nebo neúmyslným zásahem cyklisty měnit, je-li vozovka dostatečně a souvisle osvětlena, může být světlomet nahrazen svítilnou vyzařující světlo bílé barvy s přerušovaným světlem,

b) zadní svítilnou vyzařující světlo červené barvy, podmínky pro umístění této svítilny jsou shodné s podmínkami pro umístění a upevnění zadní odrazky podle odstavce 1 písm. e); zadní svítilna vyzařující světlo červené barvy může být kombinována se zadní odrazkou červené barvy podle odstavce 1 písm. e); zadní svítilna vyzařující světlo červené barvy může být nahrazena svítilnou s přerušovaným světlem červené barvy,

c) zdrojem elektrického proudu, jde-li o zdroj se zásobou energie, musí svou kapacitou zajistit svítivost světel podle písmen a) a b) po dobu nejméně 1,5 hodiny bez přerušení.

3. Světelná výbava jízdního kola se nepovažuje za výbavu ve smyslu ustanovení § 32 zákona č. 361/2000 Sb.

4. Je-li jízdní kolo vybaveno pomocným sedadlem pro dopravu dítěte, musí být toto sedadlo pevně připevněno a opatřeno pevnými podpěrami pro nohy dítěte. Sedadlo a podpěry musí být provedeny a umístěny tak, aby nemohlo dojít ke zranění dítěte při jízdě ani k ohrožení bezpečnosti jízdy. Je-li jízdní kolo vybaveno nosičem zavazadel, musí být tento nosič řádně a spolehlivě připevněn a nesmí ovlivňovat bezpečnost jízdy.

5. Pneumatiky a ráfky nesmí vykazovat trhliny, praskliny a jiné zjevné deformace, které by zjevně narušovaly bezpečnost jízdy.

6. Jízdní kola uváděná na trh musí mít na snadno dostupném místě rámu trvanlivě vyznačeno dobře čitelné výrobní číslo nebo být vybavena zařízením jej spolehlivě nahrazujícím. Za spolehlivě výrobní číslo nahrazující zařízení se v tomto případě považuje například i elektronický nosič takové informace, který bude pevně spojen s rámem jízdního kola.

7. Jízdní kola uváděná na trh, pokud nejsou vybavena podle bodu 2 této přílohy, tj. pro jízdu za snížené viditelnosti, musí být opatřena jednoznačným a zřetelným upozorněním v návodu k obsluze, že tato kola nejsou za daného stavu vybavení způsobilá k provozu na pozemních komunikacích za snížené viditelnosti.

8. Jízdní kolo může být vybaveno dodatečně pomocným motorkem, jestliže

- a) bude nadále zachován původní charakter jízdního kola podle bodu 1 a 2,
- b) pomocný motorek bude přiměřeně plnit podmínky ustanovení § 19 zákona,
- c) jeho výkon nepřesáhne 1 kW,

d) v případě použití spalovacího motoru, nebude mít takový motor objem válce nebo válců větší než 50 cm<sup>3</sup>,

e) maximální konstrukční rychlost nebude vyšší než 25 km/h,

f) montáž pohonného systému - motor, nádrž paliva nebo akumulátor na jízdní kolo, si nevyžádá zásah na jeho nosných částech.

Pokud vozidlo splňuje všechny výše uvedené požadavky, považuje se pro potřeby této vyhlášky nadále za jízdní kolo.

9. Pro účely této vyhlášky se jízdním kolem rozumí i tříkolky a vícekolky, stejně jako vícesedadlová jízdní kola - tandemy a jim podobná vozidla poháněná lidskou silou a určená i k provozu na pozemních komunikacích, jako například koloběžky.

*Vozidla takto definovaná, jejichž šířka přesahuje 1,0 m, musí být vybavena zdvojeným osvětlením podle bodu 1 písmen e) a f) a bodu 2 písmen a) a b), které musí být umístěno symetricky k podélné ose vozidla, v maximální vzdálenosti 0,2 m od podélné roviny vyznačující šířku vozidla. Konstrukční požadavky uvedené v bodech 1 až 8 se na tato vozidla použijí přiměřeně.*

*Šířkou pro účely tohoto bodu se rozumí vzdálenost mezi dvěma rovinami rovnoběžnými s podélnou rovinou vozidla a tečnými k vozidlu na obou stranách této roviny. Všechny části vozidla a zvláště všechny pevné části vyčnívající do stran se musí nacházet mezi těmito dvěma rovinami, s výjimkou zpětného zrcátka nebo zrcátek.*

*10. Pro účely této vyhlášky se jízdním kolem dále rozumí i jízdní kola s pedály, která jsou vybavena přídatným elektrickým motorem dle směrnice 2002/24/ES. [37]*

## **4.4 NEHODOVOST CYKLISTŮ**

Aktuální výsledky statistik v České republice ukazují klesající tendenci úmrtí. Ale stále se jedná o poměrně vysoké výsledky. Počet usmrcení je brán jako jeden z nejzávažnějších problémů. Při porovnání s ostatními státy v Evropské Unii, které mají mnohem hustší intenzitu, se neřadíme ke špičce. Cyklisté spolu s chodci tvoří nejzranitelnější skupinu. [20]

## **4.5 STATISTIKY NEHODOVOSTI PRO ROK 2016**

Statistické údaje nehodovosti cyklistů získává a zpracovává Policie České republiky. Informace jsou volně k nahlédnutí veřejnosti na internetových stránkách.

V roce 2016 se stalo 98 864 dopravních nehod. Kdy došlo k usmrcení 545 osob. Nejtragičtějším měsícem byl Říjen.

Tab. č. 2 Nehodovost pro rok 2016 [18]

| Nehody a následky po měsících, 2016 | počet nehod   | usmrceno   | těžce zraněno | lehce zraněno | hmotná škoda         |
|-------------------------------------|---------------|------------|---------------|---------------|----------------------|
| leden                               | 7 992         | 27         | 150           | 1 728         | 450 223 200          |
| únor                                | 6 698         | 31         | 146           | 1 389         | 385 338 400          |
| březen                              | 7 362         | 48         | 192           | 1 600         | 434 909 000          |
| duben                               | 7 974         | 37         | 197           | 1 776         | 450 706 600          |
| květen                              | 8 788         | 44         | 252           | 2 161         | 512 088 800          |
| červen                              | 8 645         | 36         | 272           | 2 602         | 508 591 400          |
| červenec                            | 8 173         | 60         | 268           | 2 614         | 480 094 900          |
| srpen                               | 8 595         | 60         | 300           | 2 648         | 531 498 600          |
| září                                | 8 686         | 52         | 285           | 2 406         | 503 968 400          |
| říjen                               | 9 286         | 62         | 203           | 2 033         | 546 175 100          |
| listopad                            | 8 445         | 37         | 152           | 1 812         | 513 005 300          |
| prosinec                            | 8 220         | 51         | 163           | 1 732         | 487 604 700          |
| <b>Celkem</b>                       | <b>98 864</b> | <b>545</b> | <b>2 580</b>  | <b>24 501</b> | <b>5 804 204 400</b> |

Další tabulka znázorňuje počet dopravních nehod podle zavinění. Z pohledu řidiče motorového vozidla se jednalo o 82 981 dopravních nehod. Cyklisté zavinili 2 476 nehod. V porovnání s rokem 2015 jde o snížení o 37 nehod.

Tab. č. 3 Nehodovost podle druhu vozidla [18]

| Nehody podle druhu vozidla    | počet nehod | rozdíl nehod | tj. rozdíl nehod v % |
|-------------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| moped                         | 108         | 15           | 16,1                 |
| malý motocykl                 | 111         | -11          | -9,0                 |
| motocykl                      | 1 609       | -60          | -3,6                 |
| osobní automobil bez přívěsu  | 51 681      | 2 977        | 6,1                  |
| osobní automobil s přívěsem   | 488         | 50           | 11,4                 |
| nákladní automobil            | 7 507       | 505          | 7,2                  |
| nákladní automobil s přívěsem | 776         | 40           | 5,4                  |
| nákladní automobil s návěsem  | 2 894       | 151          | 5,5                  |
| autobus                       | 1 161       | 12           | 1,0                  |
| traktor                       | 269         | 12           | 4,7                  |
| tramvaj                       | 111         | 12           | 12,1                 |
| trolejbus                     | 54          | -2           | -3,6                 |
| jiné motorové vozidlo         | 190         | 37           | 24,2                 |
| jízdní kolo                   | 2 476       | -37          | -1,5                 |
| povoz, jízda na koni          | 5           | -5           | -50,0                |
| jiné nemotorové vozidlo       | 27          | -2           | -6,9                 |
| vlak                          | 1           | 1            | .                    |
| nezjištěno, řidič ujel        | 16 127      | 1 026        | 6,8                  |
| jiný druh vozidla             | 11          | 6            | 120,0                |

Počet usmrcených cyklistů se vyšplhal na 39. Rozdílné hodnoty jsou s porovnáním s rokem 2015. Jedná se o snížení o 29 osob. Z celkového počtu usmrcených se jedná o 7,2 %.

Tab. č. 4 Počet usmrcených osob [18]

| počet usmrcených | Kategorie osoby                               | rozdíl |
|------------------|-----------------------------------------------|--------|
| 209              | řidič osobního vozidla sólo                   | -19    |
| 111              | chodec                                        | -20    |
| 91               | spolujezdec v osobním vozidle sólo            | -6     |
| 59               | řidič motocyklu                               | -22    |
| 39               | cyklista                                      | -29    |
| 21               | řidič nákladního vozidla sólo                 | 7      |
| 6                | spolujezdec v nákladním automobilu sólo       | 1      |
| 2                | řidič nákladního automobilu s přívěsem        | 2      |
| 2                | spolujezdec v nákladním automobilu s přívěsem | 2      |
| 2                | řidič nákladního automobilu s návěsem         | -3     |
| 1                | řidič malého motocyklu                        | -1     |
| 1                | spolujezdec v osobním vozidle s přívěsem      | -4     |
| 1                | řidič traktoru                                | -2     |

Dopravních nehod zaviněných pod vlivem alkoholu se stalo 4 373. Jednalo se o 4,4 % z celkového počtu dopravních nehod. Pro skupinu cyklistů nejsou k dispozici data [18].

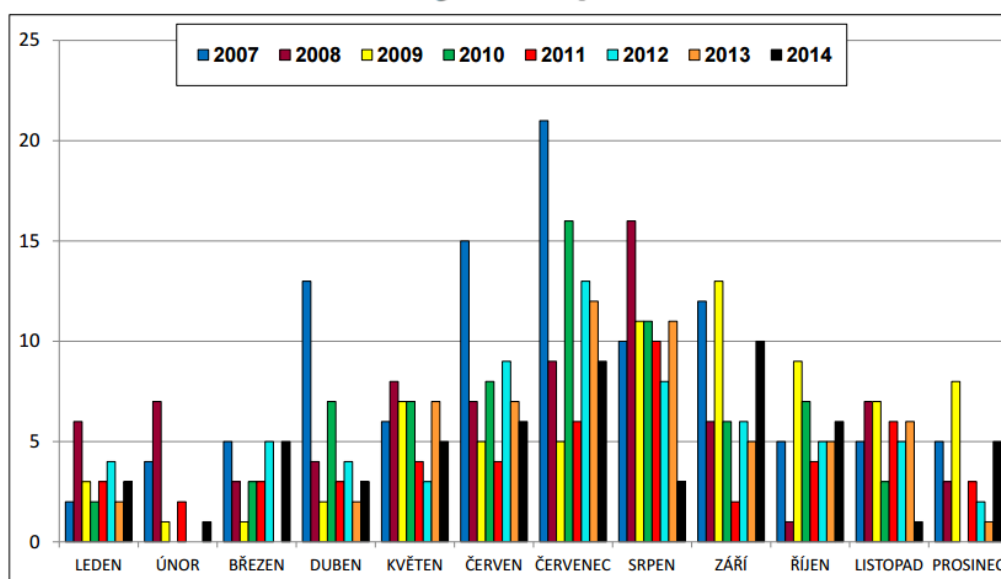
Tab. č. 5 Příčiny dopravních nehod [18]

| Pořadí | Nejčtenější příčiny nehod zaviněných řidiči motorových vozidel      | počet nehod |
|--------|---------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.     | řidič se plně nevěnoval řízení vozidla                              | 16 396      |
| 2.     | nesprávné otáčení nebo couvání                                      | 8 304       |
| 3.     | nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem                         | 8 146       |
| 4.     | jiný druh nesprávné jízdy                                           | 6 869       |
| 5.     | nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky                              | 6 797       |
| 6.     | nezvládnutí řízení vozidla                                          | 4 447       |
| 7.     | nepřízpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky         | 4 222       |
| 8.     | nedání přednosti upravené dopravní značkou "DEJ PŘEDNOST V JÍZDĚ !" | 4 028       |
| 9.     | vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu                           | 3 508       |
| 10.    | vjetí do protisměru                                                 | 2 716       |

Tab. č. 5 zobrazuje příčiny dopravních nehod pro všechny účastníky dopravního provozu. Bohužel nejsou k dispozici data pouze pro cyklisty.

Nošením bezpečností helmy se sníží riziko poranění hlavy až o 85 %. V polovině případů cyklistických nehod je zasažena hlava. Většina vážných se stává na klidných vedlejších komunikacích. Cyklistická přilba musí být schváleného typu [19].

## Usmrcení cyklisté po měsících



Graf č. 1 Počet usmrcených cyklistů v jednotlivých rocích [51]

Graf zobrazující usmrcení cyklistů v jednotlivých měsících až do roku 2007. Nejvíce úmrtí připadá na letní měsíc Červenec [51].

Tab. č. 6 Usmrceni cyklisté v jednotlivých rocích [51]

| Rok                       | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Počet usmrcených cyklistů | 108  | 75   | 67   | 70   | 50   | 64   | 58   | 56   |

Klesající tendence je značná, kdy došlo během sedmi let o snížení úmrtnosti cyklistů skoro až o 50 %. V roce 2016 se jednalo o 39 případů úmrtí.

## 4.6 METODY PRO ZLEPŠENÍ BEZPEČNOSTI

Dle zákona č. 361/2000 Sb., O provozu na pozemních komunikacích.

### § 58

(1) Cyklista mladší 18 let je povinen za jízdy použít ochrannou přilbu schváleného typu podle zvláštního právního předpisu a mít ji nasazenou a řádně připevněnou na hlavě.

Upravit tento paragraf, aby cyklisti všech věkových kategorií měli mít nasazenou ochrannou přilbu. Tím by se dosáhlo nižší úmrtnosti.

Dalšími variantami by se mohla jevit jako zlepšení znalostí v oblasti pravidel silničního provozu. Zvýšit postihy při jízdě pod vlivem alkoholu nebo návykových látek. Ze stavebně technického hlediska zlepšit síť cyklostezek. Popřípadě umožnit bezpečné projíždění, pokud je pruh nebo pás pro cyklisty současně veden s motorovou dopravou. Zlepšení povrchů po kterých jsou vedeni cyklisti.

Příkladem by mohly jít zahraniční metropole, kde jsou cyklisté na prvním místě. Amsterdam má spousty úzkých uliček, které nejsou vhodné pro motorovou dopravu. V mnoha případech je cyklistická doprava rychlejší. Městská rada se aktivně snaží vytlačit automobilovou dopravu z centra. Cyklisté mají ve městě vyhrazen zvláštní pruh mezi chodníkem a komunikací. Ten je obvykle ohrazen velkými žlutými kostkami. Na 730 tisíc obyvatel připadá 600 tisíc kol [52].

Ve Vídni se v řadě jednosměrných ulic podařilo prosadit obousměrný provoz cyklistů. Cyklista, který se v jednosměrné ulici pohybuje ve směru jízdy, jede v pruhu společně s auty, v protisměru je chráněn ve zvláštním pruhu. V některých místech je tento pruh zřízen v podobě mezistupně mezi vozovkou a chodníkem, oddělen nízkým obrubníkem [53].

Byl zaznamenán ústup od obousměrných cyklostezek, kvůli vyšší pravděpodobnosti nehody v místech, kde se kříží stezka s komunikací. Pokud není provoz řízen světelnou signalizací, tak se u obousměrné z pohledu řidiče objevují cyklisté z obvyklého směru, ale i nečekaně z opačného směru. Novější stezky, které jsou odděleny od motorového provozu, se navrhuje jednosměrné v pruhu vpravo ve směru jízdy. Povrch nemusí být červené barvy. Značení je pokaždé výrazné, od chodníku je stezka oddělena výškovým rozdílem [53].

## **4.7 NEHODY JEDNOSTOPÝCH VOZIDEL**

V některých případech je pro vyřešení dopravní nehody poučné sledovat chování cyklistů v nebezpečných úsecích, popřípadě v nebezpečných úsecích, kde už k dopravní nehodě došlo. Sledováním lze zjistit.

### **1. Způsob jízdy cyklistů v místě nehody**

Při ohledání místa dopravní nehody je vhodné sledovat způsob jízdy. Zejména jejich příčnou vzdálenost od okraje vozovky.

## **2. Vjezd cyklisty na hlavní komunikaci**

Pokud cyklista vjíždí na hlavní komunikaci tak se zpravidla nerozhlídně a vjede na hlavní komunikaci i když tam jede motorové vozidlo.

## **3. Překážky před cyklistou**

Při analýze dopravní nehody je v některých případech potřebné prověřit, zda nedošlo ke změně směru jízdy jednostopého vozidla v důsledku objíždění překážky.

Překážky mohou být:

- **Pevná**

Může se jednat o kanál, stojící vozidlo, výmol, atd. Velmi často cyklista po rozpoznání překážky tuto překážku objede aniž by se ohlédl, zastavil nebo dal signál rukou pro změnu směru jízdy.

- **Nestálá**

Jedná se o kaluže, stíny jevící se jako výmoly. Cyklista takovou tu překážku objede a vytvoří tím překážku pro ostatní účastníky provozu za ním. Pro vyšetřovací pokus, rekonstrukci nebo experiment je vhodné zjistit místa, kde se vytváří tyto kaluže či stíny.

- **Pohyblivá**

Chodci, zvířata, jednostopá i vícestopá vozidla. Situace je podobná jako u překážky pevné. Cyklista ji zpravidla objede bez ohlednutí. V takovém případě je nutné zohlednit některé body svědeckých výpovědí jako vstupní parametry pro analýzu nehody.

## **4. Poloha cyklisty v místě srážky**

Pro správná vyřešení dopravní nehody je správné určení vzájemné polohy jízdního kola a vozidla v okamžiku jejich prvního kontaktu. Z této polohy je možné usuzovat o předstřetovém pohybu jízdního kola.

Nejčastější typy vzájemných poloh vozidlo – jízdní kolo:

- **Náraz vozidla do jízdního kola zezadu**

Vzájemný úhel podélných os jízdního kola a vozidla je možné stanovit z deformace kola (respektive zadní vidlice) nebo na základě deformace vozidla.

- **Náraz vozidla do jízdního kola zepředu**

Vzájemný úhel podélných os jízdního kola a vozidla lze opět stanovit na základě deformace jízdního kola (přední vidlice) nebo na základě deformace vozidla.

- **Náraz vozidla do jízdního kola ze strany**

V případě, že na vozidle je možné identifikovat otlačení rámu po jízdním kole, je zřejmé, že úhel podélných os jízdního kola – vozidla byla v okamžiku střetu přibližně  $90^\circ$ . Pokud je otlačení rámu na vozidle menší než je skutečný rám, poté byl úhel podélných os jiný než  $90^\circ$ . Na vozovce zpravidla zůstává krátká, velmi málo viditelná smyková stopa kola, které jako první bylo v kontaktu s vozidlem.

- **Nepřímé střety**

K nepřímému střetu dochází, když vozidlo ani cyklisty spolu vůbec nebyli v kontaktu, ale vzhledem k velmi malému bočnímu odstupu vozidel jízdní kole – automobil. Cyklista nemohl vykonat typickou trajektorii nepravidelné vlnovky v příčném směru (směrem k vozidlu) a dojde ke změně směru jízdy a následnému pádu, popřípadě ke srážce s jiným vozidlem.

Příčná vzdálenost mezi cyklistou a vozidlem při kterých má cyklista psychologické zábrany vykonat nepravidelnou vlnovku (směrem k vozidlu) je cca 0,5 m, je však podmíněna psychologickými faktory [21].

## 5 TEORIE JÍZDY NA JÍZDNÍM KOLE

### 5.1 TRAJEKTORIE POHYBU A STABILITA JÍZDNÍHO KOLA

V některých případech hraje roli nestabilita jízdního kola. Stabilitu výrazně zhoršuje zvýšená poloha těžiště. To je dáno rozměry kola a výškou cyklisty a nákladu [21].

V případě jízdy v přímém úseku má trajektorie pohybu kola tvar nepravidelné vlnovky. Když nazveme jednu vlnovku, s danou vlnovou délkou, makrovlnou, potom okolo této makrovlny kola neustále kmitá s nepravidelnými výchylkami oběma směry. Tyto vlnovky je možné nazvat mikrovlnou [21].

Velikost amplitudy makrovln můžou cyklista ovlivnit. Velikost amplitud mikrovln je ovlivňována stylem jízdy, frekvencí otáčení pedálů, kvalitou, nerovnostmi povrchu vozovky a povětrnostními podmínkami [21].

Vlnová délka makrovlny se pohybuje v rozsahu od 10 do 40 m. Vlnová délka mikrovlny se pohybuje v rozsahu od 2 do 5 m. Nižší hodnoty jsou dosahovány méně zkušenějšími cyklisty a dětmi [21].

Trajektorie pohybu zkušených cyklistů vykazuje součet amplitud mikrovln a makrovln do 0,5 m [21].

Trajektorie pohybu nezkušených cyklistů a dětí vykazuje i při soustředěné jízdě příčnou výchylku  $\pm 1,5$  m od osy pohybu. Tato hodnota je poměrně značná a důležitá pro posouzení zabránění nehod. Uvedené hodnoty amplitud mikro a makrovlny jsou dosahovány při sledování situace cyklistou před sebou [21].

K výraznějšímu vybočení však dochází při ohlédnutí za sebe. Právě při pohybu hlavy vlevo nebo vpravo dojde u velmi zkušených cyklistů k dalšímu vychýlení od osy pohybu o poměrně značnou hodnotu až 1 m. Z toho lze konstatovat, že průměrná hodnoty výchylky v jízdě zkušeného jezdce je přibližně 1,5 m [21].

U méně zkušených cyklistů a dětí je při pohybu hlavy vlevo nebo vpravo dosahovaná příčná odchylka kola od osy trajektorie až 2 m. Průměrná hodnota výchylky v jízdě je při ohlédnutí za sebe cca 3,5 m od osy pohybu [21].

Dalším aspektem ovlivňující vlnovou délku a amplitudu mikrovlny je rychlost pohybu jízdního kola. Zpravidla platí, že čím je rychlost vyšší, tím je amplituda mikrovlny nižší. Při

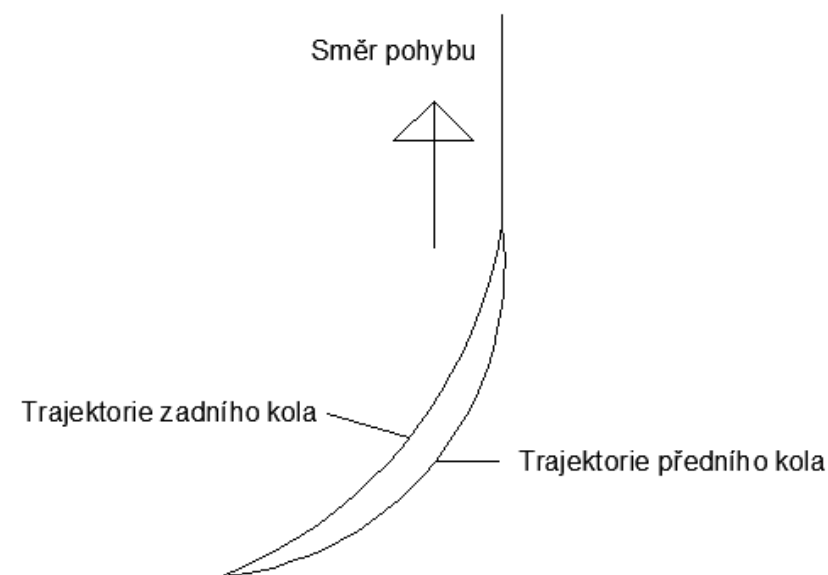
jíždě z kopce rychlostí vyšší než 25 km/h a bez šlapání mikrovlny téměř vymizí a trajektorie pohybu je tvořena jen makrovlnou [21].

## 5.2 JÍZDA VE SMĚROVÉM OBLOUKU

Na základě jízdních zkoušek na stanovení trajektorie pohybu jízdního kola ve směrovém oblouku lze konstatovat, že trajektorie předního a zadního kola mají charakter částí kružnicových oblouků s různými poloměry a bez přechodových oblouků. Jak je vidět na Obr. č. 21.

Při nízkých rychlostech nevykoná cyklista jízdní manévry typický pro motoristu (při vjezdu do levotočivého směrového oblouku řídítka nejprve natočí vpravo a potom naklopí motocykl vlevo). [21]

Průjezd směrovým obloukem je závislý na rychlosti. Při nízkých rychlostech, kdy je odstředivá síla téměř zanedbatelná je nutné natočení řídítek směrem do oblouku. Zadní kolo nevykonává stejnou trajektorii jako přední kolo. [38]



Obr. č. 21 Trajektorie jízdního kola ve směrovém oblouku [21]

## 6 VYBRANÉ ZAHRANIČNÍ VÝZKUMY ZAMĚŘENÉ NA CYKLISTY

Zranitelní účastníci silničního provozu jako cyklisté a chodci představují významný podíl úmrtí a těžkých zranění v dopravě.

Ve Švédsku zkoumali Rizzi a kol. (2013) účinnost použití helmy. Zjistili, že helma může snížit poranění hlavy o 58 %. Cyklisté používají helmy pouze v 30 až 35 % a mezi jednotlivými regiony jsou rozdíly. V roce 2005 bylo nařízeno používání helem u dětí pod 15 let. V dnešní době je použití helmy přibližně na 60 %. [22]

Stále existuje značný rozdíl v současné literatuře v porovnání s výsledky chování řidičů a plynulosti silničního provozu. Twaddle, Schendzielorz, a Falker (2014) navrhli několik variant, kde byl cyklistický provoz odlišný od automobilového provozu, tj. dynamických charakteristik včetně jejich rychlostí, zrychlení, zpomalení včetně fyzikálních vlastností, flexibility a schopností. [23]

Úmrtí, postižení či zranění jsou hlavním globálním problémem v silničním provozu. Podle Světové zdravotnické organizace, která získává data ze 180 zemí, je úmrtnost 1,25 mil. osob každý rok v důsledku dopravní nehody (World Health Organization 2015). V roce 2014 byla v Evropské Unii úmrtnost 26 000 osob. S porovnáním s rokem 2013 je to snížení přibližně o 1 %. Úmrtnost na Evropských komunikacích byla 51 osob na 1 milion osob. Důležitou roli v této souvislosti hrají cyklisté, kteří tvořili celkově 8 % z celkových úmrtí. Možné důvody, kdy by došlo se snížení úmrtnosti cyklistů jsou, že by se zvýšil celkový počet cyklistů. Jízdní kola jsou levná a jedná se o zdravý styl života (Küster, 2013). Počet cyklistů a tedy i počet zranění či ztrát na životech je rozdílný v každé zemi EU. V Dánsku a Nizozemsku je vysoká úmrtnost cyklistů, 17 % až 24 % (European Commission, 2015b).

Hlavním problémem pro cyklisty na celém světě je to, že dopravní systém je vnímán a navrhován z pohledu řidiče automobilu. To má za následek nedostatečné začlenění cyklistické dopravy mezi ostatní účastníky provozu. [24]

Rostoucí popularita elektrických kol vede k celé řadě témat bezpečnosti silničního provozu. Jedna z nich je, že elektrická kola dosahují vyšší rychlosti ve srovnání s ostatními typy jízdních kol. Dostatečná bezpečná vzdálenost mezi cyklisty a ostatními účastníky silničního provozu je důležitým tématem pro bezpečnost. Na toto téma byla provedena studie. Bylo zjištěno, že čím vyšší rychlost je, tím mezera mezi účastníky je menší. [25]

Tato studie se zabývala zpomalením, které bylo zjištěno pomocí GPS navigace. Hodnoty byly sbírány a tříděny podle aktuálního místa cyklisty. Byl zkoumán vztah mezi tímto zpomalením a skutečnými nehodami. Výsledkem byla mapa, kde byly zaznačeny nebezpečné úseky. [26]

Výzkumný projekt ve Velké Británii (Walker, 2007; Walker a kol., 2014) vyvinuli speciální jízdní kolo, které bylo určeno pro pozorování vozidel, které zrovna předjíždělo toto jízdní kolo. Kolo bylo opatřeno ultrazvukovým měřicím zařízením a kamerou. Autoři zkoumali vliv používání helmy, pohlaví, pozici a oblečení na boční vzdálenosti.

Vzorek čítal 2 355 manévrů. Nepoužití helmy mělo za následek, že boční vzdálenosti byly větší, i když vyšší účinek byl spojen i se vzdáleností jízdního kola od okraje vozovky. Čím větší byla vzdálenost od okraje vozovky nebo chodníku, tím menší byla boční vzdálenost (pokud bylo jízdní kolo 0,25 m od okraje vozovky, boční vzdálenost byla 1,40 m, v dalším případě to bylo od okraje vozovky 1,20 m a boční vzdálenost byla 1,25 m).

Vliv oblečení byl velice malý, a proto autoři nemohli poskytnout žádná opatření.

U pohlaví bylo zjištěno, že ženy jsou obezřetnější a opatrnější, tudíž měly větší boční rozestupy.

Dvoupruhové komunikace ve Španělsku jsou schopny pojmout velké množství cyklistů, kteří se aktivně věnují sportu, ale i k rekreačním účelům. Podle Španělských předpisů (Ministerio del Interior 2003), cyklisté musejí jet co nejbližší k vnějšímu okraji komunikace. Tento výzkum byl zaměřen na sedmi úsecích komunikace, které neměly žádné vodorovné značení jízdních pruhů pro cyklisty. Motorová vozidla, která předjížděla cyklisty, měla dodržet minimální boční vzdálenost 1,5 m. Tento výzkum byl uskutečněn na 2 928-mi předjížděcími manévry motorovými vozidly. Jízdní kola byla vybavena laserovými dálkoměry, GPS navigací a třemi kamerami.

Po komunikacích se cyklisti pohybovali od 15 do 25 km/h. Měli za úkol se držet co nejbližší vnějšího okraje komunikace.

Analýza naznačila, že boční vzdálenost mezi cyklistou a motorovým vozidlem není jediným faktorem rizika z pohledu cyklisty. Významným rysem byla rychlost motorového vozidla a jeho typ. Souhlasilo to s literaturou, která se zabývala aerodynamickými silami předjížděného a předjížděcího vozidla. Hlavním zjištěním bylo, že boční odstup se snižuje na úzkých komunikacích.

Ve většině předchozích výzkumů neměřila ani neanalyzovala rychlost motorových vozidel v souvislosti s bočním odstupem. Ata a kol (2011) se na tento problém zaměřili a zjistili, že účinek aerodynamické síly je závislý na boční vzdálenosti. Aerodynamická síla se zvyšuje s rychlostí motorového vozidla a snižuje s boční vzdáleností. Aerodynamická síla je nulová pro vzdálenost větší než 3 m. Podobné výsledky prezentoval i Noger a kol. (2005). Vzorec pro výpočet boční síly:

$$F_y = \frac{1}{2} * S * V^2 * C_y * \rho$$

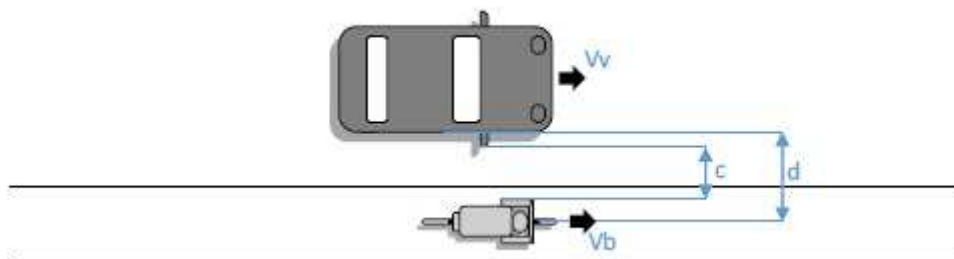
$F_y$  - boční síla

$\rho$  – hustota vzduchu

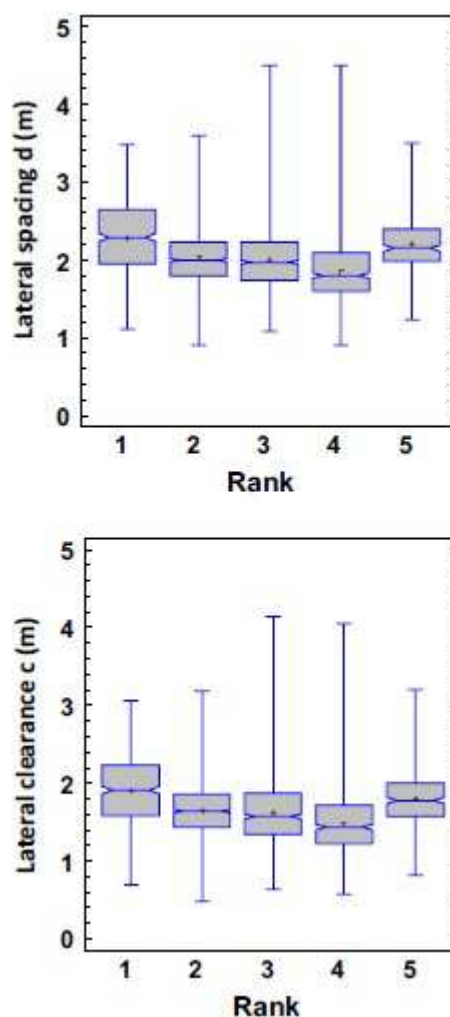
$V$  – rychlost předjížděného vozidla

$S$  – čelní plocha předjížděného vozidla

$C_y$  – koeficient, který klesá s boční vzdáleností



Obr. č. 22 Boční vzdálenost [27]



Graf č. 2 Závislost boční vzdálenosti na vnímání rizika cyklisty [27]

Po každém sběru dat byl cyklista dotazován na jeho subjektivní pocity rizika v každém úseku. To umožnilo vyhodnotit jednotlivé úseky vnímání rizika v závislosti na sobě.

Vyhodnocení je zřejmé z Graf č. 2, kde je na svislé ose boční vzdálenost a na vodorovné ose subjektivní vnímání rizika (1 – nízké riziko, 5 – vysoké riziko). Nejmenší subjektivní vnímání rizika je při boční vzdálenosti 1,9 m. V opačném případě nejvyššího vnímání rizika je při 1,45 m. [27]

Jízda na kole je považována za aktivní způsob cestování a stává se více populárnější ve skandinávských zemích. Na cyklistické sítě jsou kladeny vysoké požadavky v zimním období. Ať se jedná o zimní údržbu, odklizení sněhu, posypy. Norská veřejná správa silnic

(NPRA) stanovuje podmínky pro údržbu cyklostezek, která obsahují i kritérii pro tření. Měřicí zařízení se používají k testování, zda jsou podmínky splněny.

V této studii byly použity k měření dvě metody – zpomalení a brzdná dráha. Dvě jízdní kola byla vybavena zimními pneumatikami s hroty a měřicími přístroji (TWO™ a T2GO™). Kola měla standardní V brzdy. Obě metody ukázaly, že jsou vhodné k definování tření. Avšak metoda zpomalení byla přesnější.



*Obr. č. 23 Detaily pneumatik s hřeby [28]*



*Obr. č. 24 Pohled na místo měření [28]*

Místo měření bylo v obci Dovre v Norsku na parkovišti podél silnice E6. Během testovacího dne bylo počasí slunečné, bez srážek, rychlost větru 2 m/s, teplota vzduchu -1,4 °C a vlhkost 61,5 %. Teplota povrchu silnice -9 °C. Měření proběhlo v ranních a odpoledních hodinách. Kdy byly rozdílné povrchy vozovky. V ranních hodinách byl povrch vozovky tvrdý. V odpoledních hodinách byl povrch vozovky měkký od slunce. Jezdci měli začít s brzdícím manévrem od červené čáry. Výsledné hodnoty lze najít v Tab. č. 7.

Tab. č. 7 Výsledné hodnoty brzdných drah [28]

**Table 1**  
Friction values of the bicycles 1 and 2 on two different road surface conditions.

| Run no. | Bike 1 or 2 | v initial km/h | v initial m/s | Braking distance, l m | $\mu_b$ braking dist. | $\mu_a$ accelerometer | Absolute error $ \Delta\mu_a - \mu_b $ |
|---------|-------------|----------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------|
| 1       | 1           | 27             | 7.50          | 8.3                   | 0.35                  | 0.35                  | 0.00                                   |
| 2       | 1           | 25.5           | 7.08          | 8.8                   | 0.29                  | 0.31                  | 0.02                                   |
| 3       | 1           | 25.5           | 7.08          | 8.0                   | 0.32                  | 0.32                  | 0.00                                   |
| 4       | 1           | 26             | 7.22          | 7.4                   | 0.36                  | 0.34                  | 0.02                                   |
| 5       | 1           | 26             | 7.22          | 7.9                   | 0.34                  | 0.34                  | 0.00                                   |
| 6       | 1           | 26             | 7.22          | 7.6                   | 0.35                  | 0.36                  | 0.01                                   |
| 7       | 1           | 27             | 7.50          | 7.4                   | 0.39                  | 0.41                  | 0.02                                   |
| 8       | 1           | 25.5           | 7.08          | 7.0                   | 0.37                  | 0.34                  | 0.03                                   |
| 9       | 1           | 26             | 7.22          | 7.9                   | 0.34                  | 0.34                  | 0.00                                   |
| 10      | 1           | 26             | 7.22          | 7.9                   | 0.34                  | 0.32                  | 0.02                                   |
| 11      | 2           | 25             | 6.94          | 5.8                   | 0.42                  | 0.46                  | 0.04                                   |
| 12      | 2           | 24             | 6.67          | 5.2                   | 0.44                  | 0.43                  | 0.00                                   |
| 13      | 2           | 25             | 6.94          | 5.7                   | 0.43                  | 0.43                  | 0.00                                   |
| 14      | 2           | 24             | 6.67          | 5.4                   | 0.42                  | 0.39                  | 0.02                                   |
| 15      | 2           | 25             | 6.94          | 6.1                   | 0.40                  | 0.40                  | 0.00                                   |
| 16      | 2           | 25             | 6.94          | 6.3                   | 0.39                  | 0.42                  | 0.03                                   |
| 17      | 2           | 25             | 6.94          | 6.1                   | 0.40                  | 0.43                  | 0.03                                   |
| 18      | 2           | 25             | 6.94          | 6.0                   | 0.41                  | 0.36                  | 0.05                                   |
| 19      | 2           | 23             | 6.39          | 6.7                   | 0.31                  | 0.42                  | 0.11                                   |
| 20      | 2           | 24             | 6.67          | 5.9                   | 0.38                  | 0.37                  | 0.01                                   |
| 21      | 1           | -              | -             | 5.1                   | -                     | 0.36                  | -                                      |
| 22      | 1           | -              | -             | 5.2                   | -                     | 0.44                  | -                                      |
| 23      | 1           | -              | -             | 5.1                   | -                     | 0.39                  | -                                      |
| 24      | 1           | -              | -             | 5.1                   | -                     | 0.44                  | -                                      |
| 25      | 1           | -              | -             | 5.6                   | -                     | 0.45                  | -                                      |
| 26      | 2           | -              | -             | 4.2                   | -                     | 0.41                  | -                                      |
| 27      | 2           | -              | -             | 4.6                   | -                     | 0.44                  | -                                      |
| 28      | 2           | -              | -             | 4.3                   | -                     | 0.45                  | -                                      |
| 29      | 2           | -              | -             | 4.0                   | -                     | 0.40                  | -                                      |
| 30      | 2           | -              | -             | 5.1                   | -                     | 0.41                  | -                                      |

Celkem bylo provedeno 30 testovacích jízd – 15 zvlášť pro každé jízdní kolo. Vzhledem k technickým problémům nebylo možné zjistit počáteční rychlost jednotlivých jízd v odpoledních hodinách. Ráno se brzdná vzdálenost pohybovala od 5,2 do 8,8 m. V odpoledních hodinách to bylo od 4,0 do 5,6 m. Počáteční rychlosti se pohybovaly od 23 do 27 km/h. [28]

V této studii se poukazovalo na vliv brzdění a chování brzd na bezpečnosti jízdního kola. Výsledkem je, že při nouzovém brzdění, kdy zadní kolo není vybaveno odpružením,

dochází k nadzvednutí zadního kola. V této chvíli může jezdec provádět pouze pasivní kontrolu.

Studie došla k závěru, že nejdůležitějším parametrem na brzdovém systému je snadné ovládání. Účelem brzdy je také, aby udržovalo příčnou stabilitu. Je nutné, aby se zvyšovala brzdná síla postupně u přední brzdy. Tak, že nedojde k zablokování zadního kola a následnému smyku a ztrátě směrové stability [30].

Tato studie, která pochází z USA z roku 2016, se zabývala chováním cyklistů (dětí i dospělých) v závislosti na bezpečnosti. Výsledky poskytly údaje o rozdílném chování mezi dětmi a dospělými. Děti si byli při jízdě na kole více nejistí, zatímco dospělí porušovali dopravní předpisy [29]

Studie se zaměřila na jízdu konstantní rychlostí, akcelerací a brzděním v přímé jízdě a ve směrových obloucích [31].

Cílem této studie bylo zjištění rychlostí a zrychlení elektrických a běžných jízdních kol v každodenních podmínkách. Jezdci byli rozděleni do tří skupin podle věku. Elektrická kola výrazně ukazovala lepší výsledky, ať se jednalo o průměrnou rychlost či zrychlení. [32]

Byly provedeny dva experimenty zkoumající TTA (time to arrival) odhady, kde se k pozorovateli blížil cyklista. Měřily se rychlosti a frekvence šlapání při předem známém typu jízdního kola, věku cyklisty a věku pozorovatelů. [33]

## 7 PRAKTICKÁ ČÁST

Tato část diplomové práce se zabývá měřením, vyhodnocováním a porovnáváním měřených hodnot s ostatními pracemi. Pro měření byly vybrány manévry brzdění, akcelerací a ohlédnutí za sebe, které by mělo být uskutečněno před každým odbočením při změně směru jízdy, zejména vlevo.

Brzdění v přímém směru probíhalo na třech površích (asfaltový, nezpevněný a dlažební kostky). Jezdci se rozjížděli z libovolné vzdálenosti stanovenou rychlostí. Na předem určeném místě začali brzdny manévr. Z brzdne dráhy, počáteční rychlosti a časů, na nichž se zastavili, lze vyjádřit brzdne zpomalení.

Akcelerace probíhala pouze na asfaltovém povrchu. Jezdci se rozjížděli s již daným převodem, který se během jedné jízdy neměnil. První část dráhy byl oblouk o různých poloměrech, na který byl napojen přímý úsek délky 10 m.

Posledním praktickým měřením byl manévr, ohlédnutí za sebe, ke kterému dochází pokaždé, než cyklista vykoná pokyn ke změně směru jízdy.

Výsledné hodnoty byly zanalyzovány a porovnány mezi sebou i s ostatními pracemi, které se zabývaly obdobným tématem.

### 7.1 FIGURANTI A JÍZDNÍ KOLA

Měření se zúčastnilo celkem 8 jezdců, převážně studenti, s různými jízdními koly, která se běžně vyskytují v silničním provozu.

*Tab. č. 8 Účastníci měření [autor]*

| Jméno      | Věk (let) | Hmotnost (kg) | Výška (cm) | Úroveň zkušeností | Typ kola | Brzdy                 | Údržba     |
|------------|-----------|---------------|------------|-------------------|----------|-----------------------|------------|
| Jan        | 25        | 68            | 178        | Občasný cyklista  | Horské   | V brzdy               | Bez údržby |
| Jaroslav   | 26        | 98            | 176        | Občasný cyklista  | Crossové | V brzdy               | 1× ročně   |
| Martin Ka. | 26        | 94            | 180        | Průměrný cyklista | Silniční | Špalkové              | 1× 3 roky  |
| Lukáš      | 25        | 80            | 190        | Zkušený cyklista  | Crossové | V brzdy               | 1× ročně   |
| Klára      | 24        | 65            | 159        | Průměrný cyklista | Crossové | V brzdy               | 1× 2 roky  |
| Martin Kl. | 25        | 71            | 178        | Průměrný cyklista | Crossové | V brzdy               | 1× 2 roky  |
| David      | 21        | 83            | 179        | Zkušený cyklista  | Horské   | Kotoučové hydraulické | Po servisu |
| Veronika   | 23        | 81            | 179        | Občasný cyklista  | Horské   | Kotoučové hydraulické | 1× ročně   |



*Obr. č. 25 Jízdní kolo jezdce Martina Ka. [autor]*

Přesmykač nemá třetí převod. Přehazovačka nelze nastavit na šestý převod. Šířka pláště: 1 1/3“, cca 90% dezénu



*Obr. č. 26 Jízdní kolo a jezdec Jan [autor]*

Přesmykač nelze nastavit na první převod. Šířka pláště: 2,1“, cca 20% dezénu na zadním kole, na předním cca 60%



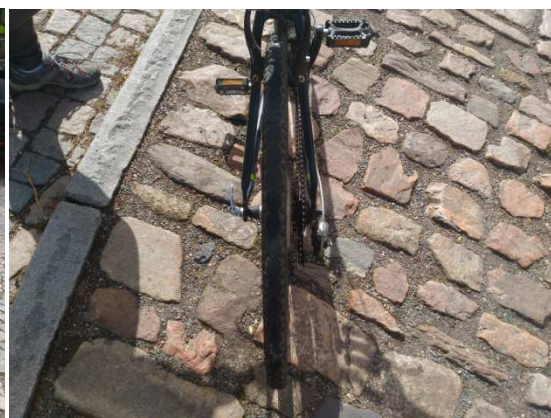
*Obr. č. 27 Detail zadní brzdy jezdce Jana [autor]*

Zadní brzdy z obou stran v nevyhovujícím stavu obložení.



*Obr. č. 28 Jízdní kolo jezdce Martina Kl. [autor]*

Šířka pláště: 1,95“, cca 80% dezénu



*Obr. č. 29 Jízdní kolo a jezdce Klára [autor]*

Přesmykač nelze nastavit na třetí převod. Šířka pláště: 2,1“, cca 80% dezénu



*Obr. č. 30 Jízdní kolo jezdce Jaroslava [autor]*

Přehazovačka nelze nastavit na druhý převod. Šířka pláště: 1,5“, 80% dezénu



*Obr. č. 31 Jízdní kolo jezdce David [autor]*

Šířka pláště: 2,25“, 90% dezénu



*Obr. č. 32 Jízdní kolo jezdce Lukáše [autor]*

Šířka pláště: 2,1“, cca 70% dezénu, přední kolo značně podhuštěno



*Obr. č. 33 Jízdní kolo jezdkyňe Veroniky [autor]*

Šířka pláště: 2,2“, cca 70% dezénu

## 7.2 MÍSTA MĚŘENÍ

Měření probíhalo na třech místech ve městě Litomyšl. Asfaltový povrch byl zvolen na parkovišti, kde byl zajištěn dostatečný prostor k provádění manévru Obr. č. 34 (1.). Příčný sklon parkoviště byl přibližně 2 %. K ušetření spreje a kříd bylo využito dvou čar stávajícího vodorovného dopravního značení, které nám vymezovaly pruh o šířce 3,5 m. Křídou byly nakresleny 20 m dlouhé vodorovné čáry ve vzdálenostech 0,5 m od sebe. Sprejem byly naznačeny příčné vzdálenosti po čtyřech metrech. Avšak to se ukázalo jako nedostatečné a pro další měření již byly tyto vzdálenosti po jednom metru.

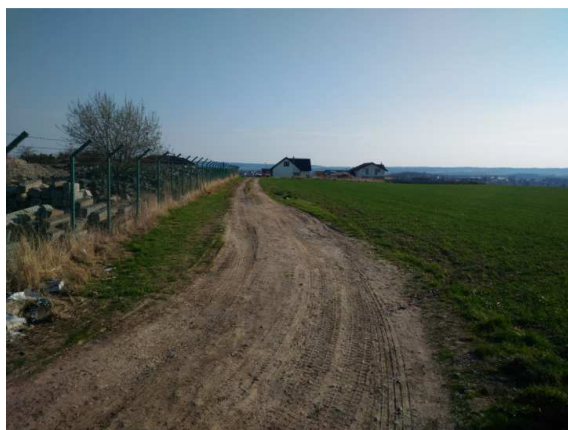
Nezpevněná komunikace byla vedena na okraji města Obr. č. 34 (3.). Jednalo se o málo využívanou komunikaci, která převážně sloužila pro zemědělské stroje.

Posledním povrchem byly zvoleny dlažební kostky Obr. č. 34 (2.). Komunikace byla umístěna podélně s náměstím, proto se k naznačení příčných vodorovných čar použilo pouze kříd, aby nedošlo k dlouhodobému znečištění povrchu.

Lokality byly zvoleny s ohledem na hustotu provozu. Všechna měření probíhala v neděli, což nám zajistilo dostatečnou úroveň bezpečnosti.



Obr. č. 34 Místa měření [autor]



Obr. č. 35 Pohled na nezpevněnou komunikaci (3.) [autor]



Obr. č. 36 Detail asfaltového povrchu (1.) [autor]



*Obr. č. 37 Pohled na místo měření, asfaltový povrch (1.) [autor]*



*Obr. č. 38 Detail dlážděné komunikace (2.) [autor]*

## 7.3 METODIKA MĚŘENÍ

### 7.3.1 Brzdění v přímém směru na asfaltovém povrchu

Místo konání bylo na parkovišti u Střední školy zahradnické a technické v Litomyšli. Jednalo se o parkoviště málo využívané asfaltového povrchu. První měření proběhlo 4. 12. 2016. Počasí bylo velice nepříznivé při teplotě  $-2^{\circ}\text{C}$ . Další měření bylo dne 2. 4. 2017, z důvodu deště měření muselo být přerušeno a pokračovalo 23. 4. 2017, při příznivém jarním počasí.

Celé místo snímala jedna GoPro a mobilní kamera. Na každé kolo byl připevněn VBOX Sport.

Jezdci se rozjížděli z libovolné vzdálenosti, aby dosáhli v místě počátku brzdění předem stanovenou rychlost. Byly stanoveny rychlosti 10, 15 a 20 km/h. Za úkol měli zabrzdit přední, zadní a oběma brzdami. Jízdní kola byla vybavena tachometrem pro přesnější určení jízdní rychlosti.

Stejná metodika byla použita pro brzdění na nepevněné komunikaci i na dlážděné silnici.

Jezdci byli poučeni, aby při brzdění nedocházelo k zablokování kol.

Ze znalosti rychlosti na počátku brzdění, která byla zjištěna pomocí VBOX Sportu a brzdné dráhy lze dopočítat brzdné zpomalení.

$$a = \frac{v_0^2}{2s}$$

$v_0$  - počáteční rychlost (m/s)

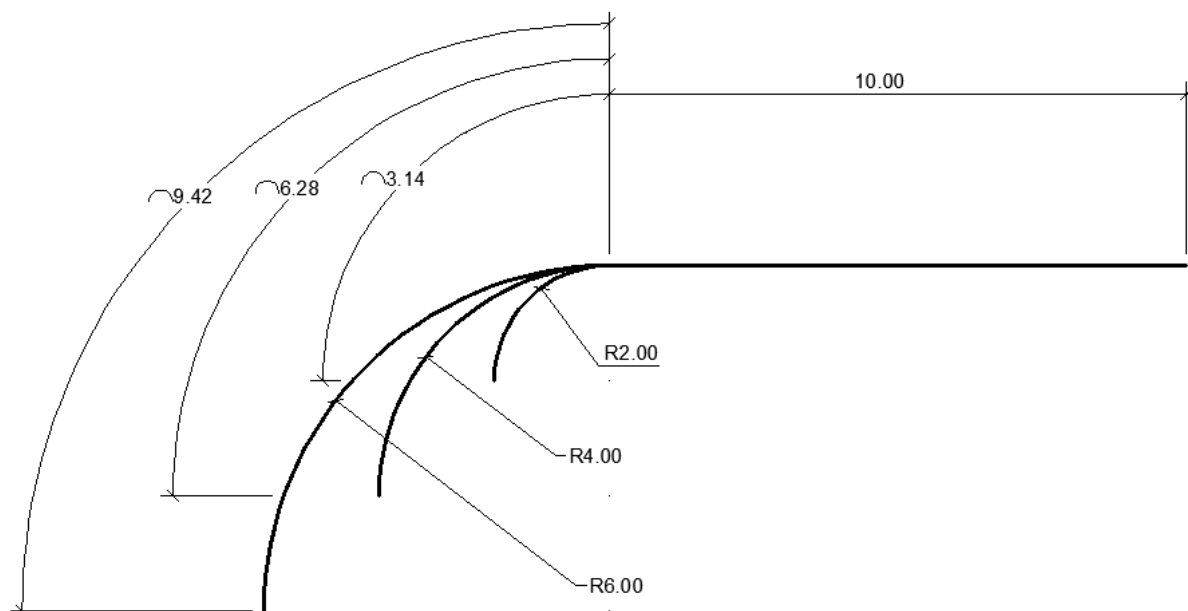
$s$  - brzdná dráha (m)

$a$  – brzdné zpomalení ( $\text{m/s}^2$ )

### 7.3.2 Akcelerace na asfaltovém povrchu

Akcelerace probíhala na již zmíněném parkovišti. Sprejem byly naznačeny oblouky o poloměrech 2, 4 a 6 m (Obr. č. 40). Figuranti se rozjížděli na počátku oblouku, po projetí se dostali na přímý úsek, kde měli po 10 metrech začít brzdit. Nutno podotknout, že rozjezd zpočátku než se jezdci dostali na přímý úsek je ve stoupání, přibližně 2 %. Jezdci měli dodržovat směr jízdy, který je pro část oblouku naznačen barevným sprejem a pro přímý úsek

stávajícím vodorovným dopravním značením. V případě vysoké odchylky od směru jízdy se měření opakovalo znova. Rozjížděli se s již daným převodem, který byl předem stanoven. Jízdní kola byla vybavena VBOX Sport a celý manévř byl natáčen na kameru. Jednotlivé převody na počátku rozjezdu byly zvoleny dle Tab. č. 9.



Obr. č. 39 Půdorys drah akceleraace, kótováno v metrech [autor]



Obr. č. 40 Poloměry oblouků [autor]

*Tab. č. 9 Použité převody pro měření akcelerace [autor]*

| Přehazovačka<br>Přesmykač | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1                         | x |   | x |   | x |   |   |
| 2                         |   | x |   | x |   | x |   |
| 3                         |   |   | x |   | x |   | x |

### 7.3.3 Ohlédnutí za sebe

Měření probíhalo na asfaltovém povrchu, kde jako vodící čára byla použita již stávající vodorovné dopravní značení, které bylo vodící linií pro jezdce. Na obě strany se křídou naznačily podélní čáry, které byly umístěny 0,1 m od sebe pro lepší orientaci. Celková délka byla 12 m. Celé průběhy byly natáčeny na kameru.

Jezdci se rozjížděli z libovolné vzdálenosti, tak aby v tomto úseku provedli daný manévr. Rychlost byla dána na 10, 15 a 20 km/h. Prvním úkolem bylo provést manévr otočení hlavou za sebe o cca 180°. Ohlédnutí za sebe bylo vždy na levou stranu. Tak, aby manévr co nejpřesněji odpovídal skutečné jízdě při normálním provozu. V druhém případě otočit hlavu o cca 90°. Rychlosti byly neměnné.



*Obr. č. 41 Pohled na dráhu [autor]*

## 8 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Jak již bylo zmíněno, měření probíhala ze třech počátečních rychlostí. 10, 15 a 20 km/h. Pro orientační rychlost byly na kolech umístěny tachometry. Přesnější zjištění rychlostí bylo provedeno ze souborů, které poskytl VBOX Sport. Následné grafy byly analyzovány v programu Performance Box Tools. Který lze bezplatně získat na internetových stránkách výrobce. Video, pro získání časů, byly zpracovány v programu Avidemux.

### 8.1 BRZDĚNÍ NA ASFALTOVÉM POVRCHU

Skutečné rychlosti se od navrhovaných rychlostí nepatrně změnily. Pro rychlost 10 km/h byly skutečné rychlosti od 9,3 do 13,0 km/h. Pro rychlost 15 km/h byly od 14,1 do 17,8 km/h a pro rychlost 20 km/h bylo rozmezí od 18,2 do 22,8 km/h.



*Obr. č. 42 Průběh měření na asfaltovém povrchu [autor]*

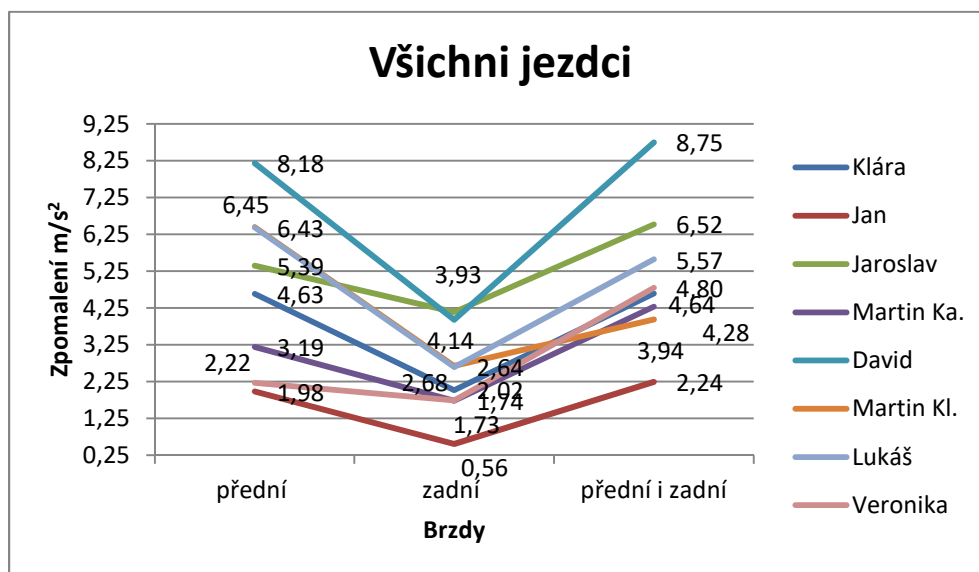
Na Obr. č. 42 lze vidět jednotlivé fáze průběhu jízdy. Jako příklad byl vzat jezdec Martin Kl., jedoucí rychlostí 20 km/h, při brzdění zadní brzdou. Brzdná dráha byla délky 3,3 m. Brzdný manévr z důvodu bezpečnosti musel být prováděn na opačné straně dráhy, počátek brzdění začal na úsečce označené číslem 15.

Brzdné dráhy a časy jsou zaznamenány v Příloha č. 2. Výsledné brzdné zpomalení bylo vypočítáno dle vztahu v části 7.3.1.

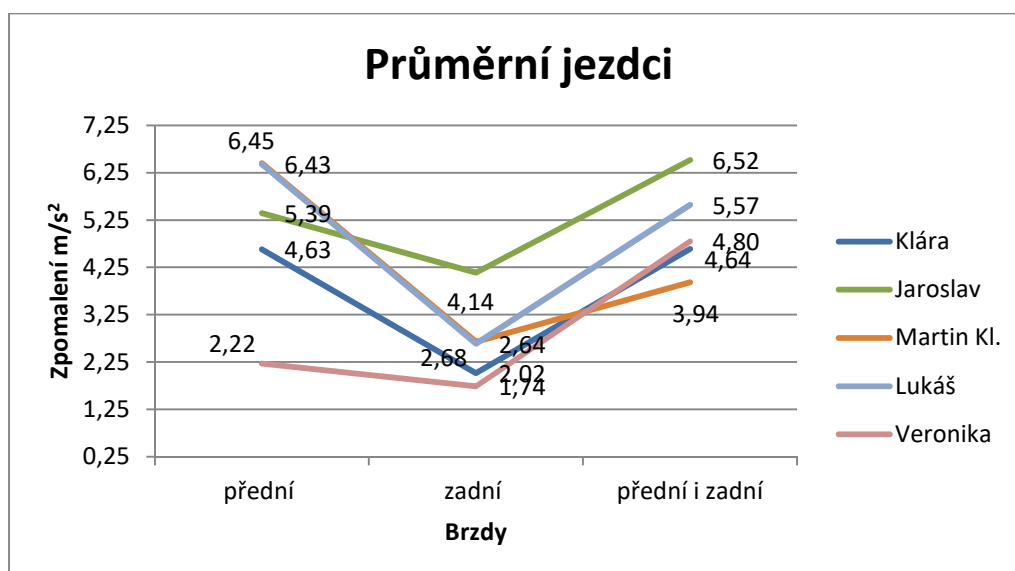
Všechny výsledné hodnoty zpomalení byly zakresleny do grafu podle účastníků a použitých brzd.

Pro určení rychlosti byly analyzovány soubory z VBOX Sportu. Jako příklad byl vybrán graf jezdce Davida pro rychlost 10 km/h a při brzdění přední brzdou. Skutečná rychlost byla určena na 10,8 km/h (Příloha č. 1). Zanalyzování rychlosti proběhlo pro každého jezdce.

### 8.1.1 Brzdění pro rychlost 10 km/h



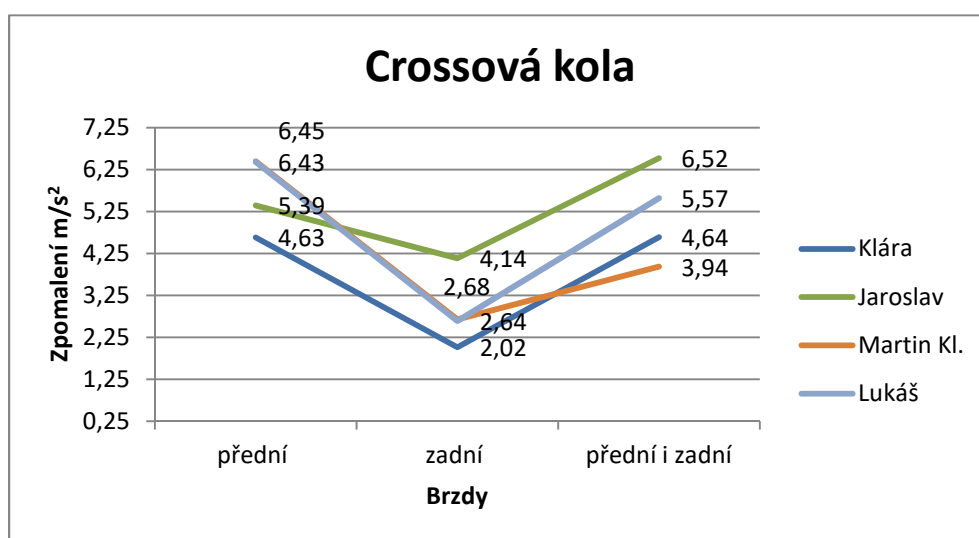
Graf č. 3 Brzdné zpomalení pro rychlost 10 km/h [Tab. č. 10]



Graf č. 4 Brzdné zpomalení bez extrémních hodnot

Graf č. 3 zobrazuje všechny jezdce podle typu brzd pro rychlost 10 km/h. Z grafu jsou patrné vysoké rozdílné hodnoty zpomalení mezi jednotlivými jízdními koly. Proto byl

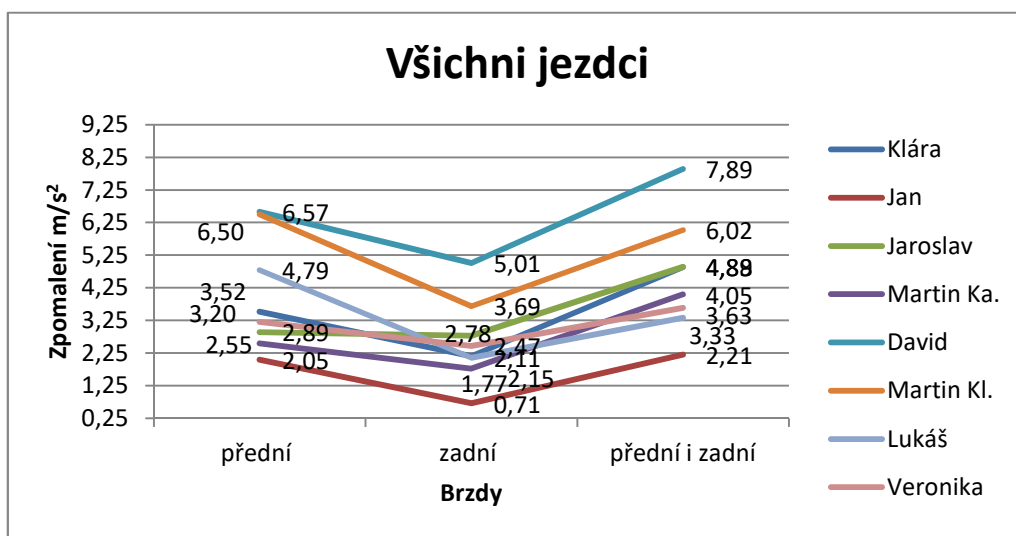
vytvořen Graf č. 4, ve kterém nejsou vzaty v potaz nejnižší a nejvyšší hodnoty zpomalení. Nejlepších hodnot dosáhlo horské kolo jezdce Davida. Při brzdění přední brzdou dosáhl zpomalení  $8,18 \text{ m/s}^2$ . Při brzdění zadní brzdou dosáhl zpomalení  $3,93 \text{ m/s}^2$ . Při brzdění oběma brzdami dosáhl zpomalení  $8,75 \text{ m/s}^2$ . Jeho jízdní kolo bylo pár týdnů před měřením v servisu. Projev údržby hlavně na brzdách byl značný ve všech měřeních, které proběhly. Kolo je osazeno kotoučovými hydraulickými brzdami. Zatímco nejhorších hodnot dosáhlo jízdní kolo jezdce Jana. Zadní brzda byla ve velice špatném technickém stavu. Výsledné hodnoty dosahovali velice nízkých čísel, pro přední brzdou  $1,98 \text{ m/s}^2$ , zadní brzdou pouze zpomalení dosahovalo  $0,56 \text{ m/s}^2$  a pro obě brzdy  $2,24 \text{ m/s}^2$ . Výsledné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce Tab. č. 10.



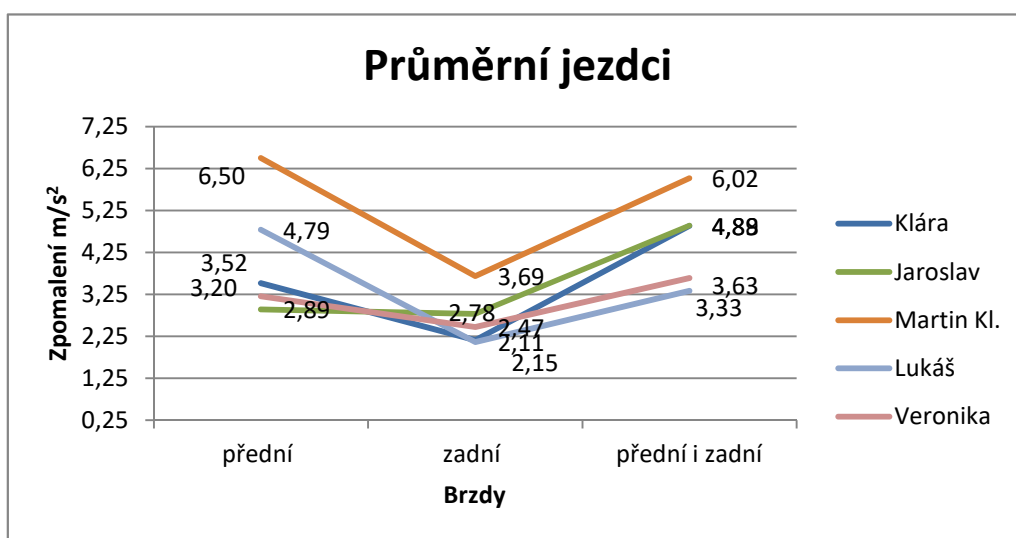
Graf č. 5 Brzdné zpomalení pro crossových kol při rychlosti  $10 \text{ km/h}$  [Tab. č. 10]

Graf popisující průběh zpomalení pro crossová jízdní kola, která se účastnila měření. Brzdné zpomalení pro přední brzdou se pohybuje od  $4,63$  do  $6,45 \text{ m/s}^2$ . Zadní brzda vykazuje nižší hodnoty od  $2,02$  do  $4,14 \text{ m/s}^2$ . Brzdění oběma brzdami by mělo mít vyšší hodnoty, než při brzdění pouze přední nebo zadní brzdou, ale to se v tomto případě nepotvrdilo, kromě jezdce Jardy. Bylo dosaženo brzdné zpomalení od  $3,94$  do  $6,52 \text{ m/s}^2$ .

### 8.1.2 Brzdění pro rychlost 15 km/h

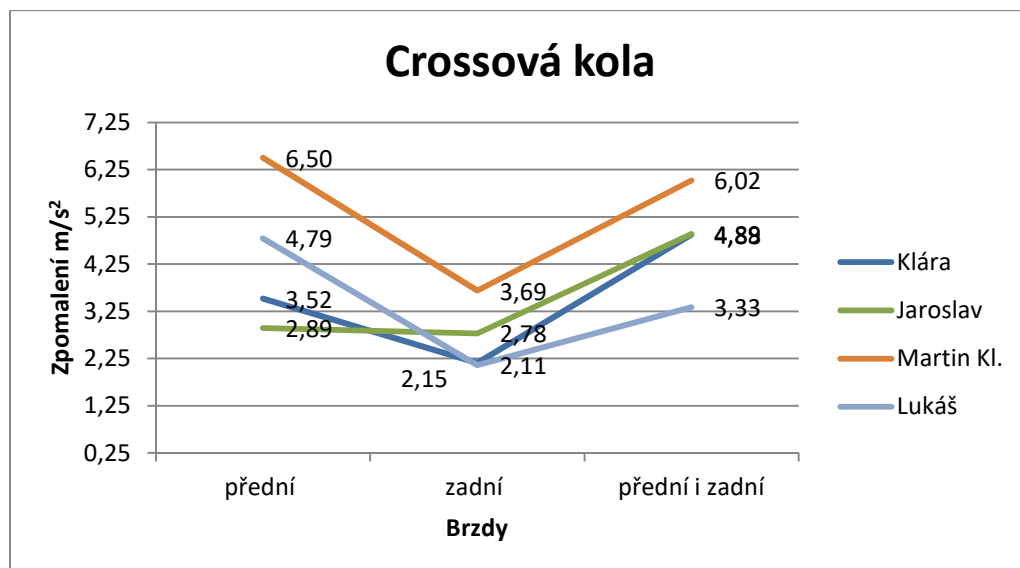


Graf č. 6 Brzdné zpomalení pro rychlost 15 km/h [Tab. č. 10]



Graf č. 7 Brzdné zpomalení bez extrémních hodnot

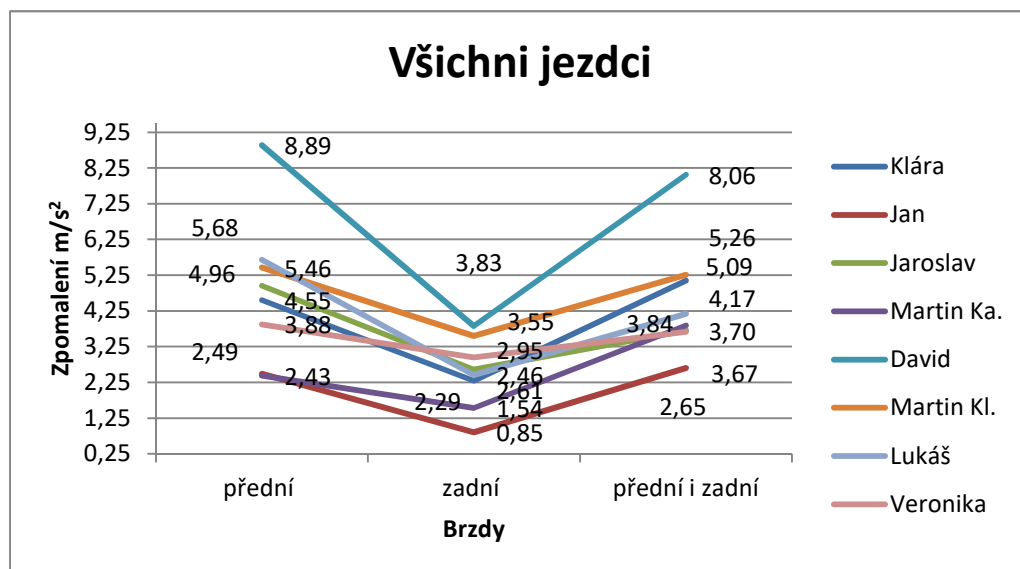
Graf č. 6 je vytvořen pro rychlost 15 km/h pro všechny jezdce, jsou hodnoty nepatrně vyšší než při rychlosti 10 km/h. Vyloučením nejvyšší a nejnižší hodnot byl vytvořen Graf č. 7. Jízdní kolo Davida vykazovalo nejlepší hodnoty zpomalení. Od 5,01 do 7,89 m/s<sup>2</sup>. A jízdní kolo Jana vykazovalo opět nejnižší hodnoty. U jezdce Martina Kl. jsou hodnoty zpomalení podobné jak pro přední brzdu, tak i pro zadní brzdu. Při brzdění oběma brzdami došlo ke zvýšení o 2,09 m/s<sup>2</sup>. Při brzdění oběma brzdami došlo k zablokování zadního kola. Crossová kola jsou jednotlivě popsány dál.



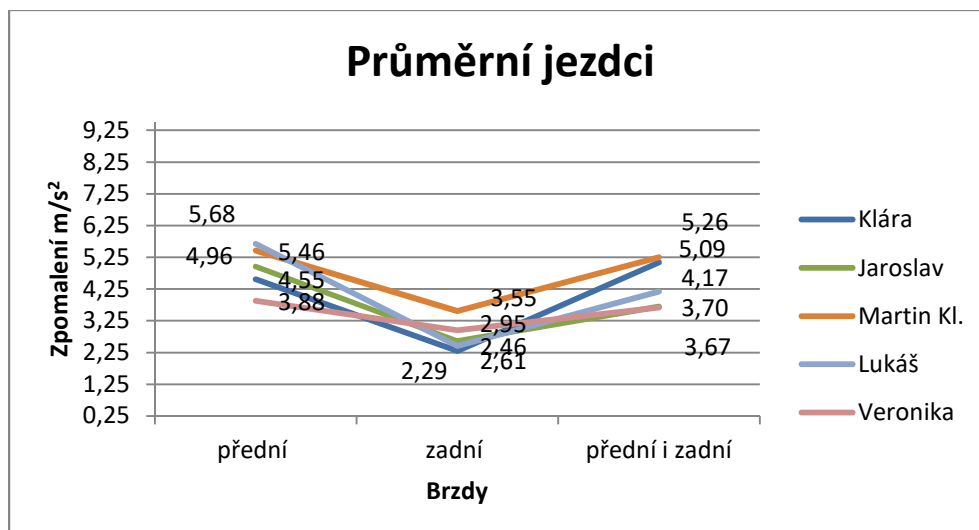
Graf č. 8 Brzdné zpomalení pro crossových kol při rychlosti 15 km/h [Tab. č. 10]

Nejrazantnější pokles zpomalení dosáhl jezdec Jaroslav o  $2,5 \text{ m/s}^2$ , při brzdění přední brzdou, zapříčiněno nedostatečnou intenzitou brzdění. Zatímco ostatní hodnoty se pohybují v podobné míře jako při rychlosti 10 km/h. Pro přední brzdu od 2,89 do  $6,5 \text{ m/s}^2$ .

### 8.1.3 Brzdění pro rychlost 20 km/h

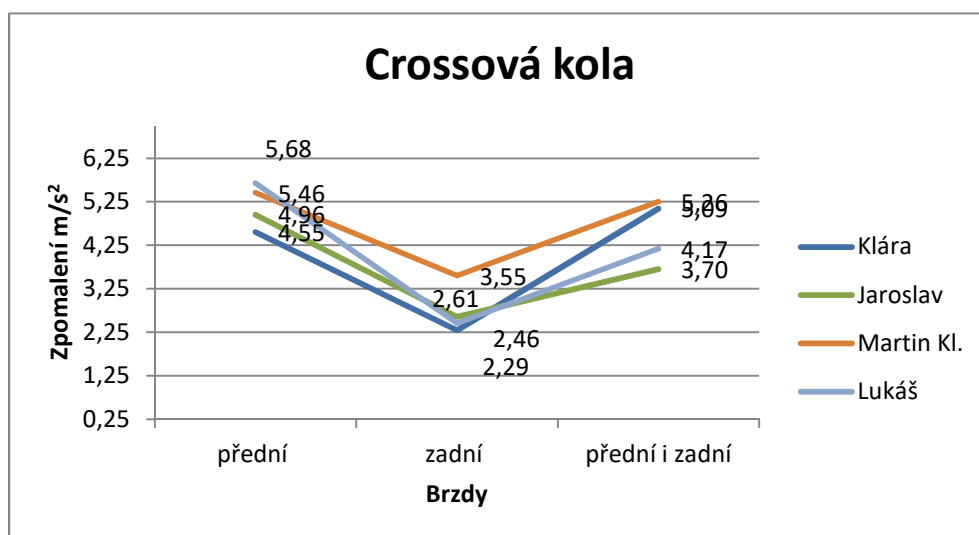


Graf č. 9 Brzdné zpomalení pro rychlost 15 km/h [Tab. č. 10]



Graf č. 10 Brzdné zpomalení bez extrémních hodnot

Pro rychlost 20 km/h dosáhl nejlepších hodnot zpomalení jezdec David. Zpomalení při brzdění přední brzdou je  $8,89 \text{ m/s}^2$ , zadní brzdou  $3,83 \text{ m/s}^2$  a oběma brzdami  $8,06 \text{ m/s}^2$ . Nejhorších výsledků dosáhl opět jezdec Jan. Skoro všechna jízdní kola vykazují vyšší hodnoty zpomalení při použití přední brzdy, zadní brzdy i při obou brzdách než při rychlosti 15 km/h. Výjimku tvoří jezdci Martin Kl. a Martin Ka., kteří mají opačnou tendenci. Tedy při zvyšování rychlosti se snižuje brzdné zpomalení.



Graf č. 11 Brzdné zpomalení pro crossových kol při rychlosti 20 km/h [Tab. č. 10]

Brzdné zpomalení při použití přední brzdy se pohybovalo od 4,55 do 5,68 m/s<sup>2</sup>. Pro zadní brzdy byly podobné hodnoty jako při rychlosti 15 km/h, pohybovaly se od 2,29 do 3,55 m/s<sup>2</sup>.

Měření se účastnil pouze jeden typ silničního kola. Grafy jsou zobrazeny v příloze (Příloha č. 7). Výsledné grafy mají téměř stejný průběh zpomalení. Přední brzda se pohybuje od 2,55 do 4,96 m/s<sup>2</sup>. Pro zadní brzdu je zpomalení od 1,54 do 1,77 m/s<sup>2</sup>. Současné brzdění oběma brzdami dosáhlo hodnot od 3,84 do 4,28 m/s<sup>2</sup>. V porovnání s ostatními typy jízdních kol, měl tento typ podprůměrné výsledky. To je dáno tím, že v době, když se vyráběl, neměly kola tak kvalitní brzdy jako dnes. Dle Kasanického [21] bylo provedeno měření na suché vozovce pro sportovní jízdní kolo značky Favorit, Brzdy nebyly před měření speciálně upravovány. Dezén měl 1/3 původní výšky. Jízdní kolo dosahovalo brzdného zpomalení pro obě brzdy od 3,5 do 4,8 m/s<sup>2</sup>.

Tab. č. 10 Zpomalení na asfaltovém povrchu [autor]

|            | Rychlost 10 km/h              |       |                | Rychlost 15 km/h              |       |                | Rychlost 20 km/h              |       |                |
|------------|-------------------------------|-------|----------------|-------------------------------|-------|----------------|-------------------------------|-------|----------------|
|            | Zpomalení (m/s <sup>2</sup> ) |       |                | Zpomalení (m/s <sup>2</sup> ) |       |                | Zpomalení (m/s <sup>2</sup> ) |       |                |
|            | přední                        | zadní | přední i zadní | přední                        | zadní | přední i zadní | přední                        | zadní | přední i zadní |
| Klára      | 4,63                          | 2,02  | 4,64           | 3,52                          | 2,15  | 4,88           | 4,55                          | 2,29  | 5,09           |
| Jan        | 1,98                          | 0,56  | 2,24           | 2,05                          | 0,71  | 2,21           | 2,49                          | 0,85  | 2,65           |
| Jaroslav   | 5,39                          | 4,14  | 6,52           | 2,89                          | 2,78  | 4,89           | 4,96                          | 2,61  | 3,70           |
| Martin Ka. | 3,19                          | 1,73  | 4,28           | 2,55                          | 1,77  | 4,05           | 2,43                          | 1,54  | 3,84           |
| David      | 8,18                          | 3,93  | 8,75           | 6,57                          | 5,01  | 7,89           | 8,89                          | 3,83  | 8,06           |
| Martin Kl. | 6,45                          | 2,68  | 3,94           | 6,50                          | 3,69  | 6,02           | 5,46                          | 3,55  | 5,26           |
| Lukáš      | 6,43                          | 2,64  | 5,57           | 4,79                          | 2,11  | 3,33           | 5,68                          | 2,46  | 4,17           |
| Veronika   | 2,22                          | 1,74  | 4,80           | 3,20                          | 2,47  | 3,63           | 3,88                          | 2,95  | 3,67           |

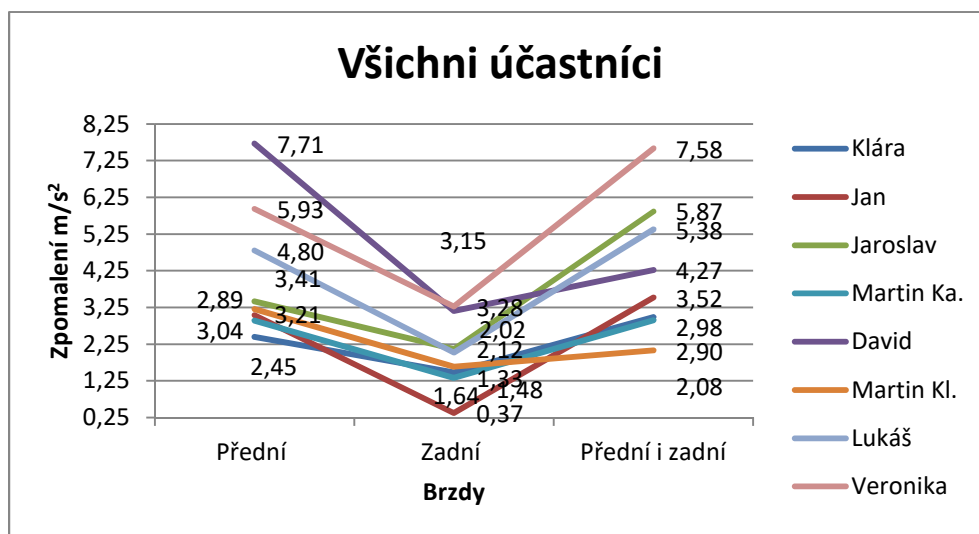
Nejlépe srovnatelné hodnoty jsou pro jezdce Davida a Martin Kl., který dosáhl nejlepších výsledků mezi ostatními účastníky, kromě brzdění při rychlosti 10 km/h pro zadní a obě brzdy. Při brzdění oběma brzdami, kdy dosáhl zpomalení 3,94 m/s<sup>2</sup>. Způsobeno nesoustředěností při provádění manévru (Příloha č. 4). Srovnatelnou hodnotu zpomalení lze najít u rychlosti 15 km/h při použití přední brzdy, kdy jezdec David na počátku zmáčknu přední brzdu tak silně, že skoro nezvládl řízení a spadl, poté velice rychle snížil intenzitu brzdění, a proto dosáhl zpomalení 6,57 m/s<sup>2</sup>.

Nejlepších hodnot zpomalení se dosahuje při brzdění oběma brzdami. Použití pouze zadních brzd je nejméně vhodné. Ve výsledných hodnotách může hrát velkou roli lidský faktor (počátek brzdění nezačal na předem stanoveném místě, intenzita brzdění, jiné rozptýlení a další).

## 8.2 BRZDĚNÍ NA NEZPEVNĚNÉ KOMUNIKACI

### 8.2.1 Brzdění pro rychlost 10 km/h

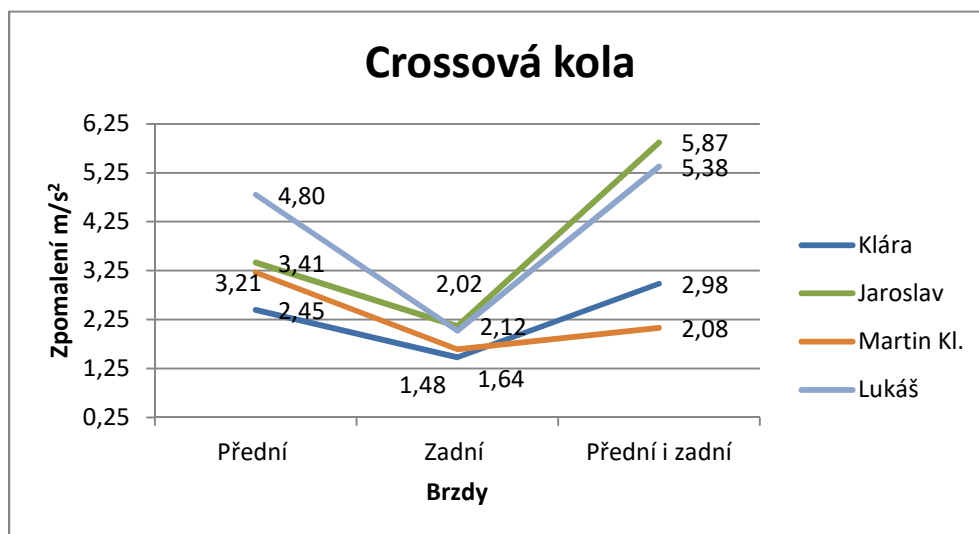
Skutečné rychlosti se od navrhovaných rychlostí nepatrně změnily. Pro rychlost 10 km/h byly skutečné rychlosti od 8,8 do 12,7. Pro rychlost 15 km/h byly od 14,4 do 17,5 km/h a pro rychlost 20 km/h bylo rozmezí od 18 do 23,4 km/h. Výsledné brzdné dráhy a rychlosti jsou v Příloha č. 3.



Graf č. 12 Brzdné zpomalení při rychlosti 10 km/h [Tab. č. 11]

V grafu jsou znázorněni všichni jezdci. Na tomto grafu jsou zřejmé nejlepší výsledky pro jezdce Davida a jezdkyňu Veroniku. Na ostatních površích Veronika nedosahovala takových hodnot zpomalení. To je dáno tím, že měla kolo půjčené a potřebovala se s ním „sžít“ a toto měření probíhalo až na konec. Její kolo bylo vybaveno přední odpruženou vidlicí a kotoučovými brzdami v perfektním stavu na obou kolech. Oproti asfaltovému povrchu se výsledky při brzdění přední brzdou zlepšily o  $3,71 \text{ m/s}^2$ , při použití zadní brzdy o  $1,54 \text{ m/s}^2$  a u obou brzd bylo zlepšení o  $2,78 \text{ m/s}^2$ . Zadní kolo bylo při brzdění oběma brzdami

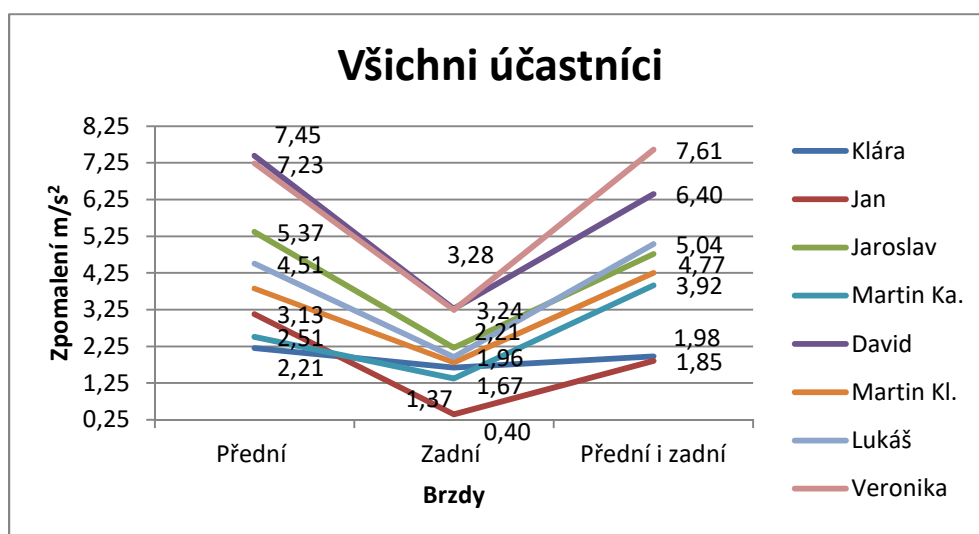
zablokováno. Vyloučením horských kol, která dosahovala nejlepších i nejhorších hodnot a silničního kola dostaneme graf pouze pro crossová kola.



Graf č. 13 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti 10 km/h [Tab. č. 11]

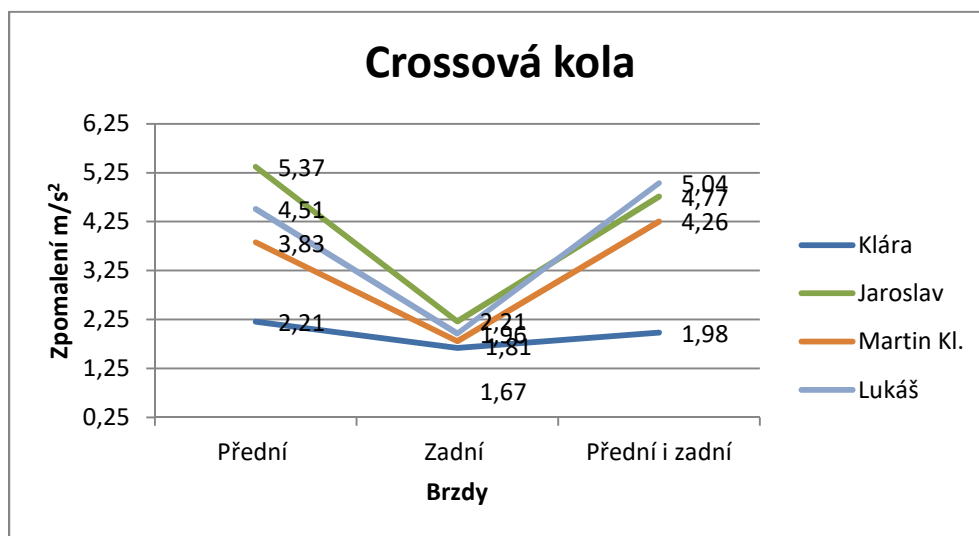
Vysoké rozdílné hodnoty zpomalení Jaroslava a Lukáše oproti ostatním jezdcům jsou způsobeny intenzivním brzděním. Jejich hodnoty zpomalení dosahují až  $5,87 \text{ m/s}^2$ . Pro stejnou rychlost jsou výsledné hodnoty přední brzdy oproti asfaltovému povrchu nižší až o  $2,45 \text{ m/s}^2$ . Všechny hodnoty crossových jsou nižší než u horských kol, s výjimkou jezdce Jana.

### 8.2.2 Brzdění pro rychlost 15 km/h



Graf č. 14 Brzdné zpomalení při rychlosti 15 km/h [Tab. č. 11]

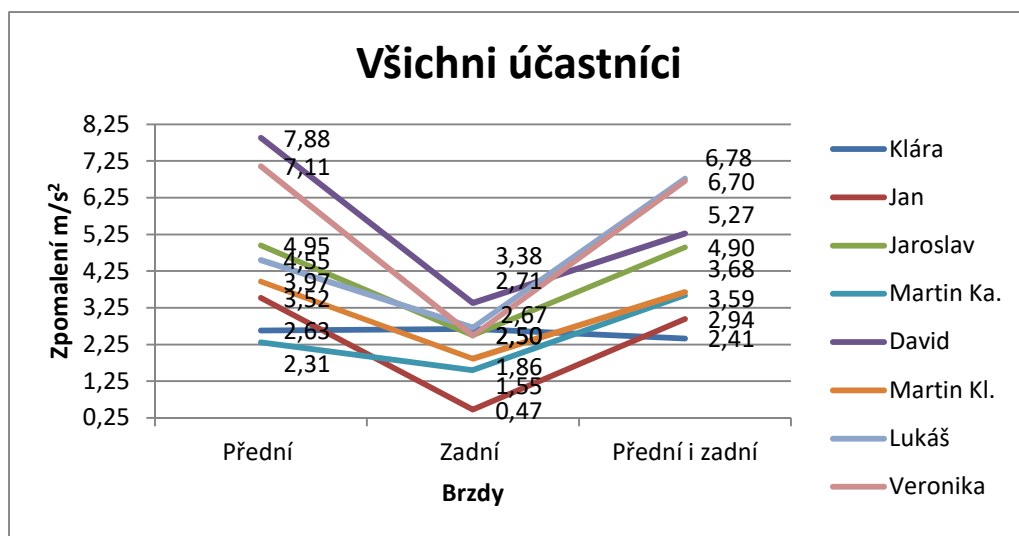
Graf zobrazující všechny účastníky. U dvou jezdců (David a Martin Kl.) při brzdění oběma brzdami, došlo k razantnímu zvýšení zpomalení až od  $2,18 \text{ m/s}^2$ . Způsobeno nedostatečnou koncentrací před provedení manévru při nižší rychlosti. U jezdce Jana je nevyšší pokles při brzdění oběma brzdami až o  $1,67 \text{ m/s}^2$ . Vyloučením horských kol, která dosahovala nejlepších i nejhorších hodnot a silničního kola dostaneme graf pouze pro crossová kola.



Graf č. 15 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti  $15 \text{ km/h}$  [Tab. č. 11]

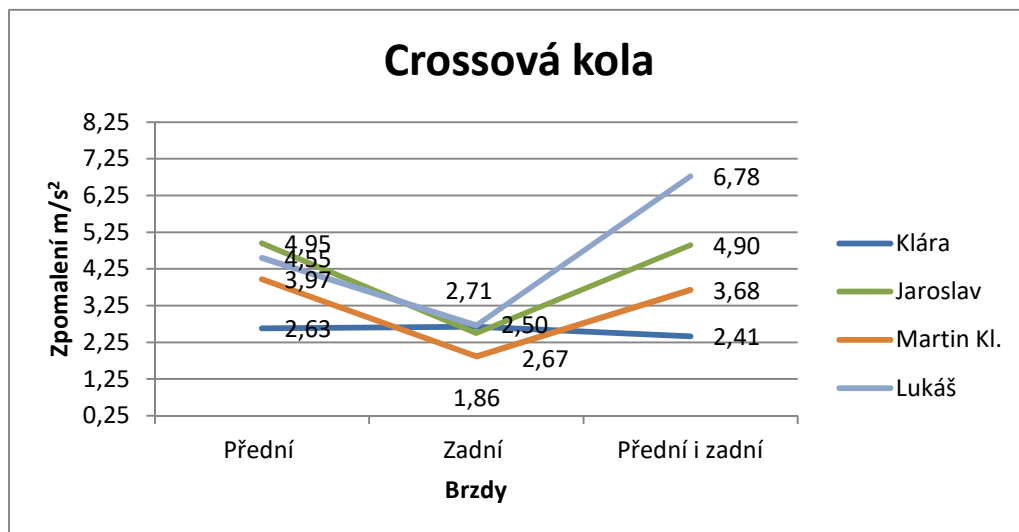
Jezdec Lukáš v tomto měření dosáhl obdobných hodnot jako v předchozím případě. Jezdec Jaroslav měl při brzdění přední brzdou zpomalení  $5,37 \text{ m/s}^2$ . Zlepšil se o  $1,96 \text{ m/s}^2$ , což bylo způsobeno tím, že při brzdění velice intenzivně zmáčkl přední brzdu, až došlo k nadzvednutí zadního kola. Jezdkyně Klára vykazovala nejstabilnější hodnoty, kde nejvyšší rozdíl byl  $1,0 \text{ m/s}^2$ .

### 8.2.3 Brzdění pro rychlost 20 km/h



Graf č. 16 Brzdné zpomalení při rychlosti 20 km/h [Tab. č. 11]

Při porovnáním s rychlostí 10 a 15 km/h většina jezdců, dosahuje zlepšení brzdného zpomalení, až na několik jízd s přesně opačnou tendencí, například u jezdce Veroniky při brzdění zadní brzdou nebo oběma brzdami. Vyloučením horských kol, která dosahovala nejlepších i nejhorších hodnot a silničního kola dostaneme graf pouze pro crossová kola.



Graf č. 17 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti 20 km/h [Tab. č. 11]

Ve všech měřeních na nezpevněné komunikaci jsou poměrně vysoké rozdíly hodnot mezi jezdci Klárou a ostatními účastníky. Zvýšenou hodnotou disponuje Lukáš při brzdění oběma brzdami, což zapříčinilo intenzivní brzdění, při kterém došlo k zablokování kol.

Měření se účastnil pouze jeden typ silničního kola. Grafy jsou zobrazeny v Příloha č. 8

Tab. č. 11 Zpomalení na nezpevněné komunikaci [autor]

|            | Rychlost 10 km/h              |       |                | Rychlost 15 km/h              |       |                | Rychlost 20 km/h              |       |                |
|------------|-------------------------------|-------|----------------|-------------------------------|-------|----------------|-------------------------------|-------|----------------|
|            | Zpomalení (m/s <sup>2</sup> ) |       |                | Zpomalení (m/s <sup>2</sup> ) |       |                | Zpomalení (m/s <sup>2</sup> ) |       |                |
|            | Přední                        | Zadní | Přední i zadní | Přední                        | Zadní | Přední i zadní | Přední                        | Zadní | Přední i zadní |
| Klára      | 2,45                          | 1,48  | 2,98           | 2,21                          | 1,67  | 1,98           | 2,63                          | 2,67  | 2,41           |
| Jan        | 3,04                          | 0,37  | 3,52           | 3,13                          | 0,40  | 1,85           | 3,52                          | 0,47  | 2,94           |
| Jaroslav   | 3,41                          | 2,12  | 5,87           | 5,37                          | 2,21  | 4,77           | 4,95                          | 2,50  | 4,90           |
| Martin Ka. | 2,89                          | 1,33  | 2,90           | 2,51                          | 1,37  | 3,92           | 2,31                          | 1,55  | 3,59           |
| David      | 7,71                          | 3,15  | 4,27           | 7,45                          | 3,28  | 6,40           | 7,88                          | 3,38  | 5,27           |
| Martin Kl. | 3,21                          | 1,64  | 2,08           | 3,83                          | 1,81  | 4,26           | 3,97                          | 1,86  | 3,68           |
| Lukáš      | 4,80                          | 2,02  | 5,38           | 4,51                          | 1,96  | 5,04           | 4,55                          | 2,71  | 6,78           |
| Veronika   | 5,93                          | 3,28  | 7,58           | 7,23                          | 3,24  | 7,61           | 7,11                          | 2,50  | 6,70           |

Příloha č. 10 jsou zobrazeny (žlutě vyznačeni) grafy jezdců Davida a Veroniky, které měli nejlepší výsledky. Největší rozdíl je při brzdění oběma brzdami pro rychlost 10 km/h o 3,31 m/s<sup>2</sup>. Způsobeno velkým rozdílem rychlostí a téměř shodných brzdových vzdáleností. David jel pouze 8,8 km/h, zatímco Veronika jela 13,3 km/h.

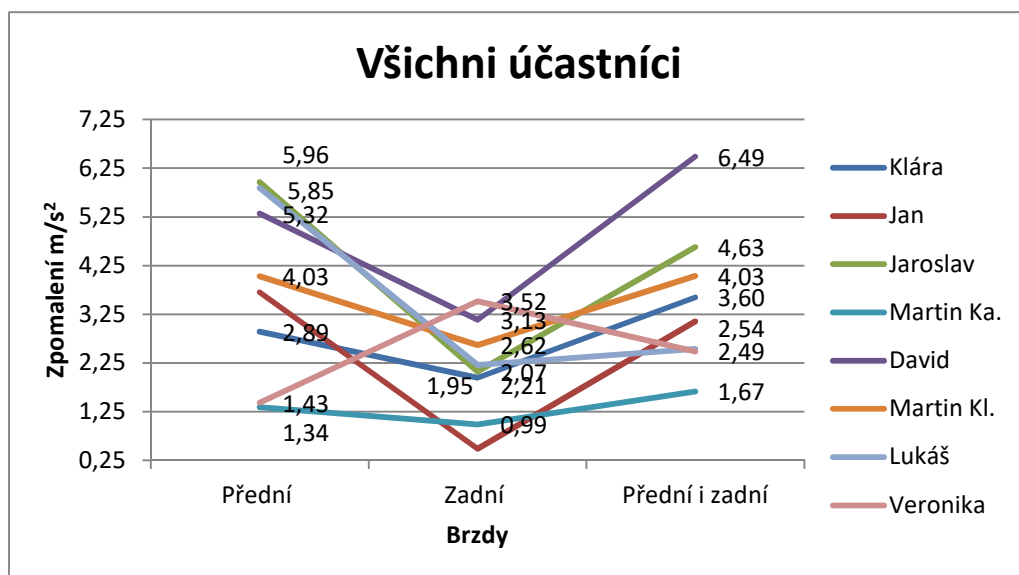
Dle Prčíka [39] na suché polní cestě dosáhlo jízdní horské kolo při brzdění oběma brzdami 5,04 m/s<sup>2</sup>. Jízdní kolo bylo vybaveno oběma mechanickými kotoučovými brzdami. Výsledky měření ukazují zpomalení pro Davido kolo 5,27 m/s<sup>2</sup>. Pro Veroniku ještě vyšší hodnoty až 6,7 m/s<sup>2</sup>.

Předpokládané hodnoty zpomalení na tomto povrchu byly nižší než na ostatních površích. Což se ukázalo jako pravdivé ve většině jízd.

## 8.3 BRZDĚNÍ NA DLAŽEBNÍCH KOSTKÁCH

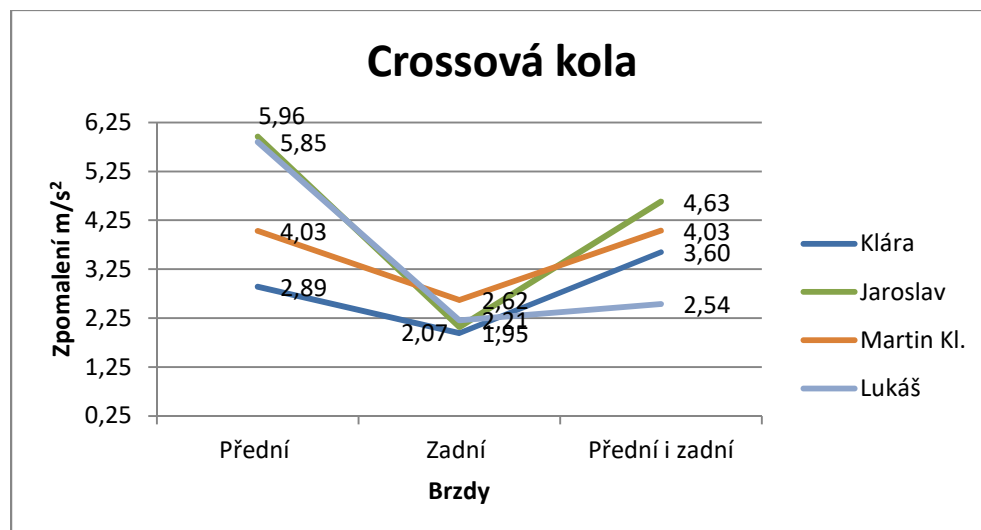
### 8.3.1 Brzdění pro rychlost 10 km/h

Skutečné rychlosti se od navrhovaných rychlostí nepatrně změnily. Pro rychlost 10 km/h byly skutečné rychlosti od 8,8 do 12,7. Pro rychlost 15 km/h byly od 14,4 do 17,5 km/h a pro rychlost 20 km/h bylo rozmezí od 18 do 23,4 km/h. Výsledné brzdné vzdálenosti a časy jsou v Příloha č. 9.



Graf č. 18 Brzdné zpomalení při rychlosti 10 km/h [Tab. č. 12]

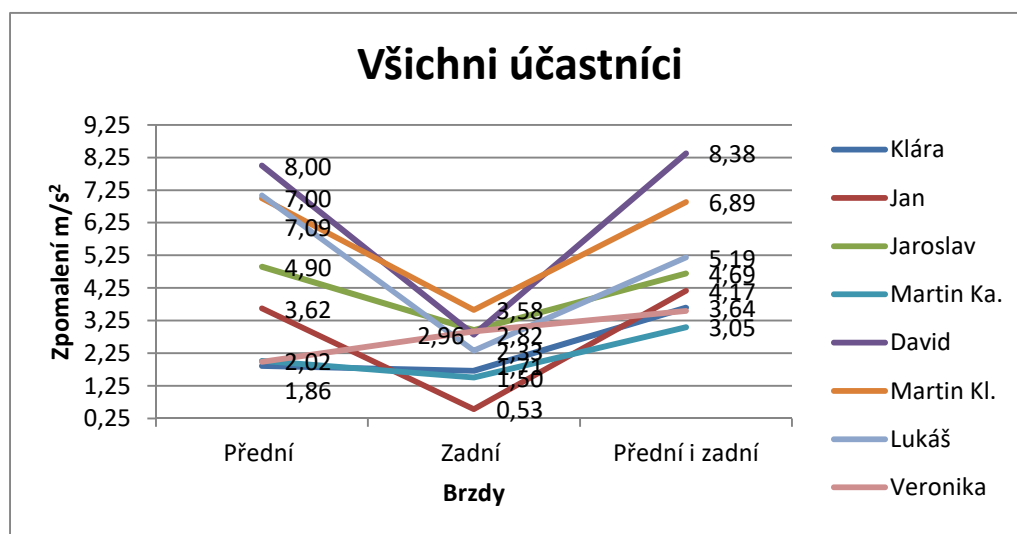
Graf zobrazující všechny jezdce bez ohledu na jízdní kola a technický stav. U tohoto grafu a u grafů vyšších rychlostí, pro jezdce Veroniku, je nejvýraznější opačný průběh grafů. Pro Veroniku toto měření probíhalo jako první, a neměla dostatečný čas na seznámení se s jízdním kolem. Pro ostatní účastníky tento problém odpadl. Při brzdění přední brzdou dosahuje zpomalení velice nízkých hodnot. Kdy měla zjevně příliš velký strach zmáčknout přední brzdu, aby nedošlo k pádu z kola. Vyloučením horských kol, která dosahovala nejlepších i nejhorších hodnot a silničního kola dostaneme graf pouze pro crossová kola.



Graf č. 19 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti 10 km/h [Tab. č. 12]

Vysoký rozdíl zpomalení jezdců při použití přední až 3,07 m/s<sup>2</sup>. Vysoký rozdíl hodnot pro jezdce Lukáše při brzdění oběma brzdami, který dosáhl pouze zpomalení 2,54 m/s<sup>2</sup>.

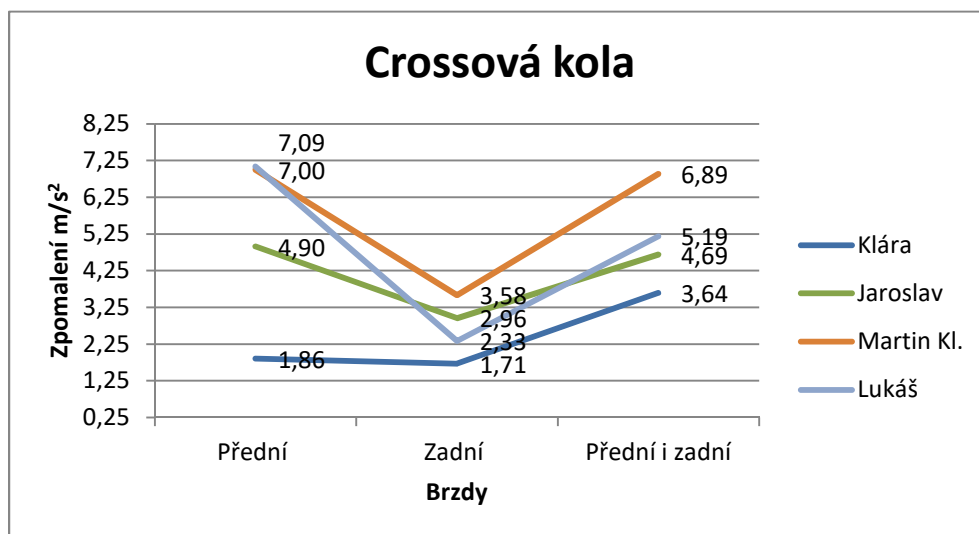
### 8.3.2 Brzdění pro rychlost 15 km/h



Graf č. 20 Brzdné zpomalení při rychlosti 15 km/h [Tab. č. 12]

Z grafu je patrný stejný průběh zpomalení pro jezdce Veroniku, která při použití přední brzdy dosáhla pouze zpomalení 1,43 m/s<sup>2</sup>. Obdobných hodnot dosáhl i jezdc Martin Ka. s jeho silničním kolem a jezdce Klára. Nejvyšších hodnot dosahoval jezdc David. Pro přední brzdou zpomalení až 8,00 m/s<sup>2</sup>, pro obě brzdy až 8,38 m/s<sup>2</sup>. Martin Kl. a Lukáš s crossovými jízdními koly dosahovali podobných hodnot zpomalení jako horské kolo

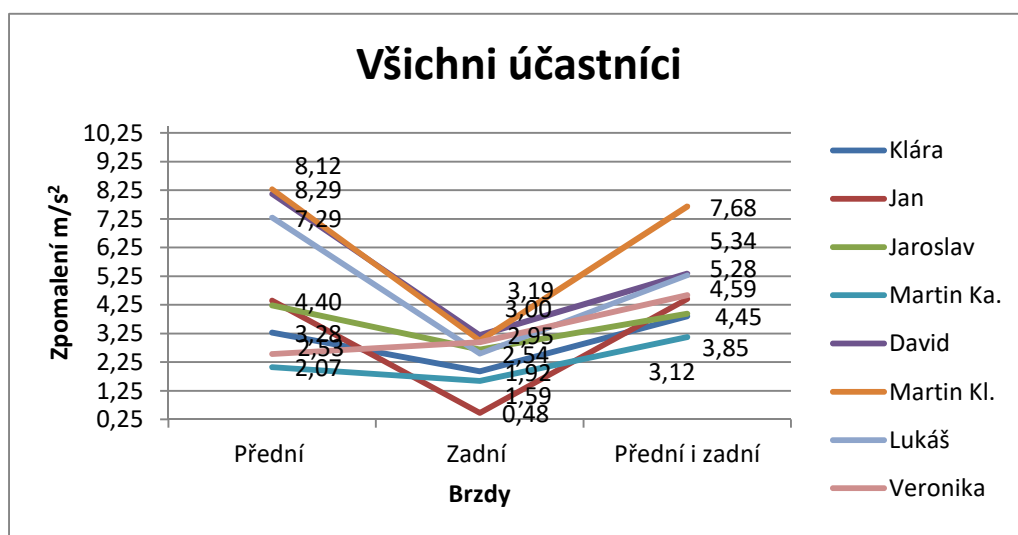
Davida. Vyloučením horských kol, která dosahovala nejlepších i nejhorších hodnot a silničního kola dostaneme graf pouze pro crossová kola.



Graf č. 21 Brzdové zpomalení crossových kol při rychlosti 15 km/h [Tab. č. 12]

U jezdčyně Kláry se pouze snížilo zpomalení o  $1,03 \text{ m/s}^2$  při použití přední brzdy. Zatímco u jezdce Martina Kl. se všechny hodnoty zpomalení zvýšily pro přední brzdou o  $3,03 \text{ m/s}^2$ , pro zadní brzdou o  $0,96 \text{ m/s}^2$  a pro obě brzdy o  $2,86 \text{ m/s}^2$ .

### 8.3.3 Brzdění pro rychlost 20 km/h

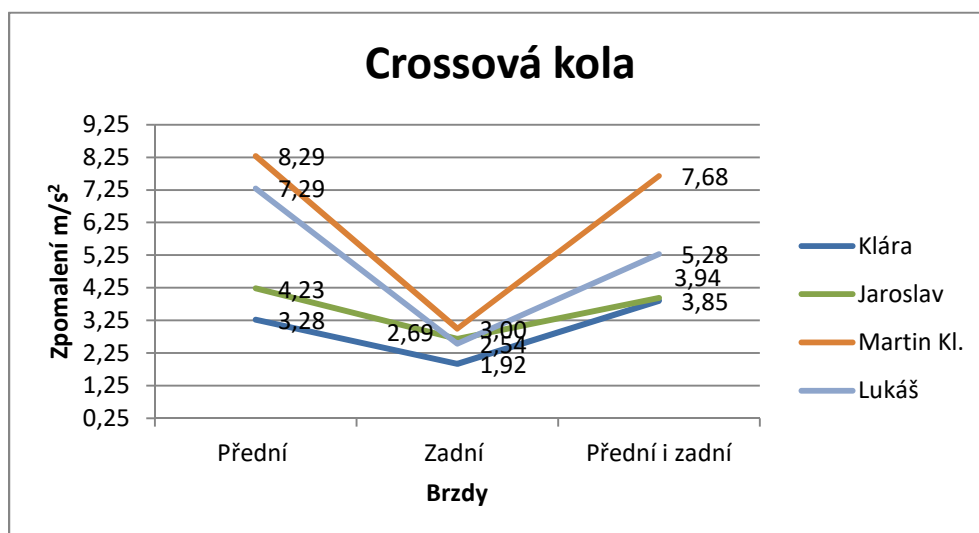


Graf č. 22 Brzdové zpomalení při rychlosti 20 km/h [Tab. č. 12]

Jako v předchozím případě jezdec Martin Kl. dosahoval nejlepších hodnot zpomalení. Ostatní účastníci vykazovali podobné výsledky jako při rychlosti 15 km/h. Největší rozdíl zpomalení pro obě brzdy byla pro jezdce Davida, kde rozdíl byl  $3,04 \text{ m/s}^2$ . Při rychlosti 15 km/h zabrzdil s takovou intenzitou, že došlo k nadzvednutí zadního kola. Pro rychlost 20 km/h k tomu už nedošlo. Vyloučením horských kol, která dosahovala nejlepších i nejhorších hodnot a silničního kola dostaneme graf pouze pro crossová kola.

Pro jezdce Jana došlo ke zlepšení oproti předešlým povrchům při brzdění přední a oběma brzdami. Dotažením uvolněného lanka u úřední brzdy.

Vysoký rozptyl hodnot zpomalení všech jezdců je znatelný. Proto bylo v dalších grafech rozlišeno pouze pro crossová kola.



Graf č. 23 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti 20 km/h [Tab. č. 12]

Jezdec Martin Kl. dosáhl při brzdění přední brzdou nejlepších výsledků. Se zvyšující se rychlostí měly stoupající tendenci. Zpomalení se postupně zvyšovalo od  $3,11 \text{ m/s}^2$  při rychlosti 10 km/h až k  $5,61 \text{ m/s}^2$  při rychlosti 20 km/h. To platí i při brzdění oběma brzdami, které také měly zvyšující tendenci. Pro rychlost 10 km/h bylo zpomalení  $4,03 \text{ m/s}^2$ , pro rychlost 15 km/h  $6,89 \text{ m/s}^2$  a pro nejvyšší rychlost bylo zpomalení  $7,68 \text{ m/s}^2$ . Zatímco nejhorších výsledků dosáhla Klára, pro přední brzdu  $3,28 \text{ m/s}^2$ .

Silniční jízdní kolo je zobrazeno samostatně v Příloha č. 9. Hodnoty zpomalení s porovnáním s ostatními povrchy jsou nejnižší.

Tab. č. 12 Zpomalení na dlažebních kostkách [autor]

|            | Rychlost 10 km/h              |       |                | Rychlost 15 km/h              |       |                | Rychlost 20 km/h              |       |                |
|------------|-------------------------------|-------|----------------|-------------------------------|-------|----------------|-------------------------------|-------|----------------|
|            | Zpomalení (m/s <sup>2</sup> ) |       |                | Zpomalení (m/s <sup>2</sup> ) |       |                | Zpomalení (m/s <sup>2</sup> ) |       |                |
| Brzdy      | Přední                        | Zadní | Přední i zadní | Přední                        | Zadní | Přední i zadní | Přední                        | Zadní | Přední i zadní |
| Klára      | 2,89                          | 1,95  | 3,60           | 1,86                          | 1,71  | 3,64           | 3,28                          | 1,92  | 3,85           |
| Jan        | 3,70                          | 0,49  | 3,11           | 3,62                          | 0,53  | 4,17           | 4,40                          | 0,48  | 4,45           |
| Jaroslav   | 5,96                          | 2,07  | 4,63           | 4,90                          | 2,96  | 4,69           | 4,23                          | 2,69  | 3,94           |
| Martin Ka. | 1,34                          | 0,99  | 1,67           | 2,02                          | 1,50  | 3,05           | 2,07                          | 1,59  | 3,12           |
| David      | 5,32                          | 3,13  | 6,49           | 8,00                          | 2,82  | 8,38           | 8,12                          | 3,19  | 5,34           |
| Martin Kl. | 4,03                          | 2,62  | 4,03           | 7,00                          | 3,58  | 6,89           | 8,29                          | 3,00  | 7,68           |
| Lukáš      | 5,85                          | 2,21  | 2,54           | 7,09                          | 2,33  | 5,19           | 7,29                          | 2,54  | 5,28           |
| Veronika   | 1,43                          | 3,52  | 2,49           | 1,99                          | 2,92  | 3,54           | 2,53                          | 2,95  | 4,59           |

Příloha č. 5 obsahuje porovnání pro jezdce Matina Kl. a Davida, kteří měli nejlepší výsledky. Nejvyšší rozdílné výsledky jsou rozdílné pro rychlost 10 km/h. Pro přední brzdu je rozdíl 1,3 m/s<sup>2</sup>, pro zadní 0,51 m/s<sup>2</sup> a pro obě brzdy 2,46 m/s<sup>2</sup>.

Nejlepších hodnot zpomalení dosahovali jezdci na asfaltovém povrchu, který nebyl nijak znečištěn. Povrch byl suchý. Jednotlivé hodnoty zpomalení jsou zobrazeny v Tab. č. 10. Zřejmě nejlepší výsledky v porovnání se všemi jezdci a všemi povrchy měl Jezdec David, který měl jízdní kolo horského typu značky Merida. S přední odpruženou vidlicí a oběma kotoučovými brzdami. Velkou roli hrálo to, že kolo bylo v servisu před měřením. Kde se mu dostalo kvalitní péče.

Brzdění na nepevněné komunikaci u jezdce Veroniky vykazovaly téměř podobné hodnoty jako u jezdce Davida, což bylo zapříčiněno tím, že tento pokus se prováděl naposled a Veronika měla dostatečný čas si na kolo zvyknout. V předchozích měřeních dosahovala velice nízkých hodnot. Kolo bylo také horského typu s odpruženou vidlicí a oběma kotoučovými brzdami.

Crossové kolo jezdce Kláry vykazovalo poměrně stálé hodnoty zpomalení na všech površích.

Nelze zapomenout na jedno silniční kolo jezdce Martina. Jednalo se o silniční kolo, bohužel ani majitel neví, jaké stáří může mít. S jistotou říká, že se jednalo o nejstarší jízdní kolo, které se účastnilo měření. Hodnoty brzdného zpomalení se pro všechny rychlosti i pro všechny povrchy pohybovala pod 4,28 m/s<sup>2</sup>. Podle Kšanického [21] pro jízdní kolo Favorit pro suchou vozovku zpomalení oběma brzdami bylo od 3,2 do 4,8 m/s<sup>2</sup>. Pro můj případ to bylo 3,8 m/s<sup>2</sup>.

## 8.4 AKCELERACE NA ASFLATOVÉM POVRCHU

Vyhodnocení proběhlo z videí, která byla natáčena po celou dobu měření, pro určení časů. Jezdec se rozjížděl na počátku oblouku o daném poloměru, poté najel na přímý úsek, který měl délku 10 m. Rychlosti byly zjištěny z VBox Sportu. Z výsledných hodnot (Příloha č. 15, Příloha č. 14) byly vytvořeny grafy, které jsou jako přílohy (Příloha č. 11, Příloha č. 12, Příloha č. 13).

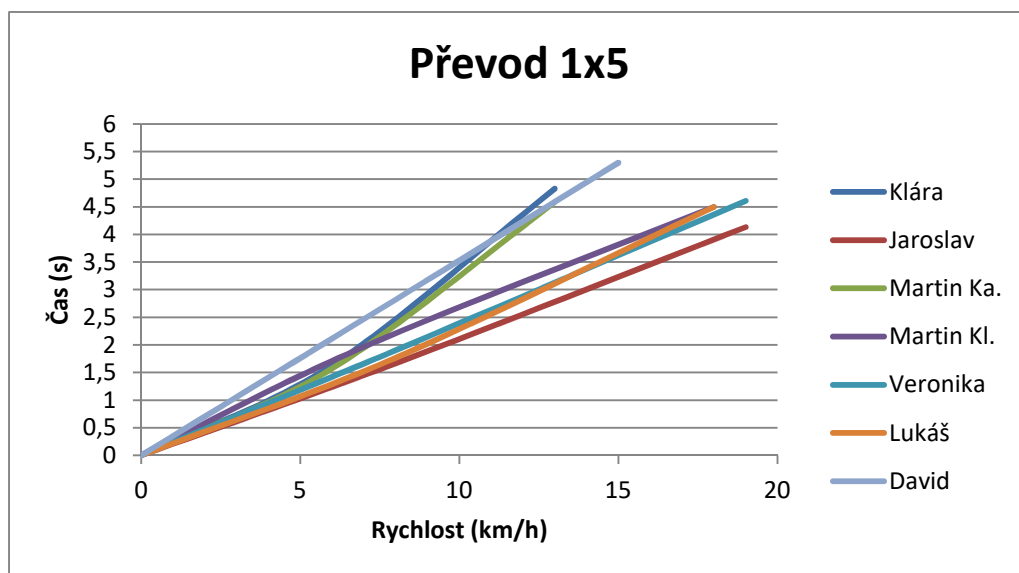


*Obr. č. 43 Rozjezd jezdce Jaroslava obloukem o poloměru 2 m [autor]*



*Obr. č. 44 Vjezd a jízda v přímém úseku [autor]*

Byly vybrány tři reprezentativní grafy, pro každý poloměr jeden, pro převody 1x5, 2x6 a 3x7. Jednalo se o maximální převod přehazovačky pro měření.



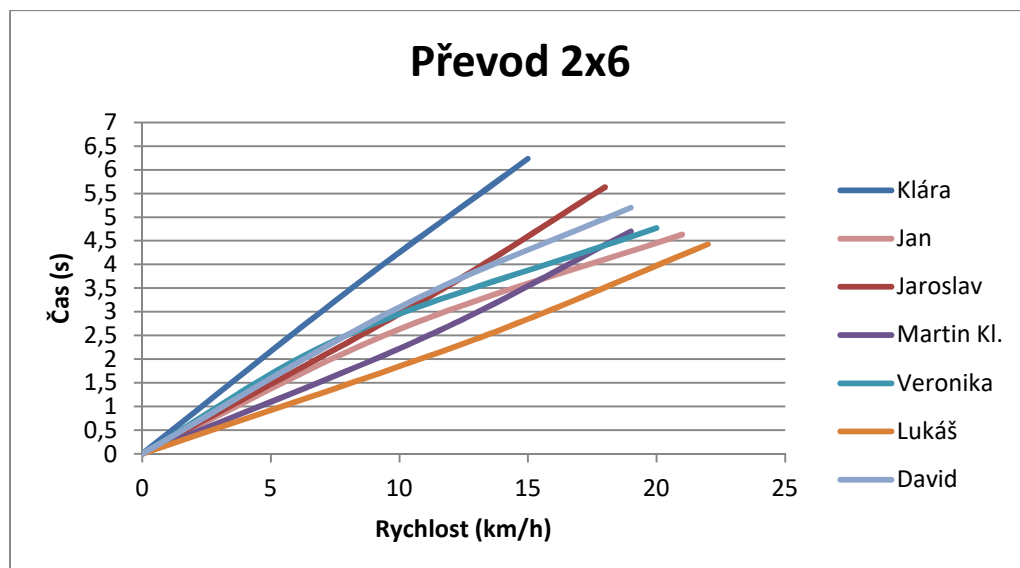
Graf č. 24 Akcelerace na převod 1x5, poloměr oblouku 2 m [autor]

Dráha se skládala z obloukové části a přímého úseku (vždy 10 m). Oblouková část o poloměru 2 m byla dlouhá cca 3,14 m. Dráha byla celkem dlouhá tedy 13,14 m. Rychlost na konci oblouku se pohybovala od 6 do 8 km/h. Konečná rychlost byla od 13 do 19 km/h.

Časy na konci oblouku byly od 1,6 do 3,2 s. Průjezdni časy na konci dráhy se pohybovaly od 4,1 do 5,3 s. Nejhorší čas připadal na jezdce Davida, který měl značné problémy v úseku najetí na přímou dráhu. Kdy ztratil stabilitu, nahnutí těla vně oblouku.

Porovnáním s převodem 1x1 a 1x3 je konečná rychlost vyšší u všech účastníků od 1 až do 8 km/h. Nejnižší hodnoty dosáhla jezdka Klára, kde je již zmíněná rychlost pouze o 1 km/h. Největší rozdíl rychlosti je u jezdce Veroniky. I porovnání času vykazovalo lepší hodnoty. Zlepšení proběhlo u všech jezdců, od nepatrných hodnot až do 3 sekund. Veronika na převod 1x1 jela velice pomalu oproti ostatním. Náznak akcelerace byl zhruba 5 metrů před koncem měření. Druhým extrémem byl David, kde rozdílný čas byl 1,7 s. Rozjezd s převodem 1x1 mu činil značné problémy hlavně v oblouku. S vyjmutím těchto dvou extrémních hodnot by byl rozdílný výsledný čas od 0,1 do 0,8 s.

Nejvyšších rychlostí dosahovali jezdce na převod 2x4 od 18 do 22 km/h s časy od 3,6 do 5,1 s. Převod 3x3 dosahoval rychlostí od 18 do 22 km/h s časy od 3,7 do 4,8 s.



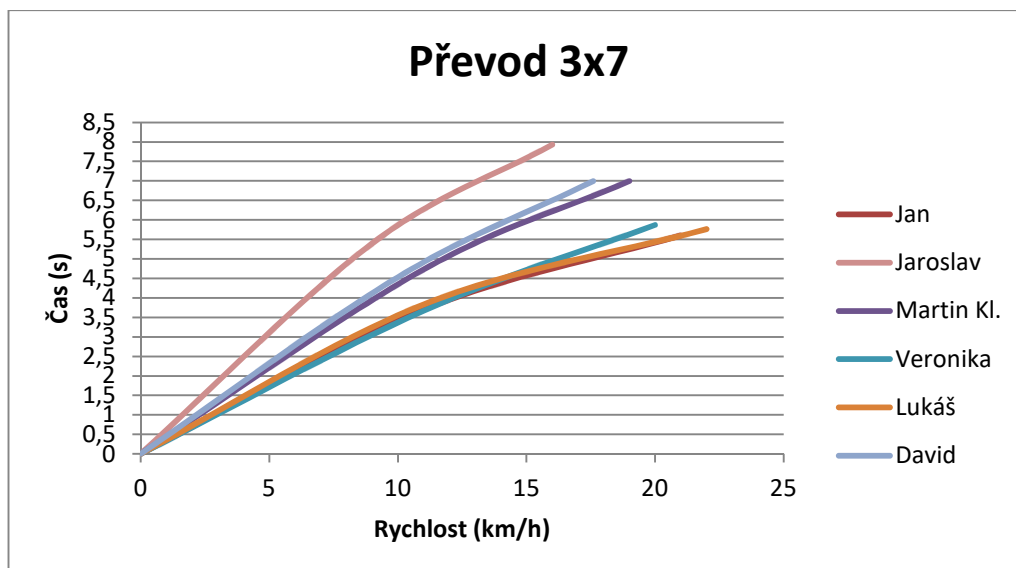
*Graf č. 25 Akcelpace na převod 2x6, poloměr oblouku 4 m [autor]*

Dráha byla složena z oblouku, který měl poloměr 4 metry, délky cca 6,28 m a přímého úseku délky 10 m.

Rychlosti se na konci úseku pohybovaly od 15 do 22 km/h. Nejnižší hodnoty dosáhla jezdka Klára, pouhých 15 km/h s časem 6,2 s. Velice podobné rychlosti jako v předchozím případě, kde byla kratší dráha. Jednotlivé časy se pohybovaly od 4,4 do 6,2 s. Jedná se o zvýšení o 0,3 až 1,1 s. Grafy mají téměř charakter přímek, to je způsobeno tím, že jezdci zrychlovali rovnoměrněji než v ostatních případech. Kde je vidět větší zakřivení.

Podobné rychlosti byly zjištěny, když jezdci se rozjížděli s převodem 2x4 (18 až 22 km/h, bez jezdka Kláry, která dosáhla pouze rychlosti 14 km/h), časy od 4,3 do 5,8 s. Pro převod 3x3 byly rychlosti od 20 do 23 km/h a časy od 4,4 do 5,3 s.

Pro „nejtěžší“ převod 3x7 byly rychlosti nižší o 1 až 3 km/h a časy projetí vyšší o 0,5 až 1,1 s.



Graf č. 26 Akcelpace na převod 3x7, poloměr oblouku 6 m [autor]

Dráha byla složena z oblouku, který měl poloměr 6 metrů, délky cca 9,42 m a přímého úseku délky 10 m. Celková dráha činila přibližně 19,42 m.

Rychlosti se na konci úseku pohybovaly od 16 do 22 km/h. Časy se pohybovaly od 5,6 do 7,9 s.

Výše uvedené grafy ukazují závislost rychlosti na dráze. Dráha byla zvolena z části oblouková, dle poloměrů, a z přímého úseku. Jezdci se rozjížděli s předem daným převodem, který byl neměnný pro danou jízdu. Z grafů jsou patrné rychlosti a časy, za který se projela daná dráha. Pro některé jezdce byl problém se stabilitou, když projížděli nejmenším obloukem s převodem 1x1. Při tomto převodu dosahovaly nejmenších hodnot rychlostí a nejvyšších hodnot času. Intenzita šlapání byla vysoká. Zatímco pro „nejtěžší převod“ se dosahovalo poměrně vysokých rychlostí, ale i vyšších časů.

Nejvyšších rychlostí jezdci dosahovali při převodu 2x4 a 3x3 na všech drahách o různých poloměrech.

Při použití převodů 3x5 a 3x7 se všichni jezdci rozjížděli ze vzpřímené polohy těla, než dosáhly potřebné rychlosti, kdy zaujali posaz typický pro jízdu.

Při rozjezdu hraje velkou roli fyzická zdatnost, u žen je většinou nižší než u mužů. A hlavně zkušenosti u jezdců.

## 8.5 OHLÉDNUTÍ ZA SEBE

### 8.5.1 Ohlédnutí za sebe o 180°

Jízdní manévr lze rozložit do čtyř fází. První fáze (Obr. č. 45 vlevo) je jízda v přímém směru. Fáze, kdy se jezdec ohlíží za sebe, aby se přesvědčil o provozu za ním (Obr. č. 45 vpravo). Fáze maximálního vybočení (Obr. č. 46 vlevo), kdy je největší boční vzdálenost od přímého směru. Nakonec poslední fáze (Obr. č. 46 vpravo), kdy se jezdec vrátí do původního směru jízdy.



*Obr. č. 45 První a druhá fáze při ohlédnutí za sebe o 180° [autor]*



*Obr. č. 46 Třetí a čtvrtá fáze při ohlédnutí za sebe o 180° [autor]*

Jednotlivé jízdy všech jezdců byly zapsány od tabulky a následně vyhodnoceny. Celkové vybočení je součtem vybočení vlevo a vpravo, pokud nastalo.

*Tab. č. 13 Vybočení při ohlédnutí za sebe o 180° [autor]*

|            | Rychlost<br>(km/h) | Vzdálenost (m) |        | Celkové<br>vybočení (m) |
|------------|--------------------|----------------|--------|-------------------------|
|            |                    | Vlevo          | Vpravo |                         |
| Klára      | 10                 | 0,1            |        | 0,1                     |
|            | 15                 |                | 0,2    | 0,2                     |
|            | 20                 | 0,05           |        | 0,05                    |
| Jan        | 10                 | 0,55           |        | 0,55                    |
|            | 15                 | 0,1            | 0,15   | 0,25                    |
|            | 20                 | 0,1            |        | 0,1                     |
| Jaroslav   | 10                 | 0,1            |        | 0,1                     |
|            | 15                 | 0,45           |        | 0,45                    |
|            | 20                 | 0,1            |        | 0,1                     |
| Martin Ka. | 10                 | 0,6            |        | 0,6                     |
|            | 15                 | 0,7            |        | 0,7                     |
|            | 20                 | 0,5            |        | 0,5                     |
| David      | 10                 |                | 0,1    | 0,1                     |
|            | 15                 | 0,1            |        | 0,1                     |
|            | 20                 | 0,1            |        | 0,1                     |
| Martin Kl. | 10                 | 0,3            | 0,1    | 0,4                     |
|            | 15                 | 0,1            | 0,1    | 0,2                     |
|            | 20                 | 0,2            |        | 0,2                     |
| Lukáš      | 10                 | 0,5            |        | 0,5                     |
|            | 15                 |                | 0,2    | 0,2                     |
|            | 20                 |                | 0,15   | 0,15                    |
| Veronika   | 10                 | 0,3            |        | 0,3                     |
|            | 15                 | 0,2            |        | 0,2                     |
|            | 20                 | 0,2            |        | 0,2                     |

Výsledné hodnoty vybočení se pohybují od 0,1 od 0,7 m, převážně směrem doleva. To je dáno tím, že docházelo k otáčení hlavy také směrem doleva. Vyšší množství vyšších hodnot vychýlení probíhalo při rychlosti 10 km/h, protože při nižších rychlostech je zhoršená stabilita. Při rychlosti 20 km/h tento problém odpadl. Jedinou výjimkou je jezdec Martin Ka., u kterého se hodnoty vychýlení vyšplhaly až na 0,7 m. To může být zapříčiněno tím, že při manévru jezdec provede ohlédnutí za sebe pouze otočením hlavy (Obr. č. 47). Spojnice ramen

zůstává v přímce, která je kolmá na směr jízdy. Zatímco při natočení trupu i hlavy (Obr. č. 48), docházelo právě k vzniku extrémních hodnot.

*Tab. č. 14 Průměrné hodnoty vychýlení všech jízdních kol [autor]*

| Rychlost (km/h) | Průměr (m) |
|-----------------|------------|
| 10              | 0,32       |
| 15              | 0,32       |
| 20              | 0,19       |

Orientačně byly zprůměrovány vzdálenosti všech jezdců bez rozlišení typů jízdních kol (Tab. č. 14), o jakou se změnila trajektorie jízdy. Byly vzaty v potaz i extrémní hodnoty, kterých bylo dosaženo. A které se mohou běžně vyskytovat v provozu. Z výsledných hodnot je zřejmé, že při zvyšování rychlosti se jezdci vychylovali méně a více se drželi přímého směru.

Pro porovnání byly vzaty pouze crossová kola, která byly čtyři. Průměrné hodnoty (Tab. č. 15) se snížily o 0,04 až 0,06 m. Ostatní druhy jízdních kol nebyly porovnávány z důvodu nedostatečného množství.

*Tab. č. 15 Průměrné hodnoty vychýlení crossových kol [autor]*

| Rychlost (km/h) | Průměr (m) |
|-----------------|------------|
| 10              | 0,28       |
| 15              | 0,26       |
| 20              | 0,13       |

Stejnému tématu se věnoval Roman Haluska [40]. Od kterého byly vzaty hodnoty pro porovnání. K dispozici měl silniční, crossové a horské jízdní kolo. Měření probíhalo na rovinném asfaltovém povrchu za mírného zadního větru, to odpovídalo podobným podmínkám. Výsledná hodnota pro horské jízdní kolo byla 50 cm. Pro silniční jízdní kolo to bylo 55 cm a pro crossové jízdní kolo hodnota činila 51 cm. Rychlost cyklistů byla obvyklá, tak jak byli zvyklí jezdit.

Mnou dosažené hodnoty crossových kol při různých rychlostech jsou v rozmezí od 0,13 do 0,28 m. Jedná se o poměrně vysoký rozdíl výsledných hodnot.

Pokud by se braly tyto hodnoty bočního vychýlení a k tomu se přičetla bezpečná vzdálenost, která není u nás stanovena. S uvažováním bezpečné vzdálenosti jízdního kola a

motorového vozidla přibližně 1,5 m a vychýlení jízdního kola o 0,32 m pro nejnižší rychlost se lze dostat až na 1,82 m. Ani tato boční vzdálenost nemusí být z pohledu cyklisty bezpečná.



*Obr. č. 47 Jezdec David při otáčení hlavou o 180° [autor]*



*Obr. č. 48 Jezdec Martin při otáčení trupem i hlavou o 180° [autor]*

### 8.5.2 Ohlédnutí za sebe o 90°

Stejným způsobem probíhalo toto měření, kde se jezdci ohlíželi o cca 90° směrem doleva jak je zobrazeno v Obr. č. 49.



Obr. č. 49 Jezdec Jaroslav při manévru ohlédnutí o 90° [autor]

Tab. č. 16 Vybočení při ohlédnutí za sebe o 90° [autor]

|            | Rychlost<br>(km/h) | Vzdálenost (m) |        | Celkové<br>vybočení (m) |
|------------|--------------------|----------------|--------|-------------------------|
|            |                    | Vlevo          | Vpravo |                         |
| Klára      | 10                 |                | 0,15   | 0,15                    |
|            | 15                 |                | 0,1    | 0,1                     |
|            | 20                 |                | 0,3    | 0,3                     |
| Jan        | 10                 | 0,15           |        | 0,15                    |
|            | 15                 | 0,1            |        | 0,1                     |
|            | 20                 | 0,1            | 0,15   | 0,25                    |
| Jaroslav   | 10                 | 0,2            |        | 0,2                     |
|            | 15                 | 0,1            |        | 0,1                     |
|            | 20                 |                | 0,2    | 0,2                     |
| Martin Ka. | 10                 | 0,1            | 0,2    | 0,3                     |
|            | 15                 | 0,1            |        | 0,1                     |
|            | 20                 | 0,1            |        | 0,1                     |
| David      | 10                 |                | 0,15   | 0,15                    |
|            | 15                 |                | 0,1    | 0,1                     |
|            | 20                 | 0,1            |        | 0,1                     |
| Martin Kl. | 10                 |                | 0,3    | 0,3                     |
|            | 15                 | 0,1            |        | 0,1                     |
|            | 20                 |                | 0,1    | 0,1                     |
| Lukáš      | 10                 | 0,15           |        | 0,15                    |
|            | 15                 | 0,1            |        | 0,1                     |
|            | 20                 |                | 0,1    | 0,1                     |
| Veronika   | 10                 |                | 0,1    | 0,1                     |
|            | 15                 | 0,2            | 0,1    | 0,3                     |
|            | 20                 |                | 0,1    | 0,1                     |

Hodnoty vybočení se pohybovaly od 0,1 do 0,3 m. Hodnoty jsou nižší s porovnáním, když se otáčela hlava o 180°. Ale zvýšil se podíl, kdy jezdci vybočili směrem do prava.

*Tab. č. 17 Průměrné hodnoty vychýlení u všech jízdních kol [autor]*

| Rychlost (km/h) | Průměr (m) |
|-----------------|------------|
| 10              | 0,19       |
| 15              | 0,13       |
| 20              | 0,16       |

Orientačně byly zprůměrovány vzdálenosti všech jezdců bez rozlišení typů jízdních kol. Extrémní hodnoty se neobjevovaly v takové míře jako v předchozím měření. S rostoucí rychlostí docházelo ke snižování bočního vychýlení od původního směru jízdy.

Pro porovnání byla vyčleněna pouze crossová kola, která tvořila největší skupinu kol. Hodnoty jsou zaznamenány v Tab. č. 18. Průměrné hodnoty se příliš neliší od Tab. č. 17.

*Tab. č. 18 Výsledné hodnoty pro crossová jízdní kola [autor]*

| Rychlost (km/h) | Průměr (m) |
|-----------------|------------|
| 10              | 0,20       |
| 15              | 0,10       |
| 20              | 0,18       |

Obě měření probíhala, kdy jezdci nebyli nijak ovlivňováni ostatními účastníky provozu a mohli se plně soustředit na manévr. Proto se domnívám, že v normálním provozu by byly výsledné hodnoty vyšší.

## 9 ZÁVĚR

Hlavním záměrem diplomové práce bylo provést a vyhodnotit měření, které se zabíralo brzděním, akcelerací a manévrem ohlédnutí za sebe, než cyklista změní směr jízdy. Před praktickou částí bylo zapotřebí seznámení se s cyklistikou obecně – od historie až přes jednotlivé typy jízdních kol a jejich konstrukce. Nelze ani opomenout zákony a vyhlášky, na které se musí brát zřetel. Kapitola nehodovosti vycházela z 2016. Cyklisti jsou mezi účastníky provozu jedni z nejzranitelnějších, a proto je třeba jim věnovat speciální péči, která se jim nedostává. Se zvyšujícím se trendem cyklistiky je třeba navrhovat komunikace s ohledem právě na ně.

Samostatná praktická část se zabývala brzděním na třech různých površích při různých rychlostech (10, 15 a 20 km/h). Byl vybrán asfaltový, nepevněný povrch a dlažební kostky. Bylo k dispozici 9 jízdních kol různých technických stavů – 4 crossová, 1 silniční a 3 horská. Největší odchylky rychlostí byly u nejnižší rychlosti 10 km/h, kdy jezdci neměli při jízdě jistotu ve stabilitě.

Na asfaltovém povrchu, oproti ostatním povrchům, skoro všichni dosahovali nejlepších hodnot zpomalení. Výjimkou byli dva jezdci horských kol. Nejlepších hodnot dosahovalo horské jízdní kolo Davida, které bylo před měřením v servisu. Hodnoty zpomalení se pohybovaly pro všechny rychlosti pro přední brzdu od 6,57 do 8,89 m/s<sup>2</sup>, zadní brzdu od 3,83 do 5,01 m/s<sup>2</sup> a pro obě brzdy od 7,89 do 8,75 m/s<sup>2</sup>. Silniční kolo vykazovalo druhé nejhorší výsledky. Pro přední brzdu zpomalení od 2,43 do 3,19 m/s<sup>2</sup>, pro zadní brzdu od 1,54 do 1,77 m/s<sup>2</sup> a obě brzdy od 3,84 do 4,28 m/s<sup>2</sup>. Jednalo se o stabilní hodnoty zpomalení pro všechny rychlosti. U crossových kol jsou nejmenší rozdílné hodnoty pro rychlost 20 km/h. Přední brzdy měly rozptyl od 4,55 do 5,68 m/s<sup>2</sup>, zadní brzdy od 2,29 do 3,55 m/s<sup>2</sup> a obě brzdy od 3,70 do 5,26 m/s<sup>2</sup>.

Při brzdění na dlažebních kostkách jezdci dosahovali nižšího zpomalení než na asfaltovém povrchu, ale vyššího než na nepevněné komunikaci. I zde však byly dvě výjimky. Jednou je Veronika, která potřebovala nějaký čas na seznámení se s kolem, proto výsledné hodnoty zpomalení dosahovaly nízkých hodnot, které se pro přední brzdu pohybovaly od 1,43 do 2,53 m/s<sup>2</sup>, pro zadní brzdu od 2,85 do 3,52 m/s<sup>2</sup> a pro obě brzdy od 2,49 do 4,59 m/s<sup>2</sup>. Druhou výjimkou byl jezdec Jan, který naopak měl nejlepší výsledky právě na tomto povrchu, dotažením povoleného lanka. Při použití přední brzdy pro všechny rychlosti bylo dosažené

zpomalení 3,62 až 4,4 m/s<sup>2</sup>, pro zadní brzdu 0,48 až 0,53 m/s<sup>2</sup> a pro obě brzdy 3,11 až 4,45 m/s<sup>2</sup>.

U brzdění na nezpevněné komunikaci se v porovnání s ostatními povrchy předpokládaly nejnižší hodnoty zpomalení, což se potvrdilo jako pravdivé. Nejlepších hodnot dosahovalo horské kolo Davida a Veroniky. Oproti crossovým kolům lze najít při brzdění přední brzdou rozdíl hodnot zpomalení až o 2,93 m/s<sup>2</sup>. Horská kola jsou vhodnější na nerovný terén. Hodnoty zpomalení u Veroniky pro brzdění zadní lze brát jako maximální, ve všech jízdách měla zablokované zadní kolo a docházelo ke vzniku brzdných stop. Pokud se Davidovi zablokovalo zadní kolo, uvolnil brzdou páčku a pokračoval ve směru s otáčejícím se kolem. Brzdné zpomalení, při zablokovaném kole po celou dobu, by mohlo být nepatrně vyšší. Crossová jízdní kola vykazovaly průměrné hodnoty zpomalení.

Dále se měřil manévr, při kterém se musí cyklista ohlédnout za sebe o cca 180°, aby se přesvědčil o provozu za ním. Měřilo se boční vychýlení od přímého směru. Měření probíhalo pouze na asfaltovém povrchu pro tři rychlosti. Při rychlosti 10 km/h byla průměrná hodnota vychýlení 0,32 m, stejná hodnota byla i pro rychlost 15 km/h. Při rychlosti 20 km/h byla nižší, a to 0,19 m. V tomto průměru jsou započítány všechny typy jízdních kol, které se účastnily měření i extrémní hodnoty vybočení. Byl také vytvořen průměr jenom pro crossová jízdní kola, kde jsou hodnoty vybočení ještě nižší. Ale to má pouze informativní charakter. Ohlédnutí probíhalo na levou stranu, i proto je více vybočení vlevo než vpravo. Několikrát nastala i situace, kdy jezdec nejdříve vybočil vlevo, poté vpravo a následně se vrátil do původního směru. Velikost boční vzdálenosti závisí na rychlosti, pravděpodobně i na způsobu ohlédnutí za sebe a intenzitou šlapání. Domnívám se, že v malé míře může hrát roli i charakter člověka. S rostoucí rychlostí klesala boční vzdálenost.

Ohlédnutí do strany o cca 90° probíhalo na stejném místě jako předchozí měření. Výsledné hodnoty byly zprůměrovány se všemi extrémy, které vznikly. Boční vybočení bylo ve všech případech nižší než při ohlédnutí za sebe o 180°. Nejspíše to bylo zapříčiněno tím, že jezdci byli schopni sledovat provoz před sebou periferně a nemuseli otáčet celý trup, ale pouze pootočit hlavu. Ale počet vybočení na pravou stranu narostl až na polovinu. Občas se vyskytl i pohyb do „esíčka“, kdy vzniklo vybočení na levou či pravou stranu a následně na opačnou. Hodnoty v reálném provozu se mohou značně lišit. Figuranti se při měření nemuseli bát o svoji bezpečnost a pouze se soustředili na svůj úkol.

Posledním měřením byla akcelerace, která probíhala na třech různých poloměrech, na něž navazoval přímý úsek. Cyklisti měli předem daný převod. Průjezd nejmenší části

oblouku, který měl poloměr 2 m, byl s převodem 1x1 pro většinu účastníků největším oříškem. Rychlosti se pohybovaly od 16,0 do 19,0 km/h na konci úseku, bez jezdky Kláry, která dosáhla pouze rychlosti 12,0 km/h. Jezdci se snažili projet oblouk a přímou část co nejrychleji, a získat co nejvyšší rychlost, avšak v některých případech měli značné problémy se stabilitou. Nejvyšších rychlostí až 24 km/h bylo dosaženo při převodu 2x4 a 3x3 na konci úseku. Při použití převodu 3x5 a 3x7 se jezdci museli rozjíždět ze vzpřímené polohy, na konci úseku dosahovali nižších rychlostí až o 6,0 km/h. Rozjíždění probíhalo do mírného sklonu cca 2 %, aby byl co nejvíce simulován skutečný provoz. Jezdec se například rozjíždí z vedlejší komunikace na hlavní komunikaci směrem doleva, která je navrhnutá v přímém úseku. Nejdříve musí překonat jízdní pruh, který je zpravidla navrhnut ve sklonu 2,5 %. Akcelerace je nejvíce závislá na fyzických parametrech jezdce a intenzitě šlapání. Ženy zpravidla mají nižší hodnoty zrychlování.

Pro zpřesnění výsledků by bylo vhodné provést měření vícekrát za sebou. V těchto případech byly provedeny pouze jednou.

## 10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] History Magazine [online], 2001 [cit 2001-10]. Dostupné z: <<http://www.history-magazine.com/bicycles.html>>
- [2] Jízdní kolo [online], 2017 [cit 2017-05]. Dostupné z: <<http://www.bike-kola.estranky.cz/clanky/dsfgrdsgdfig.html>>
- [3] Typy kol [online], 2004/2005 Dostupné z: <<http://cyklorady.wz.cz/typy.html>>
- [4] Materiály používané pro výrobu rámů [online]. Dostupné z: <[http://www.cyklo.cz/tipy/popis\(dily\)/ramy.htm](http://www.cyklo.cz/tipy/popis(dily)/ramy.htm)>
- [5] Elektrokola Inko [online]. Dostupné z: <<http://www.kola-cirkl.cz/elektrokola-info/t-301/>>
- [6] Kids' Bikes Buyer's Guide [online]. Dostupné z: <<http://www.halfords.com/advice/cycling/buyers-guides/kids-bikes-buyers-guide-video>>
- [7] Zákon č. 361/2000 Sb., zákon o provoz na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů [online]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361#cast1>>
- [8] BOHÁČ, Jaroslav a Bedřich KAREIS. *Jízdní kolo*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. Polytechnická knižnice (SNTL). ISBN 800300070x.
- [9] MTB – Průvodce výběrem vidlice [online], 2004 [cit 2004-08-18]. Dostupné z: <<http://www.laviny.cz/2004/08/mtb-pruvodce-vyberem-vidlice/>>
- [10] Druhy brzd na jízdním kole [online], 2015 [cit 20015-11-20]. Dostupné z: <<http://www.cyklisti.cz/novinky-a-clanky/druhy-brzd-na-jizdnim-kole.html>>
- [11] MILSON, Fred. *Bike manuál: vše, co potřebujete vědět o svém kole*. Praha: Grada, 2008. ISBN 9788024722146.
- [12] Jak vybrat představec [online]. Dostupné z: <<https://www.kola-radotin.cz/nakupni-radce/jak-vybrat-predstavec>>
- [13] Na návštěvě v Remerxu [online], 2011 [cit 2011-03-24]. Dostupné z: <<http://mtbs.cz/clanek/na-navsteve-v-remerxu/kategorie/tech-news>>
- [14] Z čeho se skládá jízdní kolo [online], Dostupné z: <<http://www.kola-cirkl.cz/z-ceho-se-sklada-jizdni-kolo/t-334/>>

[15] Jak vybrat pláště na jízdní kolo [online], 2011 [cit 2011-04-19]. Dostupné z: <<http://kolo.cz/clanek/jak-vybrat-plaste-na-jizdni-kolo/kategorie/rady-ostatni-rady>>

[16] Montáž a seřízení přesmykače [online], 2017 [cit 2017-05-18]. Dostupné z: <<http://www.cyklisti.cz/servisni-postupy/montaz-a-serizeni-presmykace.html>>

[17] Jak na kole správně řadit [online], Dostupné z: <<http://www.kolaciha.cz/provozni-tipy/jak-na-kole-spravne-radit/>>

[18] Statistika nehodovosti [www.policie.cz](http://www.policie.cz) [online], 2017. Dostupné z: <<http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>>

[19] Je jízda bez helmy hazard, nebo se příliš úzkostlivě chráníme [online], 2015 [cit 2015-03-19]. Dostupné z: <<http://life.ihned.cz/cestovani/c1-63709390-je-jizda-bez-helmy-hazard-nebo-se-prilis-uzkostlive-chranime>>

[20] Bezpečnost cyklistické dopravy [online], Dostupné z: <[http://www.cyklokonference.cz/cms\\_dokumenty/6.bezpecnost.pdf](http://www.cyklokonference.cz/cms_dokumenty/6.bezpecnost.pdf)>

[21] KASANICKÝ, Gustáv. *Analýza nehod jednotopových vozidiel*. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. ISBN 8071005983.

[22] M. OHLIN, J. STRANDROTH, C. TINGVALL. The combined effect of vehicle frontal design, speed reduction, autonomous emergency braking and helmet use in reducing real life bicycle injuries. *Safety Science*, 2016, s. 339.

[23] XIAOLIANG MA, DING LUO. Modeling cyclist acceleration process for bicycle traffic simulation using naturalistic data. *Transportation Research Part F*, 2016, s. 130-144.

[24] Chiara ORSI, Cristina MONTOMOLI, Dietmar OTTE & Anna MORANDI, Road accidents involving bicycles: configurations and injuries. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 2017, s. 1-8. ISSN 1745-7300.

[25] T. PETRZOLDT, K. SCHLEINITZ, J.F. KREMS, T. GEHLERT. Drivers' gap acceptance in front of approaching bicycles – Effects of bicycle speed and bicycle type. *Safety Science*. 2015, s. 283-288.

[26] Jilian STRAUSS, Sohail ZANHENEHPOUR, Luis F. MIRINDA-MORENO, Nicholas SAUNIER. Cyclist deceleration rate as surrogate safety measure in Montreal using smartphone GPS data. *Accident Analysis and Prevention*. 2016, s. 287-296.

[27] Carlos LLORCA, Antonio ANGEL-DOMENECH, Fernando AGUSTIN-GOMEZ, Alfredo GARCIA. Motor vehicles overtaking cyclist on two-lane rural roads: Analysis on speed and lapal clearance. *Safety Science*. 2015, s. 3,2-310.

[28] Katja-PAULIINA REKILA, Alex KLEIN-PASTE. Measuring bicycle braking fraction in winter conditions. *Cold Regions Science and Technology*, 2016, s. 108-115

[29] Carl J. HAMANN, Corinne PEEK-ASA. Examination of adult and child bicyclist sagery-relevant events using naturalistic bicycling methodology. *Accident Analysis and Prevention*. 2017, s. 1-11.

[30] David LIE, Ceng-Kuo Sung. Synchronous brake analysis for a bicycle. *Mechanism and Machine Theory*. 2009, s. 544-554.

[31] David J. N. LIMBEBEER, Amrit SHARMA. The dynamics of the accelerating bicycle. 2008, s. 238-242.

[32] K. SCHLEINITZ, T. PETZOLDT, L. FRANKE-BARTHOLDT, J. KREMS, T. GEHLERT. The German Naturalistic cycling study – comparing cycling speed of riders of different e-bikes and conventional bicycles. *Safety Science*. 2015, s. 290-296.

[33] Katja SCHLEINITZ, T. PETZOLDT, Josef F. KREMS, Tina GEHLERT. The influence of speed, cyclists' age, pedaling frequency, and observer age on observers' time to arrival judgments of approaching bicycles and e-bikes. *Accident Analysis and Prevention*. 2016, s. 113-120.

[34] Vyhláška č.294/2015 Sb., vyhláška, kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích [online]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-294>>

[35] Městem na kole (2.) – Piktogramový koridor pro cyklisty [online], 2011. Dostupné z: <<http://www.nakole.cz/clanky/825-mestem-na-kole-2-piktogramovy-koridor-pro-cyklisty.html>>

[36] ČSN 73 6110 – Projektování místních komunikací [online]. Dostupné z: <<http://www.unmz.cz/files/normalizace/%C4%8CSN%2073%206110/74506.pdf>>

[37] Vyhláška č. 341/2014 Sb., vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích [online]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341>>

[38] [POSZCZEGÓLNE ROZDZ. PRZYGOT. STANISŁAW GACA ET AL. a oprac. red. Jacek Wierciński, Adam Reza]. OPRAC. RED. JACEK WIERCIŃSKI, ADAM REZA]. *Wypadki drogowe: vademecum biegłego sądowego*. Wyd. 2 zm. Kraków: Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, 2006. ISBN 838742532X.

[39] PRČÍK, S. *Vybraná měření pohybu jízdních kol – brzdění a jízda v oblouku*. 2011. 104 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.

[40] HALUSKA, R. *Analýza pohybu jízdního kola při jízdě v přímém směru*. 2013. 116 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.

[41] Draisina [online], 2017. Poslední editace 2017.03.08 Dostupné z: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Draisina>>

[42] Science Museum, London [online]. Dostupné z: <<http://kids.britannica.com/students/assembly/view/125139>>

[43] Poradna – popis kola [online]. Dostupné z: <<http://www.cyklo-sport.cz/cyklo-sport/index.php?s=clanky&clanek=24&m=14&jmeno=Popis%20kola>>

[44] Brzda kotoučová přední Deore M615 [online]. Dostupné z: <<http://www.kolacihal.cz/komponenty/brzdy/kotoucove-brzdy/brzda-kotoucova-predni-deore-m615/>>

[45] Silniční řídítka – Jak vybrat silniční řídítka [online]. Dostupné z: <<https://www.kola-radotin.cz/silnicni-riditka>>

[46] Cyklistika – ČAZHS Tandem team [online]. Dostupné z: <<http://www.cazhs.cz/sporty/cyklistika/>>

[47] Šílená rychlost na Tour [online], 2015 [cit 2015-07-17]. Dostupné z: <<https://www.sport.cz/ostatni/cyklistika/clanek/691732-silena-rychlost-na-tour-renshaw-jel-ve-sjezdu-stovkou-a-jeste-svacil.html>>

[48] MTB a trekingové řazení [online], Dostupné z: <<https://www.velohanak.cz/komponenty/razeni/mtb-a-trekingove-razeni/>>

[49] Začínáme se silniční cyklistikou [online], 2013 [cit 2013-05-13]. Dostupné z: <<http://www.cyklonovinky.cz/Clanky/Zaciname-se-silnicni-cyklistikou-I-vybirame-silnic.aspx>>

[50] Jak vybrat kvalitní elektrokolo [online]. Dostupné z: <<http://www.akumo.cz/jak-vybrat-kvalitni-elektrokolo>>

[51] Nehodovost cyklistů [online], 2015 [cit 2015-04-30]. Dostupné z: <[http://www.tymbezpecnosti.cz/files/editor/file/nehodovost%20cyklist%C3%A9\\_Policie\\_%C4%8CR.pdf](http://www.tymbezpecnosti.cz/files/editor/file/nehodovost%20cyklist%C3%A9_Policie_%C4%8CR.pdf)>

[52] Amsterdam – evropská metropole cyklistů [online], 2004 [cit 2004-02-12]. Dostupné z: <<http://www.nakole.cz/clanky/2-amsterdam-evropska-metropole-cyklistu.html>>

[53] Cyklistický průvodce Vídní [online], 2006 [cit 2006-02-19]. Dostupné z: <<http://www.nakole.cz/clanky/127-cyklisticky-pruvodce-vidni.html>>

## **Seznam obrázků**

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. č. 1 Draisina [41] .....                                       | 13 |
| Obr. č. 2 Jízdní kolo Kirkpatricka MacMillana [42] .....            | 14 |
| Obr. č. 3 Konstrukce jízdního kola [43] .....                       | 16 |
| Obr. č. 4 Rám jízdního kola [autor] .....                           | 17 |
| Obr. č. 5 Odpružená vidlice [9] .....                               | 19 |
| Obr. č. 6 Pevná vidlice [9] .....                                   | 19 |
| Obr. č. 7 Brzda Cantilever [11] .....                               | 20 |
| Obr. č. 8 Kotoučová brzda [44] .....                                | 21 |
| Obr. č. 9 Různé druhy řídítek [45] .....                            | 22 |
| Obr. č. 10 Představec [12] .....                                    | 22 |
| Obr. č. 11 Kazeta, pedál, detail řetězu klipsny [11] .....          | 23 |
| Obr. č. 12 Konstrukce pneumatiky [15] .....                         | 25 |
| Obr. č. 13 Otočné a páčkové řazení [48] .....                       | 26 |
| Obr. č. 14 Horské jízdní kolo [3] .....                             | 27 |
| Obr. č. 15 Crossové jízdní kolo [3] .....                           | 28 |
| Obr. č. 16 Silniční jízdní kolo [3] .....                           | 29 |
| Obr. č. 17 Městské jízdní kolo [3] .....                            | 29 |
| Obr. č. 18 BMX kolo [5] .....                                       | 30 |
| Obr. č. 19 Dětské jízdní kolo [6] .....                             | 31 |
| Obr. č. 20 Tandemové jízdní kolo [46] .....                         | 31 |
| Obr. č. 21 Trajektorie jízdního kola ve směrovém oblouku [21] ..... | 53 |
| Obr. č. 22 Boční vzdálenost [27] .....                              | 56 |
| Obr. č. 23 Detaily pneumatik s hřeby [28] .....                     | 58 |
| Obr. č. 24 Pohled na místo měření [28] .....                        | 58 |
| Obr. č. 25 Jízdní kolo jezdce Martina Ka. [autor] .....             | 62 |
| Obr. č. 26 Jízdní kolo a jezdec Jan [autor] .....                   | 62 |
| Obr. č. 27 Detail zadní brzdy jezdce Jana [autor] .....             | 63 |
| Obr. č. 28 Jízdní kolo jezdce Martina Kl. [autor] .....             | 63 |
| Obr. č. 29 Jízdní kolo a jezdce Klára [autor] .....                 | 63 |
| Obr. č. 30 Jízdní kolo jezdce Jaroslava [autor] .....               | 64 |
| Obr. č. 31 Jízdní kolo jezdce David [autor] .....                   | 64 |
| Obr. č. 32 Jízdní kolo jezdce Lukáše [autor] .....                  | 64 |
| Obr. č. 33 Jízdní kolo jezdce Veroniky [autor] .....                | 65 |
| Obr. č. 34 Místa měření [autor] .....                               | 66 |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. č. 35 Pohled na nezpevněnou komunikaci (3.) [autor] .....            | 66 |
| Obr. č. 36 Detail asfaltového povrchu (1.) [autor] .....                  | 66 |
| Obr. č. 37 Pohled na místo měření, asfaltový povrch (1.) [autor] .....    | 67 |
| Obr. č. 38 Detail dlážděné komunikace (2.) [autor] .....                  | 67 |
| Obr. č. 39 Půdorys drah akcelerace, kótováno v metrech [autor].....       | 69 |
| Obr. č. 40 Poloměry oblouků [autor].....                                  | 69 |
| Obr. č. 41 Pohled na dráhu [autor] .....                                  | 70 |
| Obr. č. 42 Průběh měření na asfaltovém povrchu [autor].....               | 71 |
| Obr. č. 43 Rozjezd jezdce Jaroslava obloukem o poloměru 2 m [autor].....  | 88 |
| Obr. č. 44 Vjezd a jízda v přímém úseku [autor].....                      | 88 |
| Obr. č. 45 První a druhá fáze při ohlédnutí za sebe o 180° [autor] .....  | 92 |
| Obr. č. 46 Třetí a čtvrtá fáze při ohlédnutí za sebe o 180° [autor] ..... | 92 |
| Obr. č. 47 Jezdec David při otáčení hlavou o 180° [autor].....            | 95 |
| Obr. č. 48 Jezdec Martin při otáčení trupem i hlavou o 180° [autor].....  | 95 |
| Obr. č. 49 Jezdec Jaroslav při manévru ohlédnutí o 90° [autor].....       | 96 |

### **Seznam tabulek**

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. č. 1 Vedení cyklistů v provozu .....                               | 40 |
| Tab. č. 2 Nehodovost pro rok 2016 [18].....                             | 46 |
| Tab. č. 3 Nehodovost podle druhu vozidla [18] .....                     | 46 |
| Tab. č. 4 Počet usmrcených osob [18].....                               | 47 |
| Tab. č. 5 Příčiny dopravních nehod [18] .....                           | 47 |
| Tab. č. 6 Usmrcení cyklisté v jednotlivých rocích [51].....             | 48 |
| Tab. č. 7 Výsledné hodnoty brzdných drah [28] .....                     | 59 |
| Tab. č. 8 Účastníci měření [autor] .....                                | 61 |
| Tab. č. 9 Použité převody pro měření akcelerace [autor] .....           | 70 |
| Tab. č. 10 Zpomalení na asfaltovém povrchu [autor].....                 | 77 |
| Tab. č. 11 Zpomalení na nezpevněné komunikaci [autor].....              | 82 |
| Tab. č. 12 Zpomalení na dlažebních kostkách [autor].....                | 87 |
| Tab. č. 13 Vybočení při ohlédnutí za sebe o 180° [autor] .....          | 93 |
| Tab. č. 14 Průměrné hodnoty vychýlení všech jízdních kol [autor].....   | 94 |
| Tab. č. 15 Průměrné hodnoty vychýlení crossových kol [autor].....       | 94 |
| Tab. č. 16 Vybočení při ohlédnutí za sebe o 90° [autor] .....           | 96 |
| Tab. č. 17 Průměrné hodnoty vychýlení u všech jízdních kol [autor]..... | 97 |
| Tab. č. 18 Výsledné hodnoty pro crossová jízdní kola [autor].....       | 97 |

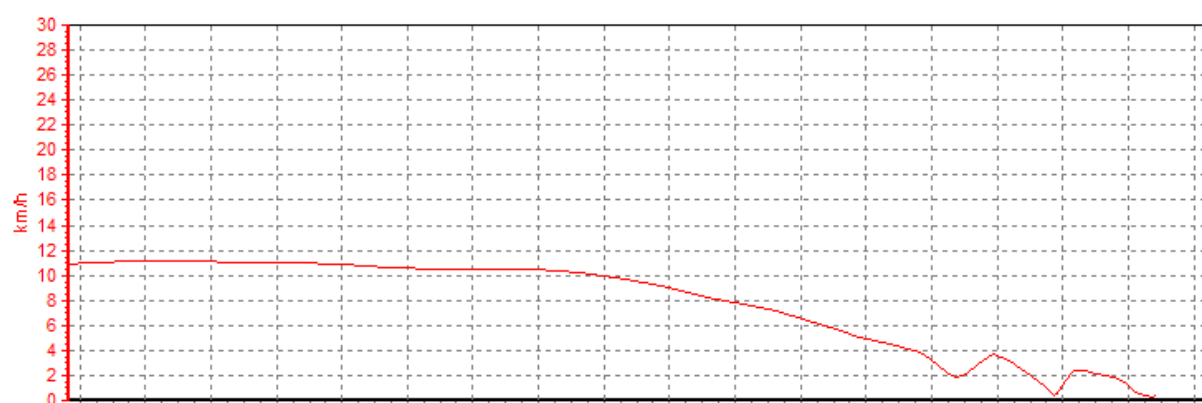
## **Seznam grafů**

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Graf č. 1 Počet usmrčených cyklistů v jednotlivých rocích [51].....                   | 48 |
| Graf č. 2 Závislost boční vzdálenosti na vnímání rizika cyklisty [27] .....           | 57 |
| Graf č. 3 Brzdné zpomalení pro rychlost 10 km/h [Tab. č. 10] .....                    | 72 |
| Graf č. 4 Brzdné zpomalení bez extrémních hodnot .....                                | 72 |
| Graf č. 5 Brzdné zpomalení pro crossových kol při rychlosti 10 km/h [Tab. č. 10] .... | 73 |
| Graf č. 6 Brzdné zpomalení pro rychlost 15 km/h [Tab. č. 10] .....                    | 74 |
| Graf č. 7 Brzdné zpomalení bez extrémních hodnot .....                                | 74 |
| Graf č. 8 Brzdné zpomalení pro crossových kol při rychlosti 15 km/h [Tab. č. 10] .... | 75 |
| Graf č. 9 Brzdné zpomalení pro rychlost 15 km/h [Tab. č. 10] .....                    | 75 |
| Graf č. 10 Brzdné zpomalení bez extrémních hodnot .....                               | 76 |
| Graf č. 11 Brzdné zpomalení pro crossových kol při rychlosti 20 km/h [Tab. č. 10] ..  | 76 |
| Graf č. 12 Brzdné zpomalení při rychlosti 10 km/h [Tab. č. 11] .....                  | 78 |
| Graf č. 13 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti 10 km/h [Tab. č. 11] .....   | 79 |
| Graf č. 14 Brzdné zpomalení při rychlosti 15 km/h [Tab. č. 11] .....                  | 79 |
| Graf č. 15 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti 15 km/h [Tab. č. 11] .....   | 80 |
| Graf č. 16 Brzdné zpomalení při rychlosti 20 km/h [Tab. č. 11] .....                  | 81 |
| Graf č. 17 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti 20 km/h [Tab. č. 11] .....   | 81 |
| Graf č. 18 Brzdné zpomalení při rychlosti 10 km/h [Tab. č. 12] .....                  | 83 |
| Graf č. 19 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti 10 km/h [Tab. č. 12] .....   | 84 |
| Graf č. 20 Brzdné zpomalení při rychlosti 15 km/h [Tab. č. 12] .....                  | 84 |
| Graf č. 21 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti 15 km/h [Tab. č. 12] .....   | 85 |
| Graf č. 22 Brzdné zpomalení při rychlosti 20 km/h [Tab. č. 12] .....                  | 85 |
| Graf č. 23 Brzdné zpomalení crossových kol při rychlosti 20 km/h [Tab. č. 12] .....   | 86 |
| Graf č. 24 Akcelerace na převod 1x5, poloměr oblouku 2 m [autor] .....                | 89 |
| Graf č. 25 Akcelerace na převod 2x6, poloměr oblouku 4 m [autor] .....                | 90 |
| Graf č. 26 Akcelerace na převod 3x7, poloměr oblouku 6 m [autor] .....                | 91 |

## **Seznam příloh**

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Příloha č. 1 Určení rychlosti při brzdění na asfaltovém povrchu .....               | 110 |
| Příloha č. 2 Brzdné vzdálenosti a skutečné rychlosti na asfaltovém povrchu .....    | 111 |
| Příloha č. 3 Brzdné vzdálenosti a skutečné rychlosti na nepevném povrchu.....       | 112 |
| Příloha č. 4 Srovnání jezdce Davida a Martina Kl. ....                              | 113 |
| Příloha č. 5 Srovnání jezdce Davida a Martina Kl. ....                              | 114 |
| Příloha č. 6 Brzdné vzdálenosti a skutečné rychlosti na dlažebních kostkách .....   | 115 |
| Příloha č. 7 Brzdné zpomalení na asfaltovém povrchu pro silniční jízdní kolo .....  | 116 |
| Příloha č. 8 Brzdné zpomalení na nepevné komunikaci pro silniční jízdní kolo ..     | 117 |
| Příloha č. 9 Brzdné zpomalení na dlažebních kostkách pro silniční jízdní kolo ..... | 118 |
| Příloha č. 10 Srovnání jezdce Davida a Veroniky .....                               | 119 |
| Příloha č. 11 Akcelerace, poloměr 2 m.....                                          | 120 |
| Příloha č. 12 Akcelerace, poloměr 4 m.....                                          | 123 |
| Příloha č. 13 Akcelerace, poloměr 6 m.....                                          | 126 |
| Příloha č. 14 Časy použité při akceleraci.....                                      | 129 |
| Příloha č. 15 Rychlosti použité při akceleraci .....                                | 132 |

*Příloha č. 1 Určení rychlosti při brzdění na asfaltovém povrchu*



*Příloha č. 2 Brzdné vzdálenosti a skutečné rychlosti na asfaltovém povrchu*

|            | Rychlost 10 km/h |       |                | Rychlost 15 km/h |       |                | Rychlost 20 km/h |       |                |
|------------|------------------|-------|----------------|------------------|-------|----------------|------------------|-------|----------------|
|            | Vzdálenost (m)   |       |                | Vzdálenost (m)   |       |                | Vzdálenost (m)   |       |                |
| Brzdy      | Přední           | Zadní | Přední i zadní | Přední           | Zadní | Přední i zadní | Přední           | Zadní | Přední i zadní |
| Klára      | 1,2              | 2,2   | 0,9            | 2,5              | 4,7   | 2,1            | 2,9              | 6,2   | 2,9            |
| Jan        | 2,9              | 11,3  | 3,1            | 5,0              | 15,0  | 4,7            | 6,5              | 19,0  | 6,0            |
| Jaroslav   | 1,1              | 1,7   | 1,0            | 3,0              | 4,1   | 2,5            | 3,7              | 6,4   | 4,6            |
| Martin Ka. | 1,8              | 3,0   | 1,2            | 4,8              | 5,5   | 2,0            | 6,2              | 11,5  | 4,6            |
| David      | 0,6              | 0,9   | 0,5            | 1,2              | 1,9   | 1,0            | 1,6              | 3,6   | 2,2            |
| Martin Kl. | 1,0              | 1,5   | 1,0            | 1,3              | 2,2   | 1,5            | 2,6              | 4,3   | 2,7            |
| Lukáš      | 0,7              | 1,9   | 1,1            | 1,6              | 3,9   | 2,4            | 3,2              | 5,2   | 3,7            |
| Veronika   | 2,3              | 3,3   | 1,1            | 3,2              | 4,2   | 2,6            | 5,0              | 6,8   | 3,9            |

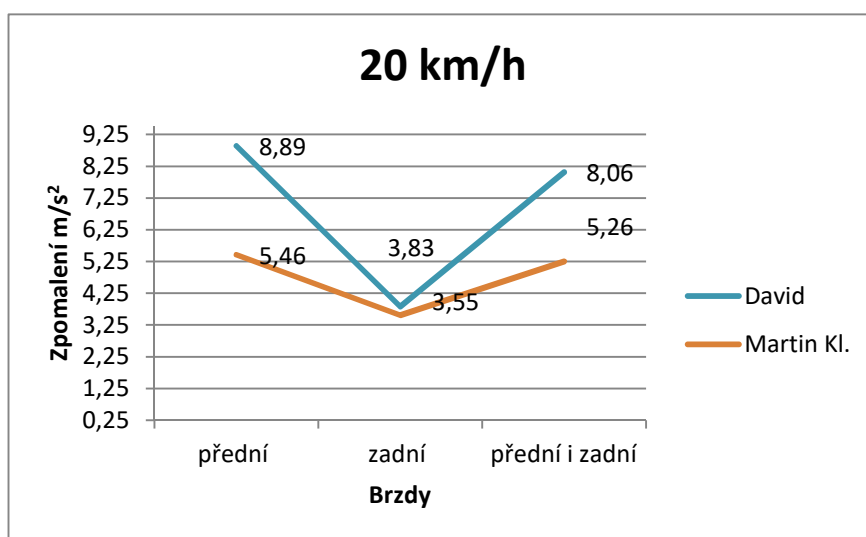
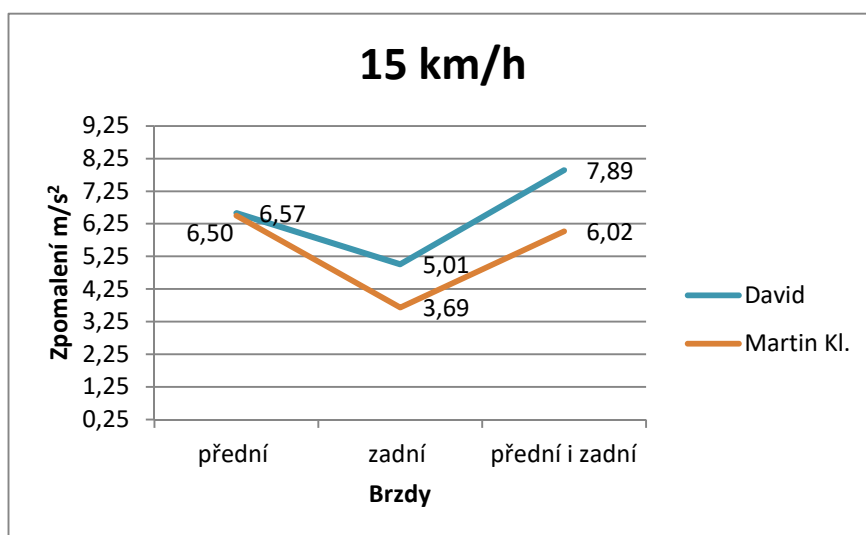
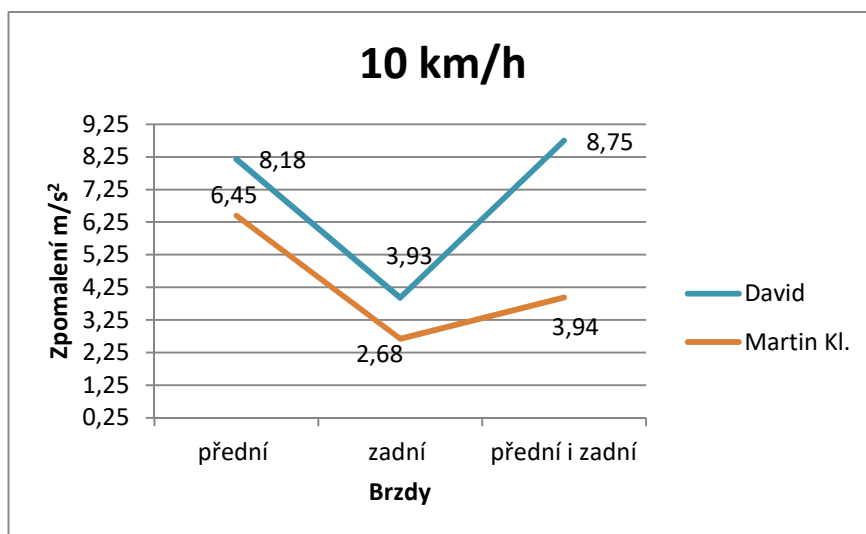
|            | Rychlost 10 km/h |       |                | Rychlost 15 km/h |       |                | Rychlost 20 km/h |       |                |
|------------|------------------|-------|----------------|------------------|-------|----------------|------------------|-------|----------------|
|            | Rychlost (km/h)  |       |                | Rychlost (km/h)  |       |                | Rychlost (km/h)  |       |                |
| Brzdy      | Přední           | Zadní | Přední i zadní | Přední           | Zadní | Přední i zadní | Přední           | Zadní | Přední i zadní |
| Klára      | 12,0             | 10,6  | 10,4           | 15,1             | 16,2  | 16,1           | 18,5             | 19,2  | 19,4           |
| Jan        | 12,2             | 12,8  | 13,3           | 16,3             | 16,6  | 16,4           | 20,5             | 20,5  | 20,3           |
| Jaroslav   | 12,4             | 13,5  | 13,0           | 15,0             | 17,2  | 17,8           | 21,8             | 20,8  | 21,0           |
| Martin Ka. | 12,2             | 11,5  | 11,3           | 17,8             | 15,8  | 14,3           | 19,7             | 21,4  | 21,4           |
| David      | 10,8             | 9,3   | 10,1           | 14,3             | 15,7  | 14,3           | 19,2             | 18,9  | 21,2           |
| Martin Kl. | 12,6             | 10,2  | 10,1           | 14,8             | 14,5  | 15,3           | 19,0             | 19,9  | 19,0           |
| Lukáš      | 10,8             | 11,4  | 12,6           | 14,1             | 14,6  | 14,4           | 21,7             | 18,2  | 20,0           |
| Veronika   | 11,5             | 12,1  | 11,7           | 16,3             | 16,4  | 15,5           | 22,3             | 22,8  | 19,3           |

*Příloha č. 3 Brzdné vzdálenosti a skutečné rychlosti na nezpevněném povrchu*

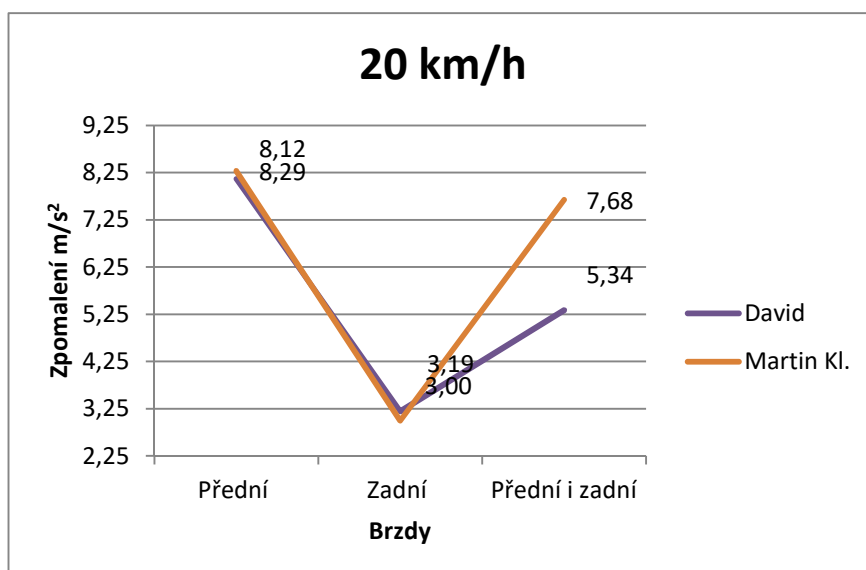
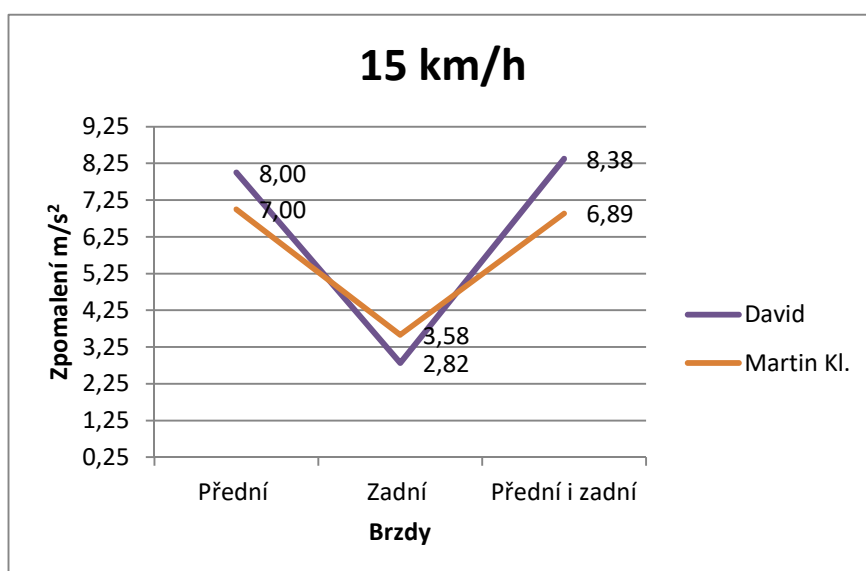
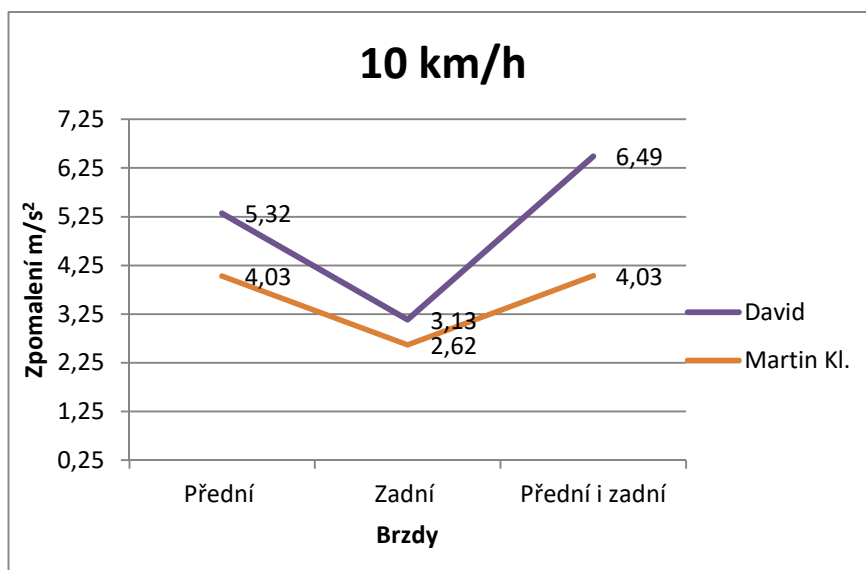
|            | Rychlost 10 km/h |       |                | Rychlost 15 km/h |       |                | Rychlost 20 km/h |       |                |
|------------|------------------|-------|----------------|------------------|-------|----------------|------------------|-------|----------------|
|            | Vzdálenost (m)   |       |                | Vzdálenost (m)   |       |                | Vzdálenost (m)   |       |                |
| Brzdy      | Přední           | Zadní | Přední i zadní | Přední           | Zadní | Přední i zadní | Přední           | Zadní | Přední i zadní |
| Klára      | 2,1              | 3,7   | 1,8            | 4,2              | 4,4   | 4,5            | 5,7              | 5,6   | 6,4            |
| Jan        | 1,4              | 12,8  | 1,5            | 3,4              | 26,0  | 4,5            | 6,0              | 30,0  | 5,4            |
| Jaroslav   | 1,6              | 2,9   | 0,9            | 2,2              | 4,8   | 1,9            | 3,5              | 6,8   | 3,2            |
| Martin Ka. | 1,5              | 3,7   | 1,2            | 3,7              | 5,8   | 2,1            | 6,2              | 8,0   | 3,8            |
| David      | 0,7              | 1,2   | 0,7            | 1,2              | 2,7   | 1,3            | 1,9              | 4,3   | 2,5            |
| Martin Kl. | 1,3              | 3,5   | 2,9            | 2,2              | 5,6   | 2,2            | 3,9              | 7,1   | 3,4            |
| Lukáš      | 1,1              | 2,7   | 0,9            | 1,9              | 4,6   | 1,7            | 3,0              | 5,2   | 2,3            |
| Veronika   | 0,9              | 1,9   | 0,9            | 1,4              | 3,6   | 1,3            | 2,2              | 5,7   | 2,1            |

|            | Rychlost 10 km/h |       |                | Rychlost 15 km/h |       |                | Rychlost 20 km/h |       |                |
|------------|------------------|-------|----------------|------------------|-------|----------------|------------------|-------|----------------|
|            | Rychlost (km/h)  |       |                | Rychlost (km/h)  |       |                | Rychlost (km/h)  |       |                |
| Brzdy      | Přední           | Zadní | Přední i zadní | Přední           | Zadní | Přední i zadní | Přední           | Zadní | Přední i zadní |
| Klára      | 11,4             | 11,9  | 11,8           | 15,5             | 13,8  | 15,2           | 19,7             | 19,7  | 20,0           |
| Jan        | 10,5             | 11,1  | 11,7           | 16,6             | 16,4  | 14,7           | 23,4             | 19,2  | 20,3           |
| Jaroslav   | 11,9             | 12,5  | 11,7           | 17,5             | 16,6  | 15,3           | 21,2             | 21,0  | 20,0           |
| Martin Ka. | 10,6             | 11,3  | 9,5            | 15,5             | 14,3  | 14,6           | 19,2             | 17,9  | 18,8           |
| David      | 11,4             | 9,9   | 8,8            | 14,9             | 15,0  | 14,4           | 19,7             | 19,4  | 18,3           |
| Martin Kl. | 10,4             | 12,2  | 12,5           | 14,6             | 16,2  | 15,4           | 19,9             | 18,5  | 18,0           |
| Lukáš      | 11,7             | 11,9  | 11,2           | 14,7             | 15,3  | 14,9           | 18,8             | 19,1  | 20,1           |
| Veronika   | 11,7             | 12,7  | 13,3           | 16,2             | 17,4  | 15,7           | 19,9             | 19,2  | 19,1           |

Příloha č. 4 Srovnání jezdce Davida a Martina Kl.



Příloha č. 5 Srovnání jezdce Davida a Martina Kl.

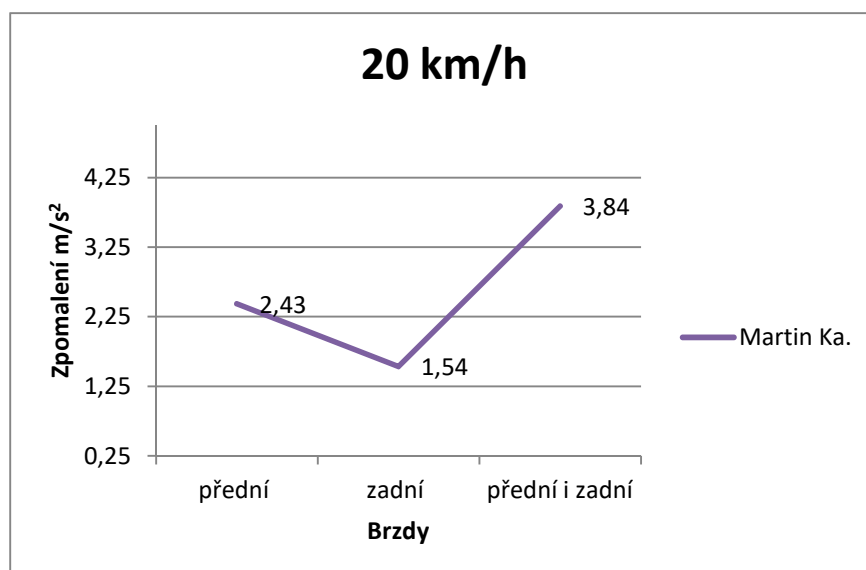
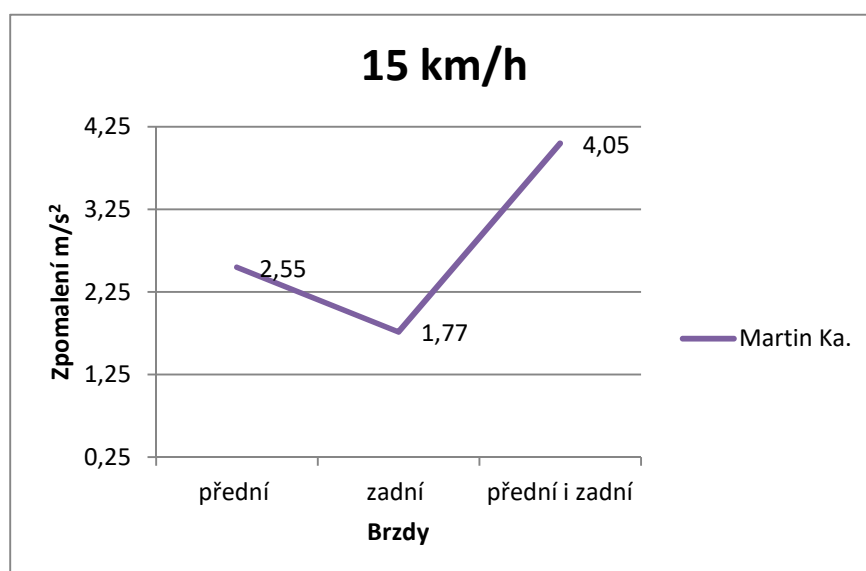
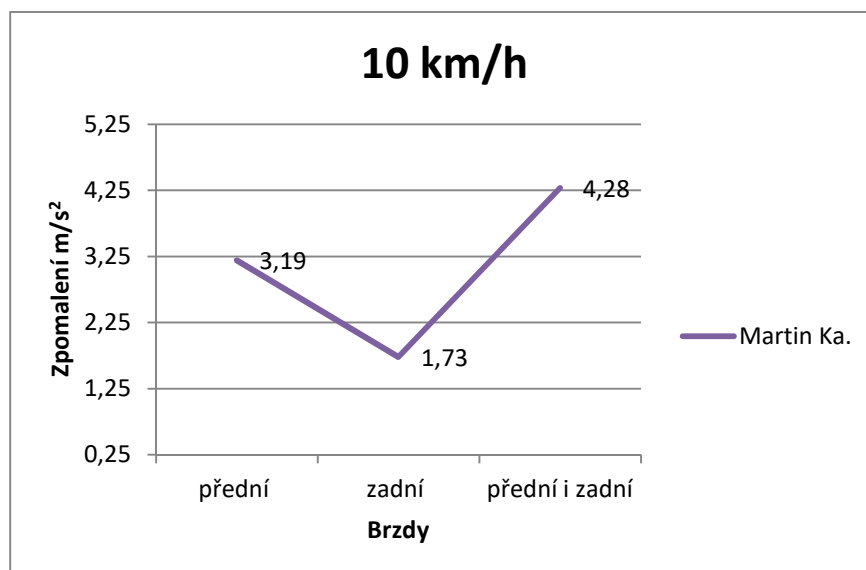


*Příloha č. 6 Brzdné vzdálenosti a skutečné rychlosti na dlažebních kostkách*

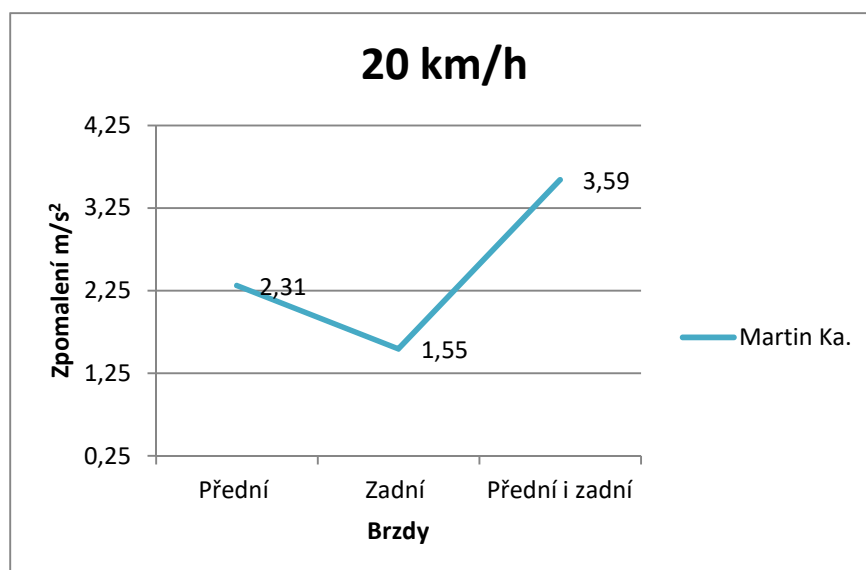
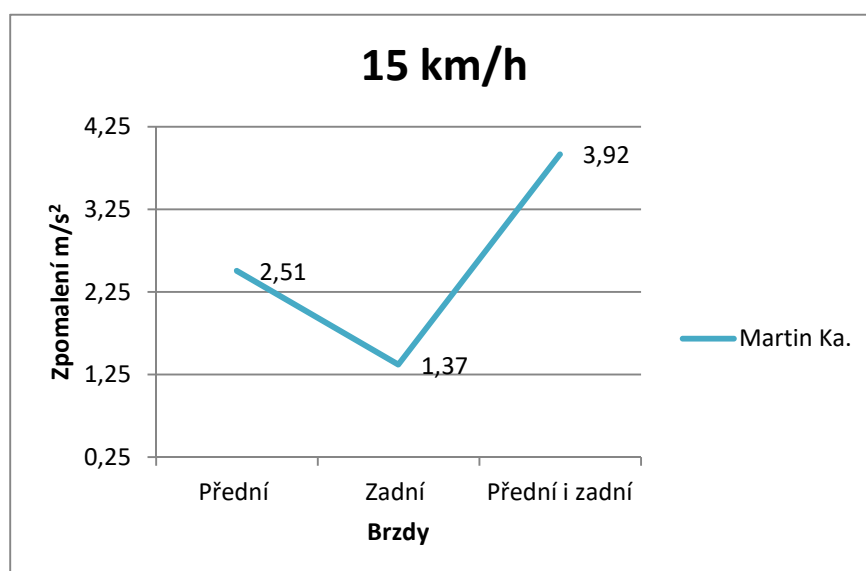
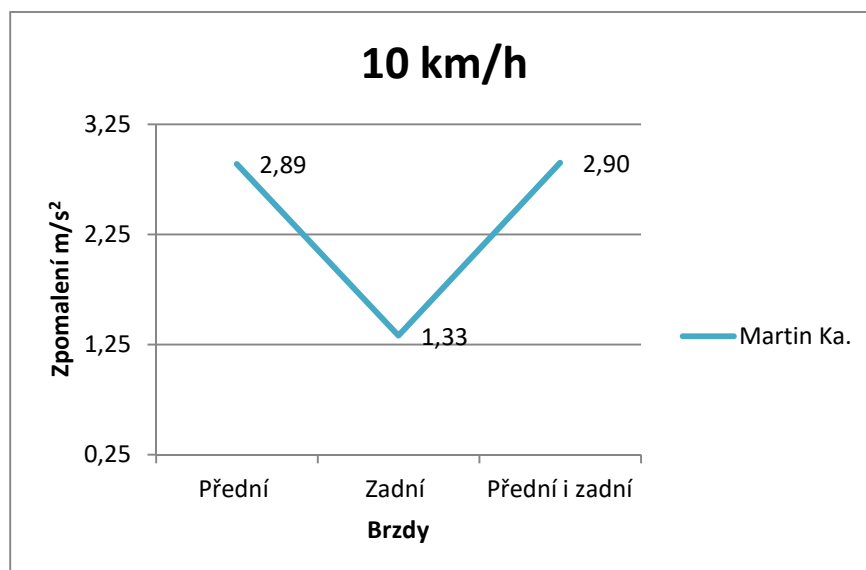
|            | Rychlost 10 km/h |       |                   | Rychlost 15 km/h |       |                   | Rychlost 20 km/h |       |                   |
|------------|------------------|-------|-------------------|------------------|-------|-------------------|------------------|-------|-------------------|
|            | Vzdálenost (m)   |       |                   | Vzdálenost (m)   |       |                   | Vzdálenost (m)   |       |                   |
| Brzdy      | Přední           | Zadní | Přední i<br>zadní | Přední           | Zadní | Přední i<br>zadní | Přední           | Zadní | Přední i<br>zadní |
| Klára      | 1,6              | 3,0   | 1,3               | 5,8              | 5,2   | 3,1               | 4,9              | 8,0   | 3,6               |
| Jan        | 1,6              | 12,0  | 1,6               | 2,3              | 17,0  | 2,4               | 3,3              | 27,0  | 3,5               |
| Jaroslav   | 0,7              | 1,9   | 0,8               | 1,7              | 3,3   | 1,9               | 4,1              | 6,7   | 4,2               |
| Martin Ka. | 4,0              | 5,0   | 2,6               | 3,8              | 6,4   | 3,0               | 7,2              | 11,0  | 4,6               |
| David      | 0,8              | 1,6   | 0,8               | 1,1              | 2,8   | 1,3               | 2,3              | 4,5   | 2,5               |
| Martin Kl. | 1,2              | 2,3   | 1,4               | 1,5              | 2,8   | 1,6               | 1,9              | 4,6   | 2,0               |
| Lukáš      | 0,7              | 3,0   | 1,4               | 1,5              | 4,5   | 2,1               | 2,4              | 6,2   | 3,6               |
| Veronika   | 3,5              | 1,5   | 1,4               | 4,6              | 3,3   | 3,0               | 5,8              | 5,5   | 3,5               |

|            | Rychlost 10 km/h |       |                   | Rychlost 15 km/h |       |                   | Rychlost 20 km/h |       |                   |
|------------|------------------|-------|-------------------|------------------|-------|-------------------|------------------|-------|-------------------|
|            | Rychlost (km/h)  |       |                   | Rychlost (km/h)  |       |                   | Rychlost (km/h)  |       |                   |
| Brzdy      | Přední           | Zadní | Přední i<br>zadní | Přední           | Zadní | Přední i<br>zadní | Přední           | Zadní | Přední i<br>zadní |
| Klára      | 11,0             | 12,3  | 11,0              | 16,7             | 15,2  | 17,1              | 20,4             | 19,9  | 19,0              |
| Jan        | 12,2             | 12,3  | 11,4              | 14,7             | 15,3  | 16,1              | 19,4             | 18,3  | 20,1              |
| Jaroslav   | 10,4             | 10,1  | 9,8               | 14,7             | 15,9  | 15,2              | 21,2             | 21,6  | 20,7              |
| Martin Ka. | 11,8             | 11,3  | 10,6              | 14,1             | 15,8  | 15,4              | 19,6             | 21,3  | 19,3              |
| David      | 10,5             | 11,4  | 11,6              | 15,1             | 14,3  | 16,8              | 22,0             | 19,3  | 18,6              |
| Martin Kl. | 11,2             | 12,5  | 12,1              | 16,5             | 16,1  | 16,9              | 20,2             | 18,9  | 19,7              |
| Lukáš      | 10,3             | 13,1  | 9,6               | 16,6             | 16,5  | 16,6              | 21,3             | 20,2  | 22,2              |
| Veronika   | 11,4             | 11,7  | 9,5               | 15,4             | 15,8  | 16,6              | 19,5             | 20,5  | 20,4              |

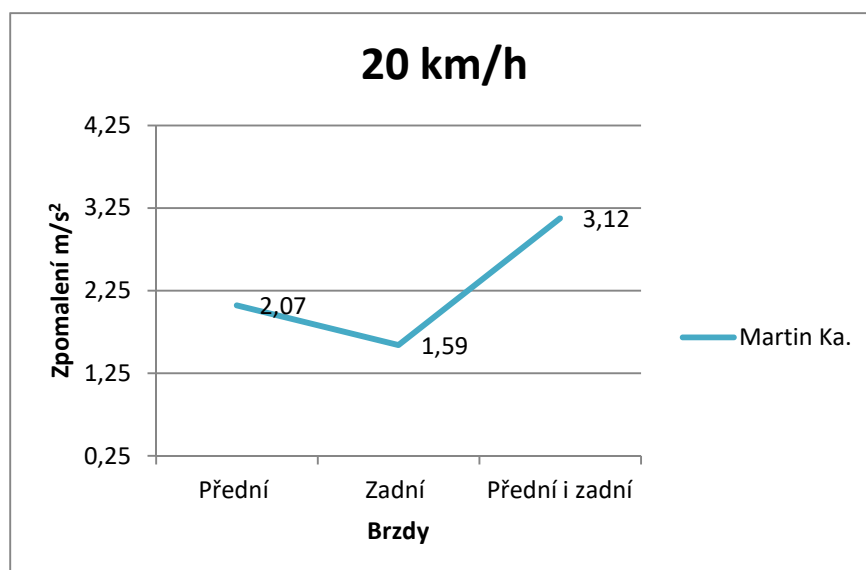
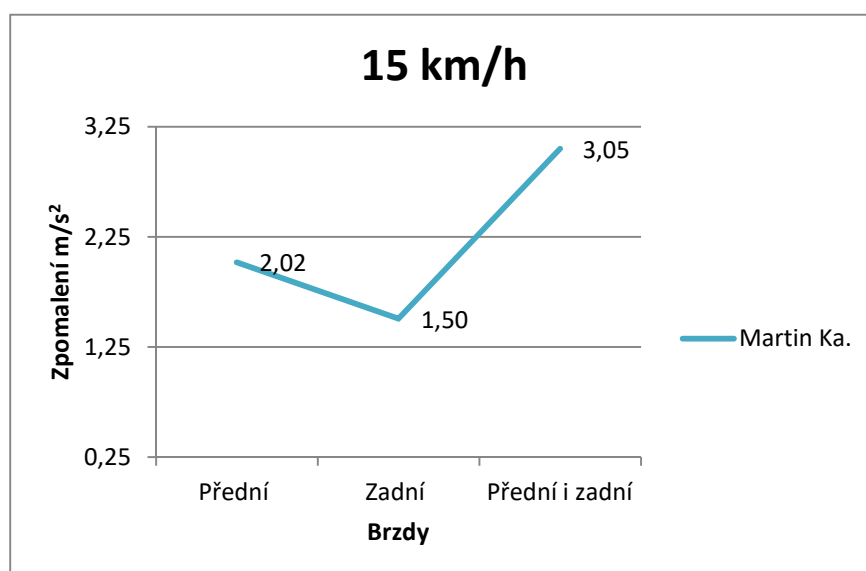
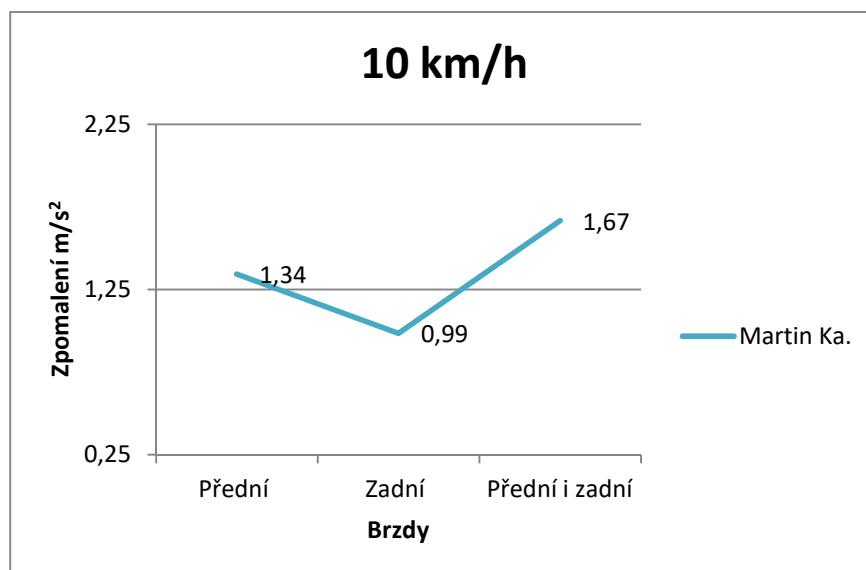
Příloha č. 7 Brzdné zpomalení na asfaltovém povrchu pro silniční jízdní kolo



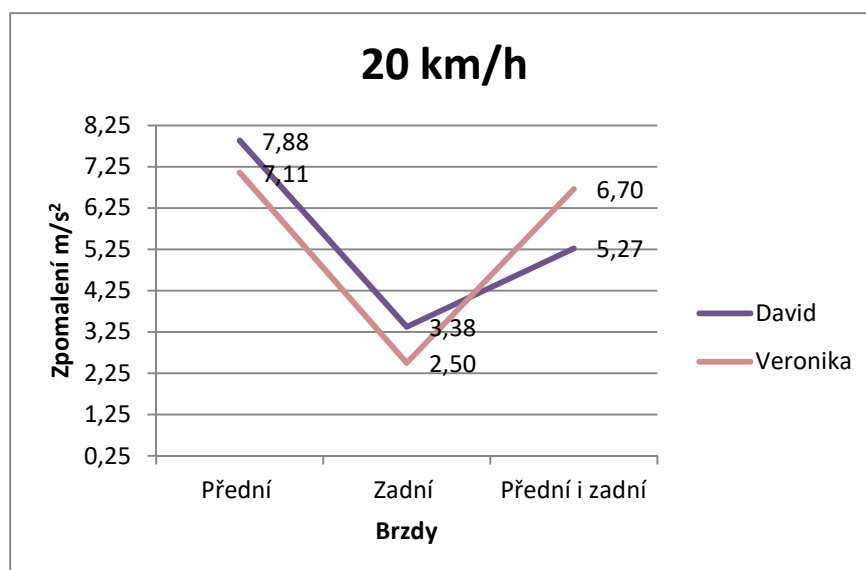
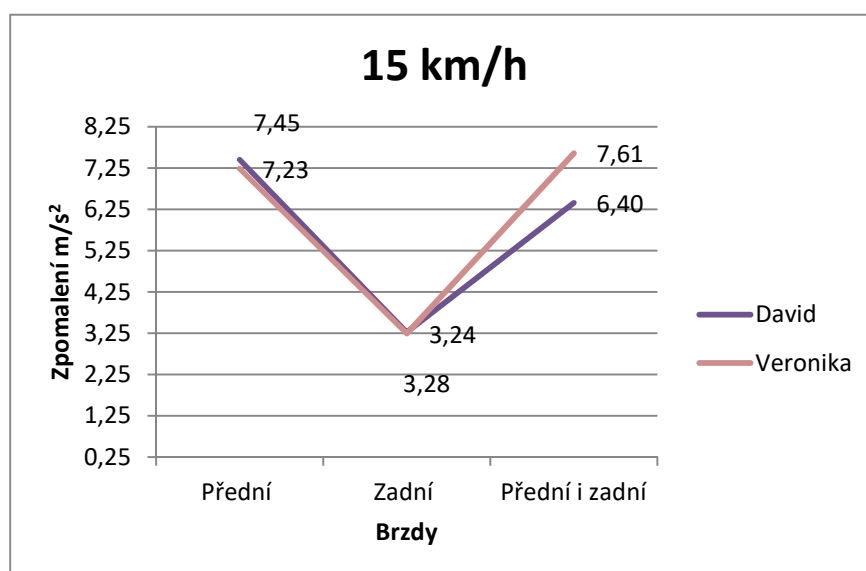
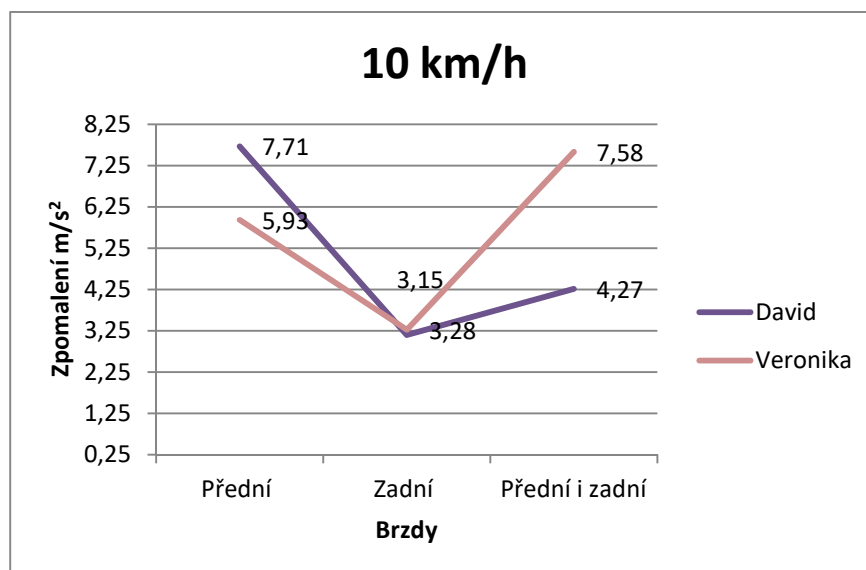
Příloha č. 8 Brzdné zpomalení na nebezpečné komunikaci pro silniční jízdní kolo

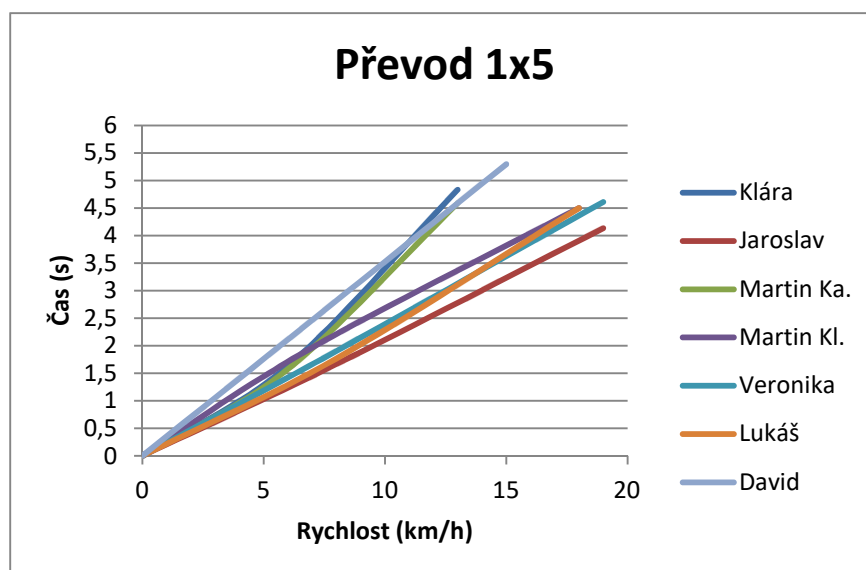
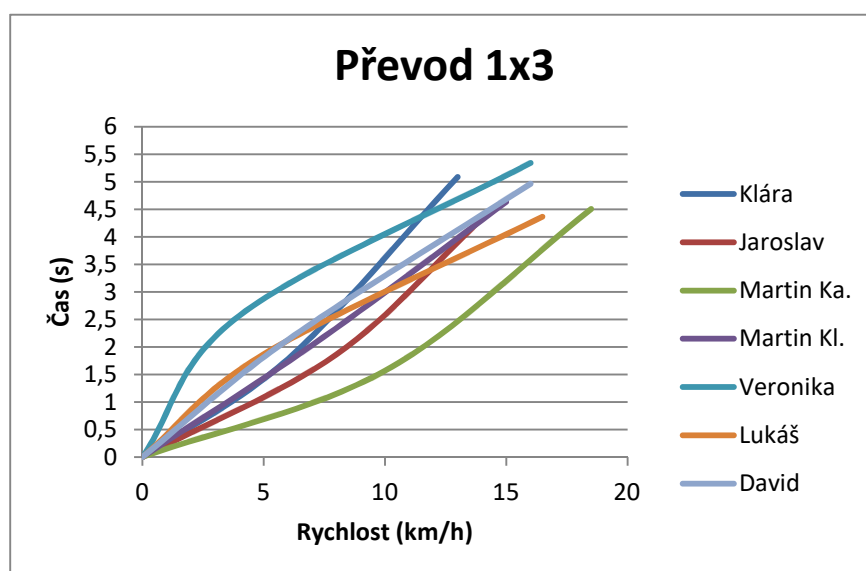
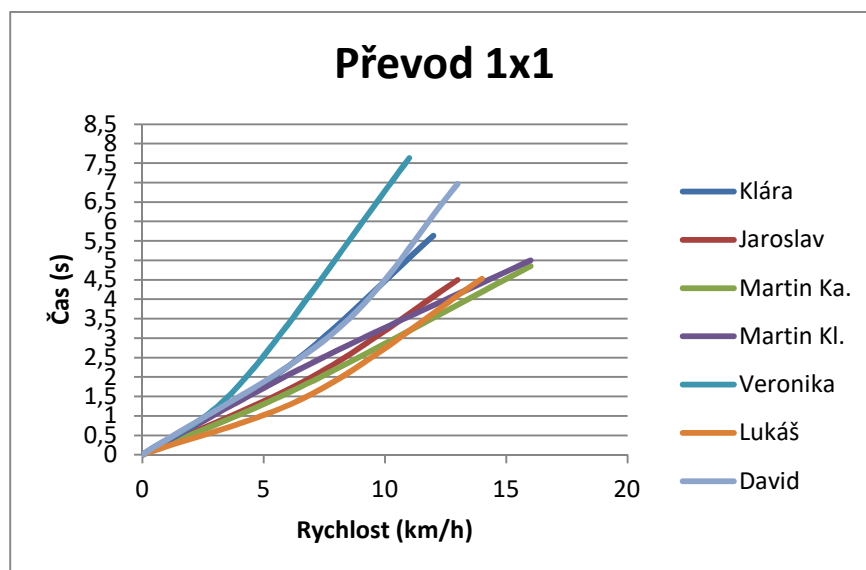


Příloha č. 9 Brzdné zpomalení na dlažebních kostkách pro silniční jízdní kolo

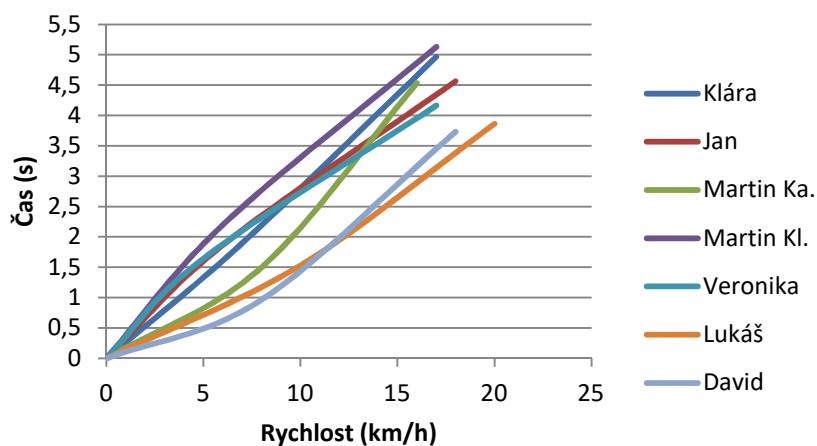


Příloha č. 10 Srovnání jezdce Davida a Veroniky

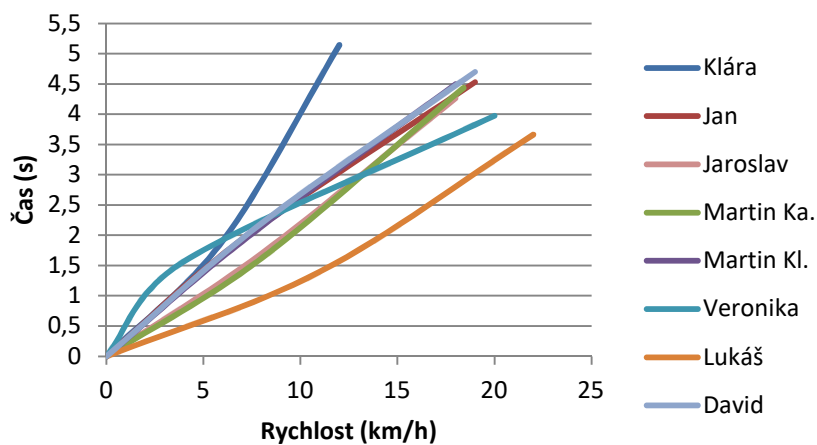




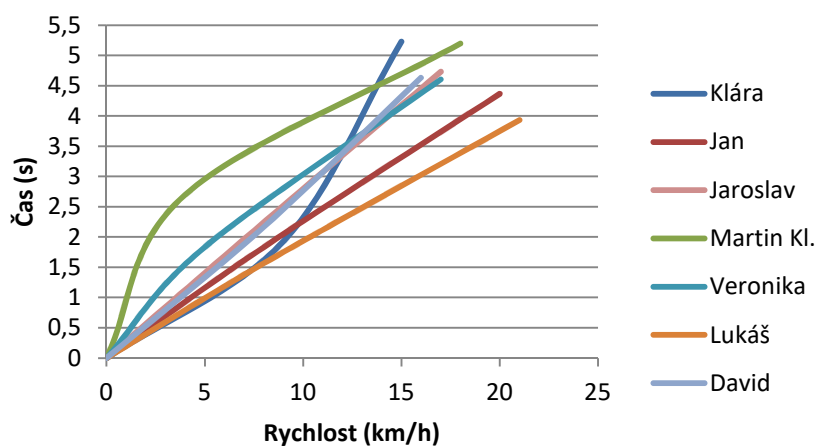
## Převod 2x2



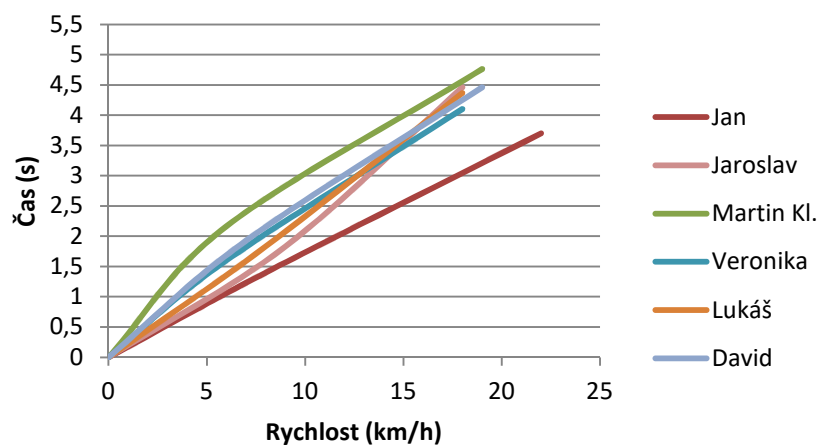
## Převod 2x4



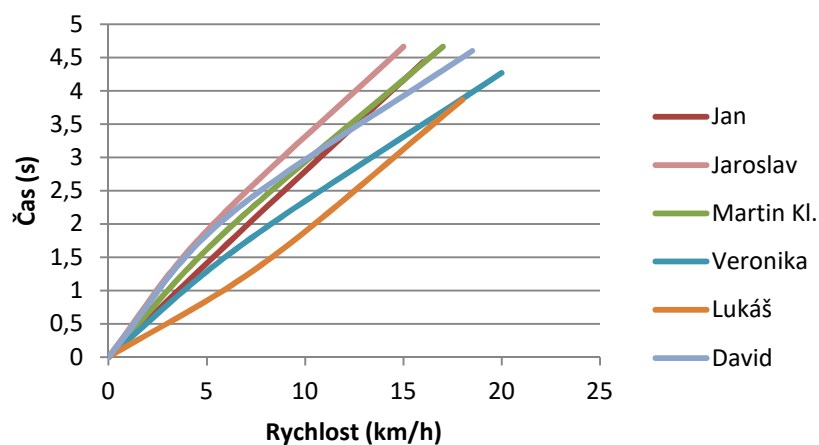
## Převod 2x6



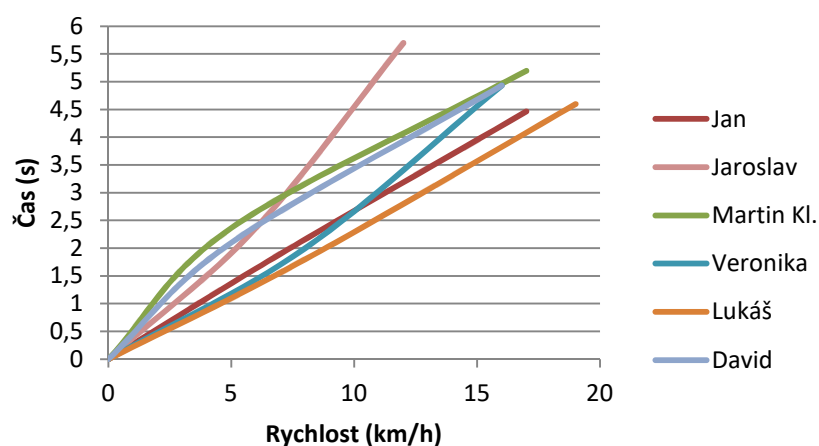
### Převod 3x3

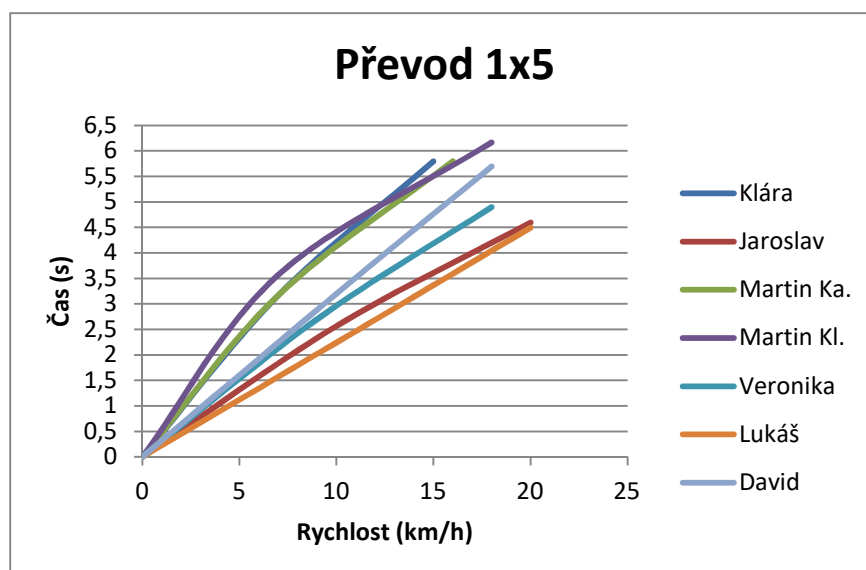
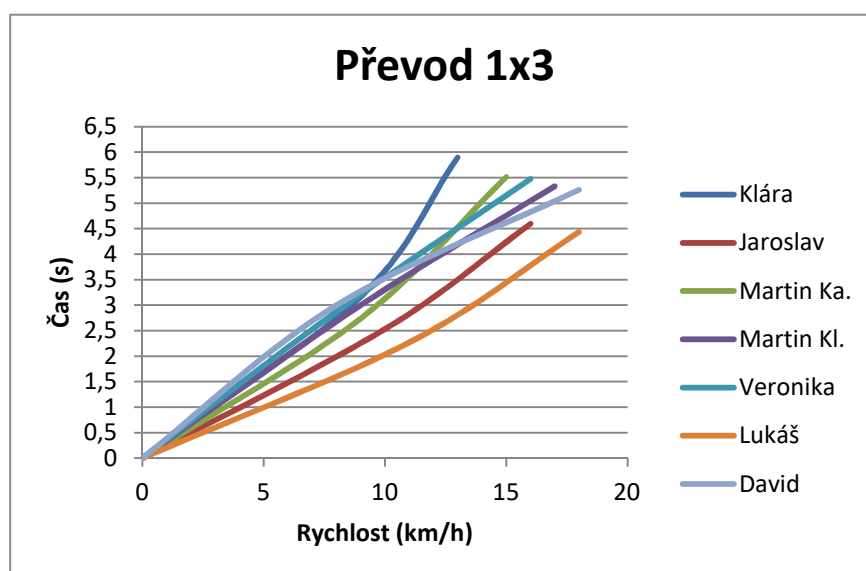
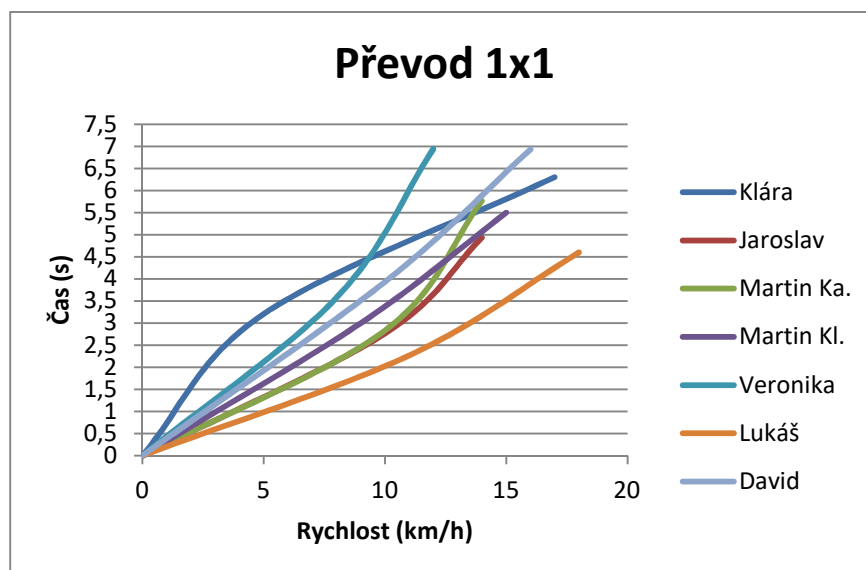


### Převod 3x5

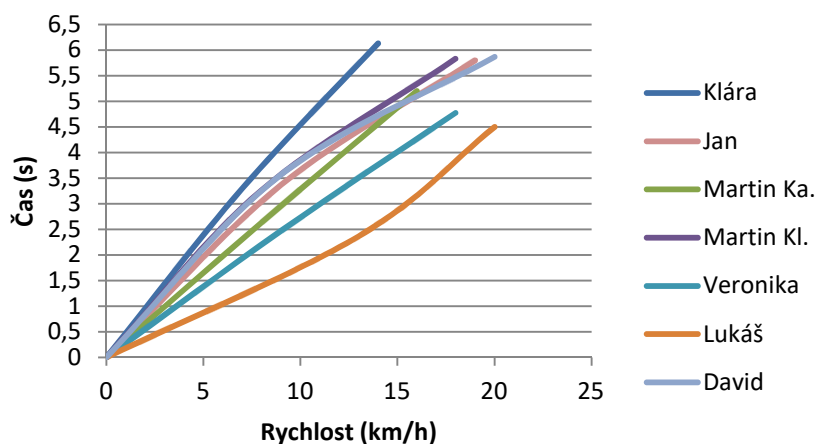


### Převod 3x7

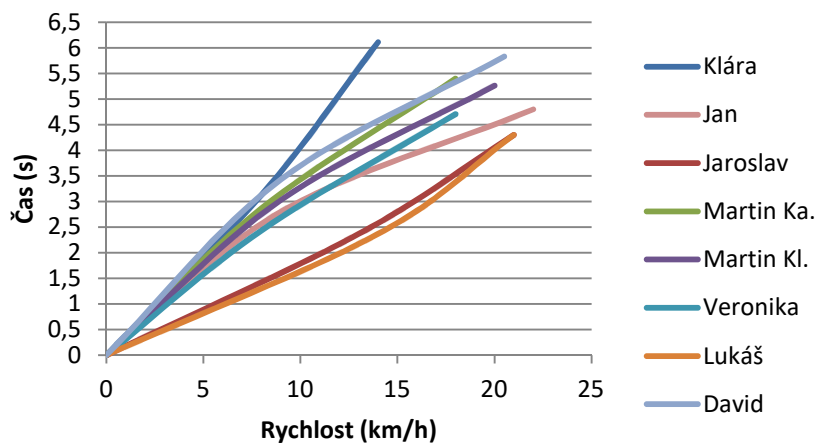




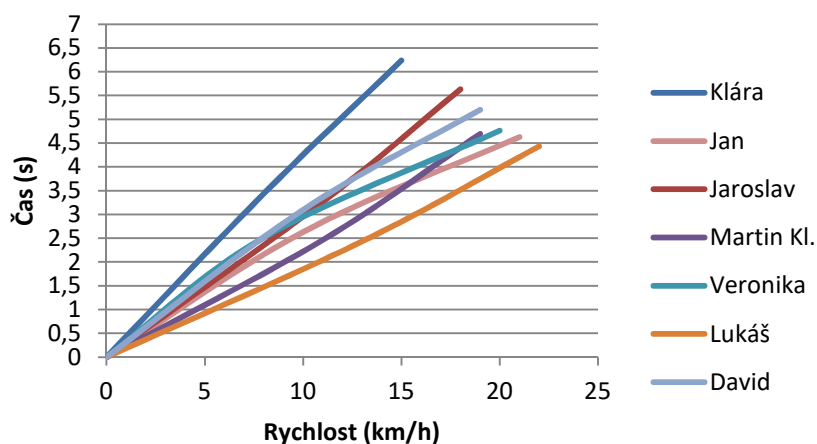
## Převod 2x2



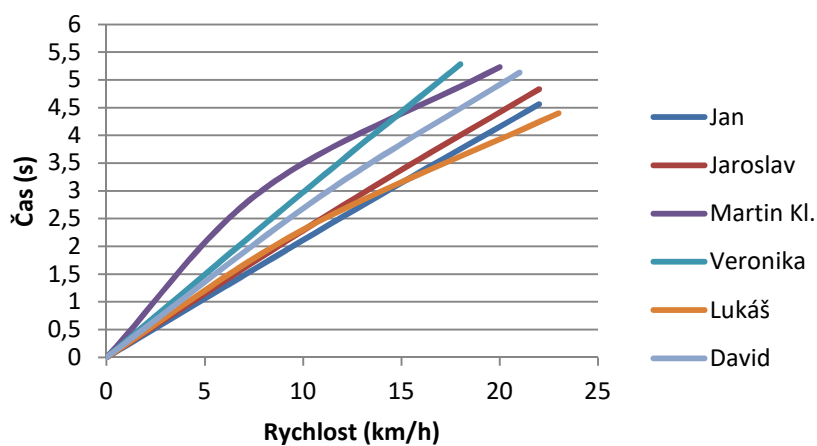
## Převod 2x4



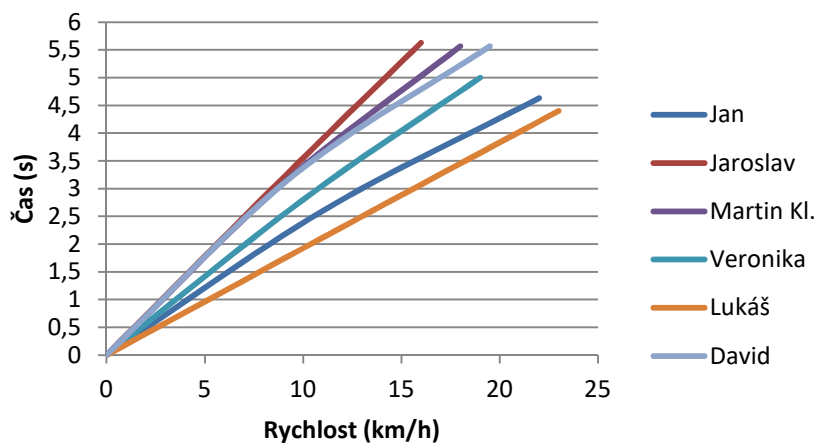
## Převod 2x6



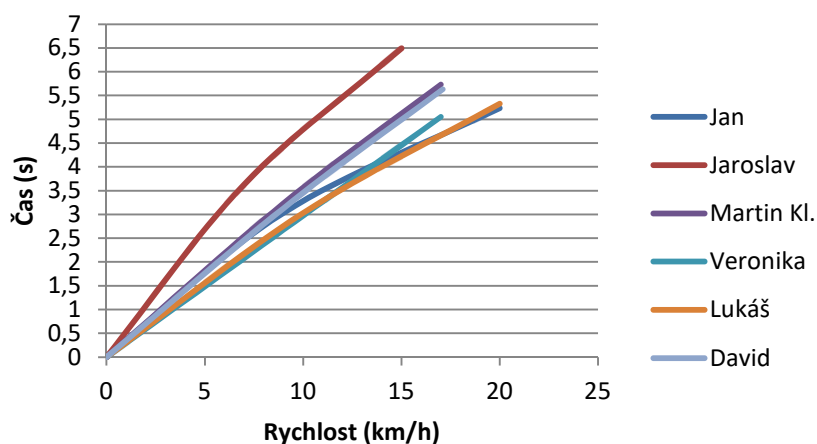
### Převod 3x3



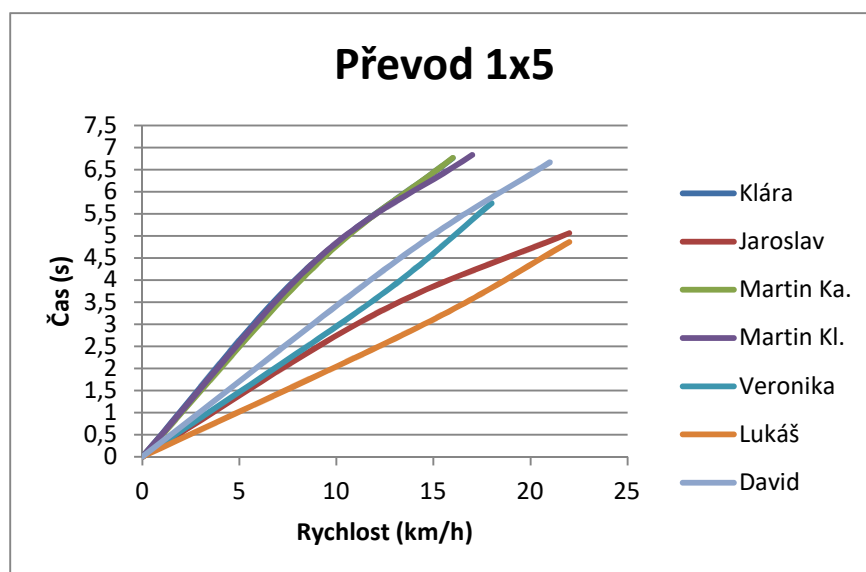
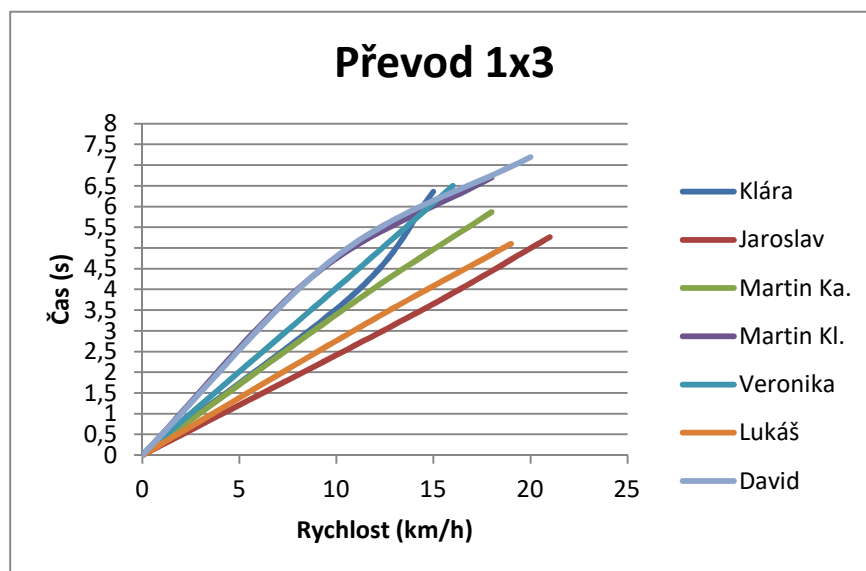
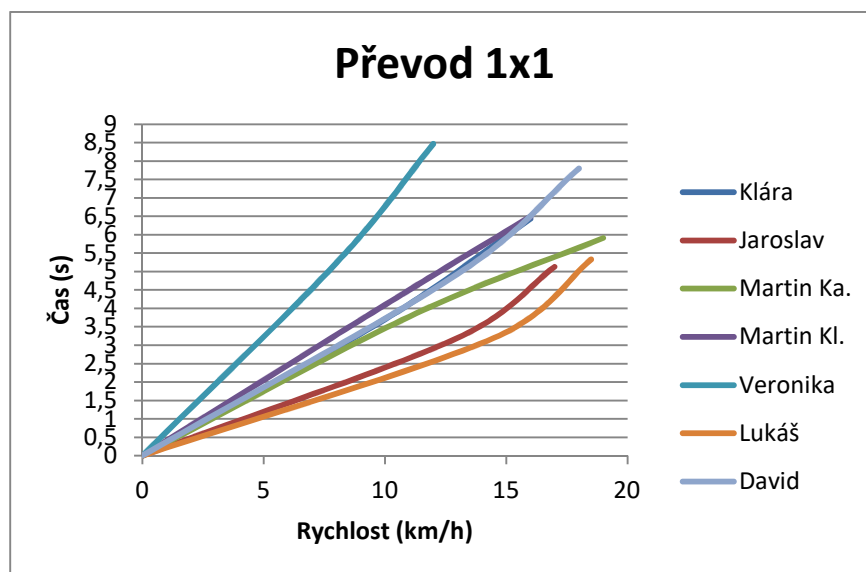
### Převod 3x5



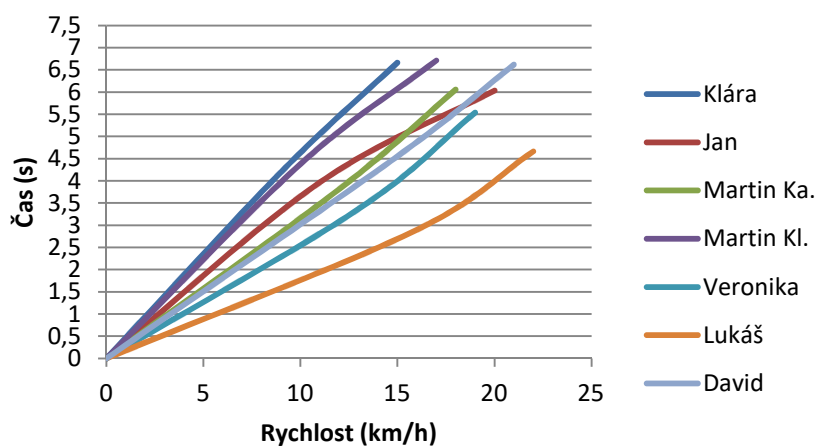
### Převod 3x7



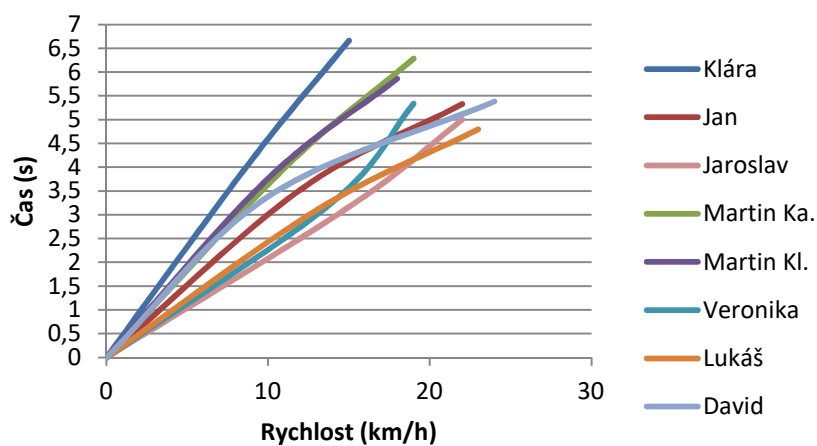
Příloha č. 13 Akcelerace, poloměr 6 m



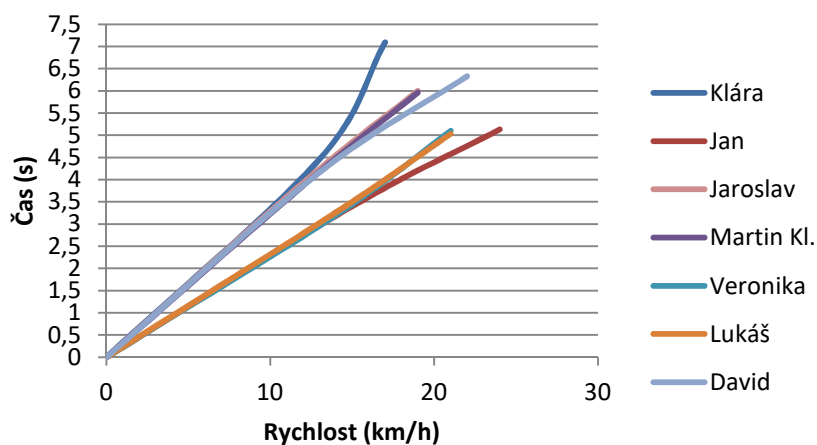
### Převod 2x2



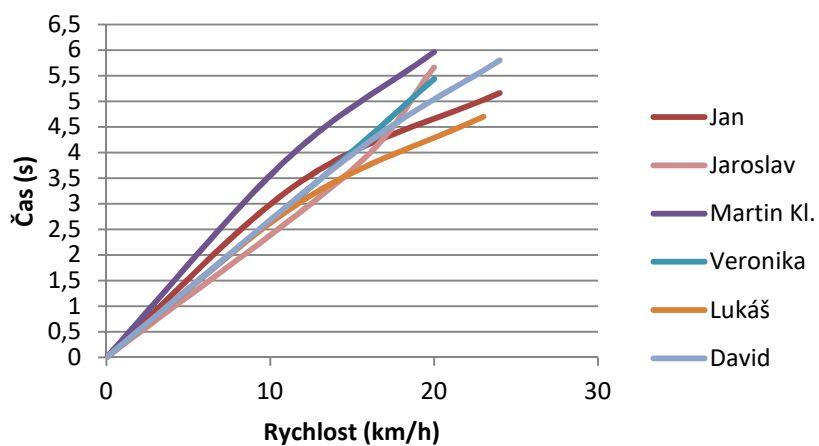
### Převod 2x4



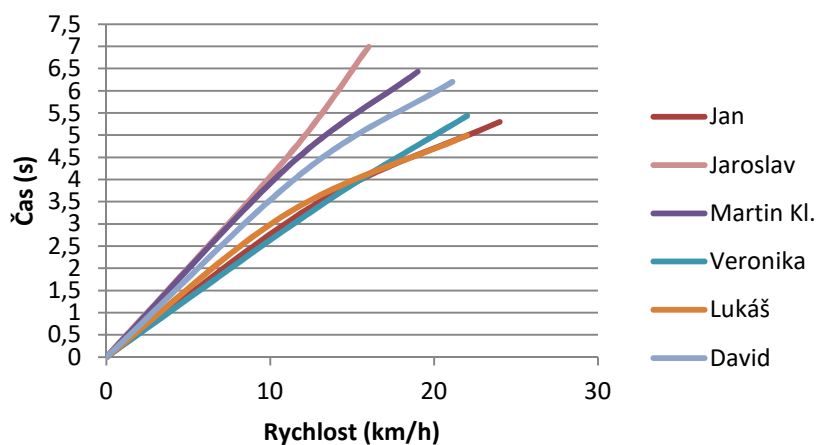
### Převod 2x6



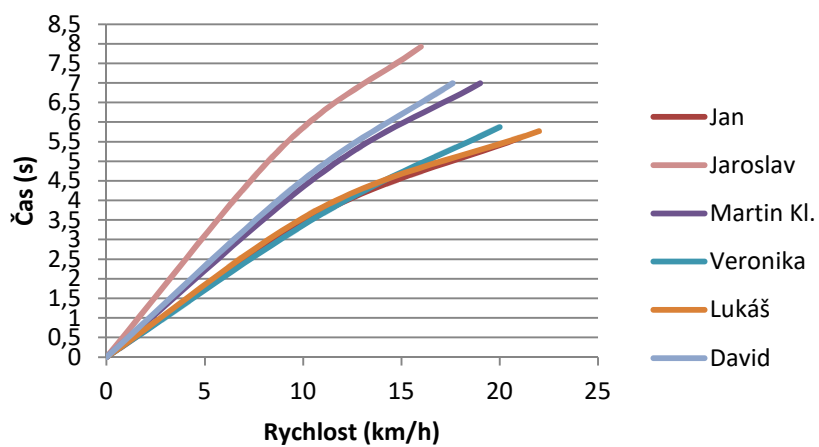
### Převod 3x3



### Převod 3x5



### Převod 3x7



Příloha č. 14 Časy použité při akceleraci

|            | Poloměr<br>(m) | Převod 1x1                     |                              | Převod 1x3                    |                                | Převod 1x5                    |                           |
|------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|            |                | čas na<br>konci<br>oblouku (s) | čas na<br>konci úseku<br>(s) | čas na<br>konci<br>oblouku(s) | čas na<br>konci<br>oblouku (s) | čas na<br>konci<br>oblouku(s) | čas na konci<br>úseku (s) |
| Klára      | 2              | 2,3                            | 5,6                          | 1,8                           | 5,1                            | 1,6                           | 4,8                       |
|            | 4              | 3,2                            | 6,3                          | 3,2                           | 5,9                            | 3,2                           | 5,8                       |
|            | 6              | 3,7                            | 6,4                          | 3,9                           | 6,4                            | 4,1                           | 6,8                       |
| Jan        | 2              |                                |                              |                               |                                |                               |                           |
|            | 4              |                                |                              |                               |                                |                               |                           |
|            | 6              |                                |                              |                               |                                |                               |                           |
| Jaroslav   | 2              | 2,0                            | 4,5                          | 1,9                           | 4,3                            | 1,7                           | 4,1                       |
|            | 4              | 2,8                            | 4,9                          | 2,5                           | 4,6                            | 2,6                           | 4,6                       |
|            | 6              | 3,2                            | 5,1                          | 3,4                           | 5,3                            | 3,2                           | 5,1                       |
| Martin Ka. | 2              | 1,7                            | 4,9                          | 1,6                           | 4,5                            | 1,6                           | 4,6                       |
|            | 4              | 2,8                            | 5,8                          | 2,7                           | 5,5                            | 3,2                           | 5,8                       |
|            | 6              | 3,8                            | 5,9                          | 3,7                           | 5,9                            | 4,4                           | 6,8                       |
| Martin Kl. | 2              | 2,4                            | 5,0                          | 2,0                           | 4,6                            | 2,0                           | 4,5                       |
|            | 4              | 3,0                            | 5,5                          | 3,0                           | 5,3                            | 3,6                           | 6,2                       |
|            | 6              | 4,1                            | 6,5                          | 4,4                           | 6,7                            | 4,5                           | 6,8                       |
| Veronika   | 2              | 1,8                            | 7,6                          | 2,6                           | 5,3                            | 1,9                           | 4,6                       |
|            | 4              | 3,6                            | 6,9                          | 2,9                           | 5,5                            | 2,7                           | 4,9                       |
|            | 6              | 5,2                            | 8,5                          | 4,0                           | 6,5                            | 3,6                           | 5,7                       |
| Lukáš      | 2              | 1,6                            | 4,5                          | 1,9                           | 4,4                            | 1,8                           | 4,5                       |
|            | 4              | 2,3                            | 4,6                          | 2,3                           | 4,4                            | 2,5                           | 4,5                       |
|            | 6              | 3,2                            | 5,3                          | 3,2                           | 5,1                            | 3,0                           | 4,9                       |
| David      | 2              | 3,2                            | 7,0                          | 2,1                           | 5,0                            | 2,5                           | 5,3                       |
|            | 4              | 3,9                            | 6,9                          | 3,0                           | 5,3                            | 3,2                           | 5,7                       |
|            | 6              | 4,9                            | 7,8                          | 4,8                           | 7,2                            | 4,6                           | 6,7                       |

|            | Převod 2x2               |                        | Převod 2x4               |                        | Převod 2x6               |                        |
|------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
|            | čas na konci oblouku (s) | čas na konci úseku (s) | čas na konci oblouku (s) | čas na konci úseku (s) | čas na konci oblouku (s) | čas na konci úseku (s) |
| Klára      | 1,9                      | 5,0                    | 1,9                      | 5,1                    | 1,9                      | 5,2                    |
|            | 3,3                      | 6,1                    | 3,1                      | 6,1                    | 3,4                      | 6,2                    |
|            | 4,2                      | 6,7                    | 4,2                      | 6,7                    | 4,5                      | 7,1                    |
| Jan        | 1,9                      | 4,6                    | 1,9                      | 4,5                    | 1,8                      | 4,4                    |
|            | 3,4                      | 5,8                    | 2,8                      | 4,8                    | 2,6                      | 4,6                    |
|            | 4,0                      | 6,0                    | 3,5                      | 5,3                    | 3,4                      | 5,1                    |
| Jaroslav   |                          |                        | 1,7                      | 4,3                    | 2,0                      | 4,7                    |
|            |                          |                        | 2,4                      | 4,3                    | 3,3                      | 5,6                    |
|            |                          |                        | 3,2                      | 5,0                    | 3,9                      | 6,0                    |
| Martin Ka. | 1,5                      | 4,5                    | 1,6                      | 4,4                    |                          |                        |
|            | 2,6                      | 5,2                    | 2,9                      | 5,4                    |                          |                        |
|            | 3,8                      | 6,1                    | 4,0                      | 6,3                    |                          |                        |
| Martin Kl. | 2,2                      | 5,1                    | 1,9                      | 4,5                    | 2,7                      | 5,2                    |
|            | 3,3                      | 5,8                    | 3,0                      | 5,3                    | 2,5                      | 4,7                    |
|            | 4,4                      | 6,7                    | 3,8                      | 5,9                    | 3,9                      | 6,0                    |
| Veronika   | 1,6                      | 4,2                    | 1,6                      | 4,0                    | 1,8                      | 4,6                    |
|            | 2,5                      | 4,8                    | 2,4                      | 4,7                    | 2,5                      | 4,8                    |
|            | 3,4                      | 5,5                    | 3,3                      | 5,3                    | 3,2                      | 5,1                    |
| Lukáš      | 1,5                      | 3,9                    | 1,4                      | 3,7                    | 1,6                      | 3,9                    |
|            | 2,4                      | 4,5                    | 2,4                      | 4,3                    | 2,4                      | 4,4                    |
|            | 2,9                      | 4,7                    | 3,1                      | 4,8                    | 3,3                      | 5,0                    |
| David      | 1,0                      | 3,7                    | 2,2                      | 4,7                    | 2,2                      | 4,6                    |
|            | 3,6                      | 5,9                    | 3,4                      | 5,8                    | 3,1                      | 5,2                    |
|            | 4,6                      | 6,6                    | 3,4                      | 5,4                    | 4,2                      | 6,3                    |

|            | Převod 3x3               |                        | Převod 3x5               |                        | Převod 3x7               |                        |
|------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
|            | čas na konci oblouku (s) | čas na konci úseku (s) | čas na konci oblouku (s) | čas na konci úseku (s) | čas na konci oblouku (s) | čas na konci úseku (s) |
| Klára      |                          |                        |                          |                        |                          |                        |
| Jan        | 1,4                      | 3,7                    | 2,0                      | 4,4                    | 1,9                      | 4,5                    |
|            | 2,5                      | 4,6                    | 2,6                      | 4,6                    | 3,0                      | 5,2                    |
|            | 3,5                      | 5,2                    | 3,5                      | 5,3                    | 3,7                      | 5,6                    |
| Jaroslav   | 1,8                      | 4,5                    | 1,9                      | 4,7                    | 2,4                      | 5,7                    |
|            | 2,7                      | 4,8                    | 3,2                      | 5,6                    | 3,6                      | 6,5                    |
|            | 3,7                      | 5,7                    | 4,5                      | 7,0                    | 5,4                      | 7,9                    |
| Martin Ka. |                          |                        |                          |                        |                          |                        |
| Martin Kl. | 2,2                      | 4,8                    | 1,9                      | 4,7                    | 2,4                      | 5,2                    |
|            | 3,0                      | 5,2                    | 3,1                      | 5,6                    | 3,2                      | 5,7                    |
|            | 3,9                      | 6,0                    | 4,3                      | 6,4                    | 4,7                      | 7,0                    |
| Veronika   | 1,6                      | 4,1                    | 1,7                      | 4,3                    | 2,0                      | 4,9                    |
|            | 3,0                      | 5,3                    | 2,8                      | 5,0                    | 2,7                      | 5,1                    |
|            | 3,5                      | 5,4                    | 3,4                      | 5,4                    | 3,7                      | 5,9                    |
| Lukáš      | 1,8                      | 4,4                    | 1,4                      | 3,9                    | 1,8                      | 4,6                    |
|            | 2,3                      | 4,4                    | 2,5                      | 4,4                    | 3,0                      | 5,3                    |
|            | 3,1                      | 4,7                    | 3,2                      | 5,0                    | 3,8                      | 5,8                    |
| David      | 1,9                      | 4,5                    | 2,1                      | 4,6                    | 2,1                      | 4,9                    |
|            | 2,9                      | 5,1                    | 3,2                      | 5,6                    | 3,1                      | 5,6                    |
|            | 4,0                      | 5,8                    | 4,2                      | 6,2                    | 4,5                      | 7,0                    |

*Příloha č. 15 Rychlosti použité při akceleraci*

|            | Poloměr<br>(m) | Převod 1x1                                |                                         | Převod 1x3                                |                                         | Převod 1x5                                |                                         |
|------------|----------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
|            |                | rychlost na<br>konci<br>oblouku<br>(km/h) | rychlost<br>na konci<br>úseku<br>(km/h) | rychlost na<br>konci<br>oblouku<br>(km/h) | rychlost<br>na konci<br>úseku<br>(km/h) | rychlost na<br>konci<br>oblouku<br>(km/h) | rychlost<br>na konci<br>úseku<br>(km/h) |
| Klára      | 2              | 6,0                                       | 12,0                                    | 6,0                                       | 13,0                                    | 6,0                                       | 13,0                                    |
|            | 4              | 5,0                                       | 17,0                                    | 9,0                                       | 13,0                                    | 7,0                                       | 15,0                                    |
|            | 6              | 10,0                                      | 16,0                                    | 11,0                                      | 15,0                                    | 8,0                                       | 16,0                                    |
| Jan        | 2              |                                           |                                         |                                           |                                         |                                           |                                         |
|            | 4              |                                           |                                         |                                           |                                         |                                           |                                         |
|            | 6              |                                           |                                         |                                           |                                         |                                           |                                         |
| Jaroslav   | 2              | 7,0                                       | 13,0                                    | 8,0                                       | 14,0                                    | 8,0                                       | 19,0                                    |
|            | 4              | 10,0                                      | 14,0                                    | 10,0                                      | 16,0                                    | 10,0                                      | 20,0                                    |
|            | 6              | 13,0                                      | 17,0                                    | 14,0                                      | 21,0                                    | 12,0                                      | 22,0                                    |
| Martin Ka. | 2              | 6,5                                       | 16,0                                    | 10,0                                      | 18,5                                    | 6,0                                       | 13,0                                    |
|            | 4              | 10,0                                      | 14,0                                    | 9,0                                       | 15,0                                    | 7,0                                       | 16,0                                    |
|            | 6              | 11,0                                      | 19,0                                    | 11,0                                      | 18,0                                    | 9,0                                       | 16,0                                    |
| Martin Kl. | 2              | 7,0                                       | 16,0                                    | 7,0                                       | 15,0                                    | 7,0                                       | 18,0                                    |
|            | 4              | 9,0                                       | 15,0                                    | 9,0                                       | 17,0                                    | 7,0                                       | 18,0                                    |
|            | 6              | 10,0                                      | 16,0                                    | 9,0                                       | 18,0                                    | 9,0                                       | 17,0                                    |
| Veronika   | 2              | 4,0                                       | 11,0                                    | 4,0                                       | 16,0                                    | 8,0                                       | 19,0                                    |
|            | 4              | 8,0                                       | 12,0                                    | 8,0                                       | 16,0                                    | 9,0                                       | 18,0                                    |
|            | 6              | 8,0                                       | 12,0                                    | 10,0                                      | 16,0                                    | 12,0                                      | 18,0                                    |
| Lukáš      | 2              | 7,0                                       | 14,0                                    | 5,0                                       | 16,5                                    | 8,0                                       | 18,0                                    |
|            | 4              | 11,0                                      | 18,0                                    | 11,0                                      | 18,0                                    | 11,0                                      | 20,0                                    |
|            | 6              | 14,5                                      | 18,5                                    | 11,5                                      | 19,0                                    | 14,5                                      | 22,0                                    |
| David      | 2              | 8,0                                       | 13,0                                    | 6,0                                       | 16,0                                    | 7,0                                       | 15,0                                    |
|            | 4              | 10,0                                      | 16,0                                    | 8,0                                       | 18,0                                    | 10,0                                      | 18,0                                    |
|            | 6              | 13,0                                      | 18,0                                    | 10,0                                      | 20,0                                    | 13,5                                      | 21,0                                    |

|            | Převod 2x2                       |                                | Převod 2x4                       |                                | Převod 2x6                       |                                |
|------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|            | rychlost na konci oblouku (km/h) | rychlost na konci úseku (km/h) | rychlost na konci oblouku (km/h) | rychlost na konci úseku (km/h) | rychlost na konci oblouku (km/h) | rychlost na konci úseku (km/h) |
| Klára      | 7,0                              | 17,0                           | 6,0                              | 12,0                           | 9,0                              | 15,0                           |
|            | 7,0                              | 14,0                           | 8,0                              | 14,0                           | 8,0                              | 15,0                           |
|            | 9,0                              | 15,0                           | 9,0                              | 15,0                           | 13,0                             | 17,0                           |
| Jan        | 6,0                              | 18,0                           | 7,0                              | 19,0                           | 8,0                              | 20,0                           |
|            | 9,0                              | 19,0                           | 9,0                              | 22,0                           | 10,0                             | 21,0                           |
|            | 11,0                             | 20,0                           | 12,0                             | 22,0                           | 15,0                             | 24,0                           |
| Jaroslav   |                                  |                                | 8,0                              | 18,0                           | 7,0                              | 17,0                           |
|            |                                  |                                | 13,0                             | 21,0                           | 11,0                             | 18,0                           |
|            |                                  |                                | 15,0                             | 22,0                           | 12,0                             | 19,0                           |
| Martin Ka. | 8,0                              | 16,0                           | 8,0                              | 18,4                           |                                  |                                |
|            | 8,0                              | 16,0                           | 8,0                              | 18,0                           |                                  |                                |
|            | 12,0                             | 18,0                           | 11,0                             | 19,0                           |                                  |                                |
| Martin Kl. | 6,0                              | 17,0                           | 7,0                              | 18,0                           | 4,0                              | 18,0                           |
|            | 8,0                              | 18,0                           | 9,0                              | 20,0                           | 11,0                             | 19,0                           |
|            | 10,0                             | 17,0                           | 10,0                             | 18,0                           | 12,0                             | 19,0                           |
| Veronika   | 5,0                              | 17,0                           | 4,0                              | 20,0                           | 5,0                              | 17,0                           |
|            | 9,0                              | 18,0                           | 8,0                              | 18,0                           | 8,0                              | 20,0                           |
|            | 13,0                             | 19,0                           | 14,0                             | 19,0                           | 14,0                             | 21,0                           |
| Lukáš      | 10,0                             | 20,0                           | 11,0                             | 22,0                           | 8,0                              | 21,0                           |
|            | 13,0                             | 20,0                           | 14,0                             | 21,0                           | 13,0                             | 22,0                           |
|            | 16,0                             | 22,0                           | 13,0                             | 23,0                           | 14,0                             | 21,0                           |
| David      | 8,0                              | 18,0                           | 8,0                              | 19,0                           | 8,0                              | 16,0                           |
|            | 9,0                              | 20,0                           | 9,0                              | 20,5                           | 10,0                             | 19,0                           |
|            | 15,0                             | 21,0                           | 10,0                             | 24,0                           | 13,0                             | 22,0                           |

|            | Převod 3x3                       |                                | Převod 3x5                       |                                | Převod 3x7                       |                                |
|------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|            | rychlost na konci oblouku (km/h) | rychlost na konci úseku (km/h) | rychlost na konci oblouku (km/h) | rychlost na konci úseku (km/h) | rychlost na konci oblouku (km/h) | rychlost na konci úseku (km/h) |
| Klára      |                                  |                                |                                  |                                |                                  |                                |
| Jan        | 8,0                              | 22,0                           | 7,0                              | 16,0                           | 7,0                              | 17,0                           |
|            | 12,0                             | 22,0                           | 11,0                             | 22,0                           | 9,0                              | 20,0                           |
|            | 12,0                             | 24,0                           | 13,0                             | 24,0                           | 11,0                             | 21,0                           |
| Jaroslav   | 9,0                              | 18,0                           | 5,0                              | 15,0                           | 6,0                              | 12,0                           |
|            | 12,0                             | 22,0                           | 9,0                              | 16,0                           | 7,0                              | 15,0                           |
|            | 15,0                             | 20,0                           | 11,0                             | 16,0                           | 9,0                              | 16,0                           |
| Martin Ka. |                                  |                                |                                  |                                |                                  |                                |
| Martin Kl. | 6,0                              | 19,0                           | 6,0                              | 17,0                           | 5,0                              | 17,0                           |
|            | 8,0                              | 20,0                           | 9,0                              | 18,0                           | 9,0                              | 17,0                           |
|            | 11,0                             | 20,0                           | 11,0                             | 19,0                           | 11,0                             | 19,0                           |
| Veronika   | 6,0                              | 18,0                           | 7,0                              | 20,0                           | 8,0                              | 16,0                           |
|            | 10,0                             | 18,0                           | 10,0                             | 19,0                           | 9,0                              | 17,0                           |
|            | 13,0                             | 20,0                           | 13,0                             | 22,0                           | 11,0                             | 20,0                           |
| Lukáš      | 8,0                              | 18,0                           | 8,0                              | 18,0                           | 8,0                              | 19,0                           |
|            | 10,0                             | 23,0                           | 13,0                             | 23,0                           | 10,0                             | 20,0                           |
|            | 12,0                             | 23,0                           | 11,0                             | 22,0                           | 11,0                             | 22,0                           |
| David      | 7,0                              | 19,0                           | 6,0                              | 18,5                           | 5,0                              | 16,0                           |
|            | 11,0                             | 21,0                           | 9,5                              | 19,5                           | 9,0                              | 17,1                           |
|            | 15,0                             | 24,0                           | 12,0                             | 21,1                           | 10,0                             | 17,6                           |