



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

## VYBRANÁ MĚŘENÍ POHYBU JÍZDNÍCH KOL - BRZDĚNÍ A JÍZDA V OBLOUKU

SELECTED MEASUREMENTS OF THE MOTION OF BICYCLES - BRAKING AND RIDE IN THE  
CURVE

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. STANISLAV PRČÍK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. Bc. MAREK SEMELA, Ph.D.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Ústav soudního inženýrství  
Akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Stanislav Prčík

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Expertní inženýrství v dopravě (3917T002)**

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:

### **Vybraná měření pohybu jízdních kol - brzdění a jízda v oblouku**

v anglickém jazyce:

#### **Selected Measurements of the Motion of Bicycles - Braking and Travelling Around Bends**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je analyzovat problematické manévry jízdních kol (cyklistů) podle nejčastějších typů nehod za účasti jízdních kol, statisticky vyhodnotit podíl nehod s cyklisty na ostatních nehodách, vymyslet, připravit, provést a vyhodnotit pohyb jízdních kol po známých poloměrech oblouku a provést a vyhodnotit měření brzdění jízdních kol. Měření by měla probíhat s několika konstrukčně rozdílnými typy jízdních kol (typ skládací kolo, horské, krosové, trekové a silniční) a dostatečným vzorkem účastníků rozdělených podle pohlaví, věku, resp. zkušenosti.

Měření průjezdu obloukem by mělo být zaměřeno na obvyklou rychlost průjezdu ve vztahu k poloměru oblouku (variace poloměru) pro různé druhy kol a úroveň cyklistů, brzdění by měla odrážet dosažitelné zpomalení (případně akceleraci) v závislosti na druhu kola, typu brzd (špalíkové, kotoučové) a použité brzdě (přední, zadní, obě).

Závěrem práce by mělo být celkové zhodnocení výsledků, popřípadě vlastní návrhy.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je:

- vyhodnotit pohyb jízdních kol po známých poloměrech oblouku pro reprezentativní vzorek cyklistů a kol,
- vyhodnotit měření brzdění jízdních kol různých typů na třech různých površích pro reprezentativní vzorek cyklistů a kol,
- zhodnotit výsledky popřípadě formulovat vlastní návrhy a postřehy.

Seznam odborné literatury:

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

BURG H., RAU H.: Handbuch der Verkehrsunfall-Rekonstruktion, Kippenheim, 1981.

KASANICKÝ G., KOHÚT P.: Analýza nehôd jednostopových vozidiel, Žilinská univerzita v Žilině, 2000.

RÁBEK, V. a kol.: Databáze informací a postupů analýzy dopravních nehod, databáze na DVD, 2006.

BURG H., MOSER A.: Handbuch der Verkehrsunfall-Rekonstruktion, VIEWEG, 1. vydání 2007, ISBN 978-3-8348-0172-2.

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

Dále různé elektronické zdroje.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 30.11.2010

L.S.

---

prof. Ing. Albert Bradáč, DrSc.  
Ředitel vysokoškolského ústavu

## **ANOTACE**

Diplomová práce Vybraná měření pohybu jízdních kol - brzdění a jízda v oblouku se zabývá analýzou vybraných problematických manévřů cyklistů na jízdních kolech podle nejčastějších typů nehod za účasti jízdních kol. Bude vyhodnocen podíl nehod s cyklisty na všech nehodách na pozemních komunikacích. V praktické části budou provedena měření pohybu jízdních kol v obloucích známých poloměrů jako jedné z nejrizikovějších situací při pohybu cyklisty po pozemní komunikaci.

Rychlosti budou měřeny při jízdě obloukem na různých známých poloměrech v závislosti na typu kola, pohlaví a zkušenosti cyklisty. Dále bude prováděno měření brzdění jízdních kol na různém povrchu podle typu brzdění a jízdního kola.

## **ABSTRACT**

Diploma thesis Selected measurements of the motion of bicycles – braking and ride in the curve analyses problematic manoeuvres of bicycle riders according to the most typical accidents including bikes. There will be given statistics of bikers' participation on accident amount that happened within last few years. The measurements of bicycles moving around bands of specific radiuses as a situation of most bicycle accidents will be described in the next part of this thesis.

There will be also specified the values of average bicycle speeds when driving in curves with various radiuses according to types of bicycles, sex and experiences of the riders and will be an output of this thesis. Further on there will be measurements of braking in the direct line on various surfaces with different types of bikes and different brakes used.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Jízdní kolo, jízda v oblouku, zpomalení, dopravní nehoda, komunikace, statistika, cyklista, křižovatka

## **KEYWORDS**

Bicycle, ride in the curve, deceleration, car accident, road, statistics, cyclist, road crossing

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

PRČÍK, S.: *Vybraná měření pohybu jízdních kol - brzdění a jízda v oblouku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2011. 104 s.

Vedoucí diplomové práce Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI**

Prohlašuji tímto, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a bez cizí pomoci. Vycházel jsem přitom ze svých znalostí, odborných konzultací a literatury uvedené v seznamu.

Mutěnice, květen 2011

Stanislav Prčík

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat za cenné rady, připomínky a věnovaný čas na odborné konzultace k mé diplomové práci Ing. Bc. Marku Semelovi, Ph.D. a nejbližší rodině za trpělivost a podporu.



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	10
<b>1 HISTORIE, ROZDĚLENÍ, KOSTRUKCE A VYBAVENÍ JÍZDNÍCH KOL</b> ....	14
1.1 VÝVOJ JÍZDNÍHO KOLA .....	14
1.2 KONSTRUKCE JÍZDNÍCH KOL .....	15
1.3 DRUHY JÍZDNÍCH KOL .....	16
1.4 ROZDĚLENÍ JÍZDNÍCH KOL.....	18
1.5 DRUHY BRZD A PLÁŠŤŮ JÍZDNÍCH KOL .....	19
<b>2 LEGISLATIVA UPRAVUJÍCÍ JÍZDU CYKLISTŮ</b> .....	24
<b>3 STATISTIKY NEHOD S CYKLISTY</b> .....	28
3.1 INFORMACE O NEHODOVOSTI ZA ROKY 2003 – 2006.....	28
3.2 INFORMACE O NEHODOVOSTI ZA ROK 2007.....	29
3.3 INFORMACE O NEHODOVOSTI ZA ROK 2008.....	30
3.4 INFORMACE O NEHODOVOSTI ZA ROK 2009.....	32
3.5 INFORMACE O NEHODOVOSTI ZA ROK 2010.....	34
3.6 NÁVRH NA PREVENCI ÚRAZOVOSTI A ÚMRTNOSTI CYKLISTŮ .....	35
<b>4 TEORIE JÍZDY NA JÍZDNÍM KOLE</b> .....	38
4.1 DOPŘEDNÝ POHYB JÍZDNÍHO KOLA .....	38
4.2 BRZDĚNÍ JÍZDNÍCH KOL .....	44
4.3 JÍZDA V OBLOUKU A PŘÍČNÉ PŘEMÍSTĚNÍ .....	46
<b>5 NEHODY JÍZDNÍCH KOL A JEJICH ZVLÁŠTNOSTI</b> .....	49
5.1 SPECIFICKÉ ASPEKTY CHOVÁNÍ CYKLISTŮ .....	49
5.2 NEJČASTĚJŠÍ TYPY VZÁJEMNÝCH STŘETŮ JÍZDNÍHO KOLA S MOTOROVÝM VOZIDLEM.....	50
5.3 NEJČASTĚJŠÍ DRUHY ZRANĚNÍ CYKLISTŮ PŘI NEHODÁCH.....	58
<b>6 PRINCIPY ANALÝZY DOPRAVNÍCH NEHOD S CYKLISTY</b> .....	62
6.1 ZPŮSOB ZPĚTNÉHO ODVÍJENÍ DĚJE .....	62
6.2 ZPŮSOB DOPŘEDNÉHO ODVÍJENÍ DĚJE .....	63
6.3 POSTUP ZNALCE PŘI ANALÝZE NEHODY S CYKLISTOU .....	63
<b>7 VYBRANÁ MĚŘENÍ POHYBU JÍZDNÍCH KOL</b> .....	65
7.1 MĚŘENÉ VELIČINY A MÍSTA MĚŘENÍ.....	65
7.2 JÍZDNÍ KOLA A FIGURANTI .....	66
7.3 PRŮBĚH MĚŘENÍ .....	75
7.4 ANALÝZA DAT Z MĚŘENÍ .....	77
<b>ZÁVĚR</b> .....	97
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	99
Seznam tabulek.....	102
Seznam obrázků.....	102
Seznam grafů .....	103

## ÚVOD

Provoz cyklistů na pozemních komunikacích probíhá v posledních letech ve stále vyšší míře, čímž také dochází k častější interakci s provozem motorovým. Při střetech motorových vozidel s účastníky na jízdních kolech pak statistiky většinou hovoří, co do následků nehod, v neprospěch cyklistů. Proto je možné, zejména v posledních letech, sledovat trend zavádění a napojování nových cyklostezek na stávající cyklotrasy. Primárním účelem je podpora domácího turismu, nezanedbatelným aspektem je však také omezení možností vzájemného kolidování silničního provozu s trasami pro cyklisty. Zejména pak u jihomoravských cyklistických stezek je také snaha zabránit vjezdu cyklistů, kteří nezdědka kdy požívají alkohol, na komunikace se zvýšeným silničním provozem.

K 1. 1. 2010 bylo na území ČR napočítáno celkem 1 601 km cyklostezek, z čehož 221 km jsou stezky vybudované v roce 2009. Oproti roku 2008 činilo navýšení více jak 16 %.<sup>1</sup>

K 1. 1. 2011 pak bylo na území ČR sjízdných celkem 1 903 km cyklostezek a komunikací vhodných pro cyklisty (v intravilánu je jich 1 005 km a v extravilánu 898 km). Cyklostezek označených dopravní značkou C8, C9 a C10 – „C” je pak 1 593 km a komunikací vhodných pro cyklisty je 310 km.<sup>2</sup>

Nejrozsáhlejší síť cyklostezek se v rámci ČR nachází na území hlavního města Praha (224 km) a také ve Středočeském kraji (215 km). Po těchto dvou následuje kraj Moravskoslezský s délkou 181 km, kraj Zlínský (175 km), Olomoucký kraj (171 km), kraj Jihomoravský (162 km), Pardubický (144 km) a kraj Královéhradecký se 140 km. Oproti součtu délek silnic I., II. a III. třídy v celé republice, který činí 55 653,63 km [18], je však toto číslo zanedbatelné. V porovnání s Rakouskem, kde je například více než 10 000 km cyklotras [17], nevychází Česká republika příliš dobře. Stejně tak vychází pro porovnání Rakouska s Českou republikou co do délky cyklostezek na 1 km<sup>2</sup> rozlohy. Bilance České republiky je 24 m/km<sup>2</sup>, bilance Rakouska je pětikrát lepší – cca 125 m/km<sup>2</sup> rozlohy.

Co se týká snahy budování cyklostezek, každoročně jsou prodlužovány cyklostezky ve všech krajích. Podle počtu kilometrů nově vybudovaných cyklostezek v rámci jednotlivých krajů dosahuje nejvyšších hodnot Zlínský kraj, kde bylo vybudováno 52,9 km nových komunikací (nejvíce na cyklostezce podél Bařova kanálu a cyklostezce Bečva).

---

<sup>1</sup> Zdroj: <http://www.cyklotoulky.cz/clanky/clanky-display/cyklostezky/ceska-republika/cyklostezky-na-uzemi-cr/00255>

<sup>2</sup> Zdroj: <http://www.cyklostrategie.cz/file/cyklostrategie-statistiky-pasport-cyklistickych-komunikaci-2010/>

Jinak řečeno: z celkové délky cyklostezek realizovaných v ČR v roce 2009 bylo 23,9 % realizováno právě v tomto kraji, tedy téměř čtvrtina. Na druhém místě lze uvést kraj Olomoucký se 27,3 km nových komunikací (12,3 % v rámci ČR za rok 2009). [13]

V případech, kdy k nehodám cyklistů s motorovým vozidlem dojde, hraje velmi důležitou roli poměr hmotnosti, a tudíž rozdílné hybnosti vozidla účastnícího se dopravní nehody a jízdního kola, respektive jezdce. Také aspekt přímého nárazu karoserie do konstrukce lidského těla a pádu na vozovku ve velké rychlosti mívá ve většině případů tragické následky ve formě úrazů cyklistů, popř. jejich smrt. Tělo cyklisty není chráněno skeletem karoserie, jako je tomu u cestujících ve vozidle. V nejlepším případě mají cyklisté možnost využít bezpečnostní prvky – přilbu a chrániče páteře a cyklistické rukavice, do těžšího terénu pak chrániče ramen, krunýře a ledvinové chrániče. Ne vždy jsou ale cyklisté ochotni investovat do kvalitních bezpečnostních prvků. Ve snaze ušetřit se však vystavují riziku, že je přilba nedostatečné jakosti neochrání před případným zraněním hlavy. Podrobnosti o konstrukci cyklistických helem budou uvedeny v kapitole 3.6.

Nehody automobilů s cyklisty jsou častým jevem zejména v obcích, kde je zvýšená koncentrace cyklistů. Nezřídka se objevují nehody, kdy je cyklistovi při odbočování vlevo zabráněno automobilem jedoucím ve stejném jízdním pruhu, které jej „zavře“ tak, že nedokáže bezpečně odbočit. Cyklisté i řidiči automobilů rovněž podceňují situace, kdy v obci za cyklistou jede automobil a cyklista náhle zabrzdí. Při předjíždění cyklistů v praxi nejsou často dodržovány minimální bezpečné vzdálenosti<sup>3</sup> při předjíždění a při náhlém brzdění cyklisty dochází k nárazu zezadu. Mimo obec pak velmi často dochází ke srážkám s protijedoucím vozidlem na křižovatce při odbočování vlevo.

První část diplomové práce se zabývá vývojem kola a jízdního kola od starověku až po současné trendy ve vývoji materiálů pro výrobu profesionálních jízdních kol.

Druhá část diplomové práce je zaměřena na legislativu týkající se cyklistů v silničním provozu, zejména na zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích (dále jen silniční zákon).

Ve třetí části diplomové práce bude proveden rozbor statistik nehodovosti cyklistů s motorovými vozidly za roky 2007 až 2010 a vyhodnocení vývoje počtu smrtelných

---

<sup>3</sup> Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích však pojem bezpečná vzdálenost přesně nedefinuje. V zahraničí je využíváno zjednodušující pravidlo dvousekundového odstupu.

nehod cyklistů na celkovém počtu nehod motorových vozidel s cyklisty. Budou nastíněna opatření pro snížení úmrtnosti jezdců na jízdách kolech při těchto nehodách. Přes stále se snižující počty usmrčených cyklistů je jejich počet stále vysoký a soudní znalci analyzující dopravní nehody se potýkají s nedostatkem vstupních dat pro analýzu těchto nehod. Při sestavování posudků se pak setkávají s popisem pohybu jízdního kola v mikrovlnách a makrovlnách<sup>4</sup>, ovlivněním pohybu cyklisty průjezdem motorového vozidla, vliv otáčení (ohlédnutí) cyklisty, zrychlování (šlapání) a brzdění na trajektorii pohybu jízdního kola, apod. Praktická část práce bude popisovat měření, jejichž výstupem budou hodnoty maximálního středního brzděného zpomalení při přímé jízdě a brzdění různými typy brzd a maximální průměrná rychlost při jízdě po obloucích definovaných poloměry, to vše na různých typech kol, různých površích a rozdělení podle pohlaví figurantů.

Ve čtvrté části diplomové práce bude proveden rozbor jízdy na jízdním kole z pohledu dopředné jízdy, brzdění jízdních kol a jízdy do oblouku.

Pátá část práce poskytuje vyjasnění základních teoretických pohledů na znaky, které jsou typické pro dopravní nehody s cyklisty, chování cyklistů v místě častých nehod a nejčastější typy střetů automobilu s jízdním kolem. V kapitole 5.3 budou analyzována nejčastější zranění cyklistů při dopravních nehodách a v kapitole 5.2 jak k těmto nehodám dochází.

V šesté části autor shrnuje poznatky z oblasti principů analýzy dopravních nehod s cyklisty a postupů znalce při řešení dopravních nehod.

Sedmá část je zaměřena na interpretaci výsledků měření průměrného maximálního brzděného zpomalení a souhrn analýzy měření maximální bezpečné rychlosti průjezdu oblouky daných poloměrů.

Jelikož je jízda cyklistů v oblouku častým fenoménem při řešení příčin jejich dopravních nehod s automobily, ujal jsem se zpracování tohoto tématu se zájmem. Výstupní data této diplomové práce by měla sloužit k usnadnění popisu zpomalení různých typů jízdních kol a průjezdů zatáčkami rozdílných poloměrů. Měření budou probíhat na asfaltovém a betonovém povrchu za sucha i za mokra. Tyto povrchy pokrývají podstatnou část úseků komunikací, kde se stávají dopravní nehody s cyklisty. Bude provedeno také jedno měření na nezpevněné lesní cestě, jelikož se množí úseky turistických stezek, na nichž je možné použít jízdní kolo, přičemž se nejedná vždy o pevné

---

<sup>4</sup> viz kap. 2.1, zde také vliv šlapání a ohlédnutí cyklisty na tvar trajektorie jízdy

povrchy, na kterých lze předpokládat i pohyb motorových vozidel a možnost vzniku kolizní situace.

Při měření bude zjišťována rychlost na počátku brzdění výpočtem z času průjezdu úsekem známé délky prostřednictvím digitálních stopek. Brzdná dráha bude zjišťována pomocí kalibrovaného měřicího kolečka. Z těchto naměřených údajů bude vypočteno maximální střední zpomalení při brzdění přední brzdou a oběma brzdami. Tato dosažená zpomalení budou porovnána pro jednotlivé druhy brzdění různými typy brzd. Rychlost průjezdu bude měřena na obloucích o poloměrech 4 m, 7 m a 11 m, přičemž bude zjišťován čas průjezdu tímto úsekem. Figuranti projedou oblouk maximální rychlostí a z těchto hodnot pak bude počítána průměrná rychlost pro jednotlivá kola a povrchy.

Do měření budou zapojeni figuranti různého věku, pohlaví a s rozdílnými zkušenostmi. Tak by měl být zajištěn vzorek reprezentující většinu kategorií cyklistů, kteří využívají pozemní komunikace. Zpomalení bude měřeno na nejčastějších typech kol, která se běžně vyskytují v silničním provozu (horské kolo, kolo trekové, silniční kolo a kolo Velamos LADY 26). Na těchto typech kol jsou zastoupeny také nejobvyklejší typy pneumatik s různým dezénem, takže bude možné i částečně sledovat vliv tohoto faktoru na účinnost brzdění.

Závěr bude shrnovat výsledky měření maximálního středního brzdného zpomalení jízdních kol při přímé jízdě a rychlosti průjezdu obloukem.

# 1 HISTORIE, ROZDĚLENÍ, KOSTRUKCE A VYBAVENÍ JÍZDNÍCH KOL

Jízdní kolo je dnes součástí běžného života téměř všech lidí, ale nebylo tomu tak vždy. Tak jako kterákoliv jiná technika prodělalo jízdní kolo během posledních století rapidní vývoj. Od těžkých dřevěných dvoukolých odrážedel až po dnešní moderní kola využívající lehké a pevné materiály, které zaručují komfort jízdy cyklisty. Spolu s konstrukcí jízdních kol se vyvíjely způsoby brzdění, tlumení nerovností a vybavení kol.

## 1.1 VÝVOJ JÍZDNÍHO KOLA

Než bylo vynalezeno jízdní kolo, muselo být vynalezeno kolo. To úplně nejstarší, které kdy bylo nalezeno, pochází z Mezopotámie z doby kolem 3 500 let před naším letopočtem. A hned sloužilo dopravě. Nalezený piktograf totiž zobrazuje saně, které jsou vybaveny právě koly. Jako materiál se pravděpodobně používaly dřevěné kotouče spojené příčnými trámkami.



*Obrázek č. 1 – Kostitřas [20]*

Na počátku vývoje jízdních kol stál Němec Karl Friedrich Drais. Ten v roce 1813 sestavil stroj, který už jízdní kolo připomínal. Neměl sice pedály, spíš fungoval jako koloběžka, ale první krok byl učiněn.

Celých 50 let pak různí vynálezci hloubali nad tím, jak zařídit, aby se jezdec nemusel věčně odrážet od země. Například Kirkpatrick Macmillan, kovář z Dumfries ve Skotsku, vyrobil v roce 1839 dřevěný rám se sedlem a kola opatřil železnými obručkami. Dva pedály, na které se šlapalo dopředu a dozadu (nikoli dokola jako dnes), spojil se zadním kolem klikovou hřídelí.

Na scéně se pak objevil Francouz Pierre Michaux, který v roce 1860 přidal bicyklu pedály (na přední kolo) a svůj vynález nazval velocipéd. Věční rivalové Francouzů, Angličané, jej pak posměšně pojmenovali kostitřas. Michaux později založil i první továrnu na jízdní kola. Ta byla sice tehdy zatím jen dřevěná, ale brzy se objevila i kovová a kola dostala drátěné paprsky.

Krátce nato, na konci 19. století, nastala éra bicyklů s velkým předním kolem (až 1,5 m). Na jedno šlápnutí takový stroj sice dojel dál, ale byl dost vratký a pád z výšky byl pro jezdce bolestivý. V roce 1885 pak přišli Angličané William Sutton a John Starley s nízkým kolem, které bylo vůbec poprvé opatřeno pneumatikami.

Na přelomu 19. a 20. století už jízdní kolo vypadalo podobně jako dnes. Až na jednu drobnost, nemělo spolehlivé brzdy. Anglický inženýr Frank Bowden tento problém vyřešil axiální brzdou. Ta působí na ráfek kola zleva i zprava. Později se stala populární i brzda „torpédo“, u které stačí jen zpětně sešlápnout pedály.

Pro běžný silniční provoz byl bicykl vybaven i potřebnými náležitostmi, jako třeba reflektorem nebo odrazkami. V 70. letech se objevila i specializovaná kola, například horská. Dnešní inženýři při vývoji bicyklů pro závodníky na Tour de France úzce spolupracují i s kosmickým průmyslem, odkud přebírají zejména speciální lehké materiály.

[20]

## **1.2 KONSTRUKCE JÍZDNÍCH KOL**

Od svých předchůdců se současná jízdní kola liší téměř ve všech směrech. Hlavní pozornost vývojářů se přesunula z technických řešení na vyvíjení materiálů pro jednotlivá kola. Základní filosofií je nízká hmotnost a pevnost součástí, proto se v posledních letech přiklání výrobci závodních a profesionálních kol ke směsím na bázi titanu a karbonu.



Obrázek č. 2 - Konstrukce jízdního kola [1]

Vybavení kol také prochází vývojem, například pro nejnáročnější jezdce se k osvětlení kol používají nízkoenergetické LED diody, které jsou schopny spolu s lithium-iontovými akumulátory udržet konstantní svítivost po několik desítek hodin. Konstrukce klasického horského jízdního kola je schematicky popsána na **obrázku č. 2**.

### 1.3 DRUHY JÍZDNÍCH KOL

Stejně jako je tomu u osobních automobilů, kdy jsou jejich různé kategorie určeny pro různé činnosti, i jízdní kola si cyklisté kupují podle druhů aktivit, které na nich budou chtít provozovat. Nejčastějšími druhy jízdních kol jsou podle [4] následující:

1. *Turistické jízdní kolo* se vyznačuje ráfkovou brzdou vpředu, volnoběhem s brzdou na zadní došlápnutí vzadu, nejčastěji 3 – 5stupňové řazení v zadním náboji, 26” – 28” pneumatiky, ocelový rám, odpružené sedlo, ocelový nosič na zavazadla, hmotnost 17 – 19 kg, „parohová“ řídítka bez představce
2. *Holandské jízdní kolo* je charakterizováno podobně jako turistické jízdní kolo, ale má částečně zakryté zadní kolo



3. *Turisticko-sportovní jízdní kolo* je stejně proporčně stejné jako turistické kolo, pouze se vyskytuje speciální sportovní stavba zadní části rámu kola, 26" pneumatiky a hmotnost 16 – 17 kg
4. *Sportovní jízdní kolo* je opět podobné turistickému kolu, má však 26" pneumatiky, menší a nižší řídítka s představcem, sportovní stavbu zadního rámu, dámské kolo má dvě paralelní rámové trubky, ocelový nosič a hmotnost mezi 15,5 a 17 kg
5. *Lehký sportovní bicykl (trekové kolo)* má vysoce účinné ráfkové brzdy s centrálním tahem (čelisti Cantilever) vpředu i vzadu, úzké 26" – 28" pneumatiky, vícestupňové řazení, sklopená řídítka s představcem a hmotnost 13 – 15,5 kg
6. *Závodní sportovní kolo* je osazeno brzdami s centrálním tahem z lehké slitiny s napínákem, 25" – 28" vysokotlaké pneumatiky, ráfky z oceli nebo lehké slitiny, rám z legované oceli nebo lehké slitiny, hmotnost 10 – 12 kg
7. *Závodní kolo* není povoleno pro provoz na pozemních komunikacích, pouze pro závodní účely. Na ráfcích jsou nalepeny galusky, má vícestupňový pastorek, krátký rozvor a lehkou stavbu s hmotností do 10 kg
8. *Dětské kolo* je podobné konstrukce jako turistické kolo, ale rozměrově i hmotnostně menší, pneumatiky mají do 24" a nosnost kola do 50 kg
9. *Skládací kolo* má ráfkovou brzdu vpředu, volnoběžný zadní náboj se zášlapnou brzdou a občas 2 – 3stupňové řazení rychlostí. Vyznačuje se vysokou hmotností kvůli masivnímu rámu a 20" – 24" pneumatikami
10. *Tandemové kolo* umožňuje jízdu dvou jezdců za sebou na dvou sedlech
11. *Horské kolo* je osazeno vysoce účinnými ráfkovými brzdami s centrálním tahem a nejčastěji čelistmi Cantilever vpředu i vzadu, 20" – 26" terénními pneumatikami, vysoce legovaná řídítka s představcem a rám nejčastěji ze směsi chromu a molybdenu

## 1.4 ROZDĚLENÍ JÍZDNÍCH KOL

Jízdní kola se dají také dělit podle místa nebo terénu, ve kterém mohou být využívána, a pro který jsou nejvhodněji uzpůsobena.

### 1. *Horská kola*

Jsou určena pro jízdu mimo zpevněné komunikace (polní a lesní cesty, náročný terén apod.) a navržena tak, aby poskytla jezdcí lepší kontrolu a ovladatelnost, a aby byla odolnější při jízdě v náročném terénu. Mají menší, robustnější rám a výše položený střed, který umožňuje lepší průchodnost terénem. Pláště jsou široké, aby lépe tlumily nárazy a měly větší přilnavost na rozbitém a kluzkém podkladu. Široký rozsah převodů (v současnosti až 21 i více) umožňuje jízdu téměř v jakémkoliv terénu. Většina horských kol bývá vybavena odpruženými systémy (přední odpružená vidlice nebo přední a zadní odpružení), které lépe pohlcují nárazy a vibrace způsobené terénem. Kola tohoto typu nejsou příliš vhodná pro delší jízdu na zpevněných komunikacích (vyšší hmotnost, pláště s velkým valivým odporem, vzpřímenější, aerodynamicky méně vhodný posez).

### 2. *Krosová a trekigová kola*

Jsou univerzálním typem kola vhodným pro jízdu na silnici i v lehčím terénu (kvalitní, nerozbité lesní a polní cesty). Konceptně vychází ze silničního kola, mají většinou stejný průměr ráfků, ale liší se odolnějším rámem, více převody, vzpřímenějším posedem a širšími pláštěmi. Mezi krosovými a trekigovými koly jsou určité odlišnosti: krosové je spíše určeno pro sportovní jízdu, trekigové nabízí pohodlnější, vzpřímenější posed (někdy bývá také vybaveno blatníky, nosičem a světly apod.). Na rozdíl od horského kola nebývají určena pro jízdu v náročném terénu (kameny, rozbitý podklad, kořeny atd.).

### 3. *Silniční kola*

Nejrychlejší, nejlehčí a neaerodynamičtější typy kol. Silniční kolo je určeno pro rychlou jízdu na zpevněných komunikacích. Rám je koncipován tak, aby byl co nejpevnější a zároveň co nejlehčí, geometrie je volena, aby kolo

rychle a přesně reagovalo na podněty jezdce. Komponenty, především kola, jsou lehčí než u ostatních kategorií (nemusí absorbovat tolik nárazů), vysokotlaké pláště redukuje valivý odpor na minimum a nízko položená, zahnutá řídítka poskytují jezdcovi dobrou oporu pro stoupání, sprinty a také lepší posed z hlediska aerodynamiky. Toto kolo není vhodné pro jízdu na nebezpečných komunikacích (rám a komponenty nejsou zkonstruovány pro zatížení při jízdě v terénu).

#### 4. *City kola*

Jsou kola s využitím ve městech. Podstatným způsobem se liší od kol sportovních. Jsou maximálně uzpůsobena pro dopravu v městských ulicích. Zatímco na kolech sportovních se jejich konstrukce podřizuje maximálnímu výkonu (předklon, úzké sedlo apod.), kola městská vycházejí z konceptu nízko položených rámových trubek pro snadné vystupování a nastupování a možnosti přepravovat méně rozměrné předměty v nosičích nad koly.

#### 5. *Downhillová, freestylová, BMX a 4x kola*

Tato kola jsou určena pro speciální sportovní disciplíny. Downhillová kola jsou určena pro sjezdy náročným terénem, freestylová kola jsou vhodná pro skokanské disciplíny, BMX kola pro cyklotrial a např. jízdu v U-rampě a 4x kola jsou určena pro street riding, tedy pro triky na volně přístupných městských překážkách.

## **1.5 DRUHY BRZD A PLÁŠŤŮ JÍZDNÍCH KOL**

Brzdy a pneumatiky jsou jedněmi z nejdůležitějších součástí jízdního kola, neboť technický stav a kondice určují schopnost jízdního kola akcelarovat a brzdit.

### **1.5.1 Brzdy**

Správně seřízené brzdy jízdního kola zajišťují snížení rychlosti popřípadě její udržení při jízdě klesáním. Jízdní kolo by mělo být vybaveno dvěma na sobě nezávislými brzdami s odděleným ovládním a dávkováním brzdící síly. Jsou nejdůležitějším bezpečnostním prvkem jízdního kola, a proto by měly být udržovány v bezchybném stavu, což je často cyklisty podceňováno a vede k mnoha případům poranění a úmrtí. Nejčastějšími typy brzd, které bývají využívány na současných jízdních kolech, jsou

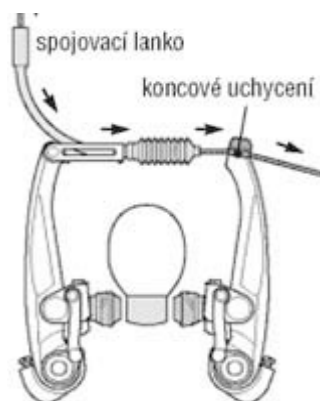
volnoběžný náboj se zášlapnou brzdou, ráfkové čelist'ové brzdy s centrálním tahem nebo V-brzdy, kotoučové brzdy a nejméně využívané brzdy bubnové.

1. *Volnoběžný náboj se zášlapnou brzdou* býval hojně využíván na starších typech turistických kol. Základním prvkem je náboj zadního kola, který umožňuje otáčení kola při jízdě vpřed a zároveň při zašlápnutí pedálu vzad brzdí zadní kolo.
2. *Ráfkové čelist'ové brzdy s centrálním tahem* jsou účinnějším typem brzd, jelikož má brzdná síla působiště dále od osy otáčení kola a není tedy třeba vyvíjet velkou ovládací sílu pro dosažení stejného zpomalení. Tento typ brzdy se skládá z brzdové páky, spojovacího lanka nejčastěji v bowdenovém vedení a čelistí s brzdovými špalíky. Při vyvolání síly na brzdovou páku se tato síla přenáší lankem na spojnici čelistí, které se otáčejí na čepech buď vidlice předního kola, nebo zadní části rámu. Špalíky na čelistech jsou přitlačeny na ráfek kola a vyvolávají brzdný účinek.



Obrázek č. 3 - Brzdová páka[14]

3. *Ráfkové čelist'ové brzdy typu V* jsou nástupci brzd s centrálním tahem, mají podobnou konstrukci, pouze spojovací lanko není napojeno na spojnici

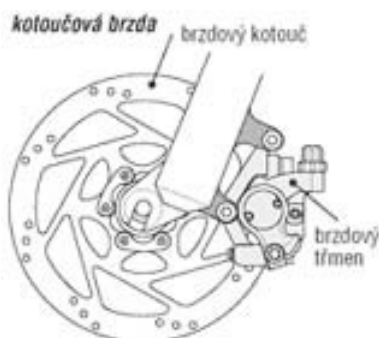


Obrázek č. 4 - Čelistová V-brzda [14]

čelistí, ale přímo svírá prodloužené čelisti. Tímto způsobem je vyvinuta větší brzdná síla při stejné ovládací síle. Tyto brzdy jsou účinné, velmi lehké a vhodné pro rekreační jezdce, kteří nevyhledávají extrémní terény a povrchy. Jsou konstrukčně jednoduché, snadno se udržují i opravují a v případě nutnosti umožňují jednoduché vyjmutí kola z vidlice či rámu.

4. *Kotoučové brzdy* se stále častěji objevují na trekových a horských kolech. Konstrukce ovládacích prvků je podobná jako u čelistových brzd, kolo je však osazeno brzdovým kotoučem a k vidlici (rámu) je připevněný brzdový třmen s brzdovými destičkami. Jedná se o neúčinnější typ brzd a je nutno, aby byla dodržena jejich čistota, jinak brzdný účinek klesá. [14]

Je možné pořídit kotoučové brzdy s hydraulickým a mechanickým ovládním. Hydraulické brzdy mají lepší účinnost, což ale klade větší důraz na kvalitu přední vidlice, která musí odolat větší zátěži kotoučů. Jsou také náročnější na údržbu a náchylnější k poškození hadiček o okolní terén, pokud klesá brzdný účinek je nutno je pomocí speciálního nářadí odvzdušnit. Mechanické kotoučové brzdy jsou odolnější proti poškození a méně náročné na údržbu, ale jejich účinnost je nižší než u hydraulických.



Obrázek č. 5 - Kotoučová brzda [14]

5. *Bubnové brzdy* se na jízdních kolech vyskytují zřídka, většinou na kolech typu City bike. Bývají mechanické a jejich systém je stejný jako u bubnových brzd motorových vozidel. Náboj kola tvoří brzdový buben a brzdové čelisti jsou ukotveny k rámu kola a ovládány spojovacím lankem, které zajišťuje jejich rozevření v bubnu. Tyto brzdy mají relativně trvalý účinek za každého počasí, neboť je brzdná soustava chráněna před nečistotami z okolí, musí být však zajištěno jejich dobré chlazení. Nevýhodou těchto brzd je ale vyšší hmotnost než u jiných typů brzd.

## 1.5.2 Pneumatiky

Pneumatiky plní primární funkci udržování stopy zvolené jezdcem nejenom v zatáčkách, ale prostřednictvím pneumatik jsou na jízdní povrch přenášeny všechny síly, které při zrychlování, zpomalování nebo třeba při průjezdu zatáčkou vznikají. Je tedy zřejmé, že pneumatiky jsou jedněmi z nejvíce namáhaných součástí jízdního kola, a proto by měly být udržovány v perfektním stavu. Zvolené pneumatiky by měly odpovídat typu kola a terénu, do kterého je kolo určeno, proto existují různé typy pneumatik pro různé povrchy.

Rozměry ráfků kol a tedy i pneumatik se mohou různit. Měří se průměr ráfku a udáván je nejčastěji v palcích ( $1'' = 1 \text{ palec} = 2,54 \text{ cm}$ ). Nejčastější dělení kol probíhá podle velikosti ráfku a to na dětská kola, která mají velikost 10'' až 24'', dospělá horská kola s 26'' koly a dospělá crossová, treková a silniční kola s 27'' a 28'' koly.

Pneumatiky mohou mít také různou šířku běhounu, většinou podle závislosti na terénu, do kterého jsou určeny. Šířka pláště ovlivňuje jak záběrové vlastnosti, tak valivý odpor a tlumení vlivu nerovností terénu. Pro jízdu po kvalitním povrchu se hodí pláště mající s povrchem cesty malou styčnou plochu, je ale třeba se smířit s menším pohodlím. Naopak do měkkého nebo sypkého povrchu se hodí pláště širší, které rozloží tlak na větší plochu a kolo se neboří. Valivý odpor ale mohou mít i širší pláště nízký, záleží velmi na správném nahuštění i na vzorku.

1. *Galusky* jsou určeny pro rovné a zpevněné povrchy a pro delší trasy. Jsou to vysokotlaké, tenké a lehké pneumatiky s hladkým nebo téměř hladkým vzorkem se snahou o co nejnižší jízdní odpory. Tyto pneumatiky nejsou vhodné do terénu. Existují bezdušové varianty i pneumatiky s duší, která ale zvyšuje hmotnost kola.

2. *Trekingové a crossové* pláště poskytují kompromis mezi pneumatikami pro dlouhé jízdy po zpevněných površích a jízdy lehkým terénem. Většinou mají nízký dezén, aby byly zajištěny nízké jízdní odpory, ale zároveň zabezpečena jízda terénem.
3. *Pláště pro horská kola, downhill a BMX* jsou pláště balónového typu, které mají velké jízdní odpory, proto nejsou vhodné pro delší jízdu. Mají vysoký vzorek a jsou určeny do terénu, kde jsou schopny odolávat vysokým zátěžím. Díky větší styčné ploše dokážou přenést vyšší brzdnou sílu a zlepšit přilnavost při akceleraci.

## 2 LEGISLATIVA UPRAVUJÍCÍ JÍZDU CYKLISTŮ

Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích upravuje také chování cyklistů jako účastníků silničního provozu na pozemních komunikacích. Jako takoví by měli znát zejména paragrafy, které se jich bezprostředně týkají.

Už §2 písm. d) určuje jezdce na nemotorovém vozidle jako účastníka silničního provozu, a to i tehdy, pokud jízdní kolo pouze vede (písm. j). Cyklista je tedy, pokud se pohybuje po pozemní komunikaci, za každé situace účastníkem silničního provozu a nemůže se z této pozice vyvázat.

V §7 odst. 1, písm. d) je vymezeno, že řidič nesmí kouřit při jízdě na motocyklu, na mopedu a na jízdním kole. Toto opatření je v zájmu ochrany bezpečnosti cyklistů i ostatních účastníků, neboť při kouření věnuje cyklista pozornost cigaretě a hrozí popálení cyklisty žhavým popelem, jehož důsledkem může být náhlé zpomalení nebo nečekané vybočení z odhadované trajektorie.

V §53 odst. 2) je řečeno, že jiní účastníci provozu na pozemních komunikacích než chodci nesmějí chodníku nebo stezky pro chodce užívat, pokud není v tomto zákoně stanoveno jinak. Znamená to tedy, že cyklisté nesmějí vjíždět na chodník, pokud kolo nevedou. Tuto situaci popisuje ve stejném paragrafu odst. 7, kde je zajištěna ochrana zdraví chodců před bezohlednými řidiči vedoucími motorové nebo nemotorové vozidlo po chodníku. „Osoba vedoucí jízdní kolo nebo moped smí totiž užívat chodníku, jen neohrozí-li ostatní chodce; jinak musí užívat pravé krajnice nebo pravého okraje vozovky.“

Samotné jízdě na jízdním kole se věnuje §57 a §58 ošetřuje bezpečnostní prvky a opatření pro cyklisty, zde je jejich plné znění:

### *Jízda na jízdním kole*

#### *§ 57*

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

*(2) Na vozovce se na jízdním kole jezdí při pravém okraji vozovky; nejsou-li tím ohrožováni ani omezováni chodci, 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.

(5) Je-li zřízena stezka pro chodce a cyklisty označená dopravní značkou "Stezka pro chodce a cyklisty", nesmí cyklista ohrozit chodce jdoucí po stezce.

(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, předjíždění, otáčení, odbočování a vjíždění na stezku pro chodce a cyklisty; přitom nesmí ohrozit chodce jdoucí v pruhu vyznačeném pro chodce.

(7) 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 3, 5 a 6 a světelnými signály podle § 73.

#### § 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 komunikaci 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.

(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) Za jízdní kolo se smí připojit přívěsný vozík, který není širší než 800 mm, má na zádi dvě červené odrazky netrojúhelníkového tvaru umístěné co nejbližší 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.[5]*

Odstavce §57 určují pravidla pro pohyb cyklistů po pozemních komunikacích, zejména využití speciálních pruhů určených pro cyklisty, popř. způsob jízdy, pokud není jízdní pruh pro cyklisty k dispozici. Cyklisté nesmí podle §57 odst. 3) ohrožovat provoz na komunikaci jízdou více jezdců vedle sebe a podle odst. 4) mají za zvýšené opatrnosti možnost zprava objíždět nebo předjíždět pomalu se pohybující nebo stojící vozidla.

V §58 jsou vymezeny podmínky bezpečnosti pro jízdu dětí na kole a povinné doprovody dětí do 10 let mimo vyjmenované komunikace. Je zakázána jízda ve dvou na jednomístném kole a mimo přídavného sedadla pro dítě do 7 let. V odst. 4) jsou vymezeny zakázané činnosti, které nesmí cyklista za jízdy vykonávat a je ošetřeno, aby se cyklista plně věnoval jízdě a nebyl ohrožen cyklista ani ostatní účastníci provozu náhlým zabrzděním nebo vybočením ze směru. V odst. 5) jsou vytyčena pravidla pro připojení přípojného vozidla a jeho osvětlení v případě, že přívěsný vozík zakrývá částečně nebo zcela zadní obrysové červené světlo jízdního kola.

Světelná signalizace na stezkách pro cyklisty a pravidla pro jejich používání jsou řešena v §73. Význam jednotlivých signálů, stejný jako u světelného signalizačního zařízení pro motorová vozidla, je objasněn v odstavci 2), v odst. 3) pak pravidla pro využívání tlačítek pro cyklisty na signalizačních zařízeních.

### ***Komentář autora k vybraným paragrafům zákona 361/2000 Sb.***

Autor považuje paragrafy zákona 361/2000 Sb. ošetřující pravidla pro jízdu cyklistů za vyhovující, kromě označení přípojného vozíku by v § 58 mohl být také (mimo § 16 vyhlášky 301/2001 Sb.) odstavec s podmínkami pro označení jízdního kola odrazkami, jeho osvětlení, popřípadě vybavení reflexními prvky.

Zvýšení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích by také jistě pomohlo zavedení povinnosti nošení normovaných ochranných přileb pro všechny věkové kategorie cyklistů. Nejen děti do 18 let, ale také dospělí jsou ohroženi na zdraví a životech při srážce s motorovým vozidlem, proto by jejich povinné nošení mohlo snížit tragické bilance těchto nehod.

Zlepšení viditelnosti by také, zejména u pohybu cyklistů v noci, mohlo pomoci vybavení cyklistů reflexními prvky. Pro jízdu v noci by šlo o povinné nošení reflexních

vest nebo oděvů s reflexními doplňky, které několikanásobně zvýší vzdálenost, na kterou řidič cyklistu zahlédne a upoutá jeho pozornost, popřípadě řidiče vybídne ke zvýšené opatrnosti.

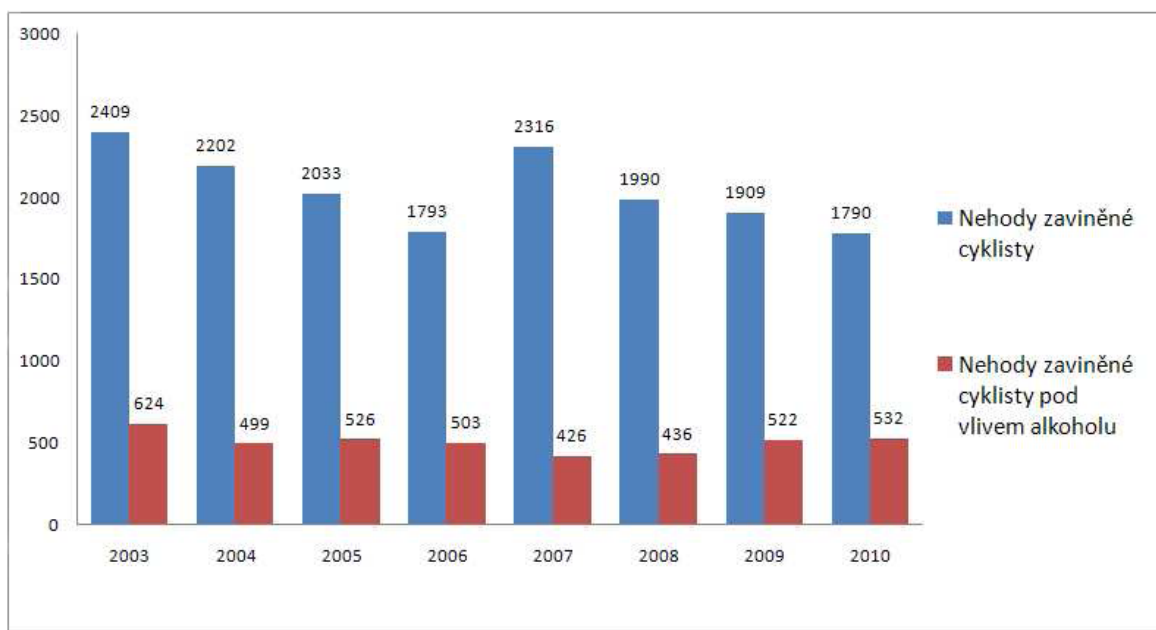
Ve zvláště nebezpečných městských úsecích komunikací, kde často dochází ke kolizím, by měla být legislativou výjimečně umožněna jízda cyklistů po chodnících avšak za zvýšené opatrnosti a přizpůsobení rychlosti okolní situaci na chodníku. Pokud to situace vyžaduje, měl by pak cyklista z kola sesednout a kolo po chodníku vést do té doby, než poměry na chodníku umožní bezpečnou jízdu.

### 3 STATISTIKY NEHOD S CYKLISTY

V letech 2003 až 2010 byl nastolen příznivý vývoj nehodovosti na českých pozemních komunikacích a došlo také k poklesu celkového počtu usmrcených účastníků. Cyklisté představují převážnou část účastníků nehod jako řidiči nemotorových vozidel, proto jsou v **tabulkách č. 1 až 8** zvýrazněni. Obecně lze říci, že vývoj úmrtnosti cyklistů na pozemních komunikacích v tomto období kromě roku 2007 klesal, což je bezesporu příznivý vývoj.

#### 3.1 INFORMACE O NEHODOVOSTI ZA ROKY 2003 – 2006

Historie statistik nehodovosti cyklistů sahá daleko do minulosti, cílem práce je však zmapování nejbližších předchozích let. Mezi lety 2003 až 2006 je z grafu č. 1 možné sledovat klesající trend počtu nehod s cyklisty. Rok 2007 byl pro cyklisty obzvláště tragický, kdy došlo ke druhému nejvyššímu počtu nehod zaviněných cyklisty za sledované období, statistiky za tento rok jsou analyzovány v kap. 1.2. Zajímavé je také sledovat vývoj počtu nehod v závislosti na množství nehod způsobeném pod vlivem alkoholu. Četnost nehod poznamenaných alkoholem kolísá kolem 500 za rok, ačkoli celkový počet nehod klesá, takže se zvyšuje jejich podíl.



Graf č. 1 - Počty nehod zaviněných cyklisty v letech 2003 až 2010 [6]

Obecně se podíl nehod za přítomnosti alkoholu vyskytuje přibližně ve 20 – 30% nehod, přičemž u nehod zaviněných řidiči motorových vozidel je stejný aspekt vyšetřován ve 4,3% dopravních nehod. [6]

Statistiky z pozdějších let budou analyzovány podle [9] podrobněji v následujících kapitolách.

### 3.2 INFORMACE O NEHODOVOSTI ZA ROK 2007

V roce 2007 Policie ČR šetřila celkem 182 736 nehod, při kterých bylo 1 123 osob usmrceno, 3 960 těžce zraněno a 25 382 osob zraněno lehce. V **tabulce č. 1** je přehled o počtech nehod a počtech usmrcených osob podle sledovaných viníků, včetně podílu na celkovém počtu nehod, resp. počtu usmrcených osob v roce 2007.

*Tabulka č. 1 – Přehled viníků a zavinění nehod 2007 [9]*

Viník, zavinění nehody	Počet nehod	Rozdíl nehod	Rozdíl v %	Počet usmrcených	Rozdíl usmrcených	Rozdíl v %
Řidič motorového vozidla	167 633	-6 519	-3,7 %	992	137	16,0 %
<b>Řidič nemotorového vozidla</b>	<b>2 419</b>	<b>-65</b>	<b>-2,6 %</b>	<b>65</b>	<b>22</b>	<b>51,2 %</b>
Chodcem	1 576	69	4,6 %	41	-3	-6,8 %
Jiným účastníkem	244	-15	-5,8 %	0	0	0,0 %
Závadou komunikace	468	-467	-49,9 %	0	0	0,0 %
Technickou závadou voz.	1 091	-180	-14,2 %	7	6	600,0 %
Lesní, domácí zvířítka	8 501	1 804	26,9 %	5	5	0,0%
Jiné zavinění	804	144	21,8 %	13	0	0,0%

Je možné sledovat, že počet nehod s účastí nemotorového vozidla v roce 2007 oproti roku předchozímu mírně poklesl, na druhou stranu vzrostl počet usmrcených účastníků při těchto nehodách o více než polovinu. Na zvýšení počtu nehod měly vliv zejména nehody starších cyklistů v kategorii 55 až 64 let (o 9 usmrcených) a v kategorii nad 64 let (dokonce o 16 usmrcených).

**Tabulka č. 2** uvádí závažnost nehod u vybraných druhů vozidel. Nejhorší bilanci měli řidiči motocyklu, kde na 1 000 nehod připadlo bezmála 39 usmrcených osob. U cyklistů to bylo asi 28 mrtvých na 1 000 nehod, což je sice méně než u motoristů, na druhou stranu byl pozorován nárůst oproti roku 2006 o více než polovinu. Z celkového počtu 1 123 usmrcených osob byli 103 cyklisté, z čehož lze lehce usoudit, že každým jedenáctým mrtvým při nehodách na pozemních komunikacích byl cyklista.

*Tabulka č. 2 – Závažnost nehod 2007 [9]*

Druh vozidla	Závažnost nehod 2007	Závažnost nehod 2006	Závažnost nehod 2005
--------------	----------------------	----------------------	----------------------

<b>Malý motocykl</b>	13,3	12,0	25,3
<b>Motocykl</b>	38,7	41,3	33,2
<b>Osobní automobil</b>	6,3	5,1	5,7
<b>Nákladní automobil</b>	5,1	3,9	4,5
<b>Autobus</b>	4,3	7,0	4,7
<b>Traktor</b>	9,6	2,6	6,2
<b>Jízdní kolo</b>	28,1	18,4	18,2

Dalším problematickým aspektem bylo řízení pod vlivem alkoholu. Ze 7 466 nehod (4,3% z celkového počtu) zaviněných pod vlivem alkoholu a evidovaných policií ČR bylo usmrceno 36 osob a 2 881 jich bylo zraněno. Z tohoto počtu nehod připadlo nejvíce na řidiče osobních automobilů (6 097 nehod). Počet nehod zaviněných cyklisty pod vlivem alkoholu činil 462, přičemž klesl o 41 nehod oproti roku 2006. [9]

### **3.3 INFORMACE O NEHODOVOSTI ZA ROK 2008**

V roce 2008 se počet nehod evidovaných Policií ČR oproti předcházejícímu roku snížil na 160 376. Poklesl také počet usmrcených osob o nezanedbatelných 131 na 992 mrtvých. Těžce zraněno bylo 3 809 a lehce poraněno 24 776 osob. V porovnání s rokem 2007 byl zaznamenán pokles všech základních ukazatelů nehod. Snížení počtu usmrcených se projevilo také mezi cyklisty, kdy počet usmrcených klesl o 26 na 77 osob. V **tabulce č. 3** lze nalézt bilanci viníků nehod způsobených jednotlivými kategoriemi účastníků.

Tabulka č. 3 - Přehled viníků a zavinění nehod 2008 [9]

Viník, zavinění nehody	Počet nehod	Rozdíl nehod	Rozdíl v %	Počet usmrcených	Rozdíl usmrcených	Rozdíl v %
Řidič motorového vozidla	147 338	-20 295	-12,1 %	913	-79	-8,0 %
Řidič nemotorového vozidla	2 097	-322	-13,3 %	39	-26	-40,0 %
z toho dětmi	279	-69	-19,8 %	0	-3	-100 %
Chodcem	1 477	-99	-6,3 %	37	-4	-9,8 %
z toho dětmi	512	-7	-1,3 %	3	3	0,0 %
Jiným účastníkem	212	-32	-13,1 %	0	0	0,0 %
Závadou komunikace	327	-141	30,1 %	0	0	0,0 %
Technickou závadou voz.	887	-204	-18,7	0	-7	-100,0 %
Lesní, domácí zvířít	7499	-1002	-11,8 %	2	-3	-60,0 %
Jiné zavinění	539	-265	-33,0 %	1	-12	-92,3 %

**Tabulka č. 4** shrnuje závažnost nehod u vybraných druhů vozidel. Nejhorší bilanci měli motocyklisté, kdy, ač počet mírně poklesl, z 1 000 nehod, na kterých se účastní, jich stále umíralo v průměru 38. Druhou neohroženější skupinou byli cyklisté, kteří umírali při 19 z každého 1 000 dopravních nehod, přičemž zde ale došlo také ke zlepšení o přibližně jednu třetinu. Příznivý vývoj je možné sledovat u všech ukazatelů.

Tabulka č. 4 – Závažnost nehod 2008 [9]

Druh vozidla	Závažnost nehod 2008	Závažnost nehod 2007	Závažnost nehod 2006
Malý motocykl	15,2	13,3	12,0
Motocykl	38,0	38,7	41,3
Osobní automobil	6,9	6,3	5,1
Nákladní automobil	4,2	5,1	3,9
Autobus	4,0	4,3	7,0
Traktor	9,3	9,6	2,6
Jízdní kolo	19,6	28,1	18,4

Počet nehod, které byly zaviněny alkoholem, oproti roku 2007 klesl na 7 252 nehod. Při těchto nehodách bylo usmrceno 80 a zraněno 2 972 osob. Ačkoliv je počet nehod nižší, vzrostla jejich závažnost a počet mrtvých se zvýšil o 44 osob. Počet usmrcených při těchto nehodách je nejvyšší za 5 let. Nejvíce nehod pod vlivem alkoholu způsobili řidiči osobních automobilů (5 879 nehod). Cyklisté v podnapilém stavu se podíleli na 436 nehodách.

Hlavními příčinami všech 1 990 nehod cyklistů v roce 2008 byly z 68 % nesprávný způsob jízdy a z 24 % nedání přednosti v jízdě. Tyto dva typy nehod zapříčinily 95 % úmrtí cyklistů. Nejčastější příčinou nehody bylo nevěnování plné pozornosti řízení vozidla, kdy bylo způsobeno 541 dopravních nehod a zapříčinilo 7 úmrtí. Nejtragičtější příčinou úmrtí cyklisty bylo nezvládnutí řízení vozidla (447 nehod, při nich 10 usmrcených). [9]

### 3.4 INFORMACE O NEHODOVOSTI ZA ROK 2009

V roce 2009 šetřila Policie ČR celkem 74 815 nehod, při nichž bylo 832 osob usmrceno, 3 536 osob těžce zraněno a 23 777 osob zraněno lehce. Trend poklesu všech základních ukazatelů nehod, který byl nastolen v roce 2008, pokračoval i v roce 2009. Vysoký pokles počtu nehod, k nimž byla volána policie, klesl o více než 50 % díky zvýšení minimální hranice škody na některém z vozidel z 50 000 Kč na 100 000 Kč. V **tabulce č. 5** je souhrn údajů o vinících nehod v roce 2009.

Tabulka č. 5 – Přehled viníků a zavinění nehod 2009 [9]

Viník, zavinění nehody	Počet nehod	Rozdíl nehod	Rozdíl v %	Počet usmrcených	Rozdíl usmrcených	Rozdíl v %
Řidič motorového vozidla	67 222	-80 116	-54,4 %	755	-158	-17,3 %
<b>Řidič nemotorového vozidla</b>	<b>1 988</b>	<b>-109</b>	<b>-5,2 %</b>	<b>39</b>	<b>0</b>	<b>0,0 %</b>
z toho dětmi	241	-38	-13,6 %	0	0	0,0 %
Chodcem	1 304	-173	-11,7 %	32	-5	-13,5 %
z toho dětmi	454	-58	-11,3 %	0	-3	-100,0 %
Jiným účastníkem	116	-96	-45,3 %	0	0	0,0 %
Závadou komunikace	307	-20	-6,1 %	0	0	0,0 %
Technickou závadou voz.	454	-433	-48,8 %	5	5	-100,0 %
Lesní, domácí zvířít	3 076	-4 423	-59,0 %	0	-2	-100,0 %
Jiné zavinění	348	-191	-35,4 %	1	0	0,0 %

**Tabulka č. 5** ukazuje, že nejvíce klesly počty nehod, u nichž dochází nejméně ke zranění účastníků, tedy lehkých nehod zaviněných řidičem motorového vozidla, nehod zapříčiněných technickou závadou na vozidle a s účastí domácích zvířat a lesní zvěře.



Tabulka č. 6 – Závažnost nehod 2009 [9]

Druh vozidla	Závažnost nehod 2009	Závažnost nehod 2008	Závažnost nehod 2007
Malý motocykl	13,0	15,2	13,3
Motocykl	38,0	38,0	38,7
Osobní automobil	13,0	6,9	6,3
Nákladní automobil	11,0	4,2	5,1
Autobus	14,0	4,0	4,3
Traktor	18,0	9,3	9,6
Jízdní kolo	20,0	19,6	28,1

Podle **tabulky č. 6** byli nejčastěji umírajícími při nehodách na pozemních komunikacích v ČR stále řidiči motocyklů, kteří umírali při 38 nehodách z 1 000. Mírný nárůst můžeme sledovat téměř u všech kategorií účastníků, tento trend byl však způsoben opět zvýšenou hranicí škody k nutnosti přivolání policie, kdy policisté přijížděli až k vážnějším nehodám. Počet usmrcených cyklistů se meziročně opět snížil na 72.

Pod vlivem alkoholu bylo způsobeno 5 725 nehod, u kterých Policie ČR eviduje 123 zemřelých a 2 658 zraněných osob. Počet nehod meziročně klesl, ale opět došlo ke zvýšení závažnosti nehod způsobených konzumací alkoholu (123 usmrcených osob). Znamená to, že každá šestá osoba byla usmrcena při dopravní nehodě zaviněné pod vlivem alkoholu. Počet mrtvých při těchto nehodách byl nejvyšší za předchozích 6 let a podíl následků těchto nehod na celkovém počtu obětí nejvyšší za předchozích 15 let.

Počet nehod zaviněných cyklisty v roce 2009 byl o 81 menší než v roce 2008, tedy 1 909. Z celkového počtu nehod bylo 67 % zapříčiněno nesprávným způsobem jízdy a 23,5 % nedání přednosti v jízdě. Stejně jako předchozí rok měly tyto dvě příčiny za důsledek převážnou většinu úmrtí cyklistů. Nejtragičtějšími příčinami byly nezvládnutí řízení vozidla (457 nehod, 9 úmrtí), nevěnování plné pozornosti řízení (492 nehod, 6 usmrcených) a vjetí do protisměru (6 mrtvých). [9]

Mezi tato nezvládnutí řízení vozidla patří bezesporu také manévr jízdy jízdního kola po oblouku, který je předmětem praktické části této diplomové práce, a kterým se bude zabývat autorovo měření.

### 3.5 INFORMACE O NEHODOVOSTI ZA ROK 2010

V roce 2010 se Policie ČR zabývala 75 522 nehodami, při nichž bylo 753 osob usmrceno, 2 823 těžce a 21 610 lehce zraněno. V porovnání s rokem 2009 byl zaznamenán pokles u všech základních ukazatelů nehod s výjimkou absolutního počtu nehod. Z pohledu počtu usmrcených osob byl rok 2010 velmi příznivý, zahynulo v něm nejméně osob za předchozích 50 let. V tomto roce bylo usmrceno 70 cyklistů, jedná se opět o mírný meziroční pokles.

Tabulka č. 7 – Přehled viníků a zavinění nehod 2010 [9]

Viník, zavinění nehody	Počet nehod	Rozdíl nehod	Rozdíl v %	Počet usmrcených	Rozdíl usmrcených	Rozdíl v %
Řidič motorového vozidla	67 455	233	0,3 %	675	-80	-10,6 %
<b>Řidič nemotorového vozidla</b>	<b>1 851</b>	<b>-137</b>	<b>-6,9 %</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>2,6 %</b>
z toho dětmi	201	-40	-16,6 %	0	0	0,0 %
Chodcem	1 243	-61	-4,7 %	27	-5	-15,6 %
z toho dětmi	486	32	7,0 %	3	3	300,0 %
Jiným účastníkem	110	-6	-5,6 %	0	0	0,0 %
Závadou komunikace	448	141	45,9 %	0	0	0,0 %
Technickou závadou voz.	480	26	5,7 %	4	-1	-20,0 %
Lesní, domácí zvířít	3 523	447	14,5 %	1	1	100 %
Jiné zavinění	412	64	18,4 %	6	5	500 %

V **tabulce č. 7** už není možné pozorovat rapidní snižování počtu nehod řešených policií, jako tomu bylo v roce 2009. Je možné předpokládat, že za stávajících legislativních podmínek budou v nadcházejících letech počty nehod a jejich následky přibližně srovnatelné s lety 2009 a 2010.

Tabulka č. 8 – Závažnost nehod 2010 [9]

Druh vozidla	Závažnost nehod 2010	Závažnost nehod 2009	Závažnost nehod 2008
Malý motocykl	26,3	13,0	15,2
Motocykl	47,5	38,0	38,0
Osobní automobil	11,6	13,0	6,9
Nákladní automobil	8,8	11,0	4,2
Autobus	5,2	14,0	4,0
Traktor	17,7	18,0	9,3
<b>Jízdní kolo</b>	<b>22,4</b>	<b>20,0</b>	<b>19,6</b>

Stejně tak jako v předchozích letech vedla Policie ČR statistiky o závažnosti nehod podle typu vozidla. Porovnání roku 2010 s předchozími lety shrnuje **tabulka č. 8**. Nárůst počtu mrtvých na tisíc nehod byl zaznamenán u všech jednostopých vozidel. Po mírném poklesu je možné pozorovat dokonce více než stoprocentní meziroční zvýšení u malých motocyklů v roce 2010.

Počet nehod způsobených pod vlivem alkoholu klesl mezi lety 2007 a 2010 o více než 2 200 na 5 015, což je velmi příznivý výsledek, je však třeba dodat, že po rekordním výsledku 123 usmrcených v roce 2009 opět poklesl na 102 usmrcených osob. Nejvíce nehod (3 763) způsobili řidiči osobních automobilů. Druhými nejčastějšími viníky byli cyklisté s 532 nehodami. Cyklisté zavinili necelou třetinu nehod, na kterých se účastnili, pod vlivem alkoholu, což je vcelku hrozné zjištění. [9]

### **3.6 NÁVRH NA PREVENCI ÚRAZOVOSTI A ÚMRTNOSTI CYKLISTŮ**

Podle zákona č. 361/2000 Sb. 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.

Pokud by mělo být formulováno nějaké opatření vedoucí ke snížení úmrtnosti cyklistů, bylo by zřejmě nejlepší zpřísnit pravidla pro nošení helem pro cyklisty. Ta slouží jako výrazná prevence proti poranění mozku a zlomenin lebky. Podle statistik může být smrtelným náraz do pevné překážky již z rychlosti 11 km/h. V roce 2004 zemřelo na následky absence přilby při nehodě 94 cyklistů, přičemž těch, kteří jeli s přilbou, zemřelo pouze 5. V roce 2005 zemřelo s přilbou na hlavě 7 cyklistů, bez přilby 52. [15]

Zákonem by proto měla být určena povinnost nošení certifikované ochranné přilby všem cyklistům bez rozdílu věku a na všech typech pozemních komunikací i mimo ně, ve volném terénu. Samozřejmostí je také zvýšení finančních sankcí za porušení této povinnosti. Jistě jde o krok, který se pravděpodobně nesetká s bouřlivým ohlasem cyklistické veřejnosti, je zde však nutno brát v potaz životy a zdraví, které tento doplněk výstroje nepopíratelně ochraňuje a předchází trvalým následkům.

Bude nutno cyklistům od nejútlejšího věku vštípit návyk nosit přilbu i při krátké projížďce na jízdním kole. Veřejnost zatím přilby považuje za zbytečné a překážející,

na rozdíl od profesionálních cyklistů, kteří chápou riziko spojené s pádem a možným poraněním hlavy.

Cyklistická přilba schválená k prodeji je tvořena skeletem z tuhé pěny, která vytváří rozbitnou a absorpční hmotu přilby. Tento skelet je pokryt laminátovou skořápkou plnící několik funkcí. První funkce je tvarová – pomáhá udržovat tvar přilby a držet pěnu pohromadě při nárazu. Dále zlepšuje klouzavost přilby při srážce a zabraňuje tak náhlému přilnutí pěnového materiálu k podložce a větším negativním následkům na zdraví. Další funkce je ochrana pěnové výplně před oděrem a poškozením při běžném užívání.

Upínací systém zabraňuje ztrátě přilby při nošení a udržuje přilbu na svém místě při srážce. Skládá se ze dvou částí – pásků pod bradou a mechanismu na regulaci obvodu hlavy. U levnějších provedení je laminátová skořepina pouze přilepena na vnější ploše pěny. U kvalitnějších přileb a stále více také u levnějších typů je využívána In-mold konstrukce, kdy je pěna vstříknuta pod tlakem do skořepiny. Obě konstrukční části jsou tím pevně spojeny. Takovéto přilby jsou pevnější a odolnější proti nárazu. Energie nárazu se rozloží na větší plochu. S větší konstrukční pevností materiálu je možné použít více otvorů a dosáhnout tak nižší hmotnosti bez snížení bezpečnosti.

Každá cyklistická přilba schválená k prodeji musí být opatřena označením CE. To znamená, že daná přilba splňuje technické požadavky stanovené ČSN EN 1078. Takto testovaná přilba má certifikát ES a přezkoušení typu. Testování probíhá tak, že je přilba nasazena na zkušební hlavu a puštěna volným pádem z výšky 1,5 m na zašpičatělou kovadlinu, která nahrazuje hranu obruby chodníku. Přilba smí umožnit proniknout dovnitř pouze malému přesně stanovenému procentu vlivů. Nevyhovující přilby nejsou schváleny. [19]

Diskutabilní je také vození dětí na jízdním kole. První možností je cyklosedačka pro dítě upevněná na rámu jízdního kola, popř. na jeho řídítkách. Výhodou této varianty je nízká hmotnost a kontakt s dítětem při samotné jízdě. Ten však může být také nevýhodou, kdy dítě rozptyluje cyklistu a ten není dostatečně soustředěn na dění okolo něj. Nevýhodou se zdá být také vynaložení jisté dávky energie na udržení rovnováhy, pokud dítě nesedí v klidu, neboť cyklosedačka je často (samozřejmě podle druhu konstrukce) umístěna tak, že mění polohu těžiště soustavy cyklista – kolo.

Druhou možností může být pořízení vozíku. Jeho hmotnost je vyšší než hmotnost dětské sedačky, nemá však vliv na stabilitu jízdy, protože je uchycen za zadní osu jízdního

kola a rozdíl vynaložených jezdce sil je tak prakticky srovnatelný. Jezdec se může plně soustředit na jízdu, neboť dítě nezasahuje do průběhu jízdy a je navíc chráněno konstrukcí vozíku před nepříznivými vlivy.

## 4 TEORIE JÍZDY NA JÍZDNÍM KOLE

V následujících kapitolách rozvedu jízdu na kole z pohledu trajektorie, brzdění při přímé jízdě, jízdě v oblouku a příčného přemístění.

### 4.1 DOPŘEDNÝ POHYB JÍZDNÍHO KOLA

Hlavním faktorem sledovaným u dopředné jízdy bývá rychlost cyklisty. Spolu s brzděním bývá rychlost nejčastěji předmětem zkoumání při analýze dopravních nehod. Zde se také znalci mohou při řešení střetů s cyklisty opřít o hodnoty experimentálně zjištěné běžně dosahované rychlosti cyklistů na různých kolech po rovině, které jsou uvedeny v následujících tabulkách, a které vychází z nevydaného Znaleckého standardu č. III – Základní postupy pro technickou analýzu průběhu a příčin silničních dopravních nehod.

Tabulka č. 9 - Rychlost jízdního kola – muž (km/h) [1]

Věk	do 6	6 až 10		11 až 15		16 až 30		31 až 50		51 až 60		nad 60
Typ	D	D	BP	BP	SP	BP	SP	BP	SP	BP	SP	BP
$V_{\min}$	9	10	11	13	16	14	18	11	16	10	10	10
$V_{\max}$	14	13	16	22	22	34	34	20	26	16	20	15

Tabulka č. 10 - Rychlost jízdního kola – žena (km/h) [1]

Věk	do 6	6 až 10		11 až 15		16 až 30		31 až 50		51 až 60		nad 60
Typ	D	D	BP	BP	SP	BP	SP	BP	SP	BP	BP	
$V_{\min}$	9	10	13	13	13	15	12	11	12	10	10	
$V_{\max}$	13	16	16	16	17	19	20	21	26	15	14	

Kde –  
*D* - dětské jízdní kolo  
*BP* - jízdní kolo bez přehazovačky  
*SP* - jízdní kolo s přehazovačkou

Dále jsou pak v publikaci [1] uvedeny hodnoty zrychlení jízdních kol značky Fort různých velikostí a střední nastavení převodových stupňů.

Tabulka č. 11 - Zrychlení - skupina 6 - 14 let [1]

úsek měření [m]	Ø čas [s]	rychlost na konci úseku		Ø rychlost na konci úseku		Ø zrychlení úseku [m/s <sup>2</sup> ]
		[m/s]	[km/h]	[m/s]	[km/h]	
0 - 2	1,27	3,15	11,3	1,57	5,5	1,24
0 - 4	1,92	4,17	15,0	2,08	7,5	1,09
0 - 6	2,73	4,40	15,8	2,20	7,9	0,81
0 - 8	3,75	4,27	15,4	2,14	7,7	0,57
						<b>Ø = 0,90</b>

Tabulka č. 12 - Zrychlení - skupina 15 - 25 let [1]

úsek měření [m]	Ø čas [s]	rychlost na konci úseku		Ø rychlost na konci úseku		Ø zrychlení úseku [m/s <sup>2</sup> ]
		[m/s]	[km/h]	[m/s]	[km/h]	
0 - 2	1,23	3,25	11,7	1,63	5,8	1,32
0 - 4	2,05	3,90	14,1	1,95	7,0	0,95
0 - 6	2,70	4,45	16,0	2,22	8,0	0,82
0 - 8	3,37	4,75	17,1	2,37	8,5	0,70
						<b>Ø = 0,90</b>

Tabulka č. 13 - Zrychlení - skupina 26 - 50 let [1]

úsek měření [m]	Ø čas [s]	rychlost na konci úseku		Ø rychlost na konci úseku		Ø zrychlení úseku [m/s <sup>2</sup> ]
		[m/s]	[km/h]	[m/s]	[km/h]	
0 - 2	1,47	2,72	9,8	1,36	4,9	1,32
0 - 4	2,23	3,59	12,9	1,79	6,5	0,95
0 - 6	3,00	4,00	14,4	2,00	7,2	0,82
0 - 8	3,95	4,05	14,6	2,03	7,3	0,70
						<b>Ø = 0,95</b>

Tabulka č. 14 - Zrychlení - skupina 51 - 65 let [1]

úsek měření [m]	Ø čas [s]	rychlost na konci úseku		Ø rychlost na konci úseku		Ø zrychlení úseku [m/s <sup>2</sup> ]
		[m/s]	[km/h]	[m/s]	[km/h]	
0 - 2	1,62	2,47	8,9	1,23	4,4	1,32
0 - 4	2,48	3,23	11,6	1,61	5,8	0,95
0 - 6	3,95	3,58	12,9	1,79	6,5	0,82
0 - 8	3,95	4,05	14,6	2,03	7,3	0,70
						<b>Ø = 0,60</b>

Tabulka č. 15 - Zrychlení - skupina 66 a více let [1]

úsek měření [m]	Ø čas [s]	rychlost na konci úseku		Ø rychlost na konci úseku		Ø zrychlení úseku [m/s <sup>2</sup> ]
		[m/s]	[km/h]	[m/s]	[km/h]	
0 - 2	2,22	1,80	6,5	1,23	4,4	0,41
0 - 4	3,31	2,42	8,7	1,61	5,8	0,37
0 - 6	4,26	2,82	10,1	1,79	6,5	0,33
0 - 8	4,59	3,49	12,6	2,03	7,3	0,38
						<b>Ø = 0,37</b>

Tabulka č. 16 - Celkové výsledky zrychlení [1]

měřený úsek [m]	Dosažený čas [s]			Dosažená rychlost					
	průměr	min	max	průměr		min		max	
				[m/s]	[km/h]	[m/s]	[km/h]	[m/s]	[km/h]
0-2	1,56	1,23	2,22	1,34	4,8	0,90	3,2	1,62	5,8
0-4	2,40	1,92	3,31	1,72	6,2	1,20	4,3	2,08	7,5
0-6	3,21	2,71	4,26	1,92	6,9	1,40	5,0	2,22	8,0
0-8	3,92	3,37	4,59	2,06	7,4	1,74	6,3	2,37	8,5
8m- letmo	2,76	2,22	3,34	3,02	10,9	2,39	8,6	3,60	13,0

V **tabulkách č. 11 až 16** je zajímavé sledovat průměrná zrychlení dětí od 6 do 14 let a dospělých od 15 do 25 let. Stejnou průměrnou hodnotu zrychlení je u dětí možné odvodit od hmotnostní výhody, u druhé skupiny pak využitím v dospělosti zesíleného svalstva. Za povšimnutí zcela jistě stojí také hodnoty zrychlení figurantů ve věkové skupině 26 až 50 let v **tabulce č. 13**, které je nejvyšší ze všech sledovaných skupin. Ve skupinách figurantů starších 50 let pak hodnota průměrného zrychlení klesá.

V knize [3] jsou uvedeny experimentálně zjištěné hodnoty průměrných rychlostí v městském provozu, které jsou uvedeny v **tabulce 17**.

*Tabulka č. 17 - Průměrné rychlosti v městském provozu [3], str. 765*

<b>Průměrné rychlosti jízdních kol v městském provozu</b>		
	Ženy [km/h]	Muži [km/h]
20 % hodnot do	14	16
Průměrná rychlost	18	21
80 % hodnot do	21	24

Podle **tabulky č. 17** je zřejmé, že z velké většiny se muži po městě pohybují rychlostí do 24 km/h, ženy do 21 km/h. Zároveň je však možné pozorovat, že více než 20 % hodnot spadá do skupiny cyklistů, kteří jezdí ve městě rychleji než 16 km/h a cyklistek, které se pohybují v intravilánu rychlostí vyšší než 14 km/h.

*Tabulka č. 18 - Rychlosti jízdy podle věku jezdců [3], str. 765*

<b>Rychlosti kol podle věku jezdců</b>	
Věk	Rychlosti [km/h]
< 15 let	13 až 17
15 až 45 let	20 až 27
> 45 let	21

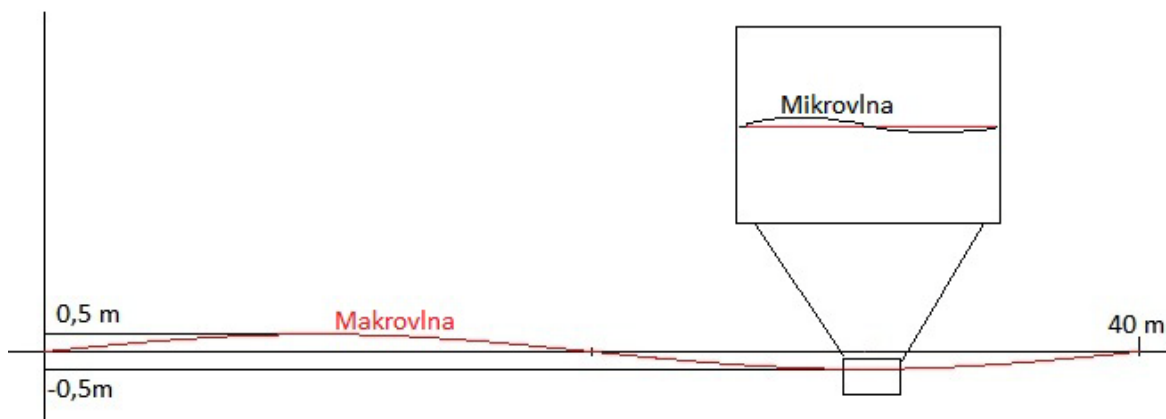
Podle věku jezdců jsou rychlosti rozvrstveny a znázorněny v **tabulce 18**. Nejrychleji se, podle očekávání, pohybovali jezdci ve věku 15 až 45 let, ale rozdíl mezi kategorií nad 45 let není až tak markantní. Zajímavé by jistě bylo zjistit rozvrstvení například po jednotlivých desetiletích věku.

Pokud jde o jízdu v přímém směru, je možné odvodit [12], že probíhá po trajektorii ve tvaru nepravidelné vlnovky. Tuto trajektorii lze označit a nazvat makrovlnou. Kolem této trajektorie dopředného pohybu jízdní kolo ještě neustále kmitá v nepravidelných výchylkách oběma směry a je tedy možné hovořit o tzv. mikrovlně. Trajektorii pohybu



může cyklista soustředěnou jízdou ovlivňovat. Totéž nelze konstatovat o mikrovlně, která vzniká objektivně a může být způsobena nebo ovlivněna stylem jízdy, frekvencí šlapání, profilem tratě, povětrnostními podmínkami (boční vítr) a nerovnostmi povrchu vozovky.

Délka makrovlny trajektorie se pohybuje v rozsahu 10,0 m až 40,0 m a maxima mikrovlny se opakují po ujetí 2,0 až 5,0 m. [12]



Obrázek č. 6 - Schéma makrovlny a mikrovlny

Nižší hodnoty platí pro méně vyspělé cyklisty a děti. Zkušený cyklista jezdí po trajektoriích blízcích se horním hodnotám obou vln a příčné vychýlení po součtu amplitud mikro a makrovlny dosahuje při pozorné jízdě 0,5 m. Děti a nezkušení cyklisté vykazují i při soustředěné jízdě příčné vychýlení v rozsahu  $\pm 1,5$  m od osy pohybu. Tato hodnota je poměrně značná a při řešení nehod často hraje podstatnou roli, zvláště ve vztahu k odvrácení nehody řidičem, který musí dodržet tento minimální odstup od cyklisty z důvodu zabránění střetu. Těchto průměrných hodnot mimovolného vybočení dosahují cyklisté v případech sledování provozu před sebou. Ke zvětšení tohoto vychýlení však dále dochází při ohlédnutí zpět, tj. při sledování provozu za cyklistou. Pohybem hlavy vlevo nebo vpravo dojde i u zkušených cyklistů k dalšímu vychýlení od osy pohybu o poměrně značnou hodnotu  $\pm 1,0$  m. Takže průměrná hodnota výchyly v jízdě zkušeného cyklisty činí celkem 1,5 m. U méně zkušených cyklistů nebo dětí může při sledování provozu za sebou amplituda vybočení dosahovat až 2,0 m, což tedy v návaznosti na výchyly v přímé jízdě může ovlivnit celkové příčné vybočení až do maximální hodnoty  $\pm 3,5$  m od osy pohybu.

V tomto případě však musí jít o náhodné sčítání kladných amplitud včetně souhlasného vybočení při ohlédnutí. Pro znaleckou činnost jsou důležité všechny odchylky od krajnice směrem vlevo a v případě jízdy v řadicím pruhu vpravo i vlevo. Z uvedeného

vyplývá, že nezkušený cyklista nebo dítě jedoucí v levém jízdním pruhu se stává potenciálním účastníkem nehody.

Dalším prvkem ovlivňujícím mikrovlny jízdy cyklisty je rychlost jeho pohybu. Ze zkoušek lze vyslovit názor, že čím je vyšší rychlost, tím nižší je amplituda mikrovlny. Při jízdách z kopce za dosažení rychlosti vyšší než 25,0 km/h a bez šlapání mikrovýchytky téměř zmizí a trajektorie pohybu cyklisty se vyznačuje táhlou makrovlnou o již výše uvedených délkách. [12]

Činitelé, kteří ovlivňují trajektorii jízdy cyklisty, jsou bezesporu také alkohol a jiné omamné látky. Mají vliv také na schopnost cyklisty jet po oblouku, čímž se zabývá měření v praktické části diplomové práce. Pro náročnost provedení pokusu, a také pro zachování bezpečí figurantů, nebylo měření pod vlivem chemických látek neprováděno.

Pro znaleckou činnost je někdy důležité zjišťovat při posuzování dopravních nehod ovlivnění stability jízdy cyklisty technickým stavem jízdního kola. Stabilita soustavy cyklista – jízdní kolo se podstatně snižuje zvýšením těžiště nad přípustnou hranici. Tato hranice je již u nově vyráběných jízdních kol dána ryskami maximálního vysunutí sedlovky a řídítek. Výška těžiště cyklisty se pohybuje v rozmezí 0,9 m až 1,1 m.

Jako antistabilizační prvek působí při šlapání (zvláště z kopce) rovněž nesprávná montáž středového složení s klínovým spojením. Pokud nejsou klíny použity dle návodu, tedy proti sobě, potom kliky svírají úhel  $166^\circ$  a nikoliv  $180^\circ$ , což při intenzivním šlapání rozkmitává celou soustavu cyklisty a jízdního kola a může dojít k samovolnému pádu i zavinění dopravní nehody nezkušeným cyklistou. [12]

Důležitým faktorem pro jízdní stabilitu je také velikost rámu kola. Pokud neodpovídá výšce cyklisty, není tento schopen zaujmout správný jízdní posed a jsou namáhána záda i končetiny. Zákonem je také ošetřeno<sup>5</sup>, že jezdec na kole nesmí za jízdy pouštět řídítka. Při tomto manévru je kolo velmi špatně ovladatelné a při krizové situaci jezdec není schopen včasné reakce a je oddálen počátek brzdění nebo vyhýbacího manévru. Podobné nebezpečí hrozí při zatížení řídítek předměty znesnadňujícími řízení, jako jsou nákupní tašky, nebo vedením zvířete za jízdy vedle kola.

Při rozjezdu cyklista využívá převážně dolních končetin a své hmotnosti a působí jimi silou na pedály, které jsou přes kliku a středové složení spojeny řetězem se zadním kolem. To je nejčastěji přes převody pastorku a přesmykače řetězem poháněno. Velikost

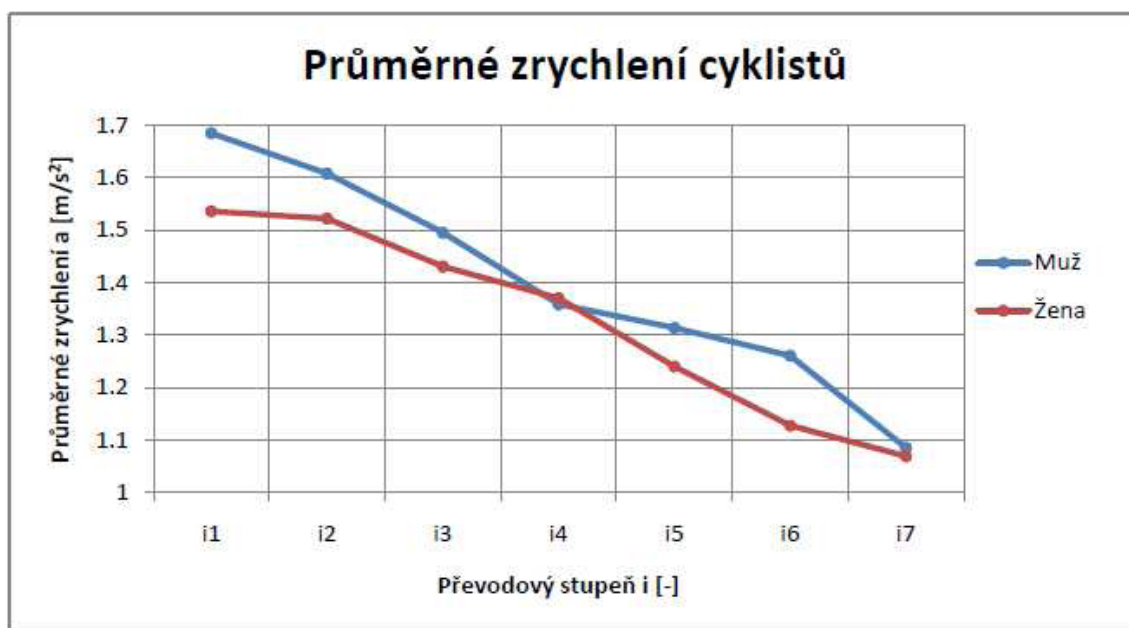
---

<sup>5</sup> Zdroj: § 58, odst. 4) zákona č. 361/2000 Sb.

zrychlení závisí na typu kola a velikosti ráfků, zvoleném převodu a neméně na fyzické zdatnosti jezdce.

Byla také prováděna měření zrychlení na horském kole při zvolených různých převodových stupních. Experiment byl prováděn na dráze dlouhé 15 m. Cyklisté potřebovali pro ujetí této vzdálenosti z klidové polohy 4,1 – 5,4 sekund. Tento čas byl ovlivněn použitým převodovým stupněm, který byl volen v rozmezí  $i = 0,57 - 0,27$ , a také fyziologickými schopnostmi figurantů. Muž dosahoval průměrně o 0,12 s lepších časů než žena. Z naměřených hodnot je patrné, že při snižování převodových stupňů docházelo k prodlužování časů o 0,1 – 0,3 s. Dosažené zrychlení cyklistů během měření se v závislosti na zvoleném převodovém stupni pohybovalo v rozmezí  $1,07 - 1,68 \text{ m/s}^2$ . [6]

Při zrychlování často dochází ke zvýšení amplitudy mikrovln v souvislosti s působením síly na pedály. Jelikož síla končetiny působící na pedál neleží v těžišti soustavy cyklista-kolo, působí moment síly na tělo jezdce, který se snaží vyrovnat tento moment protisilou horní končetiny, která drží řídítka. V důsledku toho dochází k mírnému pootočení řídítek ve směru k sešlapovanému pedálu. Při náhlém zrychlování může být tato výchylna od přímé jízdy v řádu několika desítek centimetrů.



Graf č. 2 - Průměrné zrychlení cyklistů [6]

## 4.2 BRZDĚNÍ JÍZDNÍCH KOL

Zkoušky brzdného zpomalení byly prováděny na suchém a mokřém asfaltu a betonu a na převážně hlinité nezpevněné lesní cestě. Použitá jízdní kola z hlediska technického stavu dosahovala asi poloviny původní výšky vzorku nových pneumatik, pneumatiky závodního kola byly téměř hladké a brzdy nebyly na zkoušky zvlášť připravovány. Jízdní kola byla běžně již několik let používána s minimální údržbou. V **grafech 3 až 11 v kapitole 7.4** jsou zaznamenány hodnoty průměrného maximálního brzdného zpomalení jednotlivých jízdních kol na různých površích. Pro uvedená kola je možné uvedené hodnoty považovat za maximální. K upřesnění a objektivnímu posouzení by bylo ještě vhodné vyzkoušet i další jízdní kola stejných typů, což by však nebylo možné pro náročnost zkoušek zajistit. Je však možné těchto hodnot využít ve znaleckém posuzování, neboť jsou technicky zjištěné a nejedná se o teoretické odhady.

Podobná měření již byla prováděna v minulosti v Německu i u nás, je však nutno podotknout, že tyto hodnoty byly u nás publikovány<sup>6</sup> před více než 10 lety. Novější měření byla prováděna v rámci příspěvku ing. Fedry<sup>7</sup> na konferenci Junior Forensic Science Brno 2011. V jeho příspěvku byly testovány dva typy brzd (V-brzdy a kotoučové brzdy) na podobných jízdních kolech. Výsledky všech měření jsou shrnuty v **tabulce č. 19**.

Kolo s V – brzdami dosahovalo při experimentu zpomalení v rozmezí 4,2 – 5,5 m/s<sup>2</sup>. Naměřené hodnoty zpomalení jsou poměrně vyrovnané a v podstatě nezávisí na počáteční rychlosti. Do hodnoty zpomalení cca 4,6 m/s<sup>2</sup> kolo ještě nezanechávalo brzdnou stopu na vozovce. Při měření nastal i případ, kdy kolo nezanechávalo brzdnou stopu při zpomalení 5,1 m/s<sup>2</sup>. To je ovšem závislé na zdatnosti cyklisty a jeho schopnosti brzdit přední brzdou na hranici blokace.

Kotoučové brzdy dosahovaly brzdného zpomalení v rozmezí 3,0 – 6,51 m/s<sup>2</sup>. Tento druh brzd je velmi citlivý na ovládání a je obtížné brzdit na hranici blokace, což bylo cílem měření. Tím lze vysvětlit i relativně velký rozptyl hodnot zpomalení. Kolo nezanechávalo brzdnou stopu na vozovce do hodnot zpomalení cca 4,3 m/s<sup>2</sup>.

---

<sup>6</sup> [12]

<sup>7</sup> [6]

Tabulka č. 19 - Brzdné zpomalení - V-brzdy a kotoučové brzdy[6]

	V – brzdy					Kotoučové brzdy				
	$v_0$ [km/h]	$s_0$ [m]	$t_{BR}$ [s]	MFDD [m/s <sup>2</sup> ]	Brzdná stopa [m]	$v_0$ [km/h]	$s_0$ [m]	$t_{BR}$ [s]	MFDD [m/s <sup>2</sup> ]	Brzdná stopa [m]
1	18,88	3,9	1,22	4,99	Stopa	16,82	3,12	1,12	4,24	1,3
2	13,79	3,01	1,09	5,16	Stopa	16,11	2,63	0,98	5,07	1,0
3	17,35	4,46	1,31	5,5	Stopa	15,67	3,14	1,1	6,51	1,9
4	36,21	19,55	2,99	4,71	Stopa	15,08	3,11	1,19	4,31	Beze stopy
5	34,77	20,67	3,07	4,81	Stopa	14,85	2,68	1,06	4,49	Beze stopy
6	39,64	20,55	2,98	4,66	Beze stopy	29,87	13,04	3,58	3,0	Beze stopy
7	38,81	20,72	3,0	4,5	Beze stopy	21,69	5,66	1,4	5,28	2,4
8	26,79	19,68	3,46	4,52	Stopa	24,72	5,94	1,44	5,35	2,6
9	26,29	7,06	1,67	4,74	3,8	15,22	2,9	1,22	3,69	2,8
10	25,34	7,19	1,75	4,12	Beze stopy	21,55	10,64	2,42	3,63	Beze stopy
11	20,59	6,47	1,75	4,38	Beze stopy	24,56	7,46	1,77	4,3	1,7
12	26,67	8,98	1,9	5,1	Beze stopy	33,03	14,91	2,33	5,37	4,7
13	-	-	-	-	-	37,78	20,49	3,22	3,91	Beze stopy
14	-	-	-	-	-	38,63	44,8	5,05	5,62	7,4

V německých normách DIN je např. uváděno minimální zpomalení jednotlivých kol v závislosti na stavu povrchu vozovky, viz **tabulka č. 20**. Hodnoty uvedené v této tabulce jsou normované požadavky na účinnost. Pro soudně - inženýrskou praxi je ovšem třeba znát reálné hodnoty zpomalení, a proto němečtí odborníci provedli mnoho experimentů k jejich určení. Naměřené hodnoty pro účinnosti jednotlivých brzd jsou uvedeny v **tabulce 21**. [6]

Tabulka č. 20 - Zpomalení podle DIN 79100, část 2[6]

Kolo/stav povrchu	Minimální zpomalení [m/s <sup>2</sup> ]
Přední kolo na suchu	3,4
Zadní kolo na suchu	2,2
Přední kolo na mokru	2,2
Zadní kolo na mokru	1,4

Tabulka č. 21 - Účinnost jednotlivých brzd, 100 % = 1g = 9,81 m/s<sup>2</sup>[6]

Brzda	Zpomalení [%]	Zpomalení [m/s <sup>2</sup> ]
Přední brzda	20 – 40 %	1,96 – 3,92
Zadní brzda	20 – 30 %	1,96 – 2,94
Obě brzdy	40 – 45 %	3,92 – 4,41

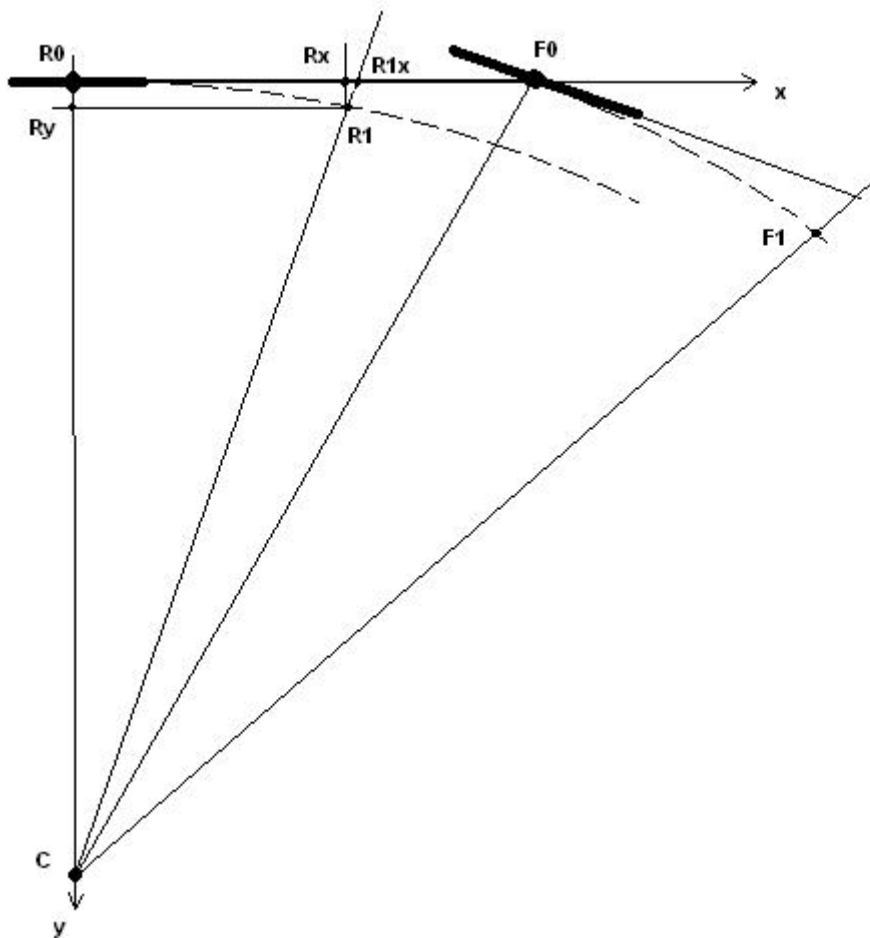
Při analýze nehod dochází také ke dření jízdního kola po povrchu v místě nehody, zde je proto také opět přiložena tabulka hodnot zpomalení při dření jízdního kola po různých površích.

Tabulka č. 22 - Dosažitelné zpomalení při dření jízdního kola po různých površích[3], str. 762

Povrch / Rychlost	30 km/h	60 km/h	80 km/h
Mokrý asfalt	6 až 9 m/s <sup>2</sup>	4,5 až 7 m/s <sup>2</sup>	5 až 6 m/s <sup>2</sup>
Suchý asfalt	6 až 12 m/s <sup>2</sup>	4,5 až 9 m/s <sup>2</sup>	5 až 8 m/s <sup>2</sup>
Tráva	7 m/s <sup>2</sup>		25 m/s <sup>2</sup>

### 4.3 JÍZDA V OBLOKU A PŘÍČNÉ PŘEMÍSTĚNÍ

Při měření byla také zjišťována trajektorie pohybu jízdního kola v oblouku při brzdění. Při nájezdu do zatáčky se na jízdním kole nepoužívá manévru obdobného jako u jízdy motocyklem, kdy se před jízdou vlevo provede nepatrné natočení řídítek vpravo, což pak následně umožní naklopení vlevo a jízdu levým obloukem. Jízdní kolo má podstatně nižší hmotnost než motocykl a důležitou roli hraje i menší gyroskopický moment ovlivňující naklápění jízdního kola. U jízdního kola tedy při vjíždění do oblouku dochází k současnému natočení předního kola a k naklopení jízdního kola s cyklistou do směru oblouku, jak popisuje **obrázek č. 7**.



Obrázek č. 7 – Schéma pohybu jízdního kola v oblouku [16]

Bod C na **obrázku č. 7** znázorňuje střed otáčení jízdního kola, spolu s body F1 a R1 vytyčuje poloměr zatačení předního resp. zadního kola. Vzdálenost [Rx, R1] naznačuje náklon těžiště cyklisty směrem k bodu C, který je nutný k jízdě do oblouku.

Jízda jízdního kola obloukem bez přechodnic je i technicky vysvětlitelná. Mechanismus řízení jízdního kola je totiž přímý bez převodů a je zde pevné spojení řídítek, vidlice, předního kola a pneumatiky. Pneumatiky dále vzhledem k vnitřnímu tlaku a velikosti při naklonění vykazují téměř nulovou směrovou úchylku. [12]

Příčným přemístěním jsou ve většině situací v silničním provozu prováděny vyhýbací manévry. Vyhýbacím přitom nazýváme takový manévr, při kterém se vozidlo během jízdy přemístí v rovině rovnoběžné s vozovkou ve směru kolmém ke směru původní jízdy. Takovým manévrem může být např. změna jízdního pruhu během předjíždění, náhlé vybočení z důvodu vyhýbání se překážce apod.<sup>8</sup> Při analýze nehod automobilů s příčným

<sup>8</sup> BRADÁČ, A. Příčné přemístění vozidel při analýze silniční nehody. Soudní inženýrství. 2005, roč. 16, č. 5, str. 267

přemístěním se využívá Kovaříkův vzorec k výpočtu nejkratšího času, za který je možno příčné přemístění provést.

$$t = 3,13 \cdot \sqrt{\frac{y_{\max}}{a_{\max}}},$$

V tomto vzorci zastupuje  $y_{\max}$  příčnou vzdálenost, kterou kolo urazí při přemístění a  $a_{\max}$  maximální využitelné příčné zrychlení. Koeficient 3,13 byl určen experimentálně oproti původní hodnotě 2,51, neboť byly zohledněny přechodnice (plynulé přechody) na začátku a na konci manévru. [11]

Při experimentech však bylo zjištěno, že příčnému vyhýbání jízdních kol tento vzorec neodpovídá. Pro zpřesnění tohoto vzorce tak, aby odpovídaly jeho výpočty hodnotám časů příčného přemístění, je nutno koeficient před odmocninou snížit. V [2] jsou na str. 356 uvedeny časy jednotlivých fází příčného přemístění motocyklů, které však také úplně neodpovídají těm, které byly naměřeny u cyklistů. První fáze odpovídá nájezdu do zatáčky, tedy přechodnici, druhá fáze samotnému příčnému přemístění a třetí fáze vyrovnání oblouku do původního směru.

$$t_1 = 0,7 - 1,0s$$

$$t_2 = 2 \sqrt{\frac{B}{4 \cdot a_{\max}}}$$

$$t_3 = 0,9 - 1,2s$$

Nejlépe výsledkům měření s jízdními koly odpovídá vzorec na výpočet času potřebného k příčnému přemístění jízdního kola uvedený v [1] na str. 66.

$$t = 2,0 \cdot \sqrt{\frac{y}{a_y}}$$

pro  $a_y = 2 - 3 \text{ m/s}^2$ .



## 5 NEHODY JÍZDNÍCH KOL A JEJICH ZVLÁŠTNOSTI

V některých případech je pro úspěšné vyřešení dopravní nehody velmi poučné sledovat chování náhodných cyklistů v nebezpečných úsecích, případně v úsecích, kde už došlo k dopravní nehodě.

### 5.1 SPECIFICKÉ ASPEKTY CHOVÁNÍ CYKLISTŮ

Při tomto pozorování je možné zjistit užitečné informace:

#### a) *Způsob jízdy cyklistů v místě nehody*

Při obhlídce místa dopravní nehody je vhodné sledovat způsob, trajektorii (dráhu zjistíme např. pomocí měřicího pásma) a rychlost (měřitelná pomocí stopek při znalosti dráhy) jízdy náhodných cyklistů a jejich kolmou vzdálenost od okraje vozovky, zkrátka typický průjezd cyklisty sledovaným úsekem.

#### b) *Překážka před cyklistou*

Při analýze dopravní nehody je také v některých případech potřebné prověřit, zda nedošlo ke změně směru jízdy cyklisty v důsledku manévru vyhýbání překážce, tj. vyhnutí jedním obloukem.

Překážkou může být:

##### i. *pevná překážka (kanál, stojící vozidlo, výmol)*

Velmi často se stává, že cyklista po zaznamenání překážky tuto překážku objede, aniž by se rozhlédl, zastavil nebo dal znamení o změně směru jízdy a pokud tak učiní, tak zpravidla za současného vybočení. Např. §57 odst. 2) zákona 361/2000 Sb. uvádí, že cyklisté jezdí při pravém okraji vozovky. V případě objíždění překážky smějí se cyklisté této překážce odjetím od pravého kraje vozovky, musí tak ale činit se zvýšenou opatrností a s ohledem na za sebou jedoucí vozidla.

##### ii. *nestálá překážka (louže, stín jevící se jako výmol)*

Cyklista zpravidla takovou překážku objede a vytváří tak překážku pro řidiče vozidla jedoucího za ním. Například při rekonstrukci, vyšetřovacím pokusu, resp. při technickém experimentu je v některých případech přínosné zjistit místo, kde se tvoří louže.

iii. *pohyblivá překážka (chodci, zvířata, jednostopé nebo vícestopé vozidlo)*

Situace je podobná jako u pevné překážky, kdy ji cyklista objíždí bez rozhlédnutí. V těchto případech je potřebné zohlednit některé body svědeckých výpovědí jako vstupní veličiny pro analýzu předmětné nehody a celkovou časovou synchronizaci nehodového děje.

c) *Poloha cyklisty v místě srážky*

Pro správné a úspěšné vyřešení předmětné dopravní nehody je důležitým aspektem také stanovení vzájemné polohy jízdního kola a motorového vozidla v okamžiku jejich prvního kontaktu<sup>9</sup>. Z této polohy je možné posuzovat pohyb cyklisty před střetem. [4]

## **5.2 NEJČASTĚJŠÍ TYPY VZÁJEMNÝCH STŘETŮ JÍZDNÍHO KOLA S MOTOROVÝM VOZIDLEM**

Nehody s cyklisty by bylo možno rozdělit na tři skupiny. První skupinu tvoří případy nárazu mnohem rychlejšího vozidla do podélně nebo příčně jedoucího cyklisty, tady je jistá podoba s nehodami s chodci. Druhou skupinou jsou střety jízdního kola do stojícího nebo pomalu jedoucího vozidla, kdy je velmi podstatná vlastní rychlost jízdního kola. Třetí velmi početnou skupinu tvoří střety jízdního kola s vpravo odbočujícím nákladním vozidlem nebo autobusem, kde je velmi důležité posouzení vzájemné dohlednosti.

Vedle většinou rozdílných rychlostí jízdního kola a motorového vozidla v okamžiku střetu je také směr nárazu vozidla do cyklisty důležitým bodem zkoumání při vyšetřování dopravní nehody. Při analýze dopravních nehod s účastí cyklisty je nutno si uvědomit, že soustava cyklista – jízdní kolo má vyšší těžiště než chodec<sup>10</sup>, takže není možné použít publikované závislosti nárazová rychlost – podélné odhození (příčné odhození), které platí pro chodce. Odhození cyklisty a jízdního kola je při částečném překrytí malé, např. při kolizní rychlosti vozidla 20 km/h byla měřena podélná vzdálenost odhození 3 metry. Schéma odhození cyklistů je popsáno v kapitole 6.1.

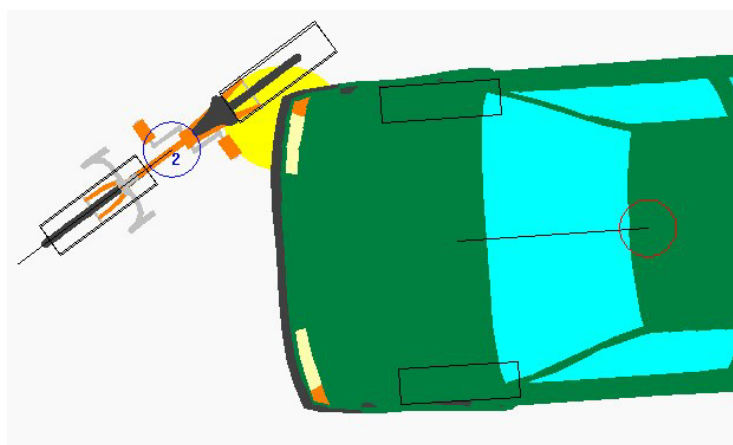
---

<sup>9</sup> Viz kap. 5.2.3, obr. č. 10

<sup>10</sup> viz kap. 4.1

### 5.2.1 Náraz přední části vozidla do jízdního kola zezadu

Může dojít nejčastěji k nárazu vozidla do jízdního kola a cyklisty zezadu, popřípadě při natočení, čelně, nebo při kolmém přejíždění jízdního kola. Pohyb cyklisty od začátku kolize do konečné polohy je výrazně ovlivněn rychlostí vozidla. Do rychlosti vozidla cca 15 km/h dochází pouze k převrácení, pádu cyklisty spolu s kolem. Pokud dojde ke kontaktu těla s kapotou vozidla, dochází ke kontaktu v přední třetině. Při vyšší rychlosti je cyklista naložen na kapotu a průběh je obdobný střetu vozidla s chodcem. V případě částečného překrytí může dojít ke kontaktu cyklisty s bokem vozidla, totéž platí pro jízdní kolo, které může na boku vozidla zanechat stopy. Při nárazu vozidla do jízdního kola zezadu dojde k podtržení kola pod cyklistou. Cyklista dopadá zpravidla na kapotu osobního vozidla a rotuje směrem vzad. Tento průběh lze pozorovat i při vyšších rychlostech. Při stejných rychlostech je poškození osobního vozidla při nárazu do cyklisty zezadu zpravidla menší než při čelnímu střetu s cyklistou na jízdním kole zepředu nebo kolmo.

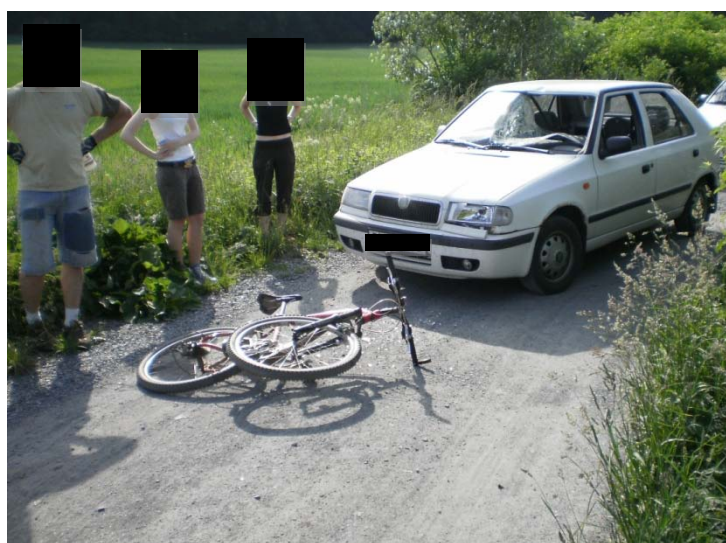


Obrázek č. 8 - Náraz do jízdního kola zezadu

Vzájemný úhel podélných os jízdního kola a motorového vozidla je možné stanovit buď na základě deformace jízdního kola (zadní vidlice resp. zadního kola) anebo na základě deformací předních částí vozidla. Na základě deformací na vozidle je možné určit místo prvního kontaktu jízdního kola a těla cyklisty s vozidlem (např. otisk hlavy v předním skle) a při známé rychlosti vozidla zkontrolovat, zda je vzájemná poloha jízdního kola vůči vozidlu správná (ve vztahu k rychlosti vozidla). Místo střetu a samotnou situaci při střetu je také možné určit ze smykových a dřecích stop kola na silnici, vytočení řídicích částí kola či automobilu popřípadě součástí oděvu cyklisty. [4]

### 5.2.2 Náraz vozidla do jízdního kola zepředu

Vzájemný úhel podélných os jízdního kola motorového vozidla je možné opět stanovit buď na základě deformace jízdního kola (přední vidlice resp. předního kola) anebo na základě deformací částí vozidla. K těmto typům nehod dochází při předjíždění v noci, kdy řidič motorového vozidla přehlédne protijedoucího cyklistu a dojde ke střetu. Pokud dojde k čelnímu nárazu vozidla a protijedoucího jízdního kola, cyklista letí přes řídítka a hlavou dopadá blíže na kapotu k přední části vozidla, než v případě nárazu do jízdního kola zezadu. Přední kolo a vidlice jízdního kola jsou deformovány směrem vzad a zadní kolo se zvedá od vozovky.

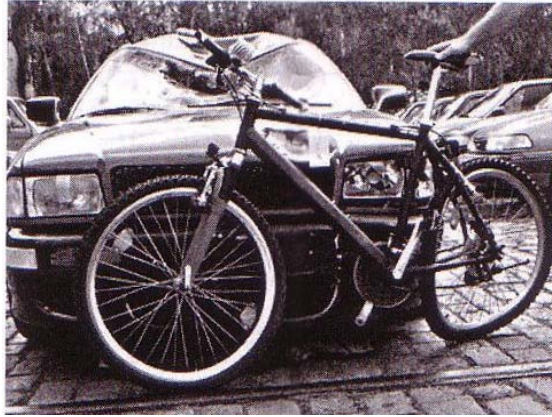


Obrázek č. 9 - Náraz do jízdního kola zepředu

### 5.2.3 Náraz vozidla do jízdního kola z boku

V případě, že je možné identifikovat otisk rámu jízdního kola na vozidle, je zřejmé, že úhel podélných os jízdní kolo – vozidlo byl v okamžiku nárazu přibližně 90°. Pokud má otisk rámu na vozidle menší rozměry než skutečný rám jízdního kola, pak byl úhel podélných os jiný než 90°.

Na vozovce zůstává zpravidla krátká a velmi slabě viditelná smyková stopa po tom kole jízdního kola, které jako první kontaktovalo vozidlo. V některých případech zůstává na vozovce třecí stopa po ráfku, vidlici nebo pedálech. Z těchto stop je pak možné velmi přesně stanovit místo srážky a přesnou příčnou polohu vozidel v místě srážky. Nehody tohoto typu se stávají na křižovatkách, kdy cyklista buďto přehlédne ze strany se blížící vozidlo nebo neodhadne jeho rychlost a dojde ke střetu. Opět při vyšších rychlostech hrozí odhození cyklisty a jízdního kola v závislosti na nárazové rychlosti. [4]



Obrázek č. 10 - Korespondence kola a vozidla po nárazu z boku [3], str. 766

#### 5.2.4 Nepřímé srážky

O nepřímých srážkách je možné hovořit v situaci, kdy mezi vozidlem a jízdním kolem nedošlo k přímému kontaktu, ale vzhledem k velmi malému bočnímu odstupu nemohl cyklista vykonávat typickou trajektorii – nepravidelnou vlnovku v příčném směru (směrem k vozidlu) a dojde ke změně jeho jízdy a následnému pádu, příp. dojde ke srážce s překážkou nebo jiným vozidlem. Příkladem může být sražení neosvětleného cyklisty při noční jízdě, kdy si řidič vozidla nevšimne jízdního kola pohybujícího se u krajnice nebo jej zaregistruje pozdě a nestihne učinit předjížděcí manévr. Dojde ke sražení cyklisty bokem vozidla nebo zrcátkem. U nákladních vozidel, nákladních souprav a autobusů, se často stává, že řidič takového vozidla nemusí střet s cyklistou ani zaregistrovat.

Příčná vzdálenost mezi cyklistou a vozidlem, při které má cyklista psychologické zábrany vykonávat nepravidelnou vlnovku (směrem k vozidlu) je asi 0,5 m, ale tato vzdálenost je podmíněna také psychologickými faktory.

Na základě jízdních zkoušek, skutečných jízd cyklistů v silničním provozu a z nehod cyklistů byl stanoven přijatelný bezpečný odstup jedoucích vozidel od pohybujícího se cyklisty v hodnotě 1,5 m. Tento boční odstup je nutno hodnotit jako minimální. Jedná se o konstantní hodnotu, která je u jízdních kol přijatelnější, než empirická hodnota bočního odstupu vozidel, určená z funkce rychlosti vozidla. [4]

Další kapitolou by mohly být i situace, kdy je jezdec přímo přejetý koly vozidla. Tyto případy nastávají u kolizí s nákladními vozidly, kdy přední kolo nákladního vozidla „chytne“ sražené kolo i s cyklistou a ten je většinou zabit. Dalším příkladem je pak srážka vozidla s cyklistou, kdy je cyklista odhozen do protějšího jízdního pruhu, kde v tu chvíli

projíždí jiné motorové vozidlo. Kolize, v nichž se jezdec dostane pod motorové vozidlo, končí většinou tragicky.

### 5.2.5 Nehody cyklistů a motocyklistů, nehody s chodci

Tyto typy nehod nebývají vzhledem k frekvenci výskytu motocyklistů oproti dvoustopým motorovým vozidlům tak časté. Neznamena to však, že by jejich následky nebyly vážné a hodné pozornosti. Nejčastěji dochází k nehodám z nepozornosti, kdy buďto řidič motocyklu přehlédne cyklistu vyjíždějícího např. z polní cesty nebo vedlejší komunikace nebo naopak si cyklista nevšimne příjíždějícího řidiče jednostranného motorového vozidla.

U nehod s motocyklisty většinou nedochází k odhození cyklisty jako u automobilu, nejčastěji, samozřejmě dle typu střetu, cyklista přeletí řidiče motorky a srazí jej z motocyklu, čímž dojde mimo dopadu na zem ke zranění cyklisty i motorkáře. Zranění cyklistů pak pramení nejčastěji z kontaktu s předním kolem a řídítky, popř. ochranným štítem motocyklu a samozřejmě při dopadu na povrch komunikace.



Obrázek č. 11 - Nehoda cyklisty s motocyklem



*Obrázek č. 12 - Nehoda cyklisty s motocyklem*

K nehodám s chodci dochází většinou při přecházení chodců přes komunikaci. Často se stává, že chodec přehlédne téměř neslyšně jedoucího cyklistu a vkročí mu do dráhy jízdy. Dalším fenoménem jsou pak bezohlední cyklisté jedoucí po chodnících. Modelová situace by pak vypadala jako srážka rychle jedoucího cyklisty s chodcem kráčejícím po chodníku.

Zranění chodců jsou podle typu střetu nejčastěji způsobena předním kolem a řídicí tyčí. Chodec pak většinou cyklistu srazí z kola setrvačnou silou a mnohdy nejtěžší zranění jsou způsobena opět dopadem na povrch komunikace.

Je tedy otázkou, zda v nebezpečných úsecích měst, kde často dochází ke střetům automobilů s cyklisty, povolit projíždění cyklistů po chodníku popřípadě legislativně zavést pravidla pro jízdu popř. vedení kol po chodnících v těchto úsecích a dále jakým způsobem tyto úseky posuzovat.

### **5.2.6 Nehody za snížené viditelnosti a využívání reflexních prvků**

V praxi se často uvádí zásada „vidět a být viděn“ jako jeden ze základních principů bezpečnosti silničního provozu. K realizaci tohoto pravidla napomáhá řádné a včasné používání kvalitních reflexních materiálů. Převážně pak za snížené viditelnosti, většinou od soumraku do úsvitu, vede ke zvýšení viditelnosti účastníků silničního provozu, a tím pádem k jejich bezpečnosti. Jedná se především o nejzranitelnější účastníky, a to chodce a cyklisty, kteří nejsou v případě nehody ničím chráněni proti nárazům. Oproti automobilům, které jsou vybaveny čím dál častěji velmi sofistikovanými prvky aktivní a pasivní bezpečnosti.

Absence nebo nefunkčnost osvětlení nebo odrazek je přitom jedním z nejčastějších dopravních přestupků páchaných cyklisty. Následuje obecně nedodržování předpisů

provozu na pozemních komunikacích a poté alkohol jako třetí nejčastější překročení pravidel trestané policií.<sup>11</sup>



*Obrázek č. 13 - Nehoda za snížené viditelnosti*

Z pohledu soudního inženýrství, resp. analýzy silničních nehod patří nehody vozidel s chodci nebo cyklisty mezi časté a většinou velmi tragické. Typickou nehodou je střet automobilu a špatně osvětleného cyklisty v nočních hodinách mimo obec. Motorové vozidlo se většinou pohybuje rychlostí stanovenou mimo obec, tedy 90 km/h a řidič si často neuvědomuje, že rychlost přiměřená dohledu je daleko menší než onen limit mezi obcemi. V případě tlumených světel, která zapíná řidič, aby neoslňoval protijedoucí řidiče, se dohledová vzdálenost zkracuje na 40 m. Rychlost, ze které by na takovou vzdálenost řidič stihl zareagovat a bezpečně zastavit vozidlo, aby neohrozil při předjíždění cyklisty protijedoucí vozidla, je kolem 60 km/h. Pakliže se cyklista pohybuje při krajnici, mnohdy neosvětlen a oblečen v tmavém nebo černém oblečení, řidič automobilu nemá při stanovené rychlosti a při aktuálních vizuálních poměrech dostatek času uvidět, rozeznat cyklistu a této situaci přizpůsobit rychlost a styl jízdy.

Z titulu viditelnosti vidí neosvětlený cyklista osvětlený automobil vždy dříve, než je tomu naopak. Jako účinná prevence proti těmto nehodám by bylo vhodné nařídit zákonem používání reflexních vest nebo reflexních doplňků u cyklistů jedoucích po pozemní komunikaci za snížené viditelnosti mimo obec. Toto opatření bylo zavedeno již v roce 2009 na Slovensku.

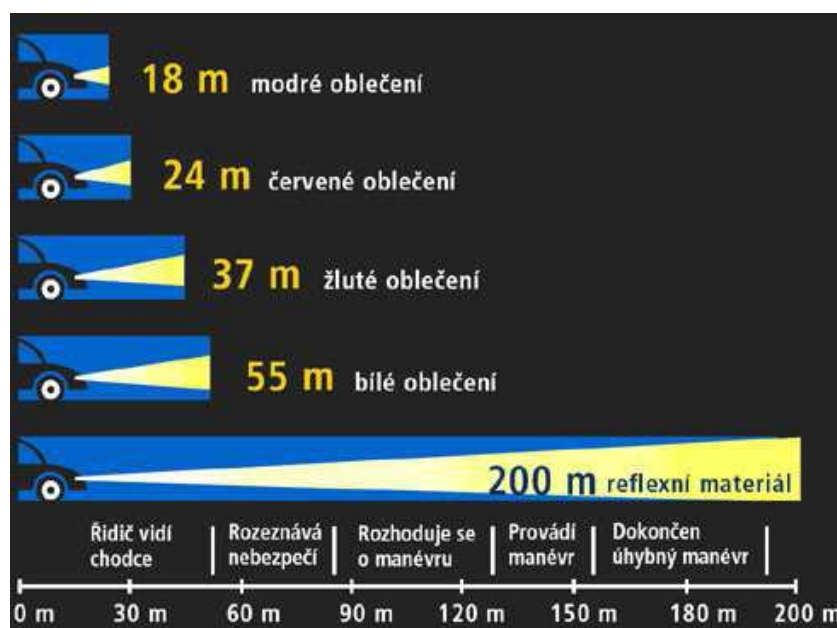
<sup>11</sup> Zdroj: [http://www.rozhlas.cz/brno/zpravodajstvi/\\_zprava/347409?hodnoceni=1](http://www.rozhlas.cz/brno/zpravodajstvi/_zprava/347409?hodnoceni=1)



V současnosti se jedná o nejlevnější a nejefektivnější řešení použití reflexních vest, šlí nebo alespoň drobných reflexních prvků na oblečení chodců i cyklistů.

Viditelnost lze zvýšit vhodnou barvou oblečení a doplňky z fluorescenčních a reflexních materiálů, které zvyšují světelný kontrast vůči pozadí a prodlužují tak vzdálenost, na jakou může řidič cyklistu zaznamenat. Fluorescenční materiály zvyšují viditelnost za denního světla a za soumraku. Ve tmě však svoji funkci ztrácejí. Nejčastěji používanými barvami jsou jasně žlutozelená a oranžová.

Reflexní materiály odrážejí světlo v úzkém kuželu zpět ke zdroji světla, a to až na nominální vzdálenost kolem 200 m, v extrémních případech až 500 m. Výrazně zvyšují viditelnost za tmy a za snížené viditelnosti. Hodnoty v obrázku č. 14 byly měřeny se zapnutými tlumenými světly. Při sepnutých dálkových světlech je dohlednost reflexního materiálů až 200 m.



Obrázek č. 14 - Dohlednost chodců v závislosti na barvě oblečení [8]

Kvalitní homologovaný reflexní materiál je v noci vidět na 3x větší vzdálenost než bílé vozidlo a více než na 10x větší vzdálenost než vozidlo modré barvy. Extrémem je použití černé barvy. Např. při rychlosti 75 km/h potřebuje řidič nejméně 31 metrů (1,5 sekundy) na to, aby si uvědomil nebezpečí a odpovídajícím způsobem zareagoval. [8]

### 5.3 NEJČASTĚJŠÍ DRUHY ZRANĚNÍ CYKLISTŮ PŘI NEHODÁCH

Úraz (trauma) je poškození zdraví následkem nehody. Dle závažnosti se rozlišuje úraz lehký a těžký. Pokud je současně poraněno více částí těla, jedná se o vícečetné poranění. Nejzávažnější úraz se označuje jako polytrauma, což je situace, kdy je závažně poraněno více částí těla a alespoň jedno z těchto poranění ohrožuje postiženého na životě.

Definice pojmu těžký úraz a jeho odlišení od úrazu lehkého se liší. Zatímco ve statistikách Ředitelství Správy dopravní policie je kritériem délka pracovní neschopnosti poraněného (7 dní), lékaři používají několik typů klasifikace závažnosti poranění. Příkladem může být běžně používaná klasifikace Injury Severity Score (ISS – tj. klasifikace závažnosti poranění). Zde se bodují tři nejzávažnější současná poranění dle tělesných struktur 0 – 5 body (např. hlava – hrudník – končetiny; 4 – 3 – 1). Tyto body se pak umocní a sečtou (zde  $16 + 9 + 1 = 26$ ). Úrazy s více než 16 body ISS se považují za těžké, polytrauma obvykle dosahuje 25 a více bodů (nebo úraz alespoň jedné tělesné struktury dosáhne před umocněním 4 či 5 bodů). [7]

Biomechanika, která je zejména v oblasti nehod s chodci úzce spojena s analýzou dopravních nehod popisuje interakce mezi živými objekty a okolím a krom jiného i kvantifikuje hodnoty působení sil ve vztahu ke vzniku poranění. Tato vazba umožňuje navrhování účinných prvků zejména pasivní bezpečnosti. Co se týká intenzity poranění, existuje mezinárodní zkrácená sedmistupňová stupnice hodnocení poranění AIS (Abbreviated Injury Scale), která hodnotí stupeň poranění na sedmi částech těla (hlava, krk, hrudní koš, břicho a vnitřní část zad, pánev, páteř, kostnatá část zad a povrch těla). Hodnocení AIS 0 (nula bodů) odpovídá nezraněnému a AIS 6 odpovídá smrtelnému zranění a počtu bodů 6. Při vícečetných poraněních se vyhodnocuje parametr ISS (Injury Severity Score), což je bodově součet druhých mocnin tří nejzávažnějších poranění, tj. při třech poraněních s AIS 5 (kritické zranění, nepřižil by bez okamžité lékařské pomoci) je hodnota ISS 75. Lepším parametrem než ISS je pak parametr PODS (Probability of Death Score) hodnotící možnost úmrtí, který se vypočte s pomocí hodnoty AIS nejvyšší, druhé nejvyšší hodnoty AIS a věku ( $v$ ) zraněného a koeficientu  $C$  (pro vozidla  $C=-0,764$ ) následovně:

$$PODS_a = 2,7 \cdot AIS_{\max} + AIS_{2,\max} + 0,06 \cdot (v) - 15,4 + C$$

Dále je možné zmínit parametr SI (Severity Index) definovaný:

$$SI = \int_0^T a \cdot (t)^n (dt),$$

pro hlavu  $n=2,5$  a T je celková doba působení zpomalení na hlavu.

Pro poranění hlavy se užívá vylepšené kritérium HIC (Head Injury Criterion) definované v USA pro hodnocení závažnosti poranění za použití celkového zrychlení hlavy ve všech osách ve sledovaném časovém intervalu a doby působení nejvyššího zrychlení na hlavu v násobcích tíhového zrychlení (u tvrdého nárazu 15 ms, jinak 36 ms – delší doba již nezpůsobuje větší zranění):

$$HIC = \left[ \left( \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} a(dt) \right)^{2,5} \cdot (t_2 - t_1) \right]_{\max}$$

Za obecně respektovanou hranici lze považovat hodnotu HIC ve výši 1000, nad kterou lze jednoznačně již předpokládat vážné poškození hlavy. Pro děti je tolerovaná hranice nižší, například u šestiletého dítěte činí 700. Podle výzkumu Appela hodnota AIS 3 poranění hlavy odpovídá HIC 930 a hodnota pro nepřežití je cca 1635. Obecně lze tedy říci, že působící zrychlení úzce souvisí s dobou působení, čím kratší doba působení, tím vyšší zrychlení na hlavu a tím pádem její zranění. Např. brzdění vozidla bez čelních airbagů z rychlosti 48 km/h do zastavení trvá cca 1,5 až 2,0 s. V případě konkrétního nárazu proces „brzdění“ trval např. 100 až 200 ms a hodnoty životně ohrožující trvaly okolo 10 ms. V tomto konkrétním případě bylo  $t_1=63$  ms,  $t_2=99$  ms a působící zrychlení v uvedeném intervalu bylo 89,65 g. Hodnota kritéria HIC při nárazu hlavy do čelního skla činila 681,85. Při použití airbagů, tedy absence nárazu hlavy do čelního skla hodnota HIC klesla na 308.

Dále je užitečné zmínit kritérium HPC (Head Protection Criterion) ke kvantifikaci nárazu hlavy z čelní a boční strany. Definice je totožná s HIC, maximální interval je 36 ms, limit pro možnost zranění je také HPC 1000. Pokud nedojde k nárazu hlavy, je kritérium vždy splněno.

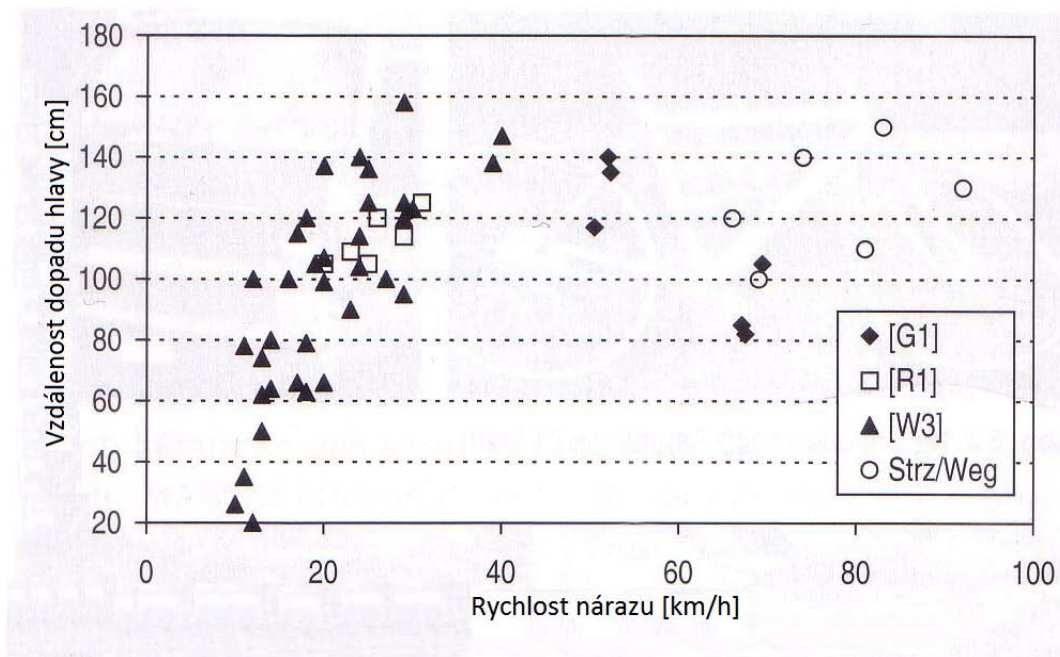
Často používaným kritériem je ještě např. kritérium 3 ms. Jak název napovídá, jedná se o časové kritérium působení zatížení na osobu, tzn. např. zrychlení o velikosti 80 g, by nemělo toto zatížení trvat déle než 3 ms.

Např. při testování přileb motocyklů se uplatňuje modifikované 3 ms kritérium, kdy je čas prodloužen na 5 ms a maximální zatížení 150 g. Pro poškození mozku existuje ještě např. kritérium GAMBIT (Generalized Acceleration Model for Brain Injury Threshold) počítající s translačním i rotačním zrychlením působícím na mozek.

V odborné literatuře jsou publikovány hodnoty mezních zrychlení na konkrétní orgány. Ve stručnosti lze zmínit např. hodnotu 40 až 80 g pro celé tělo, 50 až 80 g pro záda, pánev 130 g, otřes mozku 60 g při působení delším než 50 ms, zhmoždění lebky 80 g při působení delším než 3 ms, komprese lebky 100 až 300 g apod. U dětí je například limitní hodnota pro hlavu dítěte 60 g při působení maximálně po dobu 3 ms. Dále jsou publikovány i některé hodnoty velikosti působící síly ve vztahu např. ke zlomeninám např. 3,92 kN v případě stehenní kosti u mužů a 2,58 kN u žen. [3]

*Nejčastěji poraněnými částmi těla u cyklistů jsou:*

- Hlava, mozek
  - Závažnost poranění závisí na tom, zda daný cyklista použil cyklistickou přilbu, ale také na druhu nehody
- Končetiny
  - Ty jsou jako periferní část těla často poraněny. Při pádu je navíc cyklista používá k ochraně před nárazem, čímž si může také způsobit poranění. Zranění dolních končetin mohou též způsobit šlapadla jízdního kola
- Páteř
  - V případě poškození míchy může dojít k ochrnutí
- Hrudník, břicho
  - Při nehodě může dojít k závažnému poranění dutinových orgánů [10]



Obrázek č. 15 – Závislost vzdálenosti místa dopadu hlavy na automobil [3], str. 762

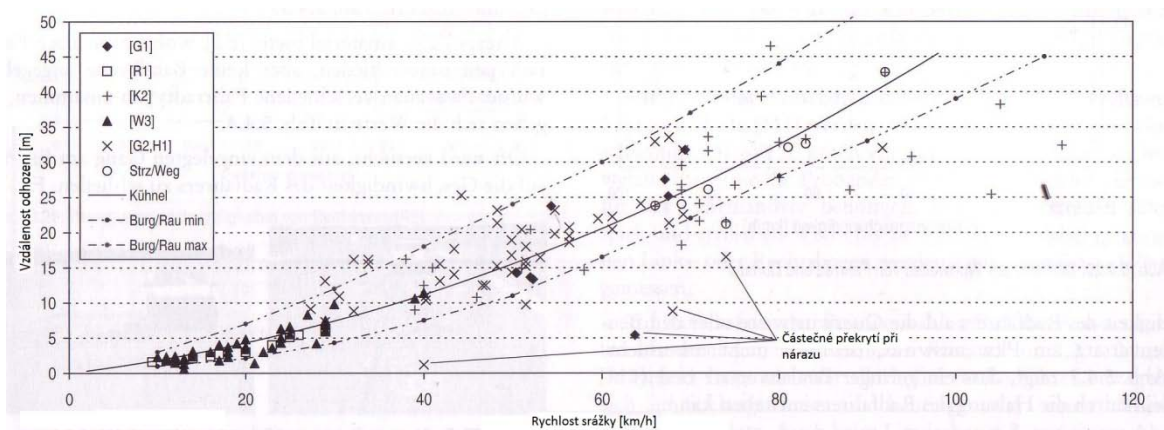
U polytraumatu je třeba vzít v úvahu, že poraněného ohrožují na životě nejen utrpěné úrazy, ale i pourazový šok vznikající fyziologickými pochody v těle jako reakce na úraz.

## 6 PRINCIPY ANALÝZY DOPRAVNÍCH NEHOD S CYKLISTY

Současné postupy při analýze dopravních nehod s cyklisty využívá stejných principů jako při analýze nehod motorových vozidel. Základními zjednodušujícími způsoby jsou postupy založené na zpětném odvíjení děje a postupy dopředného odvíjení děje využívající simulačních programů.

### 6.1 ZPŮSOB ZPĚTNÉHO ODVÍJENÍ DĚJE

Tyto způsoby (postupy) jsou založeny na znalosti konečných poloh vozidla, kola a jezdce a jejich postřetových pohybů od místa střetu. Znalost postřetových drah, zpomalení a např. závislosti vzdálenosti odhozu cyklisty po nárazu určitou rychlostí umožňuje pomocí zákona o zachování hybnosti, při zjednodušení, že vozidlo i kolo jeli bezprostředně po střetu stejnou rychlostí, určit chování vozidel při střetu. Podle stop vedoucích do místa střetu, výpovědí svědků a účastníků nehod, stop střepein, stop na vozovce, zranění a dalších technicky dostupných dat o předstřetové situaci je pak více či méně náročné určit předstřetový pohyb vozidla i kola. Výpočty střetových rychlostí a možností zabránění střetu jeho účastníky se pak vyčísľují ručně nebo pomocí tabulkových editorů.



Obrázek č. 16 – Závislost vzdálenosti odhození na střetové rychlosti [3], str. 763

U těchto metod je využíváno také znalosti maximálního dosažitelného zpomalení při brzdění, smýkání kol anebo drhnutí kola či motocyklu po povrchu v místě nehody. K těmto výpočtům slouží experimentálně zjištěné hodnoty z knihy [3], které však autor doplňuje o údaje nejvyššího průměrného dosažitelného zpomalení kol na různých površích zjištěné při měření provedených v rámci této diplomové práce.

Tabulka č. 23 – Dosažitelné zpomalení při dření jízdního kola po různých površích[3], str. 762

Povrch / Rychlost	30 km/h	60 km/h	80 km/h
Mokrý asfalt	6 až 9 m/s <sup>2</sup>	4,5 až 7 m/s <sup>2</sup>	5 až 6 m/s <sup>2</sup>
Suchý asfalt	6 až 12 m/s <sup>2</sup>	4,5 až 9 m/s <sup>2</sup>	5 až 8 m/s <sup>2</sup>
Tráva	7 m/s <sup>2</sup>		25 m/s <sup>2</sup>

Pomocí konečné polohy vozidla, kola a jezdce, brzdných nebo dřecích stop a např. poloh střepin a poškození vozidla jezdce a kola vozidlem je pak možné určit místo střetu a díky známým průměrným zpomalením určit postřetové, střetové a předstřetové rychlosti.

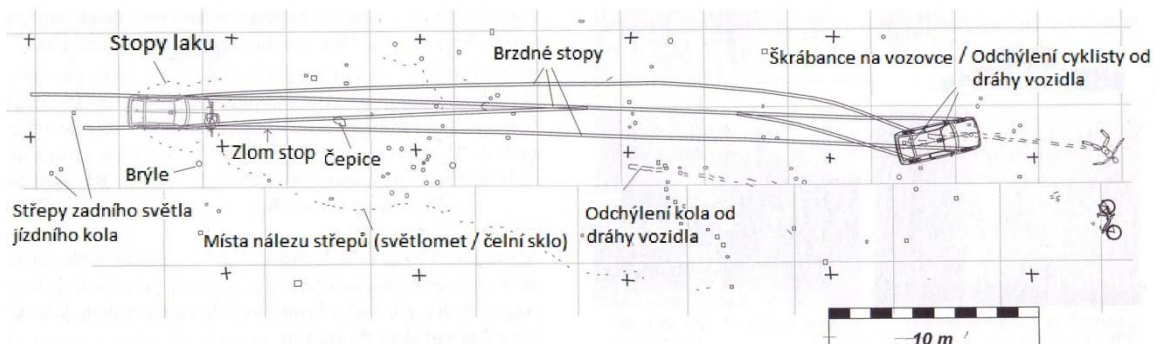
## 6.2 ZPŮSOB DOPŘEDNÉHO ODVÍJENÍ DĚJE

Způsob analýzy nehod využívající dopředné odvíjení děje závisí taktéž na znalosti místa střetu a postřetových poloh vozidel, ale ve vyšší míře je při výpočtech zastoupena výpočetní technika. Pomocí simulačních programů se mění vstupní parametry vozidla účastnícího se střetu (střetová rychlost, rozložení hmotností, rozložení brzdné síly na jednotlivá kola, rotace před střetem, adhezní a povětrnostní podmínky, sklon vozovky v místě a kolem místa střetu, vybavenost vozidel stabilizačními a asistenčními systémy, zohlednění deformací vozidel apod.), střetová poloha, posed cyklisty, úhlová rychlost a natočení, koeficient restituace atd. a zkoumá se, při jakých vstupních faktorech odpovídá postřetový pohyb vozidla, kola a jezdce pohybu zdokumentovanému do konečných poloh. Stopy vozidel, odhozové diagramy, místo dopadu hlavy, zpomalení při smýkání aj. slouží ke kontrole vypočtených hodnot a konfrontaci vymodelovaného střetu s realitou.

Předstřetový pohyb účastníků se po zjištění střetových parametrů dopočítává ručně, tedy většinou pomocí tabulkových editorů.

## 6.3 POSTUP ZNALCE PŘI ANALÝZE NEHODY S CYKLISTOU

Práce znalce tedy spočívá v podrobném studiu a vyhodnocení podkladů a materiálů dostupných o nehodě (protokol o nehodě v silničním provozu, náčrtek místa nehody, plánek, fotodokumentace popř. videodokumentace a výpovědi svědků), kde nejprve vyhodnotí poškození kola a zranění cyklisty (např. i po konzultaci se soudním lékařem), udělá korespondenci kola a auta (pokud je to možné) a snaží se nalézt místo střetu na základě analýzy všech dostupných materiálů a dále hledá předstřetové, střetové a postřetové rychlosti.



Obrázek č. 17 – Plánek se stopami[3], str. 760

Znalec zjišťuje rozmezí, ve kterém se pohybují rychlosti v okamžiku střetu tak, aby postřetový pohyb odpovídal reálnému pohybu účastníků do konečných poloh. Dalším postupem by měl docílit popisu a zakreslení pohybu účastníků do STD diagramu před, během a po nehodovém ději a formulovat možnosti, jaké měli účastníci nehody k tomu, by nehodě zabránili.



## 7 VYBRANÁ MĚŘENÍ POHYBU JÍZDNÍCH KOL

Jak ze statistik nehodovosti, které jsou analyzovány v kapitole 3, vyplývá, tragických nehod s cyklisty v posledních letech ubývá, přesto je jejich počet nezanedbatelný. Znalci se pak při analýze silničních nehod s účastí cyklistů často setkávají se situací, kdy nejen vozidlo, ale i cyklista před místem střetu brzdil. Je pak na posouzení znalce, jaké střední brzdné zpomalení určí cyklistovi pro výpočet možností odvracení střetu. V současnosti jsou dostupné a tedy znalci využitelné hodnoty maximálního středního brzdného zpomalení pro kola, která se již silničním provozu a ve statistikách vyskytují pouze v malé míře. Měření, která jsem provedl s nejčastějšími typy kol, by měla rozšířit databázi maximálních středních brzdných zpomalení pro využití znalci právě při typech nehod, kdy účastníci – cyklisté před nehodou brzdili nebo je vyšetřována možnost odvracení.

Z knihy [3] pochází také **tabulka č. 23** v kap. 6.1, v níž jsou uvedena maximální dosažitelná zpomalení při dření kola po různých površích při různých rychlostech. Je zřejmé, že velikost dosažitelného zpomalení závisí na počáteční rychlosti, při jejímž zvyšování roste zpomalení např. na trávě, ale jeho průměr klesá na suchém i mokřém asfaltu.

### 7.1 MĚŘENÉ VELIČINY A MÍSTA MĚŘENÍ

Měření probíhala ve dvou kolech a to v sobotu 26. 3. 2011 a o týden později v sobotu 2. 4. 2011. Konala se na třech površích – betonu, asfaltu a simulované polní cestě (dále jen polní cestě). Na betonu a asfaltu byla provedena měření za sucha i za mokra, na polní cestě za sucha a po mírném mrhnutí. S vedoucím diplomové práce bylo dohodnuto, že bude měřeno maximální střední brzdné zpomalení při brzdění v přímém směru přední brzdou a oběma brzdami. Měření zpomalení probíhala u žen z rychlostí cca 10 a 15 km/h při prvním měření a cca 15 a 20 km/h při druhém měření. Muži brzdili při prvním měření z rychlostí cca 15 a 20 km/h a při druhém měření z rychlostí cca 20 a 25 km/h. Dále byla měřena maximální bezpečná rychlost průjezdů oblouky o poloměrech 4 m, 7 m a 11 m, tzn. taková, při které projeli daný oblouk co nejrychleji bez rizika pádu.

Pro zvýšení bezpečnosti při měření byla vybrána místa tak, aby byla co nejméně ohrožena bezpečnost figurantů, ale podmínky na komunikaci se co nejvíce blížily reálnému provozu na pozemních komunikacích. Měření na asfaltovém povrchu a simulované polní

cestě byla provedena na asfaltovém a travnatém hřišti v areálu ZŠ Mutěnice, betonový povrch byl simulován na odstavné ploše pro kontejnery v areálu Skládky Hraničky, s.r.o. v Mutěnicích.

Autor práce by tímto chtěl poděkovat figurantům, kteří byli trpěliví a ochotní provádět měření, osobám, které zapůjčily jízdní kola a autorovu bratrovi, který asistoval při provádění měření a pomáhal organizovat figuranty. Poděkování patří také firmě SKLÁDKA HRANIČKY, spol. s r.o. a Základní škole a Mateřské škole Mutěnice, kteří poskytli měřicí pomůcky a také prostory k měření ve svých areálech a nebyla tak při pokusech ohrožena bezpečnost figurantů ani ostatních účastníků silničního provozu.

## **7.2 JÍZDNÍ KOLA A FIGURANTI**

K měření byla vybrána kola, která se nejčastěji objevují v silničním provozu, tudíž je největší pravděpodobnost střetu s motorovým vozidlem. Jízdní kola, která se účastnila měření, nebyla nijak upravována a většinou nebyla několik let servisována. Prvního kola měření se účastnilo 5 jízdních kol a 5 jezdců. Dva muži se střídali na skládaném silničním kole a horském kole Madison Phoenix, dítě jezdilo na dětském kole Marlin Oliba a dvě ženy na trekovém kole Heavy Tools a dámském kole Velamos Lady 26. Druhého měření se účastnila horská kola Scott Boulder a Engine Avance a treková kola Mayo XR Hobby a Author Tratos a jako figuranti jiní dva muži a dvě ženy.

### **7.2.1 Kola účastníků se měření**

Měření se účastnilo devět jízdních kol různých typů, s různými druhy brzd i pneumatik.

Silniční kolo mělo špalíkové brzdy s čelistmi Cantilever a téměř hladké silniční pneumatiky typu galuska.



*Obrázek č. 18 - Silniční kolo*



*Obrázek č. 19 - Pneumatika silničního kola*



*Obrázek č. 20 - Brzdy silničního kola*

Kolo Madison Phoenix mělo mechanické kotoučové brzdami na obou kolech, odpruženou přední vidlici a silniční plášť s asi 80% výškou původního dezénu pneumatiky.



*Obrázek č. 21 - Horské kolo Madison*



*Obrázek č. 22 - Pneumatiky kola Madison*



*Obrázek č. 23 - Brzdy kola Madison*

Na kole Marlin Oliba byly ráfkové, čelistové špalíkové brzdy s centrálním tahem, trekový plášť pneumatik s asi 60% výškou původní výšky dezénu.



*Obrázek č. 24 - Pneumatiky kola Marlin*



*Obrázek č. 25 - Brzdy kola Marlin*

Trekové kolo Heavy Tools Fobos (dále pouze Fobos) byly ráfkové špalíkové brzdy s čelistmi Cantilever, plášť silniční, výška dezénu 50 % a odpruženou přední vidlici kola.



*Obrázek č. 26 - Kolo Heavy Tools*



*Obrázek č. 27 - Pneumatiky kola Heavy Tools*



*Obrázek č. 28 - Brzdy kola Heavy Tools*

Kolo Velamos Lady 26 mělo přední brzdou čelist'ovou špalíkovou s bočním tahem, vzadu volnoběžný náboj se zášlapnou brzdou. Dezén pneumatik byl asi 30 %.



*Obrázek č. 29 - Kolo Velamos Lady 26*



*Obrázek č. 30 - Pneumatiky kola Velamos*



*Obrázek č. 31 - Brzdy kola Velamos*

Horské kolo Scott Boulder mělo špalíkové V-brzdy s čelistmi Cantilever, odpruženou vidlici předního kola a nový plášť typu MTB.



*Obrázek č. 32 - Horské kolo Scott*



*Obrázek č. 33 - Pneumatiky kola Scott*



*Obrázek č. 34 - Brzdy kola Scott*

Engine Avance bylo horské kolo se špalíkovými V-brzdami a čelistmi Cantilever a trekingovými pneumatikami s asi 30 % výšky původního dezénu.



*Obrázek č. 35 - Horské kolo Engine Avance*



*Obrázek č. 36 - Pneumatika kola Engine*





*Obrázek č. 37 - Brzdy kola Engine*

Kolo Mayo XR Hobby bylo trekové kolo se špalíkovými V-brzdami a čelistmi Cantilever, trekingovými pneumatikami s 75 % výškou původního dezénu.



*Obrázek č. 38 - Trekové kolo Mayo*



*Obrázek č. 39 - Pneumatiky kola Mayo*



*Obrázek č. 40 - Brzdy kola Mayo*

Trekové kolo Author Tratos brzdily také špalíkové V-brzdy a čelistmi Cantilever, kolo mělo odpruženou přední vidlici a silniční pneumatiky s výškou dezénu asi 60 %.



*Obrázek č. 41 - Trekové kolo Author*



*Obrázek č. 42 - Pneumatiky kola Author*



Obrázek č. 43 - Brzdy kola Author

### 7.2.2 Figuranti účastníci se měření

Figuranti byli voleni napříč věkovým spektrem a snahou bylo také zajistit jezdce s různými zkušenostmi.

Tabulka č. 24 – Figuranti měření

Jméno	Věk	Jízdní zkušenost
Vojtěch	23	Pokročilý
Stanislav	54	Středně pokročilý
Anna B.	12	Začátečník
Miroslava	25	Občasná jezdkyňe
Anna P.	46	Příležitostná jezdkyňe
Otakar	38	Pokročilý
Tomáš	22	Pokročilý
Veronika	21	Občasná jezdkyňe
Vladimíra	23	Občasná jezdkyňe

Pro přílišnou časovou náročnost a množství získaných dat neproběhla měření všech účastníků na všech kolech, ale vždy figurantů jednoho pohlaví na dvou kolech. Celkový počet získaných údajů (maximální střední brzdná zpomalení a rychlosti průjezdu obloukem) přesáhl 550.

## 7.3 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Měření probíhala na místech uvedených v kapitole 7.1, kde se sešli figuranti k samotnému výkonu měření. Oblouky a měřené úseky autor připravil se svolením majitelů pozemků den před prvním měřením. Po shromáždění všech zúčastněných bylo figurantům vysvětleno, jakým způsobem budou měření probíhat.

Ke zjišťování maximálního brzdného zpomalení byl připraven pro první měření úsek o délce 10 m, při druhém měření 5 m, který měli figuranti projet bez zrychlování.

Po předchozím zrychlení projeli figuranti daný úsek setrvačností. Byl měřen čas projetí úsekem, z něhož byla určena průměrná rychlost, a ta byla brána jako počáteční rychlost při počátku brzdění při analýze výsledků. Na pokusných kolech byly instalovány digitální měřiče rychlosti pro orientační kontrolu figurantů, jestli dodrželi požadovanou rychlost. Na konci úseku začali figuranti brzdit a měřicím kolečkem byla zjištěna brzdná dráha. Ze znalosti počáteční rychlosti ( $v_0$ ) a brzdné dráhy ( $s$ ) bylo vyčísleno brzdné zpomalení ze vztahu

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

Hodnoty zjištěné za stejných podmínek (stejná kola, stejný povrch), byly zprůměrovány, jsou uvedeny v grafech kapitoly 7.4.1 a ty nejzajímavější okomentovány.

Měření maximálních rychlostí průjezdu oblouky o poloměrech 4 m, 7 m a 11 m bylo prováděno na stejných površích, kolech a se stejnými figuranty jako měření maximálního dosažitelného zpomalení. Na vybraných místech byly nakresleny oblouky o daných poloměrech, vyznačeny měřené úseky a měřicím kolečkem zjištěna jejich délka. Figurantům bylo sděleno, aby se snažili co nejrychleji ale zároveň nejbezpečněji po oblouku projet tak, aby jeli předním kolem po vyznačené čáře mezi měřenými úseky.

Jezdci dostali za úkol si oblouky, zvláště ten s nejmenším poloměrem, několikrát projet, protože při prvních jízdách projížděli oblouky ve velmi vysoké rychlosti a nepodařilo se jim „udržet stopu“. Obzvláště s tím měli problémy muži, kteří se snažili čtyřmetrový oblouk projet co nejvyšší rychlostí, ale na úkor přesné trajektorie. U oblouků o větším poloměru tento problém odpadl.

Při průjezdech byly odhadem měřeny také odchylky předního kola od určené trajektorie. Při odchylkách vyšších než  $\pm 0,4$  m nebyla rychlost jízdy započítávána do průměrných hodnot, týkalo se to však pouze 13 jízd. V některých grafech je patrná také počínající únava figurantů po téměř celodenním zrychlování a brzdění, těmto momentům bude věnován komentář.

Měření proběhla bez komplikací, technických závad a bez zranění figurantů i organizátorů.

## **7.4 ANALÝZA DAT Z MĚŘENÍ**

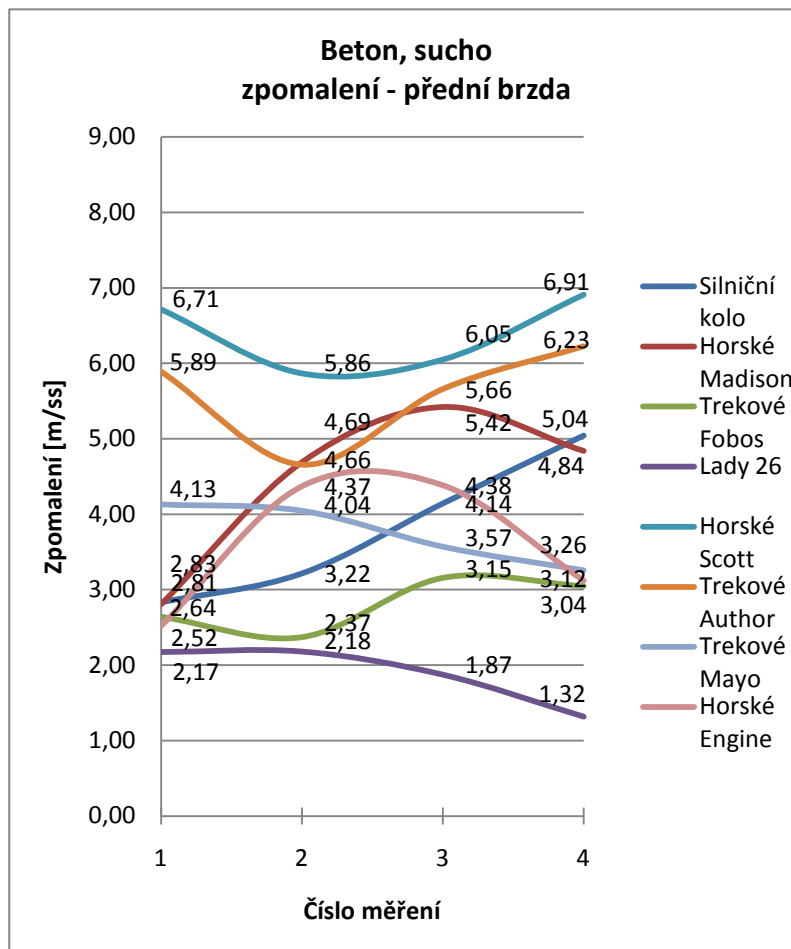
Pro analýzu dat z měření byly údaje z měření rozděleny podle povahy do dvou podkapitol, a to na brzdění v přímém směru a maximální průměrnou rychlost průjezdu obloukem. V těchto kapitolách budou údaje rozděleny podle jednotlivých jízdních kol a povrchů.

### **7.4.1 Brzdění v přímém směru**

Jak již bylo v úvodu této kapitoly uvedeno, tato diplomová práce se zabývá měřením průměrného maximálního brzdného zpomalení při brzdění jízdních kol přední brzdou a oběma brzdami. Způsob měření (viz kapitola 7.1) byl dohodnut s vedoucím práce jako dostatečně vhodný a výběr figurantů zahrnoval téměř všechny kategorie cyklistů, tudíž data a závěry vyplývající z této práce odpovídají reálným možnostem cyklistů při řešení krizové situace na pozemní komunikaci vyžadující plné brzdění přední brzdou a oběma brzdami.

Při analýze získaných dat jsem většinou porovnával jezdce na kolech v rámci jednoho pohlaví. Porovnání dosažitelného maximálního středního brzdného zpomalení pro muže a ženy nebylo primárním úkolem provedených měření, ve výsledcích ale také bude okrajově prezentováno.

Všechny grafy z této kapitoly budou k dispozici ve větším rozlišení jako přílohy.



Graf č. 3 - Křivky zpomalení jednotlivých kol přední brzdou na suchém betonu

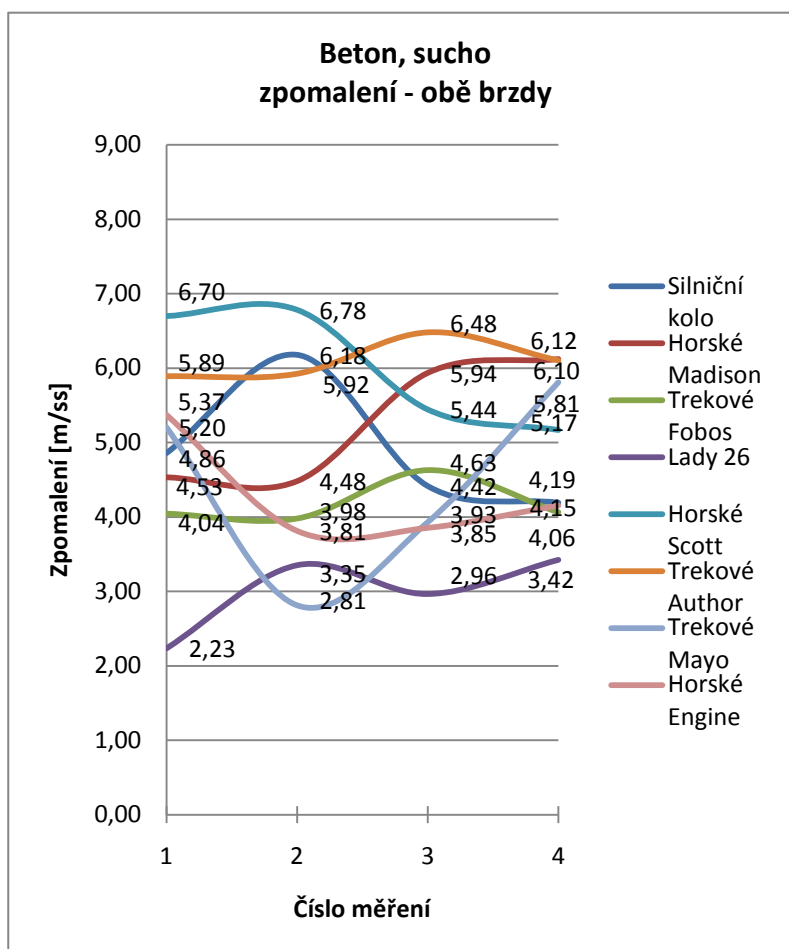
V **grafu č. 3** jsou vyneseny křivky zpomalení jednotlivých kol na suchém betonu při brzdění přední brzdou. Jak je z grafu patrné, rozdíl mezi některými koly je propastný. S každým kolem proběhla vždy 4 měření ze dvou rychlostí a dvěma jezdci, aby byl co nejvíce eliminován lidský faktor, ale podle průběhu křivek je zřejmé, že jej úplně vyloučit nelze. Při jednotlivých měřeních dosahovalo obecně nejlepších hodnot horské kolo Scott se špalíkovými brzdami. Průměrná hodnota zpomalení přední brzdou na betonovém povrchu byla u tohoto kola  $6,38 \text{ m/s}^2$ . Nutno podotknout, že kolo Scott bylo jako jediné z jízdnicích kol před měřením seřízeno v profesionálním servisu. Horské kolo Madison podobného typu, které ale používalo kotoučové brzdy, dosahovalo za stejných podmínek průměrného zpomalení  $4,44 \text{ m/s}^2$ . Nejstabilnějších, ale také nejhorších výsledků zpomalení přední brzdou dosahovalo kolo Lady 26, jehož čelist'ová brzda byla zastaralá a navíc opotřebovaná. Průměrné maximální zpomalení dosažitelné pomocí přední brzdy bylo pouhých  $1,89 \text{ m/s}^2$ . Zde je patrný markantní rozdíl mezi kolem relativně novým a seřízeným a mezi desítky let starou technikou na kole Lady 26. Kompletní výsledky

průměrných dosahovaných zpomalení přední brzdou všech kola na suchém betonu shrnuje **tabulka č. 25**.

Tabulka č. 25 - Zpomalení na suchém betonu přední brzdou

Kolo	Zpomalení [m/s <sup>2</sup> ]
Silniční kolo	3,81
Horské Madison	4,44
Trekové Heavy Tools	2,80
Lady 26	1,89
Horské Scott	6,38
Trekové Author	5,61
Trekové Mayo	3,75
Horské Engine	3,60

Je patrné, že ačkoliv bylo kolo Madison vybaveno kotoučovými brzdami, které jsou považovány za nejúčinnější, nedosahovalo takových hodnot zpomalení jako kola s čelistovými V-brzdami.



Graf č. 4 - Křivky zpomalení jednotlivých kol oběma brzdami na suchém betonu

Z **grafu č. 4** je patrné zlepšení brzdných vlastností kola Lady 26 připojením zadní zášlapné brzdy – zpomalení  $2,99 \text{ m/s}^2$ , ačkoliv stále není na tomto kole možné dosáhnout takového průměrného maximálního zpomalení jako u modernějších kol s ráfkovými resp. kotoučovými brzdami. Nejlepší průměr dosaženého zpomalení oběma brzdami má trekové kolo Author a to  $6,10 \text{ m/s}^2$ . Druhým nejvyšším zpomalením bylo  $6,02 \text{ m/s}^2$ , kterého bylo dosaženo na kole Scott. U trekového kola Mayo je jasně patrný vliv jezdce při měření podobného typu. Při pokusech č. 1, 3 a 4 bylo dosaženo zpomalení  $5,20 \text{ m/s}^2$ ,  $3,93 \text{ m/s}^2$  resp.  $5,81 \text{ m/s}^2$ , kdežto u pokusu č. 2 pouze  $2,81 \text{ m/s}^2$ , což je druhý nejhorší výsledek této série měření. Na dalších površích toto kolo dosahovalo stabilně průměrného zpomalení nad  $3,50 \text{ m/s}^2$ .

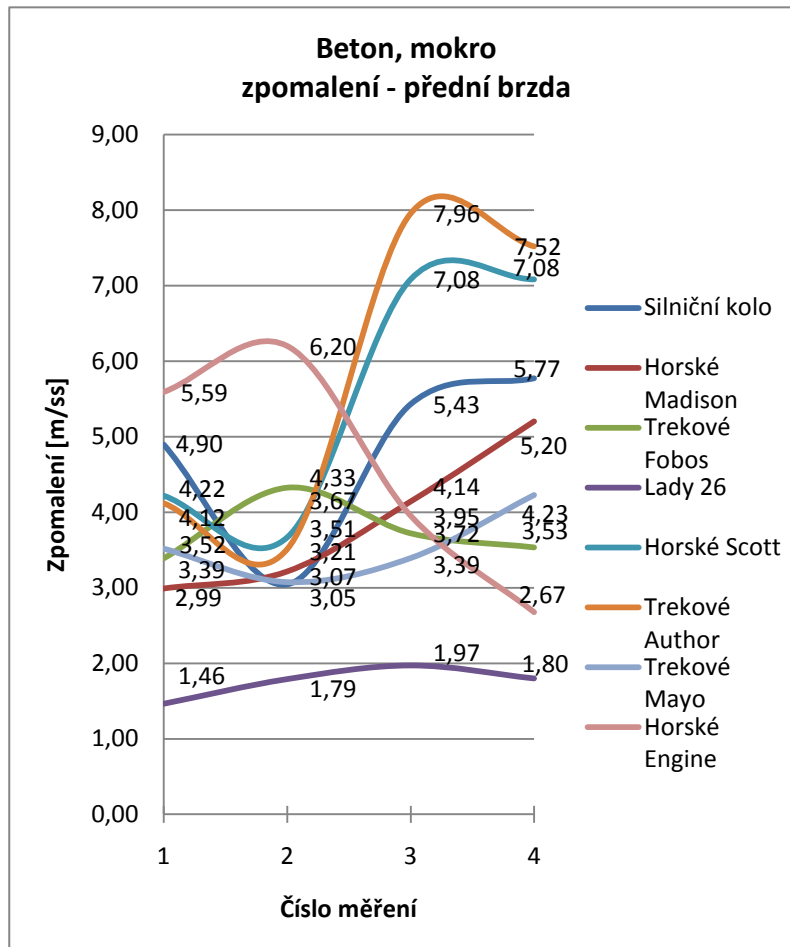
Sumarizaci všech průměrných zpomalení na suchém betonu oběma brzdami všech kol je možné nalézt v **tabulce č. 26**.

*Tabulka č. 26 - Zpomalení na suchém betonu oběma brzdami*

<b>Kolo</b>	<b>Zpomalení [<math>\text{m/s}^2</math>]</b>
Silniční kolo	4,91
Horské Madison	5,27
Trekové Heavy Tools	4,18
Lady 26	2,99
Horské Scott	6,02
Trekové Author	6,10
Trekové Mayo	4,44
Horské Engine	4,30

Přidáním zadní brzdy většina kol brzdila samozřejmě lépe než při brzdění pouze přední brzdou, zvýšení brzdného zpomalení se však pohybovalo kolem  $1,0 \text{ m/s}^2$ . U kola Scott však došlo k poklesu zpomalení. Stalo se tak pravděpodobně podvědomým polevením přední brzdy při brzdění oběma brzdami. Pokles průměrného zpomalení byl zaznamenán o  $0,36 \text{ m/s}^2$ .





Graf č. 5 - Křivky zpomalení jednotlivých kol přední brzdou na mokrém betonu

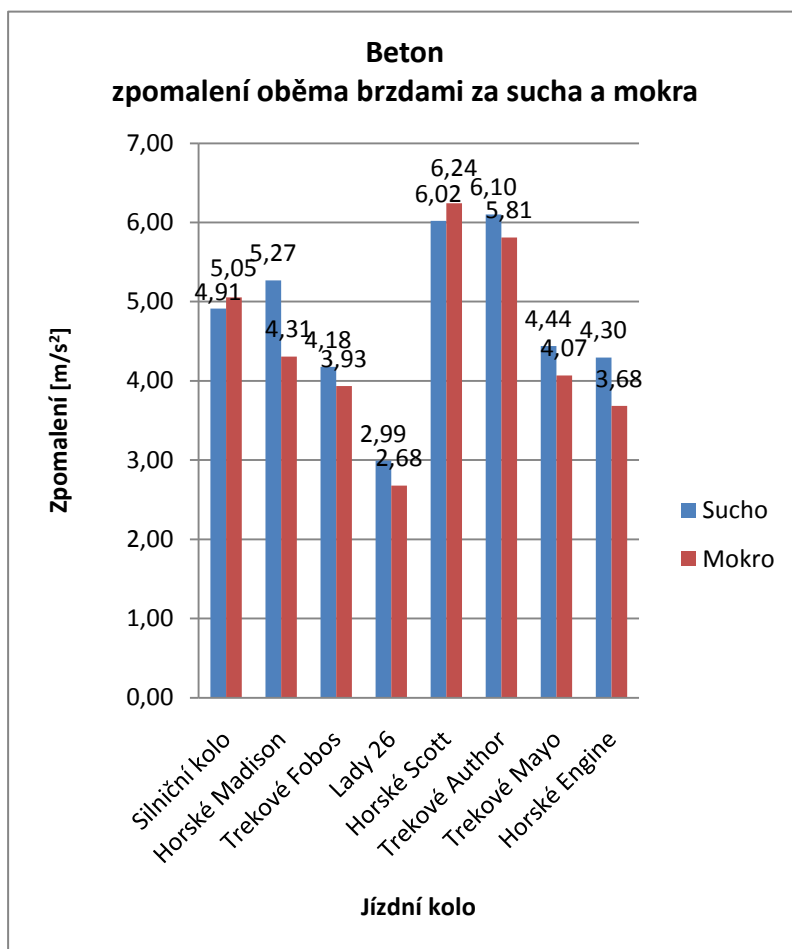
Nejzřetelnější rozdíl ve vlivu jezdce na intenzitu brzdění a tedy i na maximální zpomalení je možné vidět v **grafu č. 5** u mužů, přesněji na silničním kole, horském kole Scott a trekovém Author i u žen (kolo Engine). U měření č. 2 silničního kola lze zaznamenat propad zpomalení na  $3,07 \text{ m/s}^2$ , ale po výměně figurantů je průměr dosažovaného zpomalení vyšší než  $5,50 \text{ m/s}^2$ . Ještě výraznější rozdíl patrný i **grafu č. 5** byl mezi figuranty, kteří jezdili na kolech Scott a Author, kteří se měnili vždy po dvou měřeních a rozdíl v jejich dosaženém zpomalení byl až  $3,5 \text{ m/s}^2$ , stejně tak tomu bylo i u žen na kole Engine, kde je možné zaznamenat propad dosaženého zpomalení o více než  $3 \text{ m/s}^2$ . Srovnání dosažených zpomalení při brzdění přední brzdou na suchém a mokrém betonu je možné sledovat v **tabulce č. 27**.

Tabulka č. 27 - Zpomalení na suchém a mokrém betonu přední brzdou

<b>Kolo</b>	<b>Zpomalení – mokro [m/s<sup>2</sup>]</b>	<b>Zpomalení - sucho [m/s<sup>2</sup>]</b>
Silniční kolo	4,79	3,81
Horské Madison	3,89	4,44
Trekové Heavy Tools	3,74	2,80
Lady 26	1,76	1,89
Horské Scott	5,51	6,38
Trekové Author	5,78	5,61
Trekové Mayo	3,55	3,75
Horské Engine	4,60	3,60

U silničního kola, trekových kol Heavy Tools a Author a u horského kola Engine je možné si povšimnout vzrůstu brzdného zpomalení. Typ pláštěů na každém kole je jiný, typ brzd na všech kolech stejný. Naopak, stejný typ pláště je na horském kole Madison i na trekovém Heavy Tools, takže vliv pneumatik lze také zanedbat. Je otázkou, jaký faktor měl vliv na zkrácení průměrné brzdné dráhy u těchto kol.

U brzdění oběma brzdami na mokrém betonu se opět u některých kol vyskytly hodnoty vyšší než u brzdění na betonu suchém. Porovnání hodnot je provedeno v **tabulce č. 28**.



Graf č. 6 - Rozdíl zpomalení za sucha a za mokra

Většinou dosahovala kola nižších průměrných maximálních brzdných zpomalení na mokrém povrchu než na suchu. V **grafu č. 7** je ukázáno, že dosahované hodnoty při brzdění oběma brzdami se nijak výrazně nelišily v závislosti na povětrnostních podmínkách. V některých případech bylo dokonce průměrné zpomalení na mokru vyšší než na suchu, jako je tomu kupříkladu u silničního kola nebo horského kola Scott.

Tabulka č. 28 - Zpomalení na suchém a mokrém betonu oběma brzdami

Kolo	Zpomalení – mokro [m/s <sup>2</sup> ]	Zpomalení - sucho [m/s <sup>2</sup> ]
Silniční kolo	5,05	4,91
Horské Madison	4,31	5,27
Trekové Heavy Tools	3,93	4,18
Lady 26	2,68	2,99
Horské Scott	6,24	6,02
Trekové Author	5,81	6,10
Trekové Mayo	4,07	4,44
Horské Engine	3,68	4,30

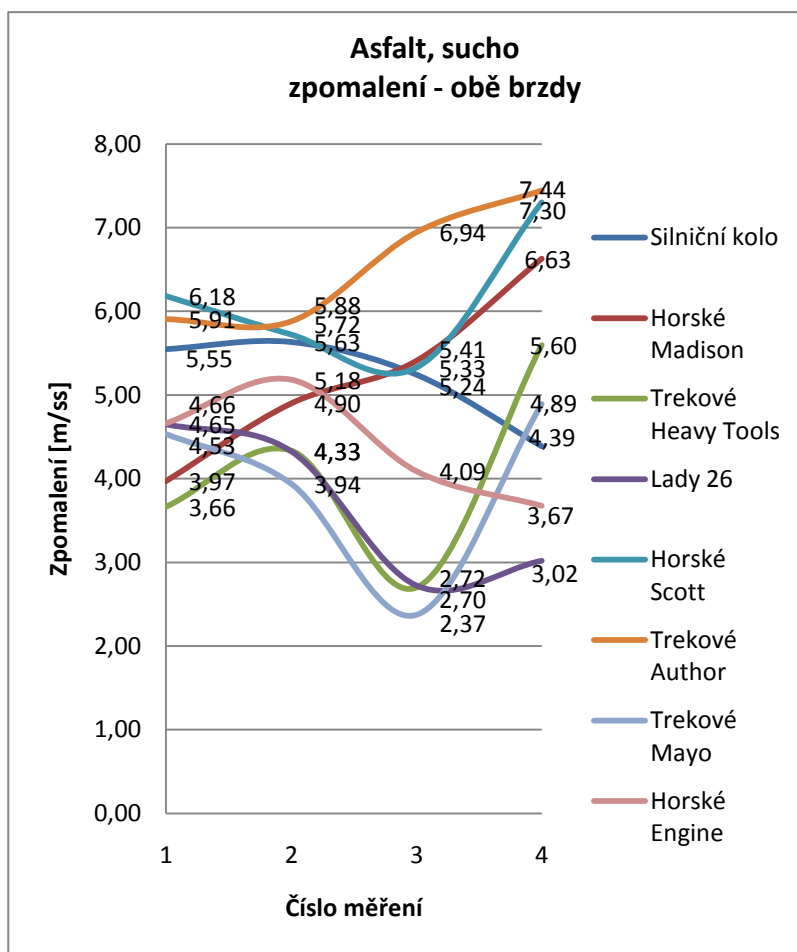
Měření na asfaltu probíhala stejným způsobem jako měření brzdného zpomalení na betonu. Při přechodu mezi povrchy lze pozorovat vzrůst většiny hodnot zpomalení u všech kol. Nejlépe je to zřetelné u trekového kola Velamos Lady 26 a trekového kola Author.

Souhrn průměrných zpomalení kol přední brzdou na suchém asfaltu lze nalézt v **tabulce č. 29**.

Tabulka č. 29 - Zpomalení na suchém asfaltu přední brzdou

Kolo	Zpomalení – asfalt [m/s <sup>2</sup> ]	Zpomalení – beton [m/s <sup>2</sup> ]
Silniční kolo	5,42	3,81
Horské Madison	4,76	4,44
Trekové Heavy Tools	3,96	2,80
Lady 26	1,97	1,89
Horské Scott	5,93	6,38
Trekové Author	6,23	5,61
Trekové Mayo	3,06	3,75
Horské Engine	4,39	3,60

Oproti betonu se u většiny kol hodnoty zpomalení na asfaltu zvýšily. Rozptyl vzrůstu zpomalení je od 0,06 m/s<sup>2</sup> do 1,61 m/s<sup>2</sup>. Naopak zpomalení některých kol zaznamenalo pokles (Scott, Mayo). Většinový vzrůst zpomalení byl pravděpodobně způsoben výběrem terénu, kdy jako betonový podklad byl vybrán hladký beton coby manipulační plocha pro kontejnery a asfaltový povrch standardní hrubosti. Jako původce rozdílu hodnot pokládám rozdíl v adhezi.



Graf č. 7 - Křivky zpomalení jednotlivých kol oběma brzdami na suchém asfaltu

Z grafu č. 7 je patrné, jaký vliv měla změna povrchu na dosažitelné zpomalení některých kol. Například kolo Lady 26 dosahovalo připojením nožní brzdy u jednotlivých měření (cyklistka M.) zpomalení až  $4,65 \text{ m/s}^2$ . Téměř stabilně nejvyšších hodnot zpomalení dosahovala kola Scott a Author.

Tabulka č. 30 - Zpomalení na suchém asfaltu oběma brzdami

Kolo	Zpomalení – sucho [ $\text{m/s}^2$ ]
Silniční kolo	5,20
Horské Madison	5,23
Trekové Heavy Tools	4,07
Lady 26	3,68
Horské Scott	6,13
Trekové Author	6,54
Trekové Mayo	3,93
Horské Engine	4,40

Hodnoty zpomalení přední brzdy na mokřém asfaltu a jejich porovnání s hodnotami dosaženými na suchu jsou shrnuty v **tabulce č. 31**.

*Tabulka č. 31 - Zpomalení přední brzdou na suchém a mokřém asfaltu*

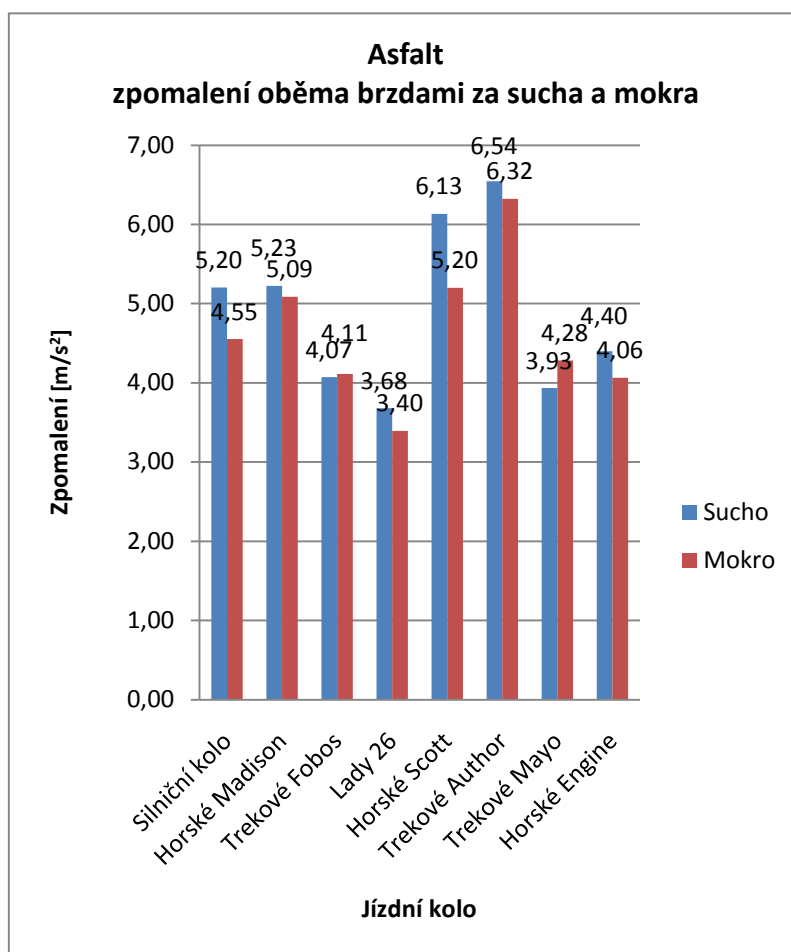
<b>Kolo</b>	<b>Zpomalení – mokra [m/s<sup>2</sup>]</b>	<b>Zpomalení – sucho [m/s<sup>2</sup>]</b>
Silniční kolo	3,97	5,42
Horské Madison	5,43	4,76
Trekové Heavy Tools	4,51	3,96
Lady 26	2,82	1,97
Horské Scott	5,77	5,93
Trekové Author	5,91	6,23
Trekové Mayo	4,01	3,06
Horské Engine	4,21	4,39

Opět je možné sledovat zvýšení hodnot průměrného dosažitelného zpomalení o nezanedbatelných 0,55 až 0,95 m/s<sup>2</sup>. Na mokřém asfaltu ale nárůst zpomalení proběhl u většiny kol. Zajímavé výsledky by určitě přinesly podobné pokusy zaměřené právě na problematiku rozdílu brzdnych drah pneumatik jízdních kol v závislosti na povětrnostních podmínkách.

*Tabulka č. 32 - Zpomalení oběma brzdami na suchém a mokřém asfaltu*

<b>Kolo</b>	<b>Zpomalení – mokra [m/s<sup>2</sup>]</b>	<b>Zpomalení – sucho [m/s<sup>2</sup>]</b>
Silniční kolo	4,55	5,20
Horské Madison	5,09	5,23
Trekové Heavy Tools	4,11	4,07
Lady 26	3,40	3,68
Horské Scott	5,20	6,13
Trekové Author	6,32	6,54
Trekové Mayo	4,28	3,93
Horské Engine	4,06	4,40

Brzděním oběma brzdami na suchém a mokřém asfaltu dosahovala téměř všechna kola očekávaných hodnot, tedy vyššího zpomalení na suchém a nižšího zpomalení na mokřém povrchu. Z **tabulky č. 32** i s grafického vyjádření v **grafu č. 8** je zřejmé mírné zlepšení brzdneho zpomalení u kola Heavy Tools (0,04 m/s<sup>2</sup>) a trekového Mayo (0,35 m/s<sup>2</sup>).

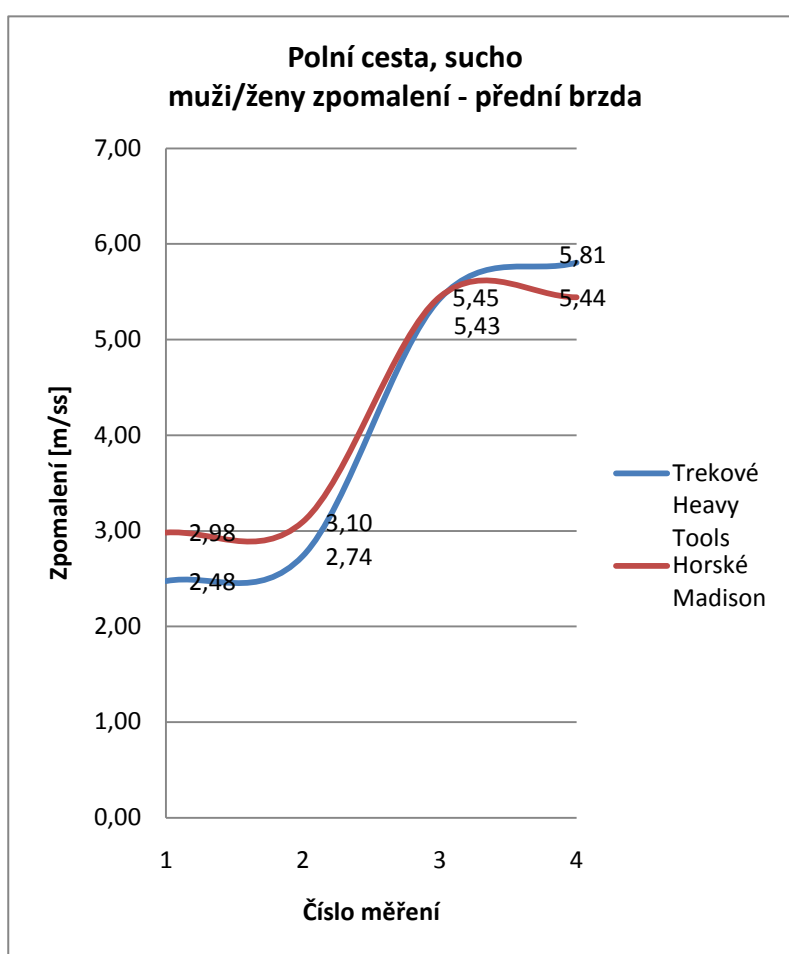


Graf č. 8 - Rozdíl zpomalení za sucha a za mokra

Jak je na **grafu č. 8** patrné, pneumatiky trekového kola Author dosahovaly na asfaltu hodnot zpomalení 6,3 – 6,5 m/s<sup>2</sup> oproti hodnotám 5,8 – 6,1 m/s<sup>2</sup> na hladkém betonu. Naopak horská kola s pláští typu MTB nebo drsnými silničními pneumatikami si v porovnání s **grafem č. 6** polepšila pouze mírně oproti betonovému povrchu. Kolo Lady 26 dosahovalo na drsnějším asfaltovém povrchu také výsledků zpomalení. Jako kolo s nejhoršími brzdami dosahovalo v průměru o 0,7 m/s<sup>2</sup> vyšší hodnoty zpomalení oproti betonu. Je tedy zřejmé, že výrobci pneumatik se snaží vyhovět všem potřebám zákazníků a pláště jízdních kol vyrábí co nejuniverzálnější, a tedy s jízdními vlastnostmi měnícími se pouze minimálně na různých zpevněných površích.

Měření na simulované polní cestě probíhalo na měkkém hliněném povrchu za sucha a po mírném mrholení. Pro tento povrch byla zvolena pouze některá kola, kdy bylo vyřazeno například silniční kolo anebo kolo Velamos Lady 26. Byla z měření vynechána, neboť nejsou pro jízdu v terénu nijak často využívána.

Měření se odehrávala na povrchu, který je využíván jako voně přístupné fotbalové hřiště a kde nebyl povrch uježděn. Při brzdění se proto kola bořila do povrchu, čímž se zvýšila jejich účinná plocha a přenositelná brzdná síla, a tudíž hodnoty dosahovaných zpomalení jsou ve většině případů vyšší než u zpomalení na zpevněných površích. Při brzdění i kupříkladu předním kolem dochází k hlubšímu zaboření pneumatiky do povrchu,



Graf č. 9 - Rozdíl zpomalení na suché polní cestě žena/muž

ke kterému nemůže dojít na zpevněných cestách, a které umožní zvětšení styčné plochy pneumatiky s povrchem. Díky tomuto jevu může být dosaženo na hliněném povrchu vyššího zpomalení než na asfaltu nebo betonu.

V grafu č. 9 je jasně zřejmý vliv pohlaví na dosahované zpomalení. Měření č. 1 a 2 byla prováděna cyklistkou M. a měření č. 3 a 4 jezdec V. Průměrné dosažené zpomalení

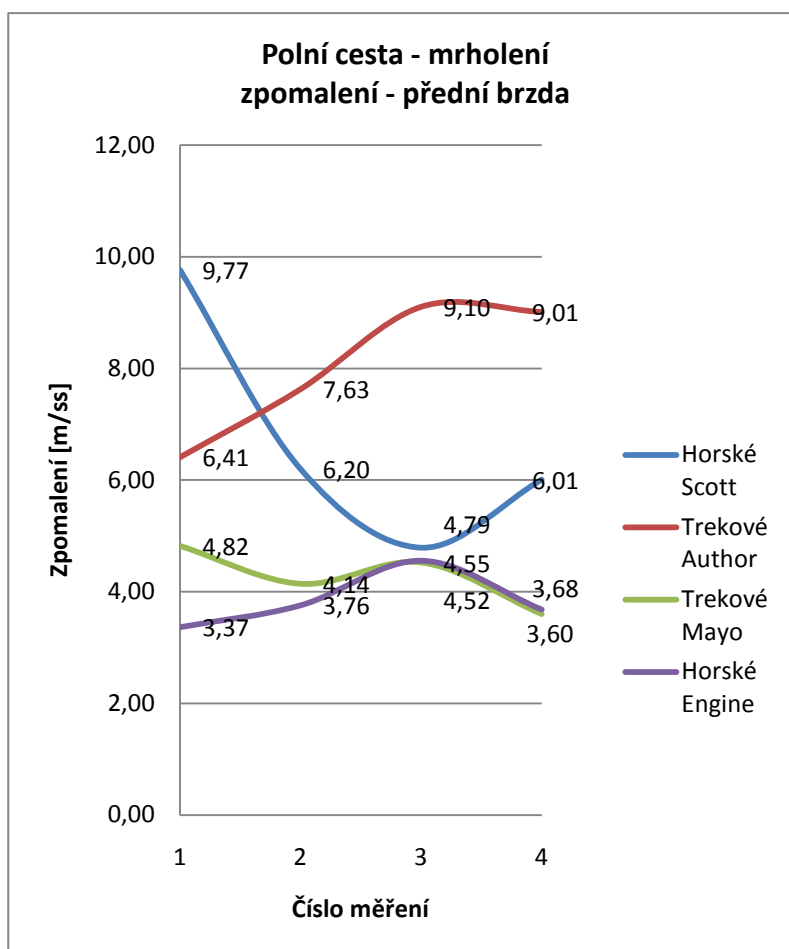


ženy na kole Heavy Tools bylo 2,61 m/s<sup>2</sup>, muže 5,62 m/s<sup>2</sup>, tedy o 3 m/s<sup>2</sup> vyšší. U kola Madison bylo průměrné zpomalení cyklistky 3,04 m/s<sup>2</sup>, cyklisty 5,44 m/s<sup>2</sup>.

Tabulka č. 33 - Porovnání zpomalení mezi pohlavími

Kolo	Zpomalení - přední brzda [m/s <sup>2</sup> ]	Zpomalení - obě brzdy [m/s <sup>2</sup> ]
Trekové Heavy Tools - žena	2,61	3,34
Horské Madison - žena	3,04	4,21
Trekové Heavy Tools - muž	5,62	5,86
Horské Madison - muž	5,44	5,86

Vyšší nárůst zpomalení přiřazením zadní brzdy lze sledovat u ženy v obou případech kol. Muži pravděpodobně opět brzdí naplno pouze při využití přední brzdy. Pokud brzdí oběma brzdami, poleví podvědomě tlak na přední brzdou při vědomí právě přiřazení zadní brzdy.



Graf č. 10 - Křivky zpomalení jednotlivých kol přední brzdou na polní cestě

Měření zpomalení na polní cestě bylo prováděno jako úplně poslední měření. Je možné si všimnout, jak se únava projevuje na některých jezdcích méně a na některých

více. V **grafu č. 10** je jasně čitelný vliv únavy jezdce na dosažitelné zpomalení. Například jezdec T. začínal měření na horském kole Scott a končil na trekovém kole Author a měnili si kola s jezdce O. Jezdec T. dokázal i po několika desítkách zrychlení a zpomalení udržet soustředění a brzdit opravdu naplno, zatímco na jezdce O. už pomalu přicházela únava. Jestliže zpočátku dosahovali oba jezdci na zpevněných površích přibližně stejných hodnot na každém z kol, s nastupující únavou a opadajícím soustředěním rostl rozptyl hodnot dosahovaných zrychlení obou jezdců bez závislosti na jízdním kole.

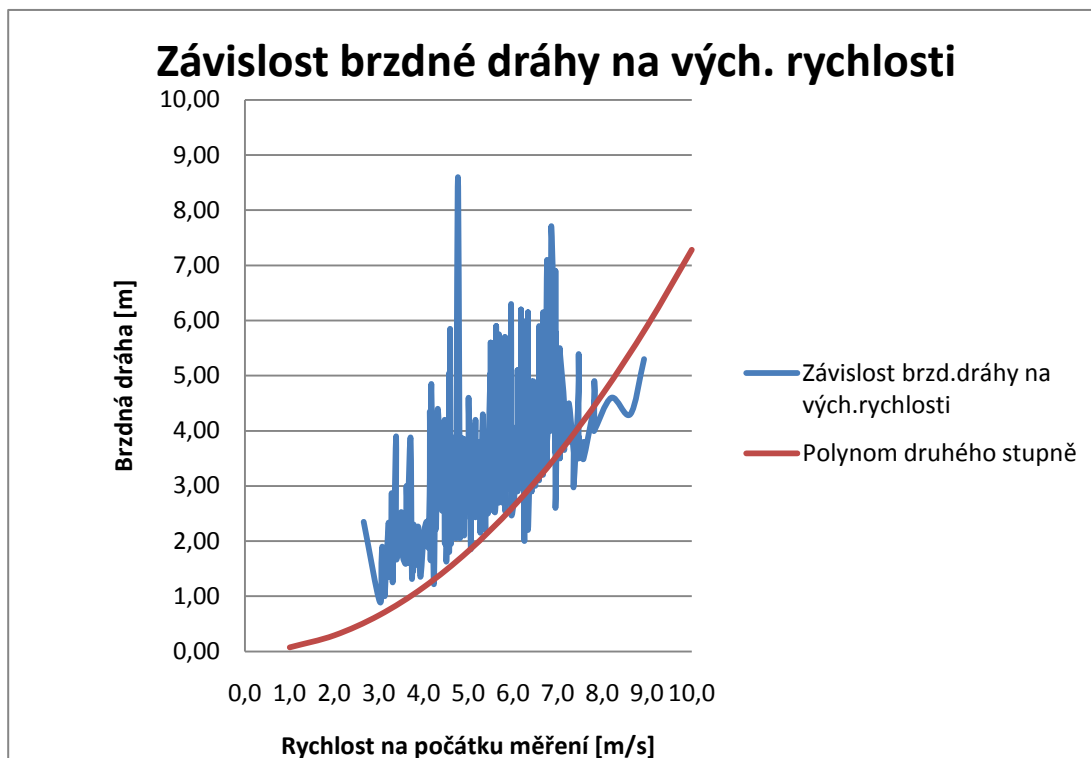
Je možné si povšimnout opravdu extrémních hodnot zpomalení (téměř 1 g při prvním měření s kolem Scott) a při měření č. 3 a 4 na kole Author. Dosažené zpomalení je díky vlastnostem povrchu vyšší, než by zřejmě bylo dosaženo na ujezděné cestě. Je zde tedy další prostor k provádění měření, která by se mohla zabývat právě rozdíly v brzdných vlastnostech pneumatik v závislosti na povrchu nezpevněných komunikací.

V **tabulce č. 34** je opět možné vyzorovat poněkolkáté se opakující podvědomé polevení v ovládací síle při porovnání brzdění u mužů.

*Tabulka č. 34 - Zpomalení přední a oběma brzdami na polní cestě po mrholení*

<b>Kolo</b>	<b>Zpomalení – přední brzda [m/s<sup>2</sup>]</b>	<b>Zpomalení – obě brzdy [m/s<sup>2</sup>]</b>
Horské Scott	6,69	6,25
Trekové Author	8,04	7,73
Trekové Mayo	4,27	4,84
Horské Engine	3,84	4,12

V **grafu č. 11** jsou vyneseny všechny naměřené brzdné dráhy vztažené na výchozí rychlost při měření. Rychlostmi byl proložen polynom druhého stupně a lze vysledovat, že kromě pár extrémních hodnot křivka závislosti brzdné dráhy na rychlosti kopíruje modelový polynom.



Graf č. 11 - Závislost délky brzdě dráhy na výchozí rychlosti

Tabulka č. 35 - Souhrn výsledků dosažených zpomalení [m/s<sup>2</sup>]

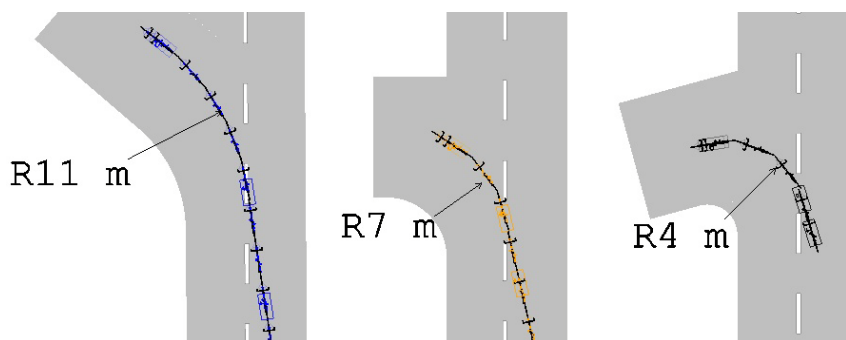
Kolo	Brzdy	Beton - sucho	Beton - mokro	Asfalt - sucho	Asfalt - mokro	Polní cesta - sucho	Polní cesta - mrholení
Silniční kolo	Přední	3,81	4,79	5,42	3,97	-	-
	Přední i zadní	4,91	5,05	5,20	4,55	-	-
Horské Madison	Přední	4,44	3,89	4,76	5,43	4,24	-
	Přední i zadní	5,27	4,31	5,23	5,09	5,04	-
Trekové Heavy Tools	Přední	2,80	3,74	3,96	4,51	4,11	-
	Přední i zadní	4,18	3,93	4,07	4,11	4,60	-
Lady 26	Přední	1,89	1,76	1,97	2,82	-	-
	Přední i zadní	2,99	2,68	3,68	3,40	-	-
Horské Scott	Přední	6,38	5,51	5,93	5,77	-	6,69
	Přední i zadní	6,02	6,24	6,13	5,20	-	6,25
Trekové Author	Přední	5,61	5,78	6,23	5,91	-	8,04
	Přední i zadní	6,10	5,81	6,54	6,32	-	7,73
Trekové Mayo	Přední	3,75	3,55	3,06	4,01	-	4,27
	Přední i zadní	4,44	4,07	3,93	4,28	-	4,71
Horské Engine	Přední	3,60	4,60	4,39	4,21	-	3,84
	Přední i zadní	4,09	3,68	4,39	4,06	-	4,42

V tabulce č. 35 lze nalézt souhrn všech dosažených průměrných maximálních zpomalení na jednotlivých površích. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo na kolech Author a Scott na polní cestě – 6,69 a 8,04 m/s<sup>2</sup>. Nejhorších výsledků při brzdění oběma brzdami

dosahovalo, podle předpokladů, kolo Velamos Lady 26 se zášlapnou zadní brzdou. I to ale dokázalo na suchém asfaltu dosáhnout zpomalení  $3,68 \text{ m/s}^2$ , byla na něm ale také dosažena nejnižší hodnota průměrného brzdného zpomalení, a to při brzdění přední brzdou na mokrém betonu hodnota  $1,76 \text{ m/s}^2$ .

#### **7.4.2 Rychlost jízdy obloukem**

Při průjezdu obloukem byla zjišťována nejvyšší bezpečná rychlost průjezdu figuranta. Budou uvedeny nejzajímavější grafy a souhrny hodnot v tabulkách pro jednotlivé povrchy a druhy využitých brzd.



Obrázek č. 44 - Volené poloměry oblouků jako simulace zatáček

Na základě konzultací s vedoucím práce volil autor oblouky o poloměrech 4 m, 7 m a 11 m jako simulace ostré, pravoúhlé, resp. mírné zatáčky, tedy tvarů komunikací, se kterými je možné se běžně na komunikacích i na stezkách pro cyklisty či polních cestách setkat.

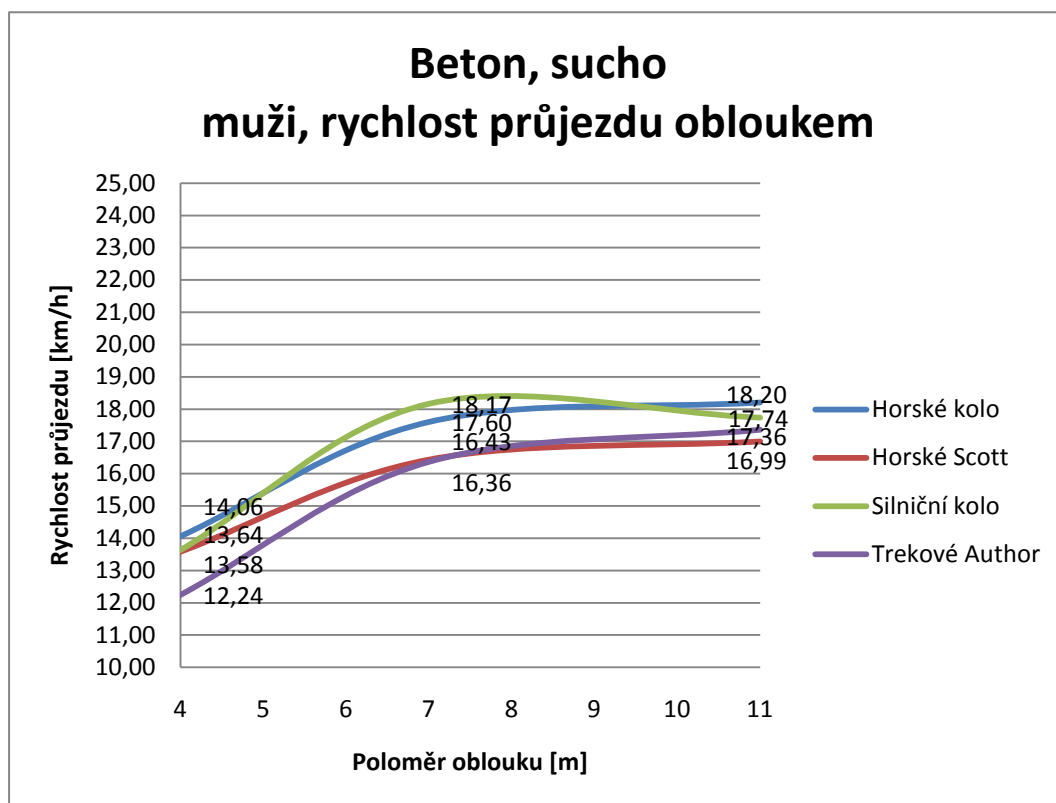
Tabulka č. 36 - Rychlosti průjezdů na betonu

Kolo/Poloměr oblouku	4 m	7 m	11 m	4 m	7 m	11 m
<b>Muži</b>	Sucho – rychlost [km/h]			Mokro – rychlost [km/h]		
<b>Silniční</b>	14,38	19,40	21,59	14,12	17,41	21,40
<b>Horské Scott</b>	15,36	17,83	19,64	13,62	17,29	18,38
<b>Horské Madison</b>	14,79	19,33	20,95	15,09	16,62	20,84
<b>Trekové Author</b>	13,65	17,75	18,80	13,39	18,60	22,45
<b>Ženy</b>	Sucho – rychlost [km/h]			Mokro – rychlost [km/h]		
<b>Trekové Heavy Tools</b>	8,10	9,68	11,41	8,72	11,33	12,63
<b>Lady 26</b>	6,95	9,27	11,18	8,58	10,85	12,83
<b>Trekové Mayo</b>	10,33	13,65	14,37	9,85	10,60	11,47
<b>Horské Engine</b>	9,77	11,39	13,41	10,64	10,29	12,66

V tabulce č. 36 jsou rozvrženy rychlosti dosažené na betonu. Rozdíl rychlostí je nejvyšší mezi oblouky o poloměru 4 m a 7 m, tedy mezi simulovanou ostrou a pravoúhlou zatáčkou. Při porovnání rychlostí projetí oblouků o poloměru 7 m a 11 m jsou průměrné rozdíly kolem 1 – 2 km/h, zatímco u přechodu ze 4 m oblouku na 7 m oblouk, došlo ke zvýšení rychlosti 3 – 5 km/h. Podle grafu č. 12 se rychlost při průjezdu obloukem zvyšuje výrazněji až do poloměru cca 8 m. Poté dochází ke zvyšování rychlosti průjezdu pouze mírně a dalo by se říci individuálně podle výkonnosti cyklisty.

U mužů ani u žen se nějakým výrazným způsobem neprojevuje obava z pádu vyjádřená zpomalením na mokřem povrchu. Došlo pouze k mírnému zpomalení kolem 1 - 1,5 km/h, od výše zmiňovaného poloměru 8 m již povětrnostní podmínky téměř nemají na rychlost průjezdu cyklistů vliv.

Ženy v průměru dosahovaly na oblouku o poloměru 4 m o 5 – 6 km/h nižší rychlost než muži, na 7 m oblouku jely o 7,5 km/h pomaleji a oblouk o poloměru 11 m činil rozdíl rychlostí žen a mužů průměrně 8 km/h. Jak již bylo uvedeno dříve, rozdíl rychlostí průjezdů oblouků o poloměru větším než 8 m závisí již více méně na fyzické zdatnosti cyklisty než na jeho zkušenostech.



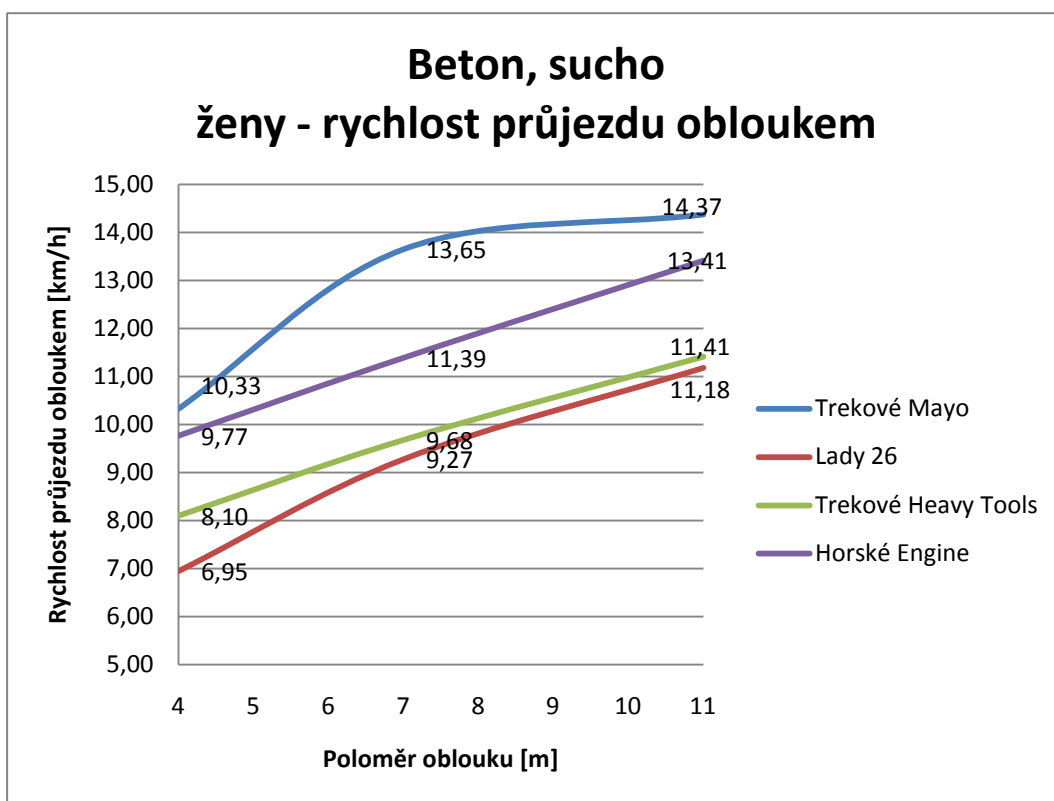
Graf č. 12 - Rychlost průjezdu oblouku mužů v závislosti na poloměru

Na asfaltu probíhala měření stejným způsobem jako na betonu, tedy za sucha a za mokra. Naměřené hodnoty zpomalení na drsnějším ze zpevněných povrchů jsou shrnuty v **tabulce č. 37**.

Tabulka č. 37 - Rychlosti průjezdů na asfaltu

Kolo/Poloměr oblouku	4 m	7 m	11 m	4 m	7 m	11 m
<b>Muži</b>	Sucho – rychlost [km/h]			Mokro – rychlost [km/h]		
<b>Silniční</b>	14,51	19,16	22,81	13,88	16,39	20,08
<b>Horské Scott</b>	18,19	22,25	21,65	14,67	18,65	19,69
<b>Horské Madison</b>	12,70	16,55	19,28	14,61	15,87	19,81
<b>Trekové Author</b>	15,72	22,69	22,31	14,11	18,71	22,01
<b>Ženy</b>	Sucho – rychlost [km/h]			Mokro – rychlost [km/h]		
<b>Trekové Heavy Tools</b>	8,56	13,27	16,53	9,56	13,59	15,90
<b>Lady 26</b>	10,20	12,16	14,71	9,85	14,07	15,37
<b>Trekové Mayo</b>	10,52	12,62	14,56	10,53	11,05	13,57
<b>Horské Engine</b>	10,48	11,75	12,61	9,64	11,89	12,94

Rozdíly průjezdních rychlostí mezi pohlavími i při změně povětrnostních podmínek zůstaly zachovány i na asfaltovém povrchu.



Graf č. 13 - Rychlost průjezdu oblouku žen v závislosti na poloměru

Stejně tak u žen jako u mužů lze z **grafu č. 13** vysledovat zmírnění růstu rychlosti průjezdu obloukem po dosažení poloměru 7 – 8 m. Oblouky s větším poloměrem již ženy projíždí bez vlivu popisovaného poloměru na rychlost, která závisí dále pouze na jejich fyzické zdatnosti.

Tabulka č. 38 - Rychlosti průjezdů na polní cestě

Kolo/Poloměr oblouku	4 m	7 m	11 m	4 m	7 m	11 m
<b>Muži</b>	Sucho – rychlost [km/h]			Mrholení – rychlost [km/h]		
<b>Trekové Heavy Tools</b>	17,22	18,86	23,03	-	-	-
<b>Horské Madison</b>	17,48	19,13	21,60	-	-	-
<b>Horské Scott</b>	-	-	-	13,57	16,68	19,21
<b>Trekové Author</b>	-	-	-	13,62	15,88	21,47
<b>Ženy</b>	Sucho – rychlost [km/h]			Mrholení – rychlost [km/h]		
<b>Trekové Heavy Tools</b>	10,20	12,65	13,85	-	-	-
<b>Horské Madison</b>	11,58	12,07	14,13	-	-	-
<b>Trekové Mayo</b>	-	-	-	9,74	9,79	11,44
<b>Horské Engine</b>	-	-	-	8,30	10,26	11,17

Tabulka č. 39 - Souhrn průměrných průjezdových rychlostí

Kolo	Poloměr	Beton - sucho	Beton - mokro	Asfalt - sucho	Asfalt - mokro	Polní cesta - sucho	Polní cesta - mrholení
Silniční kolo	4 m	14,38	14,12	14,51	13,88	-	-
	7 m	19,40	17,41	19,16	16,39	-	-
	11 m	21,59	21,40	22,81	20,08	-	-
Horské Madison	4 m	14,79	15,09	12,70	14,61	14,53	-
	7 m	19,33	16,62	16,55	15,87	15,60	-
	11 m	20,95	20,84	19,28	19,81	17,86	-
Trekové Heavy Tools	4 m	8,10	8,72	9,52	9,56	11,58	-
	7 m	9,68	11,33	13,06	13,59	12,07	-
	11 m	11,41	12,63	16,04	15,90	14,13	-
Lady 26	4 m	6,95	8,58	9,25	9,85	-	-
	7 m	9,27	10,85	12,37	14,07	-	-
	11 m	11,18	12,83	15,21	15,37	-	-
Horské Scott	4 m	15,36	13,62	18,19	14,67	-	13,57
	7 m	17,83	17,29	22,25	18,65	-	16,68
	11 m	19,64	18,38	21,65	19,69	-	19,21
Trekové Author	4 m	13,65	13,39	15,72	14,11	-	13,62
	7 m	17,75	18,60	22,69	18,71	-	15,88
	11 m	18,80	22,45	22,31	22,01	-	21,47
Trekové Mayo	4 m	10,33	9,85	10,52	10,53	-	9,74
	7 m	13,65	10,60	12,62	11,05	-	9,79
	11 m	14,37	11,47	14,56	13,57	-	11,44
Horské Engine	4 m	9,77	10,64	10,48	9,64	-	8,30
	7 m	11,39	10,29	11,75	11,89	-	10,26
	11 m	13,41	12,66	12,61	12,94	-	11,17

V tabulce č. 39 je provedena sumarizace průměrných rychlostí, kterých jezdci dosáhli při průjezdech oblouky. Výše uvedené rozdíly v rychlostech mužů a žen jsou patrné na všech površích. Na polní cestě došlo ke snížení průměrné rychlosti u nejmenšího z oblouků mezi muži i ženami, toto snížení však bylo v průměru 1 – 2 km/h. Opět zůstává otázkou, jaký vliv na rychlost by měla přítomnost jemného či hrubého kamení nebo šotoliny na průjezdovou rychlost cyklistů.

Všechna měření proběhla bez komplikací a újmy na zdraví.



## ZÁVĚR

Téma nehod s cyklisty je neustále závažným tématem podle statistik z historie i z posledních let i při posuzování silničních nehod z pohledu soudních znalců. Ti se nezdá kdy zabývat tématem kolizí cyklistů s motorovými vozidly, motocykly a chodci. I když se počty smrtelných zranění cyklistů při nehodách s automobily snižují díky povinnosti nošení cyklistických ochranných přileb, stále je počet usmrčených cyklistů vysoký.

V diplomové práci byla navržena opatření ke snížení nehodovosti a úmrtnosti cyklistů. Tato opatření by měla mít legislativní základ v povinném nošení ochranných přileb pro všechny cyklisty, nejen pro ty mladší 18 let. Výsledky výzkumů uvedených v kapitole 3.6 potvrzují, že už při rychlostech vyšších než 11 km/h hrozí při nárazu hlavy zranění, které může končit smrtí. Při porovnání rychlostí, kterými se pohybují cyklisté v městském provozu<sup>12</sup>, se rychlostí nižší než 14 km/h pohybuje pouze 20 % obyvatel cyklistů. Závěr je jasný, více než 80 % cyklistů v městském provozu a převážná většina cyklistů, kteří se pohybují v extravilánu, jsou v potenciálním nebezpečí vážného úrazu a smrti při srážce s vozidlem i pokud by stálo. Při pohybu vozidla se rychlosti střetu samozřejmě sčítají.

Jako prevence nehod má sloužit návrh na zavedení reflexních prvků na oblečení cyklistů nebo na samotná jízdní kola. Reflexní prvky prodlužují několikanásobně vzdálenost, na kterou má možnost řidič vozidla cyklistu zahlédnout, a prodlužují čas k přizpůsobení stylu jízdy pro vyhýbací manévry.

Předmětem praktické části bylo provedení měření dosažitelného brzdného zpomalení jízdních kol při brzdění na různých površích za sucha a za mokra. Jako nejběžnější povrchy byly zvoleny asfalt, betonový povrch a polní cesta. Při pokusech byly zjišťovány hodnoty dosažitelného brzdného zpomalení při brzdění přední brzdou a oběma brzdami figuranty obou pohlaví. Druhá část měření se zabývala zjišťováním maximální bezpečné průjezdové rychlosti při jízdě v obloucích o poloměrech 4 m, 7 m a 11 m.

Výběr kol pro měření měl reprezentovat vzorek všech typů bicyklů, které se běžně vyskytují v silničním provozu. Kola nebyla pro účely měření nijak upravována a zvláště seřizována.

---

<sup>12</sup> viz kap. 4.1

Dosažené hodnoty zpomalení jsou prezentovány v **tabulce č. 35**. Obecně nejvyššího průměrného dosahovaného brzdného zpomalení bylo dosahováno na polní cestě trekovým kolem Author, a to  $8,04 \text{ m/s}^2$ , nejvyšší hodnota na zpevněných površích byla zaznamenána na horském kole Scott, které dosáhlo na suchém betonu zpomalení  $6,38 \text{ m/s}^2$ .

Při výpočtu hodnot se projeví zvláštní aspekty brzdění na mokrých površích. Některá kola byla schopna dosáhnout vyššího zpomalení na mokrém zpevněném povrchu a nižších na stejném suchém povrchu. Jako vysvětlení jsou podány dvě teze. První z nich se zabývá částečným prokluzem, kterého je možné na mokré vozovce dosáhnout. Částečný prokluz umožňuje přenesení vyšší brzdné síly přes brzděné kolo. Druhá teze je založena na způsobu provádění měření, kdy byl povrch uměle poléván vodou pro navození podmínek mokré komunikace. Mohlo tak dojít k odplavení prachových částic, které se pod pneumatikami chovají jako valivá ložiska a prodlužují brzdou dráhu. Jako antiteze hovoří v neprospěch předchozích dvou teorií snížení adheze mezi pneumatikou a mokrou silnicí, která by měla prodlužovat brzdou dráhu.

Při měření průměrných průjezdových rychlostí oblouky bylo zjištěno, že cyklisté výrazněji zvyšují svoji rychlost průjezdu se zvětšujícím se poloměrem oblouku až do poloměru cca 7 – 8 m. Při průjezdu zatáčkou o poloměru zmíněném a větším již rychlost nezáleží na povrchu ani povětrnostních podmínkách, ale na fyzické zdatnosti cyklisty.

Ženy dokázaly projíždět oblouky pomaleji než muži v průměru o 5 – 8 km/h v závislosti na poloměru oblouku, přičemž se rozdíly rychlosti zvyšovaly s rostoucím poloměrem oblouku. Dá se tedy předpokládat, že by se u fyzicky zdatnějších žen rozdíly v rychlostech snižovaly u poloměrů vyšších než 7 m.

Změna povětrnostních podmínek, tedy přechod ze suchého na mokrý povrch, nepřinesla žádné výrazné zpomalení průjezdů oblouky. Průměrná rychlost se snižovala pouze u nejmenších oblouků, a to přibližně o 1 – 2 km/h. U simulované pravoúhlé zatáčky a křižovatky typu Y nebyl zaznamenán rozdíl při změně povrchu ze suchého na mokrý.

Na simulované polní cestě nebyla šotolina nebo kamení, které by pravděpodobně z obavy před pádem rychlost cyklistů snížily. Je to však pouze domněnka a otvírá se zde prostor pro další měření, která by mohla být zaměřena i na zjištění příčin a faktorů, které mají vliv na zvýšení brzdného zpomalení při přechodu ze suchého na mokrý zpevněný povrch.

# SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

## Knihy a publikace

- [1] BRADÁČ A., KREJČÍŘ P. a kol.: *Znalecký standard č. III. Základní postupy pro technickou analýzu průběhu a příčin silničních dopravních nehod.* Nevydáno. Brno: Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, 1990. Aktualizováno 2002.
- [2] BURG H., MOSER A.: *Handbuch der Verkehrsunfall-Rekonstruktion.* 1. vyd. Wiesbaden: Vieweg, 2007. ISBN 978-3-8348-0172-2.
- [3] HUGEMANN, Wolfgang, et al.: *Unfallrekonstruktion.* Vyd. 1. Darmstadt: Schönbach Druck, 2007. 1254 s. ISBN 3-00-019419-3.
- [4] KASANICKÝ, G., KOHÚT, P. *Analýza nehôd jednotopových vozidiel.* 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2000. 448 s. ISBN 80-7100-598-3.

## Zákony a legislativa

- [5] Zákon č. 361/2000 sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů

## Sborníky a ročenky

- [6] FEDRA, T. *Analýza rozjezdů a brzdění jízdních kol.* Konference JuFoS 2011. Brno, 28. 4. 2011
- [7] JANEČEK, M., NEKLAPILOVÁ, V. *Dopravní polytrauma z pohledu trauma centra.* Národní kongres Dopravní úrazy Brno 2006. Brno, 7. – 8. 9. 2006.
- [8] KRYCHTÁLEK, Z. *Reflexní materiály v silničním provozu.* Konference JuFoS 2011. Brno, 28. 4. 2011
- [9] Policie České republiky. Statistika nehodovosti [online] 2010 [cit. 2011-03-03] Dostupné na WWW: <<http://www.policie.cz/reditelstvi-sluzby-dopravni-policie-zpravodajstvi-statistika.aspx>>
- [10] WENDSCHE, P., KAZDA, S. *Úrazy na jízdním kole.* 27. Symposium Ortopedické kliniky IPVZ a 1. LF UK FN na Bulovce, Praha 24. - 26. 11. 2005.

## Články

- [11] BRADÁČ, A. Příčné přemístění vozidel při analýze silniční nehody. *Soudní inženýrství.* 2005, roč. 16, č. 5, str. 267
- [12] KREJSA, I. Problematika nehod s účastí cyklistů. *Soudní inženýrství.* 2008, roč. 8, č. 5-6, str. 28 - 30

## Internetové zdroje

- [13] Cyklotoulky.CZ. Cyklostezky na území ČR [online] 2011 [cit. 2011-05-08] Dostupné na WWW: <<http://www.cyklotoulky.cz/clanky/clanky-display/cyklostezky/ceska-republika/cyklostezky-na-uzemi-cr/00255/>>
- [14] Cyklo-sport. Několik rad o výběru kola a správné údržbě - údržba jízdního kola [online] 2006 [cit. 2011-05-02] Dostupné na WWW: <<http://www.cyklo-sport.cz/poradna/index.php?m=6&s=udrzba>>
- [15] Nová pravidla.cz. Hlavní změny v pravidlech – povinné přilby pro cyklisty. [online] 2010 [cit. 2011-04-16] Dostupné na WWW: <<http://www.novapravidla.cz/HLAVNI-ZMENY-V-PRAVIDLECH/POVINNE-PRILBY-PRO-CYKLISTY>>
- [16] Physics Forums. Bicykle trajectory plot in 2D. [online] 2011 [cit. 2011-03-25] Dostupné na WWW: <http://www.physicsforums.com/showthread.php?p=3161566>>
- [17] Radtouren in Österreich. [online] 2006 [cit. 2011-05-08] Dostupné na WWW: <<http://www.radtouren.at/cz/start.html> >
- [18] Ředitelství silnic a dálnic ČR. Silnice a dálnice v české republice v roce 2009. [online] 2010 [cit. 2011-05-05] Dostupné na WWW: <[http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/0/80345976071FCBACC12575CF004E133E/\\$file/RSD2009cz.pdf](http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/0/80345976071FCBACC12575CF004E133E/$file/RSD2009cz.pdf)>
- [19] Svět outdooru.cz. Cyklistické přilby 1. část. [online] 2007 [cit. 2011-04-16] Dostupné na WWW: <<http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107721-cyklisticke-prilby-1.cast>>
- [20] 21. století. Revue objevů, vědy, techniky a lidí. Od kostitřasu k horskému kolu [online] 2007 [cit. 2011-04-30] Dostupné na WWW: <<http://21stoleti.cz/blog/2007/03/19/od-kostitrasu-k-horskemu-kolu/>>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

AIS	Abbreviated Injury Scale
BMX	Bicykle moto cross
CE	Evropské společenství
ČR	Česká republika
ČSN	České technické normy
ES	Evropské společenství
GAMBIT	Generalized Acceleration Model for Brain Injury Threshold
HIC	Head Injury Criterion
HPC	Head Protection Criterion
ISS	Injury Severity Score
MTB	Mountain bike
PODS	Probability Of Death Score
R4, R7, R11	poloměr oblouků v metrech
SI	Severity Index
STD	diagram dráha – čas
∅	Průměr

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Přehled viníků a zavinění nehod 2007 .....	29
Tabulka č. 2 – Závažnost nehod 2007 .....	29
Tabulka č. 3 - Přehled viníků a zavinění nehod 2008 .....	31
Tabulka č. 4 – Závažnost nehod 2008 .....	31
Tabulka č. 5 – Přehled viníků a zavinění nehod 2009 .....	32
Tabulka č. 6 – Závažnost nehod 2009 .....	33
Tabulka č. 7 – Přehled viníků a zavinění nehod 2010 .....	34
Tabulka č. 8 – Závažnost nehod 2010 .....	34
Tabulka č. 9 - Rychlost jízdního kola – muž (km/h) .....	38
Tabulka č. 10 - Rychlost jízdního kola – žena (km/h) .....	38
Tabulka č. 11 - Zrychlení - skupina 6 - 14 let .....	38
Tabulka č. 12 - Zrychlení - skupina 15 - 25 let .....	39
Tabulka č. 13 - Zrychlení - skupina 26 - 50 let .....	39
Tabulka č. 14 - Zrychlení - skupina 51 - 65 let .....	39
Tabulka č. 15 - Zrychlení - skupina 66 a více let .....	39
Tabulka č. 16 - Celkové výsledky zrychlení .....	39
Tabulka č. 17 - Průměrné rychlosti v městském provozu .....	40
Tabulka č. 18 - Rychlosti jízdy podle věku jezdců .....	40
Tabulka č. 19 - Brzdné zpomalení - V-brzdy a kotoučové brzdy .....	45
Tabulka č. 20 - Zpomalení podle DIN 79100, část 2 .....	45
Tabulka č. 21 - Účinnost jednotlivých brzd, 100% = $1g = 9,81m/s^2$ .....	46
Tabulka č. 22 - Dosažitelné zpomalení při dření jízdního kola po různých površích .....	46
Tabulka č. 23 – Dosažitelné zpomalení při dření jízdního kola po různých površích .....	63
Tabulka č. 24 – Figuranti měření .....	75
Tabulka č. 25 - Zpomalení na suchém betonu přední brzdou .....	79
Tabulka č. 26 - Zpomalení na suchém betonu oběma brzdami .....	80
Tabulka č. 27 - Zpomalení na suchém a mokřém betonu přední brzdou .....	82
Tabulka č. 28 - Zpomalení na suchém a mokřém betonu oběma brzdami .....	84
Tabulka č. 29 - Zpomalení na suchém asfaltu přední brzdou .....	84
Tabulka č. 30 - Zpomalení na suchém asfaltu oběma brzdami .....	85
Tabulka č. 31 - Zpomalení přední brzdou na suchém a mokřém asfaltu .....	86
Tabulka č. 32 - Zpomalení oběma brzdami na suchém a mokřém asfaltu .....	86
Tabulka č. 33 - Porovnání zpomalení mezi pohlavími .....	89
Tabulka č. 34 - Zpomalení přední a oběma brzdami na polní cestě po mrholení .....	90
Tabulka č. 35 - Souhrn výsledků dosažených zpomalení [ $m/s^2$ ] .....	91
Tabulka č. 36 - Rychlosti průjezdů na betonu .....	93
Tabulka č. 37 - Rychlosti průjezdů na asfaltu .....	94
Tabulka č. 38 - Rychlosti průjezdů na polní cestě .....	95
Tabulka č. 39 - Souhrn průměrných průjezdových rychlostí .....	96

## Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Kostitřas .....	14
Obrázek č. 2 - Konstrukce jízdního kola .....	16
Obrázek č. 3 - Brzdová páka .....	20
Obrázek č. 4 - Čelistová V-brzda .....	21
Obrázek č. 5 - Kotoučová brzda .....	21
Obrázek č. 6 - Schéma makrovlny a mikrovlny .....	41

Obrázek č. 7 – Schéma pohybu jízdního kola v oblouku .....	47
Obrázek č. 8 - Náraz do jízdního kola zezadu .....	51
Obrázek č. 9 - Náraz do jízdního kola zepředu .....	52
Obrázek č. 10 - Korespondence kola a vozidla po nárazu z boku.....	53
Obrázek č. 11 - Nehoda cyklisty s motocyklem .....	54
Obrázek č. 12 - Nehoda cyklisty s motocyklem .....	55
Obrázek č. 13 - Nehoda za snížené viditelnosti .....	56
Obrázek č. 14 - Dohlednost chodců v závislosti na barvě oblečení .....	57
Obrázek č. 15 – Závislost vzdálenosti místa dopadu hlavy na automobil.....	61
Obrázek č. 16 – Závislost vzdálenosti odhození na střetové rychlosti .....	62
Obrázek č. 17 – Plánek se stopami.....	64
Obrázek č. 18 - Silniční kolo .....	67
Obrázek č. 19 - Pneumatika silničního kola.....	67
Obrázek č. 20 - Brzdy silničního kola.....	67
Obrázek č. 21 - Horské kolo Madison .....	68
Obrázek č. 22 - Pneumatiky kola Madison.....	68
Obrázek č. 23 - Brzdy kola Madison .....	68
Obrázek č. 24 - Pneumatiky kola Marlin.....	69
Obrázek č. 25 - Brzdy kola Marlin .....	69
Obrázek č. 26 - Kolo Heavy Tools.....	69
Obrázek č. 27 - Pneumatiky kola Heavy Tools.....	70
Obrázek č. 28 - Brzdy kola Heavy Tools .....	70
Obrázek č. 29 - Kolo Velamos Lady 26.....	70
Obrázek č. 30 - Pneumatiky kola Velamos .....	71
Obrázek č. 31 - Brzdy kola Velamos.....	71
Obrázek č. 32 - Horské kolo Scott .....	71
Obrázek č. 33 - Pneumatiky kola Scott.....	72
Obrázek č. 34 - Brzdy kola Scott .....	72
Obrázek č. 35 - Horské kolo Engine Avance .....	72
Obrázek č. 36 - Pneumatika kola Engine .....	72
Obrázek č. 37 - Brzdy kola Engine .....	73
Obrázek č. 38 - Trekové kolo Mayo.....	73
Obrázek č. 39 - Pneumatiky kola Mayo.....	73
Obrázek č. 40 - Brzdy kola Mayo .....	74
Obrázek č. 41 - Trekové kolo Author.....	74
Obrázek č. 42 - Pneumatiky kola Author.....	74
Obrázek č. 43 - Brzdy kola Author .....	75
Obrázek č. 44 - Volené poloměry oblouků jako simulace zatáček .....	93

## Seznam grafů

Graf č. 1 - Počty nehod zaviněných cyklisty v letech 2003 až 2010.....	28
Graf č. 2 - Průměrné zrychlení cyklistů.....	43
Graf č. 3 - Křivky zpomalení jednotlivých kol přední brzdou na suchém betonu.....	78
Graf č. 4 - Křivky zpomalení jednotlivých kol oběma brzdami na suchém betonu .....	79
Graf č. 5 - Křivky zpomalení jednotlivých kol přední brzdou na mokřém betonu.....	81
Graf č. 6 - Rozdíl zpomalení za sucha a za mokra .....	83
Graf č. 7 - Křivky zpomalení jednotlivých kol oběma brzdami na suchém asfaltu .....	85
Graf č. 8 - Rozdíl zpomalení za sucha a za mokra .....	87
Graf č. 9 - Rozdíl zpomalení na suché polní cestě žena/muž.....	88

<i>Graf č. 10 - Křivky zpomalení jednotlivých kol přední brzdou na polní cestě .....</i>	<i>89</i>
<i>Graf č. 11 - Závislost délky brzdné dráhy na výchozí rychlosti .....</i>	<i>91</i>
<i>Graf č. 12 - Rychlost průjezdu oblouku mužů v závislosti na poloměru .....</i>	<i>94</i>
<i>Graf č. 13 - Rychlost průjezdu oblouku žen v závislosti na poloměru .....</i>	<i>95</i>