



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍCH KOL

CENTER OF GRAVITY MEASUREMENTS OF BICYCLES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ONDŘEJ BURDA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VLADIMÍR PANÁČEK

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Ondřej Burda

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

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

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

Měření polohy těžiště jízdních kol

v anglickém jazyce:

Center of Gravity Measurements of Bicycles

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V práci bude provedeno rozdělení jízdních kol, rozbor metod měření polohy těžiště a návrh zařízení pro zjišťování polohy těžiště jízdních kol. V experimentální části práce bude zjištěna poloha těžiště u vybrané řady jízdních kol a její změna při různém zatížení jízdního kola. Výsledky měření budou porovnány a vyhodnoceny s ohledem na využití při znalecké činnosti.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je:

1. Provést rozdělení jízdních kol.
2. Uvést metody měření polohy těžiště.
3. Navrhnout zařízení pro měření polohy těžiště jízdních kol.
4. Provést experimentální měření polohy těžiště na vybraném vzorku jízdních kol.
5. Porovnat a vyhodnotit zjištěné výsledky s ohledem na využití při znalecké činnosti.

Seznam odborné literatury:

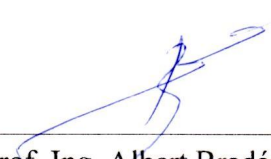
- [1] CIBULA, K. Mechanika jízdního kola. Vyd. 2. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN: 80-01-03016-4.
- [2] VÉMOLA, A. Diagnostika automobilů I. Brno: Littera, 2006. ISBN 80-85763-31-1.
- [3] VÉMOLA, A. Diagnostika automobilů II. Brno: Littera, 2006. ISBN 80-85763-32-X.
- [4] FIRST, J. Zkoušení automobilů a motocyklů. Praha: S&T CZ s.r.o., 2008. ISBN: 978-80-254-1805-5.
- [5] VLK, F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství vlk, 2001. ISBN: 80-238-6573-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladimír Panáček

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 1.11.2011





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

Abstrakt

Tato diplomová práce s názvem Měření polohy těžiště jízdních kol zachycuje v první části historii a rozdělení jízdních kol, legislativu ČR, která se týká přímo cyklistů, analýzu nehodovosti cyklistů a rozbor metod měření polohy těžiště. Druhá část práce popisuje postup výpočtu polohy těžiště u vybrané metody naklánění a návrh měřicího zařízení. Ve třetí části se zabývá měřením a zpracováním konkrétních hodnot podélných a výškových poloh těžiště pro vybraný vzorek cyklistů na jízdních kolech, které jsou voleny tak, aby se výsledky poloh těžiště v závěru práce vzájemně mohly porovnat s ohledem na využití při znalecké činnosti.

Abstract

The first part of the thesis The measurement of the location of centre of gravity of bicycles is firstly about history and division of bicycles, about the legislation in the Czech Republic concerning the cyclists, about the analysis of accidents of cyclists and lastly about the analysis of the method of the measurement of the location of centre of gravity. The second part of the thesis describes the procedure of calculation of the location of centre of gravity in the chosen incline method and the proposal of measure apparatus. The third part of the thesis occupies with the measurement and processing of concrete values for chosen sample of cyclists on the bicycles which are selected in the way that the results of the location of centre of gravity in the final part of the thesis are compared with the respect to their application during the expert opinion.

Klíčová slova

jízdní kolo, cyklista, měřicí zařízení, metoda naklánění, podélná poloha těžiště, výšková poloha těžiště

Keywords

bicycle, biker, measure equipment, tilt's method, lengthwise position centre of gravity, height position centre of gravity

Bibliografická citace

BURDA, O. *Měření polohy těžiště jízdních kol*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství, 2012. 88 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Vladimír Panáček.

Prohlášení

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

V Brně dne

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Za cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce tímto děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Vladimíru Panáčkovi. Dále děkuji figurantům za ochotu a trpělivost při měření a rodičům za podporu při studiu na vysoké škole.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 HISTORIE JÍZDNÍCH KOL	12
2 KONSTRUKCE A ROZDĚLENÍ JÍZDNÍCH KOL	15
2.1 Silniční kolo	16
2.1.1 Modely jízdních kol vycházejících ze silničního kola	17
2.2 Horské kolo	17
2.2.1 Rozdělení horských kol	18
2.3 Další typy jízdních kol.....	20
2.3.1 Crossové kolo.....	20
2.3.2 Městské kolo	20
2.3.3 Skládací kolo.....	21
2.3.4 Kolo s hybridním pohonem	21
2.3.5 Lehokolo	22
2.3.6 Tandem	22
3 LEGISLATIVA ČR.....	23
3.1 Jízda na jízdním kole	23
3.2 Základní technické požadavky na jízdní kola	25
4 NEHODOVOST JÍZDNÍCH KOL.....	26
5 HMOTNOSTNÍ PARAMETRY JÍZDNÍCH KOL.....	29
5.1 Hmotnost.....	29
5.2 Moment setrvačnosti	29
5.3 Těžiště.....	29
5.3.1 Základní způsoby měření těžiště	30
6 VÝPOČET POLOHY TĚŽIŠTĚ U JÍZDNÍHO KOLA.....	34
7 NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ.....	39

8	EXPERIMENT	41
8.1	Postup výpočtu pro konkrétní měření.....	42
8.2	Prezentace výsledků	46
8.1	Analýza výsledků	48
8.1.1	Změna polohy těžiště v závislosti na typu jízdního kola.....	48
8.1.2	Změna polohy těžiště v závislosti na hmotnosti a výšce cyklisty.....	49
8.1.3	Změna polohy těžiště při jízdě ve stoje	51
8.1.4	Změna polohy těžiště při převážení nákladu	53
8.1.5	Poloha těžiště dětských cyklistů	55
8.1.6	Porovnání polohy těžiště samotného jízdního kola s polohou těžiště jízdního kola obsazeného cyklistou.....	56
	ZÁVĚR.....	57
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH JEDNOTEK.....	62
	SEZNAM PŘÍLOH	63

ÚVOD

Jízdní kolo je ekonomicky výhodný dopravní prostředek rozšířený po celém světě, proto bicykl vlastní velké procento populace. Někteří v něm vidí ideální dopravní prostředek na dojíždění do práce nebo školy, protože přetíženým městem lze snadno prokličkovat. Jiní si jízdu na kole spojují s krásným sportovním zážitkem a pro děti je jízdní kolo po překonání strachu z pádu prvním znamením svobody. Cyklističtí šampioni se kromě z pocitu vítězství mohou radovat i z vyhraných peněz.

Bicykl se vyrábí v obrovských počtech sérií různých typů vhodných pro různé využití. Jízdní kolo v době svého vzniku jako dopravní prostředek primárně nesloužilo. Přibližný tvar jízdního kola, tak jak ho známe dnes, se nezměnil sto let. O jejich rozdělení a historii se rozepíši v dalších kapitolách.

Množství cyklistů zásluhou oblíbenosti tohoto sportu v posledních letech na pozemních komunikacích velice vzrostlo, a tím také dochází k většímu počtu dopravních nehod cyklistů s motorovými vozidly. Jedním z důvodů vypracování této práce je fakt, že soudním znalcům se do rukou při vyšetřování dopravních nehod s cyklisty nedostane mnoho údajů, a zjištěná poloha těžiště cyklisty by mohla pomoci v některých případech při zpracování znaleckého posudku. Téma této práce jsem si ke zpracování vybral dále i z důvodu, že cyklistika je několik let mým nejoblíbenějším koníčkem.

V práci jsou popsány známé metody měření polohy těžiště a z nich je pak vybrána nejvhodnější pro zjišťování polohy těžiště jízdního kola s cyklistou. Pro vybranou metodu je navrženo jednoduché zařízení a provedeno experimentální měření na vybraném vzorku jízdních kol, jejichž zjištěné výsledky se dále porovnávají s ohledem na využití při znalecké činnosti.

1 HISTORIE JÍZDNÍCH KOL ¹

Historie jízdního kola je velice dlouhá a jeho konstrukce se od nejstarších předchůdců do dnešní podoby v mnohém změnila. Než se bicykl stal pro mnoho lidí nedílnou každodenní součástí života, prošel několika technickými vylepšeními.

Ve staré Číně se používalo dvoukolé vozidlo zhotovené z bambusu už kolem roku 2300 př. n. l. a bylo nazývané „šťastný drak“. Další starý záznam o existenci jízdního kola lze spatřit v Egyptě - v chrámu Luxor, kde nástěnná malba stará 4000 let zobrazuje muže sedícího na příčce, která spojuje dvě obruče kol. Za skutečného vynálezce jízdního kola mnozí lidé považují všeměla Leonarda da Vinci. V jeho díle *Kodex Atlanticu* je náčrt dopravního prostředku, který se až moc podobá dnešním bicyklům. Jde o stroj sestávající z rámu, dvou stejně velkých kol a řetězovým mechanismem poháněným pedály. Pro svou dokonalost však byl mnohými tento náčrt zpochybněn a označen za podvrh.

První skutečný předek jízdního kola byl sestrojen šlechticem Médé de Sivrac v roce 1791 v Paříži. Takzvaný „dřevěný kůň“ byl tvořen lavicí a dvěma vidlicemi, na kterých se na čepech otáčela loukoťová kola, předek byl uzpůsoben k držení. Celeriféra *Obr. č. 1*, jak byl stroj později nazýván, byla vyrobená ze dřeva a uváděla se do pohybu odražením nohama od země.

V roce 1818 důstojník pruské armády Karl Friedrich Christian Ludwig Drais von Sauerbronn vynalezl první říditelné vozidlo zvané draisina *Obr. č. 2*. Původní celeriféru opatřil říditelným předním kolem a opěrou pro předloktí. Pro svou velkou hmotnost byla draisina těžko ovladatelná, a protože představovala riziko pro chodce, byla na některých místech zakázána. V českých zemích byla poprvé představena v roce 1820 v dnešních Riegrových sadech v Praze.

¹ BARONI, F. *Bicykl: historie, mýty, posedlost*, str. 14-19



Obr. č. 1 – Celerifera²



Obr. č. 2 – Draisina³

V roce 1839 sestrojil skotský kovář Kirkpatrick MacMillan model, který byl již opatřen mechanismem pohánějícím zadní kolo bez toho, aby se jezdec dotýkal nohama země. To znamenalo velký vývoj, protože vznikl koncept udržování rovnováhy.

Vynález pedálů předvedli otec - zámečník Pierr Michaux a jeho syn - výrobce draisin Ernest v roce 1861. Prvními pedály osadili celoželeznou draisinu, kliky s pedály upevnili na osu předního kola. Tento vynález pojmenovali michaudine, česky „mišódka“ Obr. č. 3. Pak ještě sestrojili jednoduchou brzdou zadního kola, která tlačila na ráfek a byla ovládána tenkým drátem. Bylo to první kolo uvedené do manufakturní výroby. Ve snaze dosáhnout větších rychlostí byl zvětšován průměr hnaného předního kola a to vysoké kolo Obr. č. 4, jak bylo nazýváno, dělalo vratkým a tak nebyla nouze o pády jezdců. I přes to si získalo velkou oblibu a počet jeho vlastníků stále rostl.



Obr. č. 3 – Mišódka⁴



Obr. č. 4 – Vysoké kolo⁵

² <http://www.scienceandsociety.co.uk/results.asp?txtkeys1=B,+J+F>

³ <http://old.dlf.it/accordi/MuseoCampionissimi/draisina.jpg>

⁴ <http://www.peoplescollectionwales.co.uk/item/102-boneshaker-make-unknown-1869>

⁵ <http://www.glouny.cz/dejepis/aktivity/weby/kvarta/jirkovska/Velociped.html>

Dalším vývojovým krokem bylo použití řetězových převodů, kde šlo vhodně zvolenými převody dosáhnout stejné rychlosti při použití menších průměrů hnacích kol než na velocipedu. Cyklistika se tak stala snížením těžiště jezdce mnohem bezpečnější. Model Kangaroo *Obr. č. 5* z roku 1878 navržený Johnem Kempem Starleyem měl poháněné přední kolo.



*Obr. č. 5 – Kangaroo*⁶



*Obr. č. 6 – Rover*⁷

Skutečný přelom zaznamenal model Rover *Obr. č. 6*, který Starley uvedl na trh v roce 1885. Měl poháněné zadní kolo a rám ve tvaru diamantu. Velice se tak podobal dnešním jízdním kolům.

V roce 1888 John Boyd Dunlop opatřil obruče kol vzduchem plněnou pneumatikou a tím se jízda stala hladší a pohodlnější.

Další vynálezy směřovaly k odlehčení kol a zlepšení pohodlí jízdy, používaly se nové materiály, rám dostal trojúhelníkový tvar. Radiální výplety kol byly nahrazeny kříženými, otáčející se části jízdních kol byly vybaveny valivými ložisky, na kolech se objevily volnoběžky. Přítlačné brzdy byly nahrazovány účinnějšími čelistovými nebo protišlapacími brzdami, zvanými torpédo. Časem přišla možnost měnit převody, buď za použití přehazovačky a přesmykače, nebo převodovým ústrojím umístěným v zadním náboji.

⁶ <http://www.jimlangley.net/ride/kangaroo.htm>

⁷ <http://vintagebicycle.wordpress.com/2010/09/16/the-rover-safety-bicycle-1887/>

2 KONSTRUKCE A ROZDĚLENÍ JÍZDNÍCH KOL⁸

Vývoj jízdního kola vedl ke specializaci pro využití v různých disciplínách a výsledkem je velké množství modelů s různými jízdními vlastnostmi. Různé typy jízdních kol jsou vybaveny různými komponenty a mají odlišnou geometrii rámu, určující polohu posedu cyklisty, která má velký vliv na polohu těžiště. Legislativa u nás i v jiných státech neupravuje rozdělení jízdních kol. V této kapitole jsou popsány části bicyklů a je zde uveden přehled nejrozšířenějších typů jízdních kol, se kterými je možné setkat se na pozemních komunikacích.



Obr. č. 7- Části jízdního kola⁹

⁸ BARONI, F. *Bicykl: historie, mýty, posedlost*, str. 22-25

⁹ <http://www.kola-cykloshop.cz/html/jak-si-spravne-vybrat-kolo-24.html>

1.	kazeta	8.	vidlice
2.	sedlová objímka	9.	brzdy
3.	sedlovka	10.	kola
4.	sedlo	11.	kliky s převodníky
5.	rám	12.	přesmykač
6.	představec	13.	řetěz
7.	řazení	14.	přehazovačka

Tab. č.1 - Popis komponentů k Obr. č. 7

Na *Obr. č. 7* jsou popsány nejdůležitější části jízdního kola a komponenty, u kterých často dochází k jejich nesprávnému pojmenování. V této práci je důležitější rozdělení jízdních kol do kategorií podle účelu použití, kde se liší především rámem, vidlicí, řídítky, použitým rozsahem převodů a typem brzd. Jízdní kola lze rozdělit do tří základních skupin, a to na silniční, horská a ostatní typy bicyklů.

2.1 SILNIČNÍ KOLO

Nejrychlejší, nejlehčí a nejaerodynamičtější typ kola. Silniční kolo *Obr. č. 8* je určeno pro jízdu na zpevněných komunikacích. Rám je koncipován tak, aby byl co nejpevnější a zároveň co nejlehčí, geometrie rámu je volena tak, aby kolo rychle a přesně reagovalo na podněty jezdce. V závodním provedení má nízko položená řídítka, která zaručí jezdci lepší posed z hlediska aerodynamiky dobrou oporu pro stoupání nebo sprinty.



Obr. č. 8 – Silniční kolo¹⁰

¹⁰ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>

2.1.1 Modely jízdních kol vycházejících ze silničního kola

Časovkářské kolo

Časovkářské kolo *Obr. č. 9*, nazývané také triatlonové kolo, má aerodynamičtější konstrukci, někteří výrobci je dokonce testují v aerodynamických tunelech. Speciální řídítka s nastavci umožňují cyklistovi zaujmout posed s minimálním odporem vzduchu při jízdě.

Dráhové kolo

Dráhové kolo *Obr. č. 10* na první pohled vypadá jako silniční kolo, ale je bez brzd a má jediný pevný převod – bez volnoběžky. I s takovýmto druhem kola se lze díky rozšiřující se módě posledních let, která přišla z New Yorku, setkat na pozemní komunikaci. Takto upravené kolo se používá jako dopravní prostředek k rychlému proplétání hustým provozem v ulicích města.

Cyklokrosové kolo

Cyklokrosové kolo *Obr. č. 11* je navrženo speciálně pro použití v cyklokrosu, tedy jízdu lehčím terénem. Na rozdíl od silničního kola má širší pneumatiky s terénním vzorkem voleným podle daného typu terénu, lehčí převody a jiný typ brzd odolnějších proti zanášení bahnem. Středové složení je u cyklokrosových kol uloženo výše.



Obr. č. 9 – Časovkářské ¹¹

Obr. č. 10 – Dráhové ¹²

Obr. č. 11 – Cyklokrosové ¹³

2.2 HORSKÉ KOLO

Horské kolo je v současnosti nejpoužívanějším typem bicyklu. Vzniklo v polovině 70. let, protože lidé si chtěli vyzkoušet jízdu terénem, mimo asfalt nebo beton. Od prvních modelů se horská kola velice vyvíjela a změnila od předchůdců k nepoznání.

¹¹ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>

¹² http://www.cz.all.biz/zoom_item.php?oid=40231

¹³ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>

Horské kolo je určeno pro jízdu mimo zpevněné komunikace. Je navrženo tak, aby při jízdě v náročnějším terénu poskytl jezdcům lepší kontrolu a ovladatelnost a aby bylo odolnější. Má výše položený střed, který umožňuje lepší průchodnost terénem. Široké pláště lépe tlumí nárazy a mají větší přilnavost na rozbitém podkladu. Většina horských kol bývá vybavena odpruženými systémy, které lépe pohlcují nárazy a vibrace způsobené terénem.

2.2.1 Rozdělení horských kol

Horské kolo pro cross-country a maraton

Horské kolo pro cross-country a maraton Obr. č. 12 může mít pevný nebo odpružený rám a totéž platí o vidlici předního kola. Zdvih odpružení je nižší, obvykle kolem 100 mm. V této kategorii je možné vybrat si i různé velikosti ráfků kol.



Obr. č. 12 – Horské kolo hardtail s 29“ ráfky¹⁴

Horské kolo pro trail

Horské kolo pro trail Obr. č. 13 je velmi univerzálním typem kola, má vzpřímenější posed než závodní stroje a vyšší zdvih. Zdvih odpružení je zhruba v rozmezí 120–150 mm.

Horské kolo typu enduro

Enduro Obr. č. 14 se hodí do horských lokalit, kde se vyskytuje těžký terén s prudkým stoupáním a klesáním. Vzhledem ke své větší robustnosti lze toto kolo použít i k nižším nebo středním skokům, to záleží na technické vyspělosti jezdce. Zdvih odpružení je u této kategorie v rozmezí 140-160 mm.

¹⁴ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>



Obr. č. 13 – Horské kolo pro trail¹⁵



Obr. č. 14 – Horské kolo typu enduro¹⁶

Horské kolo pro downhill

Horské kolo pro downhill Obr. č. 15 se využívá výhradně na sjezd z kopce dolů a je dimenzováno pro nejtvrdší zacházení. V porovnání s prvními horskými koly doznalo největších změn. Zdvihy odpružení se pohybují nad 200 mm.

Horské kolo pro freeride

Freeridové kolo Obr. č. 16 se používá k překonávání těžkých překážek, což zahrnuje i vysoké skoky. Vzhledem ke své hmotnosti a robustnosti je určeno především pro jízdu z kopce. Tento sport je velice populární a proto se začaly budovat tzv. bikeparks, kde jsou pro tato kola postaveny dráhy. Stejně jako u downhillového kola se na začátek dráhy jezdci dostávají např. pomocí lanovky.



Obr. č. 15 – Horské kolo pro downhill¹⁷



Obr. č. 16 – Horské kolo pro freeride¹⁸

¹⁵ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>

¹⁶ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>

¹⁷ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>

¹⁸ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>

Další typy horských kol

Na trhu je mnoho typů kol pro nejrůznější využití. Za zmínku stojí kola pro disciplíny dirt-jump, four-cross Obr. č. 17 a street. Jedná se o kola se zpevněným rámem používaných pro technické skoky na překážkách nebo pro soupeření na trati plné skoků a zatáček.



Obr. č. 17 – Horské kolo pro gravity disciplíny¹⁹

2.3 DALŠÍ TYPY JÍZDNÍCH KOL

2.3.1 Crossové kolo

Crossové kolo Obr. č. 18 je univerzální typ bicyklu vhodný pro sportovnější jízdu na silnici nebo v lehčím terénu. Má stejný průměr kol jako na silničních kolech, ale je osazeno širšími plášti. Má také odolnější rám a vzprímenější posed.

2.3.2 Městské kolo

Vychází z crossového kola, ale jsou zde určité odlišnosti. Je vhodné na kratší výlety po zpevněných komunikacích nebo např. na nákupy. U městského kola Obr. č. 19 je vše podřízeno uživatelskému komfortu, proto nabízí pohodlnější posed, bývá také vybaveno blatníky, nosičem, světly, krytem převodníku apod. Jako měniče převodů jsou mnohdy používány planetové převodovky a neobvyklý není ani pohon řemenem nebo kardanem.

¹⁹ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>



Obr. č. 18 – Crossové kolo ²⁰



Obr. č. 19 – Městské kolo ²¹

2.3.3 Skládací kolo

Skládací kolo *Obr. č. 20* je vhodný dopravní prostředek v přeplněných městech. Je vybaveno klouby a jinými prvky, díky kterým je lze snadno složit do výrazně menší podoby, nejčastěji pro potřeby jeho převozu jiným dopravním prostředkem, nebo za účelem uskladnění. Pro co největší skladnost jsou použita malá kola o rozměrech zpravidla 16“.

2.3.4 Kolo s hybridním pohonem

Elektrokolo *Obr. č. 21*, neboli elektricky asistovaný bicykl, je vybaveno pomocným elektrickým pohonem, který pomáhá cyklistovi zdolávat terén. Používané je především v městském provozu, kde se používá na cestování do zaměstnání nebo do školy, aniž by se jezdec zapotil.



Obr. č. 20 – Skládací kolo ²²



Obr. č. 21 – Elektrokolo ²³

²⁰ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>

²¹ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>

²² <http://www.skladacikola.com/62,0,Skladaci-kola.html>

²³ <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>

2.3.5 Lehokolo

Cyklista na lehokole *Obr. č. 22* zaujímá zcela jinou polohu, než je běžné. Opírá se i zády a pedály jsou přibližně ve stejné výšce, v níž jezdec pololeží. Toto kola je obtížnější na ovládání, ale šlapání je mnohem efektivnější, a proto lze na tomto kole snadněji dosáhnout vysokých rychlostí.

2.3.6 Tandem

Tandem *Obr. č. 23* je kolo určené pro dvě osoby, jízda na něm však vyžaduje koordinaci pohybů obou cyklistů. Cyklisté sedí za sebou a tandem ovládá většinou cyklista vpředu.



*Obr. č. 22 – Lehokolo*²⁴



*Obr. č. 23 – Tandem*²⁵

²⁴ <http://www.azub.cz/lezate-kolo-lehokolo-azub-max/>

²⁵ http://www.dt-sport.com/e-shop/img_produkty/velke/big-bang--d9-c9-t9-r9-bike_1199981943.jpg

3 LEGISLATIVA ČR

Chování cyklistů jako účastníků silničního provozu spravuje zákon č. 361/2000 Sb. V upraveném zákonu č. 361/2000 Sb. s účinností od 1.8.2011 s komentářem, k těmto paragrafům nejsou žádné změny, poznámky, vyškrtnutí nebo doplnění textu.

3.1 JÍZDA NA JÍZDNÍM KOLE

Zde jsou uvedeny paragrafy zákona č. 361/2000 Sb., které se týkají přímo cyklistů:

„§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 užít.

§57 (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.

§57 (3) Cyklisté smějí jet jen jednotlivě za sebou.

§57 (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.

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

§57 (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.

§57 (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.

§57 (8) Před vjezdem na přejezd pro cyklisty se cyklista musí přesvědčit, zdali může vozovku přejet, aniž by ohrozil sebe i ostatní účastníky provozu na pozemních komunikacích, cyklista smí přejíždět vozovku, jen pokud s ohledem na vzdálenost a rychlost jízdy přijíždějících vozidel nedonutí jejich řidiče ke změně směru nebo rychlosti jízdy. Na přejezdu pro cyklisty se jezdí vpravo.

§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.

§58 (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.

§58 (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.

§58 (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.

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

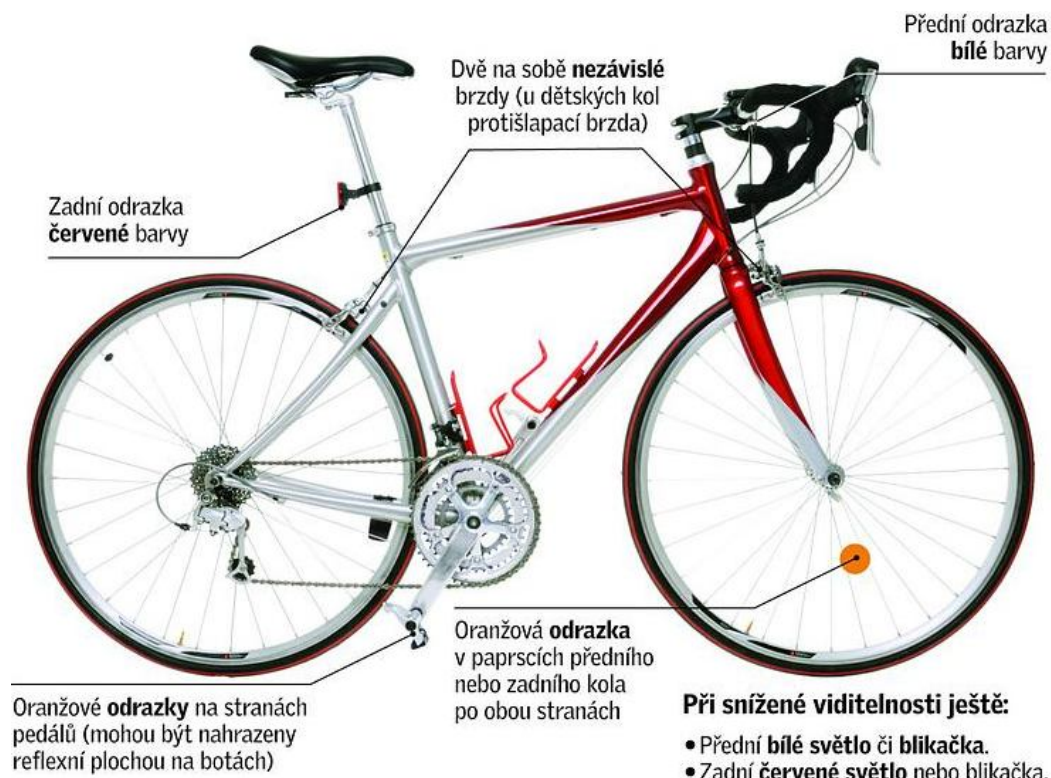
§58 (6) Za jízdní kolo se smí připojit přívesný vozík, který není širší než 800 mm, má na zádi dvě červené odrazky netrojúhelníkového tvaru umístěné co nejbližší k bočním obrysům vozíku a je spojen s jízdním kolem pevným spojovacím zařízením. Zakrývá-li přívesný vozík nebo

jeho náklad za snížené viditelnosti zadní obrysové červené světlo jízdního kola, musí být přívěsný vozík opatřen vlevo na zádi červeným neoslňujícím světlem.“²⁶

Průzkumem u cyklistické veřejnosti jsem zjistil, že s uvedenými paragrafy jsou účastníci silničního provozu na jízdních kolech seznámeni. Pouze u paragrafu §57 (4) nevěděla přibližně třetina dotazovaných, že cyklista jedoucí stejným směrem jako pomalu se pohybující nebo stojící vozidla může tato vozidla předjíždět nebo objíždět z pravé strany po pravém okraji vozovky nebo krajnici, pokud je vpravo od vozidel dostatek místa.

3.2 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ POŽADAVKY NA JÍZDNÍ KOLA

Jízdní kola musí být dle vyhlášky Ministerstva dopravy a spojů o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích č. 341/2002 Sb. vybavena dle Obr. č. 24. Tato vyhláška také upravuje technické podmínky bezpečnosti pro výrobce jízdních kol.



Obr. č. 24 – Povinná výbava jízdního kola²⁷

²⁶ <http://www.zakonycr.cz/seznamy/361-2000-sb-zakon-o-provozu-na-pozemnich-komunikacich-a-o-zmenach-nekterych-zakonu.html>

²⁷ http://www.denik.cz/z_domova/kontroly-cyklistu-pritvrdi20110717.html

4 NEHODOVOST JÍZDNÍCH KOL

Statistické údaje nehodovosti na území ČR zpracovává Policie ČR, zhotovuje statistické ročenky i údaje v jednotlivých měsících, tyto informace jsou volně přístupné na internetových stránkách Policie ČR ²⁸. Uvedené údaje jsou zkreslené, protože se jedná pouze o případy, kdy byla nehoda hlášena Policii ČR.

Nejčastější příčiny dopravních nehod zaviněnými cyklisty:

- nezvládnutí řízení
- nevěnování se řízení
- nerespektování značky Dej přednost v jízdě
- nedání přednosti při vjíždění na silnici
- nerespektování značky Stůj! Dej přednost v jízdě

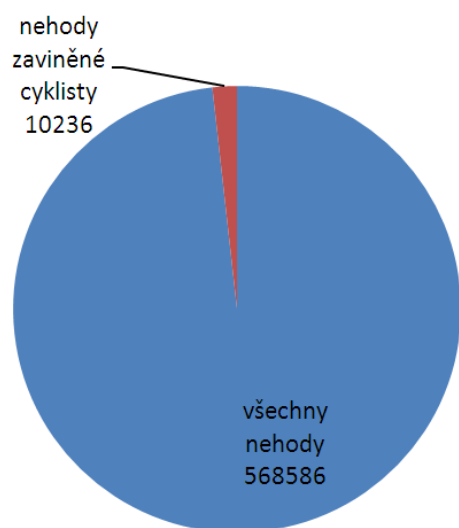
rok	2007	2008	2009	2010	2011
počet všech nehod	182736	160376	74815	75522	75137
počet nehod zaviněných cyklisty	2316	1990	1909	1790	2258
usmrceno celkem	1123	992	832	753	707
usmrceno cyklistů	103	77	72	70	50
cyklisté pod vlivem alkoholu	426	436	522	532	641

Tab. č.2 - Statistika nehodovosti v letech 2007 – 2011

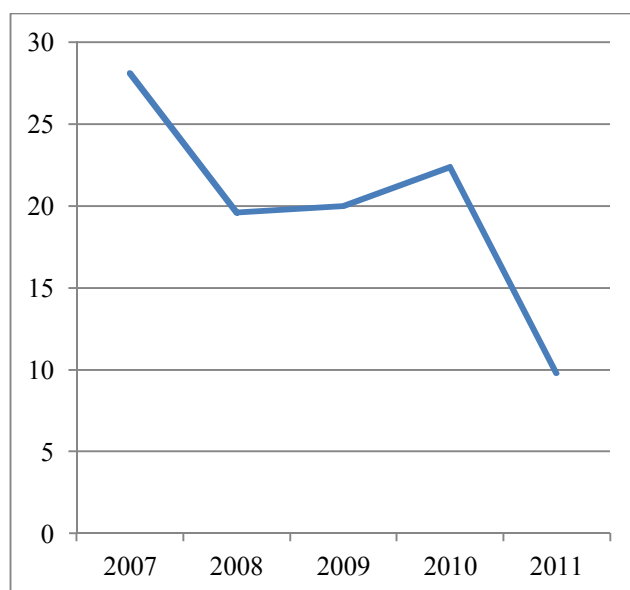
Pro větší přehlednost jsou hodnoty statistiky nehodovosti přeneseny do grafů.

Na grafu č. 1 je zobrazeno, kolik nehod způsobili cyklisté za posledních 5 let od roku 2007, jsou to 2% ze všech nehod za toto období vyšetřovaných policií ČR. Graf č. 2 znázorňuje koeficient závažnosti nehod = počet usmrcených cyklistů připadajících na 1000 nehod.

²⁸ <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>

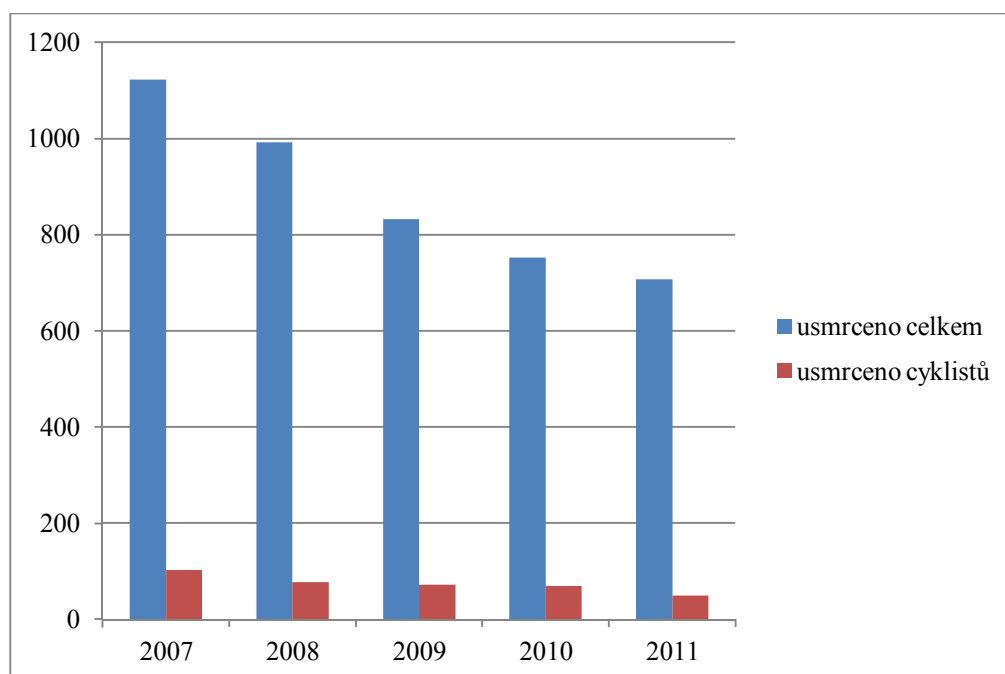


Graf č. 1 – Počet nehod zaviněných cyklisty v letech 2007 - 2011



Graf č. 2 – Koeficient závažnosti nehod

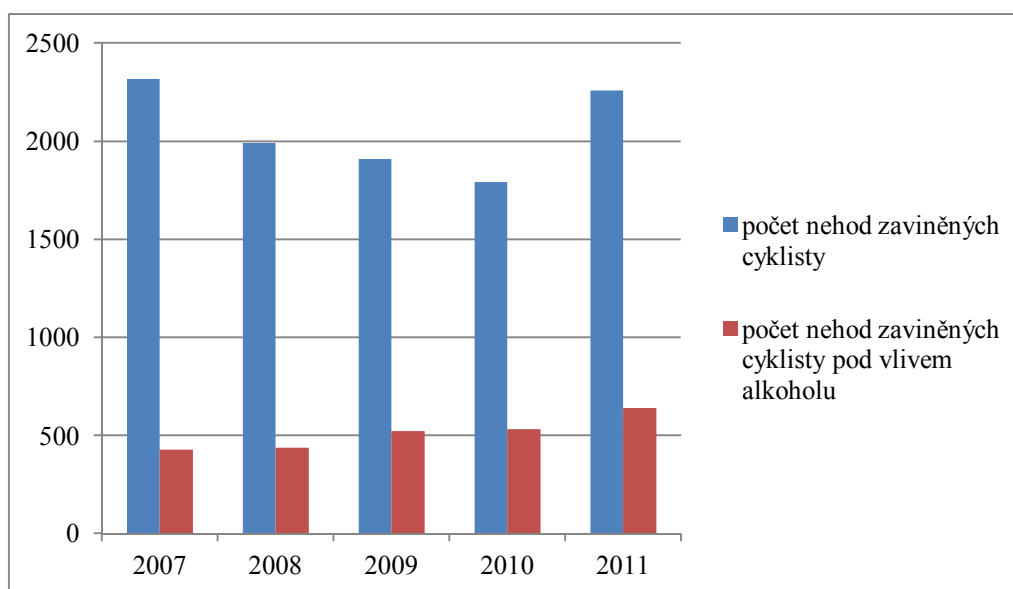
V grafu č. 3 je srovnání celkového počtu nehod končících úmrtím účastníka při nehodách za daný rok s počtem usmrcených cyklistů za daný rok v ČR. Dle statistiky nehodovosti s úmrtím účastníka je vidět, že má klesající tendenci i v počtu usmrcených cyklistů.



Graf č. 3 – Statistika nehodovosti s úmrtím účastníka

Velmi vysoké procento při těchto nehodách cyklistů tvoří jezdci bez přilby. Cyklisté stále podceňují nošení přileb i přesto, že podle zveřejňovaných údajů používáním cyklistických přileb klesá riziko poranění hlavy o 85%, riziko poranění mozku o 88%. Podle lékařů, může prudký úder do hlavy dospělého člověka zabít už při pádu v rychlosti 11 km/h, dítě i při nižší rychlosti²⁹. Je problém najít přesná čísla statistiky, při kolika nehodách končících úmrtím měli zúčastnění cyklisté přilby, ale podle odhadů nemá při těchto nehodách přilbu 90% cyklistů.

U cyklistů je velmi vysoké procento nehod zaviněných pod vlivem alkoholu, z grafu č. 4 je vidět, že počet nehod způsobených cyklisty v opilosti stále stoupá.



Graf č. 4 – Srovnání počtu nehod zaviněných cyklisty s počtem z toho pod vlivem alkoholu

²⁹ <http://www.cyklistikakrnov.com/Bezpecnost/bezpecne-na-silnicich.htm#NAKOLE-JEN-S-PRILBOU>

5 HMOTNOSTNÍ PARAMETRY JÍZDNÍCH KOL

Jízdní vlastnosti kol závisejí především na hmotnosti, momentech setrvačnosti a poloze těžiště.

5.1 HMOTNOST

*„Hmotnost je základní fyzikální veličina v soustavě SI jednotek. Charakterizuje základní vlastnost všech hmotných objektů, která se ve fyzikálních jevech projevuje setrvačností a vzájemným přitahováním hmotných objektů. Jednotkou hmotnosti je kilogram (kg) a podle normy ISO je kilogram hmotnost mezinárodního prototypu kilogramu, který je uložen v Mezinárodním úřadu pro míry a váhy v Sévres u Paříže. Prototyp vyrobila firma C. Longue v Paříži ze slitiny platiny a iridia (9:1). Druhá definice vychází z faktu, že kilogram je hmotnost 1 dm³ destilované vody při teplotě 20° C a normálním tlaku 101325,105 Pa. Měření hmotnosti se nazývá vážení.“*³⁰

5.2 MOMENT SETRVAČNOSTI

*„Moment setrvačnosti je fyzikální veličina, která vyjadřuje míru setrvačnosti tělesa při otáčivém pohybu. Velikost momentu setrvačnosti u tuhého tělesa závisí na rozložení hmotnosti v tělese vzhledem k poloze rotační osy. Čím dále od osy rotace je hmotnost v tělese rozložena, tím větší je moment setrvačnosti. Pro všechny rovnoběžné osy je moment setrvačnosti nejmenší k ose, která prochází těžištěm.“*³¹

5.3 TĚŽIŠTĚ

Těžiště je základní parametr ovlivňující jízdní vlastnosti jízdních kol. Podélná poloha určuje rozložení hmoty mezi přední a zadní kolo a to ovlivňuje především brzdění. Výšková poloha těžiště má vliv na stabilitu a platí, že čím je těžiště blíže k povrchu, po kterém jízdní kolo jede, tím je jízda stabilnější. Těžiště je bod, který se pohybuje, jako by v něm byla soustředěna veškerá hmotnost tělesa, je to výslednice všech tíhových sil působících v homogenním tíhovém poli na jednotlivé hmotné body tvořící dané těleso. Poloha těžiště

³⁰ http://www.e-automatizace.cz/ebooks/mmv/hmotnost/hmotnost_definice.htm

³¹ http://fyzika.ft.utb.cz/ucebni/fyzika2/lab/09moment_setrv.pdf

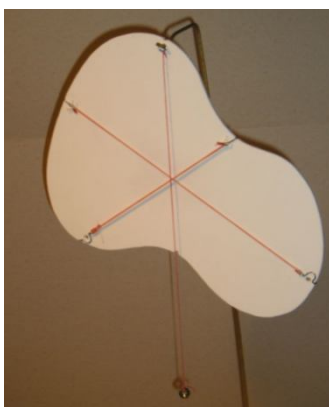
v tělese je dána rozložením látky v tělese a může ležet i mimo hmotu tělesa, např. prstenec, duté těleso.

5.3.1 Základní způsoby měření těžiště ³²

Polohu těžiště lze zjišťovat několika způsoby, zde jsou popsány známé metody.

Metoda postupného zavěšování

Polohu těžiště lze zjistit experimentálně *Obr. č. 25* tak, že se těleso postupně zavěsí za různé body a v průsečíku těžnic pak leží těžiště. Má-li být těleso zavěšeno nebo podepřeno v jednom bodě tak, aby tíhová síla byla vyrovnána, pak svislá těžnice musí procházet bodem závěsu nebo podepření. Při této metodě musí být měřené těleso ustáleno v klidové poloze. Tato metoda by byla vhodná ke zjištění těžiště jízdního kola bez cyklisty, s cyklistou by nebylo snadné najít vhodné body pro vážení tak, aby se jezdec na kole při měření udržel.



Obr. č. 25 – Metoda postupného zavěšování ³³

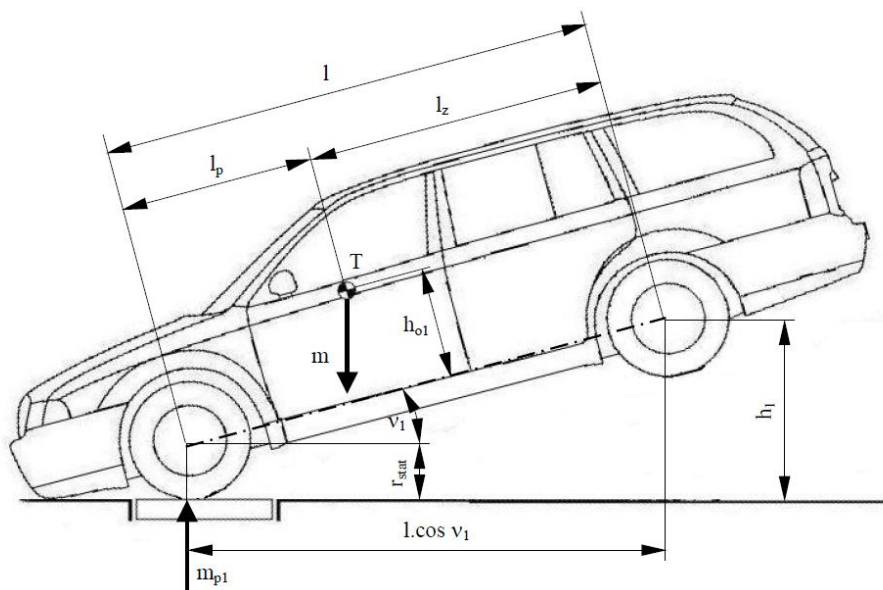
Metoda vážení objektu při naklání

Tato metoda se velice často používá ke zjištění výškové polohy těžiště automobilů *Obr. č. 26*. Princip spočívá v zavěšení objektu do určité výšky tak, že část měřeného objektu zůstává opřená o váhu spojenou s pevnou, rovnou plošinou. Ke zjištění polohy těžiště je zapotřebí znát celkovou hmotnost měřeného objektu. Při této metodě je možné i použití plošiny, u které musíme znát její vlastní polohu těžiště. Pod plošinou, na kterou se připevňuje měřený objekt, jsou umístěné váhy a měří se přírůstek hmotnosti v závislosti na úhlu sklonu

³² FERDA, T. *Měření výškové polohy těžiště vozidla*, str. 13-30

³³ http://fyzweb.cuni.cz/piskac/pokusy/deska_teziste/deska_teziste3.jpg

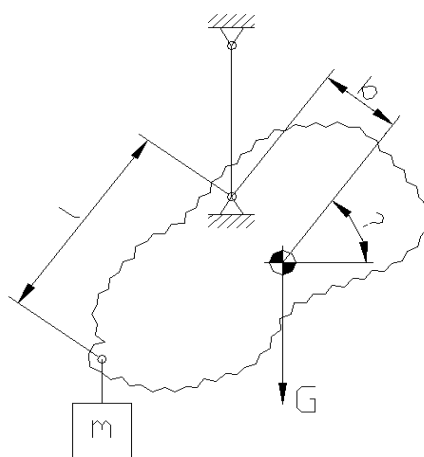
plošiny. Při výpočtech polohy těžiště se vychází z podmínky, že celkový moment sil působících na dané těleso vzhledem k těžišti musí být roven nule.



Obr. č. 26 – Měření těžiště osobního automobilu při naklánění na nápravu³⁴

Metoda zavěšení celého objektu se závažím

Při této metodě hledání polohy těžiště se celý objekt zavěsí za určitý bod a ve známé vzdálenosti od tohoto bodu se umístí na měřený objekt závaží o známé hmotnosti, pak se měří úhel naklonění Obr. 27. Tato metoda také vychází z podmínky rovnováhy momentů vzhledem k určitému bodu. Metoda zavěšení má oproti metodě vážení objektu při naklánění výhodu, že např. u automobilů eliminuje vliv odpružené hmoty a není nutno zamezovat pružení tlumičů.



Obr. č. 27 – Metoda zavěšení celého objektu se závažím

³⁴ VLK, F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel, str. 22

Metoda zjištění úhlu překlpení

Při zjišťování polohy těžiště metodou úhlu překlpení je zapotřebí předem znát podélnou polohu těžiště. Tu získáme výpočtem ze zatížení různých bodů objektu a jejich vzájemnou vzdáleností. Na kolmici protínající podélnou polohu těžiště leží celkové těžiště tělesa. Celé těleso se poté vyváží na hraně a vertikální rovina vycházející z bodu dotyku s podložkou prochází těžištěm. Příklad použití této metody je znázorněn na *Obr. 28.*, kde stačí po vyzvednutí vozidla hydraulickým jeřábem, k udržení na hranách pneumatik lidská síla. Poté co je těleso na hraně ustáleno se měří úhel naklonění od vodorovné podložky.



*Obr. č. 28 – Vyvážení vozidla na hranách pneumatik*³⁵

Měření polohy těžiště pomocí centrifugy³⁶

NASA chtěla vyřešit otázku, proč jsou automobily typu SUV, které mají výše položené těžiště a menší rozchod, náchylnější k nehodám, při kterých dojde k přetočení vozidla na střechnu. Navrhli proto dynamickou metodu, která by zjistila, jak ovlivňuje výšková poloha těžiště chování vozidla při průjezdu zatáčkou. Použito bylo vysokorychlostní centrifugy s plošinou navrženou k určení ztráty stability vozidla a měřila se při roztáčení velikost odstředivé síly, která zapříčiní převrácení automobilu a z těchto údajů je odvodila výšková poloha těžiště. Pro hodnocení vozidel byl stanoven známkovací systém nazvaný

³⁵ <http://www.jameshakewill.com/cg-height.pdf>

³⁶ <http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003/0212suv.html>

faktor statické stability, kde jedna hvězdička znamená vysokou pravděpodobnost převrácení a pět hvězdiček nízkou pravděpodobnost převrácení. Centrifuga dokáže udělit koncovému bodu ramene obvodovou rychlost až 320 km/h, protože se předpokládá, že u těchto zkoušek je potřeba působit na vozidlo boční silou větší než je jedno g.



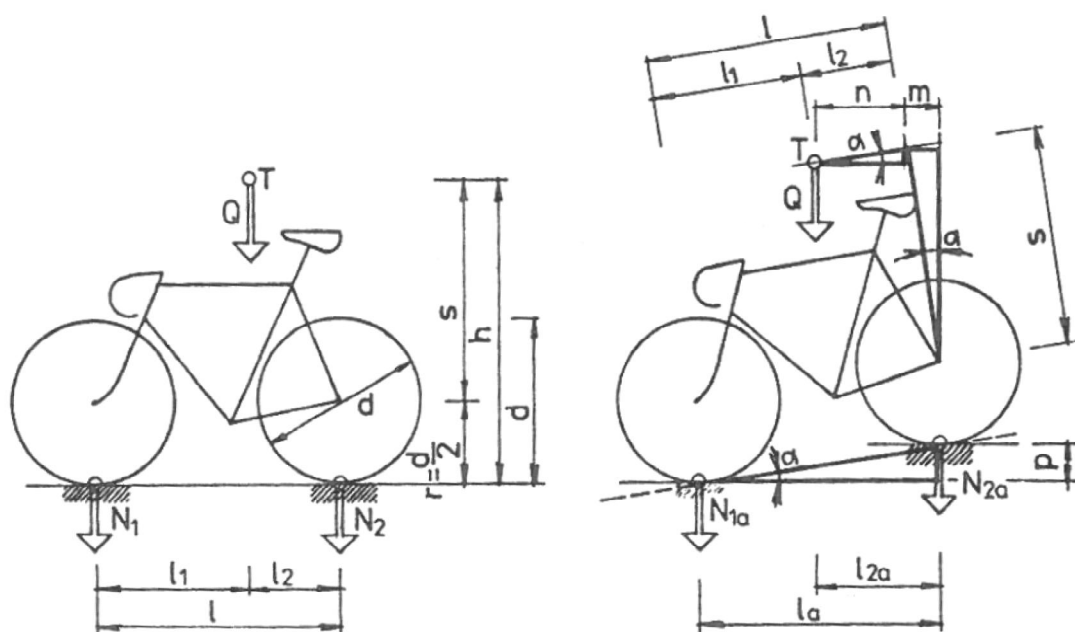
Obr. č. 29 – Umístění vozidla na centrifugu³⁷

³⁷ <http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003/0212suv.html>

6 VÝPOČET POLOHY TĚŽIŠTĚ U JÍZDNÍHO KOLA

Při zjišťování polohy těžiště u jízdních kol se vychází z metody naklápění uvedené v kapitole 5.3 na str. 30 Metoda vážení objektu při naklápění.

Při odvozování vzorce pro polohu těžiště jízdního kola se vychází momentových rovnic dle Obr. č. 30.



Obr. č. 30 – Měření polohy těžiště jízdního kola při naklápění na přední kolo³⁸

Podélná poloha těžiště

Nejprve se zjistí podélná poloha těžiště, kdy je potřeba znát váhu na jedno kolo. Tuto hodnotu získám osobní váhou umístěnou pod přední kolo. Měřený objekt musí být umístěn ve vodorovné poloze, aby byly naměřené hodnoty přesné.

Momentová rovnice k ose zadního kola:

(1)

Z rovnice (1) lze vyjádřit celkovou hmotnost na přední kolo ve vodorovné poloze N_1 a podélnou vzdálenost těžiště od osy zadního kola l_2 :

³⁸ CIBULA, K. *Mechanika jízdního kola*, str. 32

$$N_1 = \frac{Q \cdot l_2}{l} \quad (2)$$

$$l_2 = \frac{N_1 \cdot l}{Q} \quad (3)$$

Vzdálenost podélné polohy těžiště od předního kola, je upravena rovnicí (3):

$$l_1 = l - l_2 \quad (4)$$

$$l_1 = l - \frac{N_1 \cdot l}{Q} \quad (5)$$

Výšková poloha těžiště

Kolo s cyklistou se na měřicím zařízení zavěší za zadní kolo do určité výšky a měří se úhel naklonění α a váha připadající na přední kolo N_{1a} , pak se poloha těžiště zjistí výpočtem založeným na faktu, že při různé výšce zdvižení zadního kola se mění váha na předním kole.

Úhel zvednutí zadního kola:

$$\sin \alpha = \frac{p}{l} \quad (6)$$

V zavěšeném stavu platí následující statická rovnice rovnováhy momentů vzhledem k ose zadního kola:

$$N_{1a} \cdot l_a - Q \cdot l_{2a} = 0 \quad (7)$$

$$l_a = l \cdot \cos \alpha \quad (8)$$

$$l_{2a} = n + m \quad (9)$$

$$n = l_2 \cdot \cos \alpha \quad (10)$$

$$m = s \cdot \sin \alpha \quad (11)$$

Pomocí vztahů (8), (9), (10), (11) je upravena rovnice (7):

$$N_{1a} \cdot l \cdot \cos \alpha - Q \cdot (l_2 \cdot \cos \alpha + s \cdot \sin \alpha) = 0 \quad (12)$$

Z rovnice (12) se vyjádří hmotnost na předním kole v šikmé poloze N_{1a} :

$$N_{1a} = \frac{Q \cdot l_2 \cdot \cos \alpha}{l \cdot \cos \alpha} + \frac{Q \cdot l_2 \cdot \sin \alpha}{l \cdot \cos \alpha} \quad (13)$$

$$N_{1a} = \frac{Q \cdot l_2}{l} + \frac{Q \cdot s}{l} \cdot \tan \alpha \quad (14)$$

Ze vztahu (2) se upraví rovnice (14):

$$N_{1a} = N_1 + \frac{Q \cdot s}{l} \cdot \tan \alpha \quad (15)$$

Při zvedání zadního kola do výšky bude na předním kole nárůst hmotnosti o hodnotu:

$$\Delta N_1 = N_{1a} - N_1 \quad (16)$$

$$\Delta N_1 = \frac{Q \cdot s}{l} \cdot \tan \alpha \quad (17)$$

Výška těžiště od spojnice středů předního a zadního kola:

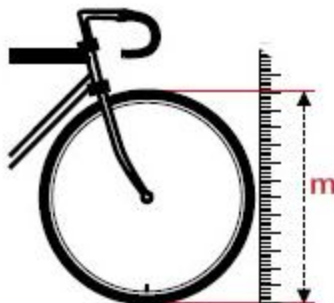
$$s = \frac{\Delta N_1}{Q} \cdot \frac{l}{\tan \alpha} \quad (18)$$

$$s = \frac{(N_{1a} - N_1) \cdot l}{Q \cdot \tan \alpha} \quad (19)$$

Výška těžiště od povrchu:

$$h = s + \frac{d}{2} \quad (20)$$

Průměry kola d jsou u nejpoužívanějších rozměrů plášťů uvedeny v *Tab. č. 3*. Pláště se podle evropského standardu ETRTO označují dvojicí čísel, z nichž první znamená šířku pláště a druhé znamená průměr ráfku, obojí v milimetrech, v tabulce jsou vzestupně seřazeny podle průměru ráfku. Pokud se při experimentu použije jízdní kolo s rozměrem plášťů jiným, než je uvedeno v tabulce, změří se průměr kola podle *Obr. č. 31*.



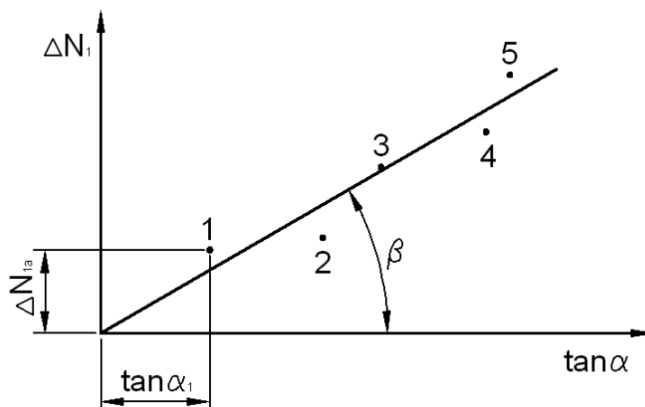
*Obr. č. 31 – Průměr kola*³⁹

³⁹ <http://www.cyklistikakrnov.com/image/obvod-kola-b.jpg>

ETRTO označení pláště	doplňkové označení	průměr <i>d</i> [m]
47-305	16x1.75x2	0.405
47-406	20x1.75x2	0.506
47-507	24x1.75x2	0.607
37-540	24x1 3/8 A	0.620
40-559	26x1.5	0.645
44-559	26x1.6	0.653
47-559	26x1.75x2	0.659
50-559	26x1.9	0.665
54-559	26x2.00	0.673
57-559	26x2.125	0.679
20-571	26x3/4	0.622
23-571	26x1	0.628
37-584	26x1 3/8x1 1/2	0.664
37-590	26x1 3/8	0.670
18-622	700x18C	0.669
20-622	700x20C	0.673
23-622	700x23C	0.679
25-622	700x25C	0.683
28-622	700x28C	0.684
32-622	700x32C	0.692
37-622	700x35C	0.702
40-622	28x1.5; 700x40C	0.708
47-622	28x1.75	0.722
28-630	27x1 1/4 Fifty	0.692
32-630	27x1 1/4	0.700
40-635	28x1 1/2	0.721

Tab. č. 3 – Průměry kola z označení plášťů

Při měření hmotnosti na předním kole a výšce zvednutí zadního kola může docházet k chybám, a proto je celé měření několikrát opakováno, ale s různými úhly zdvihnutí. Zjišťují se přírůstky hmotnosti ΔN_I v závislosti na zdvihnutí $\tan \alpha_1$.⁴⁰



Graf č. 5 – Minimalizace chyb vlivem měření⁴¹

$$\tan \beta = \frac{\Delta N_1}{\tan \alpha} \quad (21)$$

Výsledky měření se proloží přímkou, u které se zjistí směrnice, získáme jí upravením vztahu (18) a (21). Tato směrnice určuje kolmou vzdálenost těžiště od spojnice středů předního a zadního kola.

$$s = \frac{\Delta N_1}{Q} \cdot \frac{l}{\tan \alpha} = \frac{l}{Q} \cdot \tan \beta \quad (22)$$

Úhel α vyjádřený pomocí výšky p :

$$\cot \alpha = \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_1}}{\sin \alpha_1} = \frac{\sqrt{l^2 - p_1^2}}{p_1} \quad (23)$$

Okamžitá hodnota polohy těžiště od spojnice středů předního a zadního kola je tedy:

$$s_{1a} = \frac{\Delta N_{1a}}{N_1} \cdot \frac{l}{p_1} \cdot \sqrt{l^2 - p_1^2} \quad (24)$$

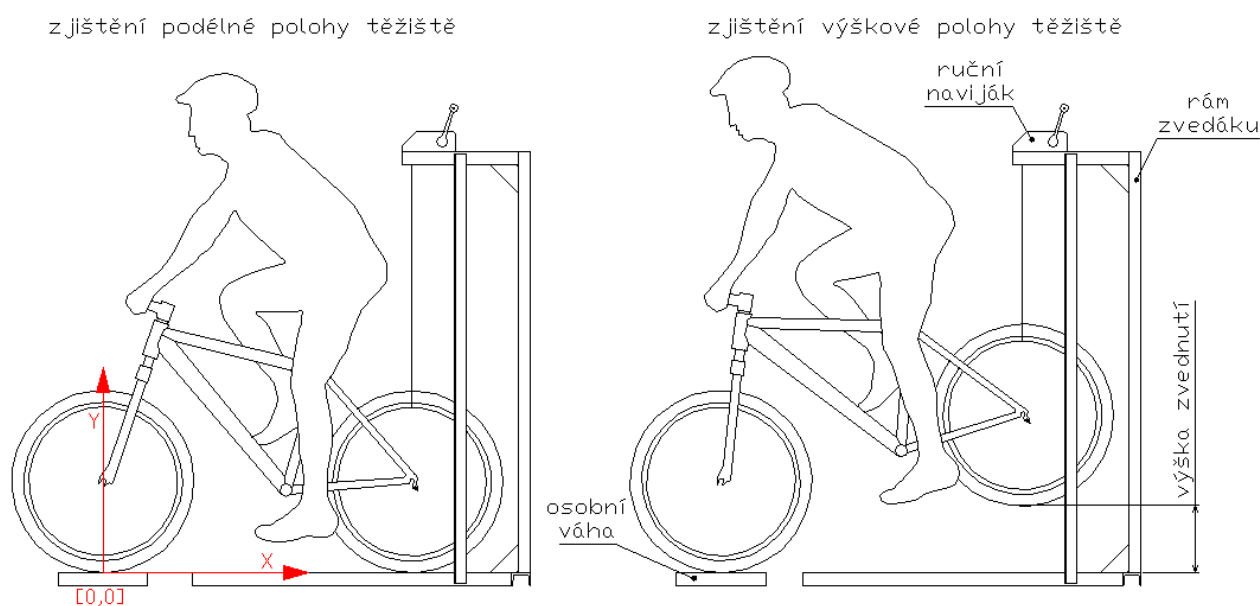
Pro toto měření se vytváří kontrolní diagram, kde na svislé ose jsou přírůstky hmotnosti na předním kole ΔN_I a na vodorovné ose jsou hodnoty $p_1 / \sqrt{l^2 - p_1^2}$

⁴⁰ VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*, str. 23

⁴¹ VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*, str. 23

7 NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ

Pro měření polohy těžiště jízdního kola se mi jeví z důvodů přesnosti měření a stability cyklisty při pokusu nejvhodnější metoda vážení při naklánění. Měření bude probíhat při naklánění na přední kolo, protože při naklánění na zadní kolo by docházelo k podvědomému vyrovnávání jezdce náklonu tím, že by se přibližoval k řídítkům a tak zkresloval údaje o poloze těžiště. Základní princip této metody je popsán v kapitole 6 Výpočet polohy těžiště u jízdního kola.



Obr. č. 32- Zařízení pro zjištění polohy těžiště jízdního kola s cyklistou

Části zařízení pro zjištění polohy těžiště a prostor, kde bude experiment probíhat:

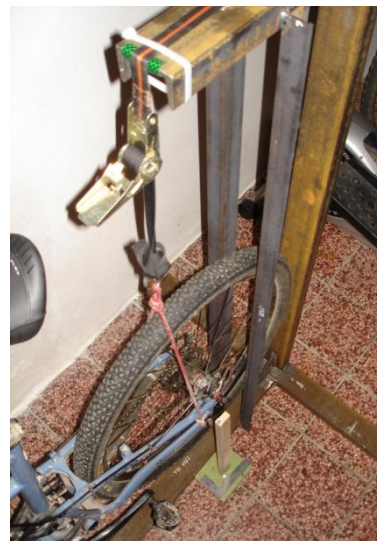
- váha - osobní analogová váha s nosností 120 kg a tolerancí měření 200 g
- zvedací zařízení – zařízení, kterým lze zvednout zadní kolo do potřebné výšky tak, aby nedošlo k ovlivnění hmotnosti cyklisty s kolem
- měřící místo - libovolná pevná plocha, na kterou lze umístit zvedací zařízení tak aby bylo ve vodorovné poloze a kde je prostor pro cyklistu s kolem a obsluhu

Zvedací zařízení Obr. č. 33 se sestává z rámu a zvedáku kola. Rám je ocelové konstrukce s vedením zadního kola pro zlepšení stability cyklisty při měření Obr. č. 34. Je svařen z profilů U65, tato konstrukce je díky použitým profilům předdimenzována, výrobní výkres je uveden v příloze. Jako zvedák zadního kola byl použit navijecí mechanismus tzv.

ráčna Obr. č. 35 s nosností 300 kg, ale zde by se pro snadnější manipulaci dalo použít lanového navijáku. Jízdní kolo je do zvedacího zařízení upnuto za spodní vzpěry zadní stavby Obr. č. 34.



Obr. č. 33 – Zvedací zařízení



Obr. č. 34

Upevnění a vedení zadního kola



Obr. č. 35 – Navíjecí mechanismus

8 EXPERIMENT

U hledání polohy těžiště jízdního kola s cyklistou budu uvažovat, že jde o symetrické těleso a tak se příčná poloha těžiště nachází na podélné ose tělesa. Počátek souřadnic, od kterých určuji polohu těžiště, se nachází pod osou rotace předního kola v místě dotyku pláště s váhou *Obr. č. 32*.

Měřené veličiny při experimentu:

- d [m] průměr kola
- l [m] vzdálenost os předního a zadního kola
- Q [kg] celková hmotnost cyklisty s kolem
- N_0 [kg] hmotnost na předním kole ve vodorovné poloze
- N_{ia} [kg] hmotnost na předním kole v šikmé poloze při i -tém opakování ($i=5$)
- p [m] výška zvednutí zadního kola

Podélná poloha těžiště je počítána dle rovnice (5) a výšková dle rovnic (6) na str. 35, (20) str. 36, (21), (22) str. 38. Aby nedocházelo k chybám, je u výškové polohy těžiště měření opakováno pětkrát, vždy pro různý úhel zvednutí zadního kola, tyto hodnoty jsou pak vneseny do grafu minimalizace chyb měření *Graf č. 5*. K výpočtům je použit program Mathcad a pro graf minimalizace chyb měření je použit Microsoft Excel.

Výška zvednutí zadního kola se měří pomocí měřicího pásma, které je pro snadnější manipulaci upraveno, aby nebylo potřeba odměřovat navíc kolmost na vodorovnou plochu. Průměr kola se určí podle *Tab. č. 3* a vzdálenost os předního a zadního kola pomocí svinovacího metru. Během měření zjišťujeme potřebné hmotnosti pomocí osobní váhy.

Cyklista se při ztrátě rovnováhy na měřícím zařízení může z jedné strany opřít o zeď a z druhé o přistavěné štafle, ze kterých je i snadnější nasedání na kolo, ale při samotném odměřování hodnot se cyklista o nic neopírá a je volně ve stabilní poloze. Při každém přizvednutí ráčnou je potřeba zadní kolo nadlehčit, ale toto by řešil již zmiňovaný lanový naviják.

8.1 POSTUP VÝPOČTU PRO KONKRÉTNÍ MĚŘENÍ

V této kapitole je popsán celkový postup výpočtu pro zjištění výškové polohy těžiště metodou vážení při naklánění pro konkrétní měření. Tento měřený cyklista s jízdním kolem je popsán v *Tab. č. 4.* Stejný postup, který je v této kapitole uveden, je aplikován na všechny měření a v příloze, na konci práce, jsou pro jednotlivá měření zpracovány protokoly s veškerými vstupními údaji a výsledky. Výpočty jsou prováděny podle kapitoly 6 Výpočet polohy těžiště u jízdního kola na str. 34-38 v počítačovém programu Mathcad a pro všechny měření jsou uvedeny v příloze k diplomové práci na datovém nosiči CD-R.

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	horské – trail
hmotnost [kg]	85	číslo rámu	GH5D6241
výška [m]	1.83	hmotnost [kg]	13
poznámka	-	výška sedla [m]	0.78
		rozvor [m]	1.12
		průměr kola [m]	0.69

Tab. č. 4 – Základní údaje o měřeném objektu

měření	p [m]	N [kg]
0	0	36.5
1	0.1	41.5
2	0.15	45.5
3	0.2	49
4	0.25	51
5	0.3	53

Tab. č. 5 – Naměřené veličiny



Obr. č. 36 - Měřený objekt

1. Určení celkové hmotnosti cyklisty s kolem:

$$Q = m_{\text{cyklisty}} + m_{\text{kola}} = 85 + 13 = 98 \text{ kg}$$

2. Výpočet podélné polohy těžiště

$$l_1 = l - \frac{N_0 \cdot l}{Q} = 1.12 - \frac{36.5 - 1.12}{98} = 0.703 \text{ m}$$

3. Úhly zvednutí zadního kola

v jednotlivých polohách:

$$\alpha_1 = \text{asin} \cdot \frac{p_1}{l} = \text{asin} \cdot \frac{0.1}{1.12} = 0.089 \text{ rad}$$

$$\alpha_2 = \text{asin} \cdot \frac{p_2}{l} = \text{asin} \cdot \frac{0.15}{1.12} = 0.134 \text{ rad}$$

$$\alpha_3 = \text{asin} \cdot \frac{p_3}{l} = \text{asin} \cdot \frac{0.2}{1.12} = 0.18 \text{ rad}$$

$$\alpha_4 = \text{asin} \cdot \frac{p_4}{l} = \text{asin} \cdot \frac{0.25}{1.12} = 0.225 \text{ rad}$$

$$\alpha_5 = \text{asin} \cdot \frac{p_5}{l} = \text{asin} \cdot \frac{0.3}{1.12} = 0.271 \text{ rad}$$

4. Přepočet úhlů z rad na stupně:

$$\alpha_1 = \alpha_1 \cdot \frac{\pi}{180} = 0.089 \cdot \frac{\pi}{180} = 5.123^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha_2 \cdot \frac{\pi}{180} = 0.134 \cdot \frac{\pi}{180} = 7.697^\circ$$

$$\alpha_3 = \alpha_3 \cdot \frac{\pi}{180} = 0.18 \cdot \frac{\pi}{180} = 10.28^\circ$$

$$\alpha_4 = \alpha_4 \cdot \frac{\pi}{180} = 0.225 \cdot \frac{\pi}{180} = 12.89^\circ$$

$$\alpha_5 = \alpha_5 \cdot \frac{\pi}{180} = 0.271 \cdot \frac{\pi}{180} = 15.53^\circ$$

5. Výpočet vzdáleností těžiště od spojnice středů předního a zadního kola v jednotlivých polohách zvednutí zadního kola:

$$s_1 = \frac{N_{1a} - N_0}{Q \cdot \tan \alpha_1} \cdot l = \frac{41.5 - 36.5}{98 \cdot \tan 0.089} \cdot 1.12 = 0.637 \text{ m}$$

$$s_2 = \frac{N_{2a} - N_0}{Q \cdot \tan \alpha_2} \cdot l = \frac{45.5 - 36.5}{98 \cdot \tan 0.134} \cdot 1.12 = 0.761 \text{ m}$$

$$s_3 = \frac{N_{3a} - N_0}{Q \cdot \tan \alpha_3} \cdot l = \frac{49 - 36.5}{98 \cdot \tan 0.18} \cdot 1.12 = 0.787 \text{ m}$$

$$s_4 = \frac{N_{4a} - N_0}{Q \cdot \tan \alpha_4} \cdot l = \frac{51 - 36.5}{98 \cdot \tan 0.225} \cdot 1.12 = 0.724 \text{ m}$$

$$s_5 = \frac{N_{5a} - N_0}{Q \cdot \tan \alpha_5} \cdot l = \frac{53 - 36.5}{98 \cdot \tan 0.271} \cdot 1.12 = 0.678 \text{ m}$$

6. Výškové polohy těžiště v jednotlivých polohách zvednutí zadního kola:

$$h_1 = s_1 + \frac{d}{2} = 0.673 + \frac{0.69}{2} = 0.982 \text{ m}$$

$$h_2 = s_2 + \frac{d}{2} = 0.761 + \frac{0.69}{2} = 1.106 \text{ m}$$

$$h_3 = s_3 + \frac{d}{2} = 0.787 + \frac{0.69}{2} = 1.132 \text{ m}$$

$$h_4 = s_4 + \frac{d}{2} = 0.724 + \frac{0.69}{2} = 1.069 \text{ m}$$

$$h_5 = s_5 + \frac{d}{2} = 0.678 + \frac{0.69}{2} = 1.023 \text{ m}$$

7. Výšková poloha těžiště s minimalizací chyb měření:

$$\beta_1 = \operatorname{atan} \frac{N_{1a} - N_0}{\tan \alpha_1} = \operatorname{atan} \frac{41.5 - 36.5}{0.09} = 1.553 \text{ rad}$$

$$\beta_2 = \operatorname{atan} \frac{N_{2a} - N_0}{\tan \alpha_2} = \operatorname{atan} \frac{45.5 - 36.5}{0.135} = 1.556 \text{ rad}$$

$$\beta_3 = \operatorname{atan} \frac{N_{3a} - N_0}{\tan \alpha_3} = \operatorname{atan} \frac{49 - 36.5}{0.181} = 1.556 \text{ rad}$$

$$\beta_4 = \operatorname{atan} \frac{N_{4a} - N_0}{\tan \alpha_4} = \operatorname{atan} \frac{51 - 36.5}{0.229} = 1.555 \text{ rad}$$

$$\beta_5 = \operatorname{atan} \frac{N_{5a} - N_0}{\tan \alpha_5} = \operatorname{atan} \frac{53 - 36.5}{0.278} = 1.554 \text{ rad}$$

$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5}{5} = \frac{1.553 + 1.556 + 1.556 + 1.555 + 1.554}{5} = 1.555 \text{ rad}$$

$$\beta = \beta \cdot \frac{\pi}{180} = 1.555 \cdot \frac{\pi}{180} = 89.082^\circ$$

$$s = \frac{l \cdot \tan \beta}{Q} = \frac{1.12 \cdot \tan 1.555}{98} = 0.713 \text{ m}$$

$$h = s + \frac{d}{2} = 0.713 + \frac{0.69}{2} = 1.058 \text{ m}$$

8. Graf minimalizace chyb vlivem měření:

Jedná se o lineární přímku proloženou naměřenými hodnotami v grafu závislosti přírůstku hmotnosti na $\tan$ úhlu zdvihnutí zadního kola.

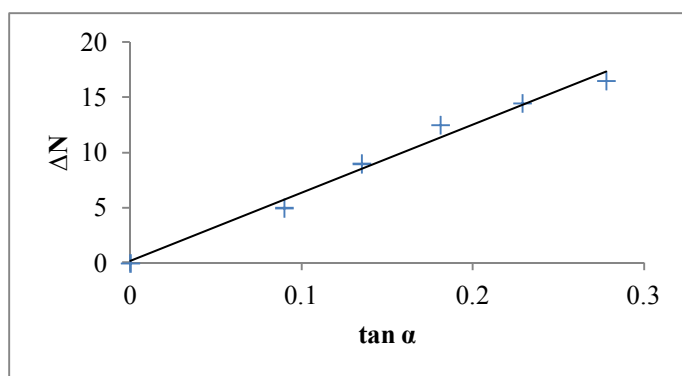
$$\Delta N_1 = N_1 - N_0 = 41.5 - 36.5 = 5 \text{ kg} \qquad \tan \alpha_1 = \tan 0.089 = 0.09$$

$$\Delta N_2 = N_2 - N_0 = 45.5 - 36.5 = 9 \text{ kg} \qquad \tan \alpha_2 = \tan 0.134 = 0.135$$

$$\Delta N_3 = N_3 - N_0 = 49 - 36.5 = 12.5 \text{ kg} \qquad \tan \alpha_3 = \tan 0.18 = 0.181$$

$$\Delta N_4 = N_4 - N_0 = 51 - 36.5 = 14.5 \text{ kg} \qquad \tan \alpha_4 = \tan 0.225 = 0.229$$

$$\Delta N_5 = N_5 - N_0 = 53 - 36.5 = 16.5 \text{ kg} \qquad \tan \alpha_5 = \tan 0.271 = 0.278$$



Graf č. 6 - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

9. Výsledná poloha těžiště po zaokrouhlení:

podélná poloha $l_1 = 0.70 \text{ m}$

výšková poloha $h = 1.06 \text{ m}$

zavedené značení **T [0,70 ; 1,06]**

Pro zjištění celkové výškové polohy těžiště cyklisty na kole by stačilo pro jednotlivé polohy zvednutí zadního kola spočítat úhel β_i , který je pak aritmeticky zprůměrován. Polohy těžiště h_i pro jednotlivá měření jsou počítána pouze k číselnému porovnání odchylek měření.

8.2 PREZENTACE VÝSLEDKŮ

V této kapitole jsou shrnuty základní údaje o cyklistech, jízdních kolech a jejich polohách těžiště ze všech měření do jedné tabulky. V poznámce *Tab. č. 6* je uvedeno, jestli cyklista vezl náklad, případně na jakém místě nebo zda jel ve stoje. Pokud by znalec určoval hodnotu pro polohu těžiště cyklisty, může ji podle parametrů cyklisty a jízdního kola v této tabulce vyhledat.

Číslo měření	Cyklista			Jízdní kolo					Poznámka	Těžiště	
	pohlaví	hmotnost [kg]	výška [m]	typ	hmotnost [kg]	rozvor [m]	výška sedla [m]	Ø kola [m]		podélná poloha [m]	výšková poloha [m]
1	muž	85	1.83	horské – trail	13	1.12	0.78	0.69	-	0.70	1.06
2	muž	85	1.83	horské – trail	13	1.12	0.78	0.69	ve stoje	0.50	1.07
3	muž	85	1.83	horské – trail	13	1.12	0.78	0.69	batoh na zádech 5 kg	0.70	1.15
4	muž	85	1.83	horské – trail	13	1.12	0.78	0.69	batoh na zádech 10 kg	0.71	1.22
5	muž	85	1.83	horské – trail	13	1.12	0.78	0.69	batoh na zádech 10 kg, ve stoje	0.51	1.15
6	muž	85	1.83	upravené silniční	11	1.03	0.78	0.70	-	0.60	1.06
7	muž	78	1.76	silniční	12	1.01	0.77	0.679	-	0.60	1.02
8	žena	56	1.64	městské	14	1.04	0.71	0.695	-	0.61	1.11
9	žena	56	1.64	městské	14	1.04	0.71	0.695	zadní nosič 10 kg	0.70	1.05
10	žena	56	1.64	městské	14	1.04	0.71	0.695	zadní nosič 15 kg	0.71	1.05
11	muž	104	1.89	horské	14	1.10	0.79	0.673	-	0.67	1.08

Číslo měření	Cyklista			Jízdní kolo					Poznámka	Těžiště	
	pohlaví	hmotnost [kg]	výška [m]	typ	hmotnost [kg]	rozvor [m]	výška sedla [m]	Ø kola [m]		podélná poloha [m]	výšková poloha [m]
12	muž	78	1.76	horské	11.5	1.10	0.76	0.675	-	0.69	0.97
13	muž	78	1.76	skládací	14.5	0.96	0.69	0.506	-	0.61	0.77
14	muž	78	1.76	městské	16	1.06	0.72	0.607	-	0.67	0.91
15	muž	78	1.76	cross	13	1.055	0.77	0.702	-	0.61	0.85
16	muž	54	1.64	horské	13	1.06	0.66	0.665	-	0.62	0.71
17	-	-	-	horské – trail	13	1.12	0.78	0.69	samotné kolo	0.56	0.44
18	žena	65	1.77	městské	15	1.18	0.685	0.715	-	0.69	0.88
19	žena	65	1.77	městské	15	1.18	0.685	0.715	přední nosič 5 kg	0.65	0.88
20	žena	33	1.33	dětské	10	0.85	0.48	0.505	-	0.47	0.81
21	muž	45	1.50	dětské	12.5	0.985	0.545	0.605	-	0.57	0.60
22	muž	78	1.76	bmx	14.5	0.95	0.49	0.52	-	0.61	0.62

Tab. č. 6 – Prezentace výsledků ze všech měření

8.1 ANALÝZA VÝSLEDKŮ

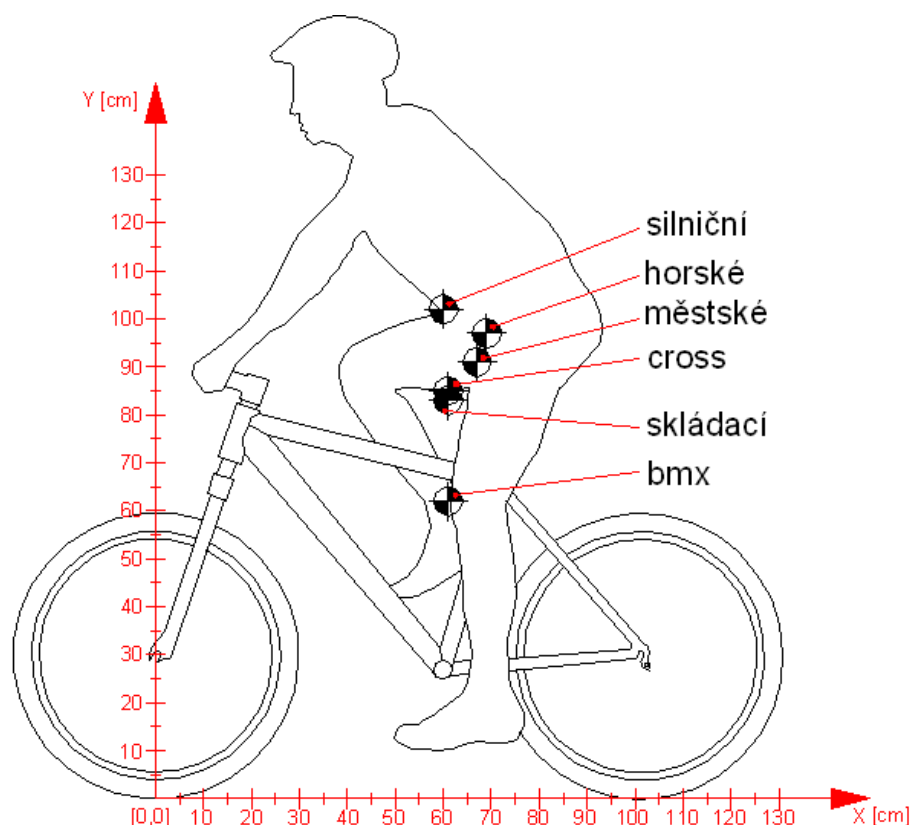
Jednotlivá měření jsou volena tak, aby bylo možné výsledky polohy těžiště vzájemně porovnat s ohledem na využití při znalecké činnosti. Průměrná aritmetická hodnota polohy těžiště ze všech měření (nezapočítáno měření č. 17: bez cyklisty – samotné kolo) má hodnotu $T_{\text{prům}} [0,63 ; 0,95]$. Pro zpřesnění polohy těžiště u konkrétního cyklisty může znalec přihlédnout k následujícím kapitolám změn polohy těžiště v závislosti na typu jízdního kola, hmotnosti a výšce cyklisty, zda jel cyklista vsedě nebo ve stoje nebo zda cyklista převážel náklad.

8.1.1 Změna polohy těžiště v závislosti na typu jízdního kola

U stejného cyklisty byla zjišťována poloha těžiště s jízdním kolem na co nejvíce typech kol. Cyklista je muž průměrného vzrůstu 1,76 m a průměrné hmotnosti 78 kg. V tomto experimentu se porovnává, jak se mění poloha těžiště v závislosti na typu jízdního kola.



Obr. č. 37 – Cyklista při měření polohy těžiště na různých typech jízdních kol



Graf č. 7 - Porovnání polohy těžiště stejného cyklisty na různých typech jízdních kol⁴²

Z naměřených hodnot je patrné, že podélná poloha těžiště stejného cyklisty se na různých typech jízdních kol liší jenom minimálně, zásadní rozdíl nastává u výškové polohy těžiště. U provedených měření byly hodnoty polohy těžiště v rozmezí pro podélnou polohu od 0,60 m u silničního kola do 0,69 m u horského kola, pro výškovou polohu od 0,62 m u bmx kola, které ale slouží primárně k provozu na speciálně upravených tratích, do 1,02 m u silničního kola. Největší vliv má výškovou polohu má nastavení výšky sedla a vzdálenost šlapacího středu od povrchu vozovky. Průměrná poloha těžiště u tohoto konkrétního cyklisty na různých jízdních kolech byla zjištěna $T [0,63 ; 0,87]$.

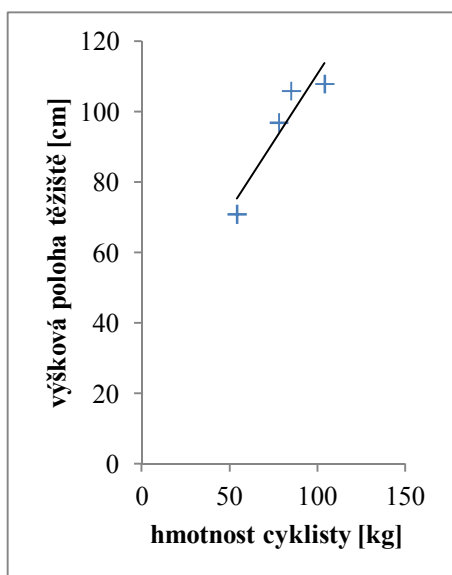
8.1.2 Změna polohy těžiště v závislosti na hmotnosti a výšce cyklisty

U stejného typu kola, v tomto případě horského, byla porovnávána závislost změny těžiště na hmotnosti cyklisty a výšce cyklisty.

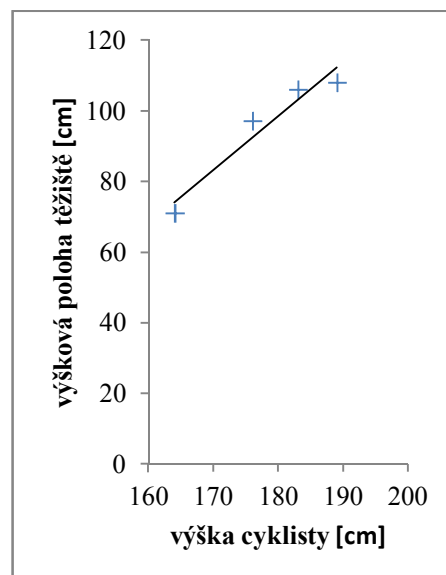
⁴² Pozn.: Obrázek v grafu je pouze ilustrativní, velikost cyklisty, poloha jeho posedu a velikost kola neodpovídá všem měřeným skutečnostem. Odpovídající jsou hodnoty vzdáleností těžiště od počátku souřadného systému.



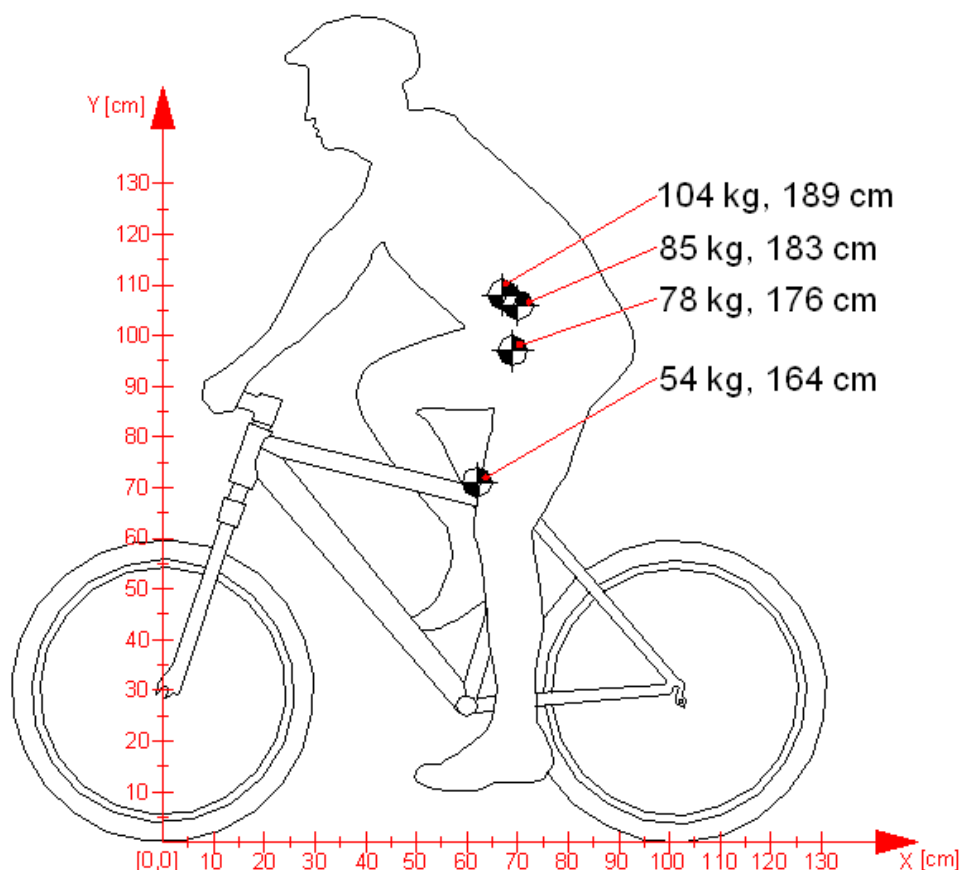
Obr. č. 38 – Výškově a hmotnostně rozdílní cyklisté při měření polohy těžiště na stejném typu jízdního kola



Graf č. 8 - Závislost změny výškové polohy na hmotnosti cyklisty



Graf č. 9 - Závislost změny výškové polohy na výšce cyklisty



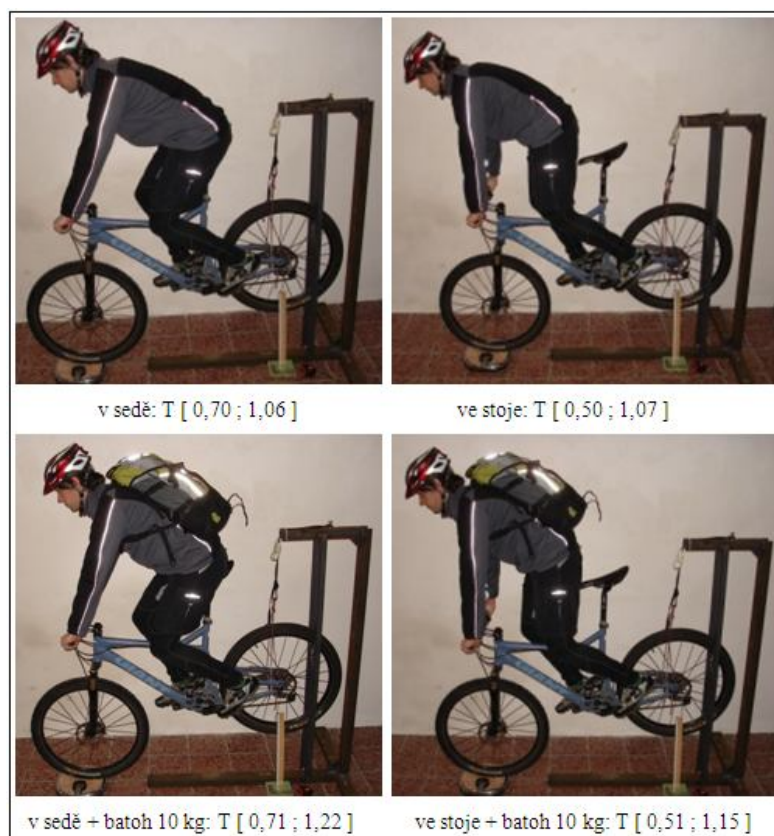
Graf č. 10 - Porovnání polohy těžiště různých cyklistů na stejném typu jízdního kola⁴³

Rozdílné výšky a hmotnosti cyklistů nemají na podélnou polohu těžiště, která u měřených objektů vyšla v malém rozmezí od 0,62 m do 0,70 m, zásadní vliv. Výšková poloha těžiště se mění spíše v závislosti na vzrůstu cyklisty s použitou velikostí rámu jízdního kola. Pro určení výškové polohy lze podle výšky a hmotnosti cyklisty vycházet z Grafu č. 7 a 8.

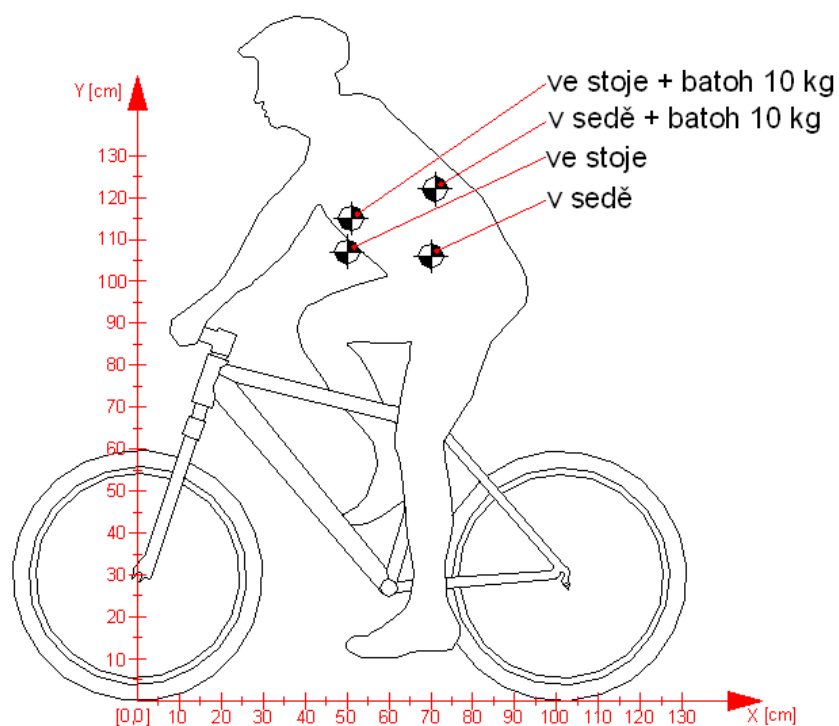
8.1.3 Změna polohy těžiště při jízdě ve stoje

Protože zejména při jízdě do kopce mění cyklisté polohu těla do pozice jízdy ve stoje, je v této kapitole porovnávána změna polohy těžiště ve srovnání s cyklistou jedoucím vsedě.

⁴³ Pozn.: Obrázek v grafu je pouze ilustrativní, velikost cyklisty, poloha jeho posedu a velikost kola neodpovídá všem měřeným skutečnostem. Odpovídající jsou hodnoty vzdáleností těžiště od počátku souřadného systému.



Obr. č. 39 – Měření změny polohy těžiště při jízdě ve stoje



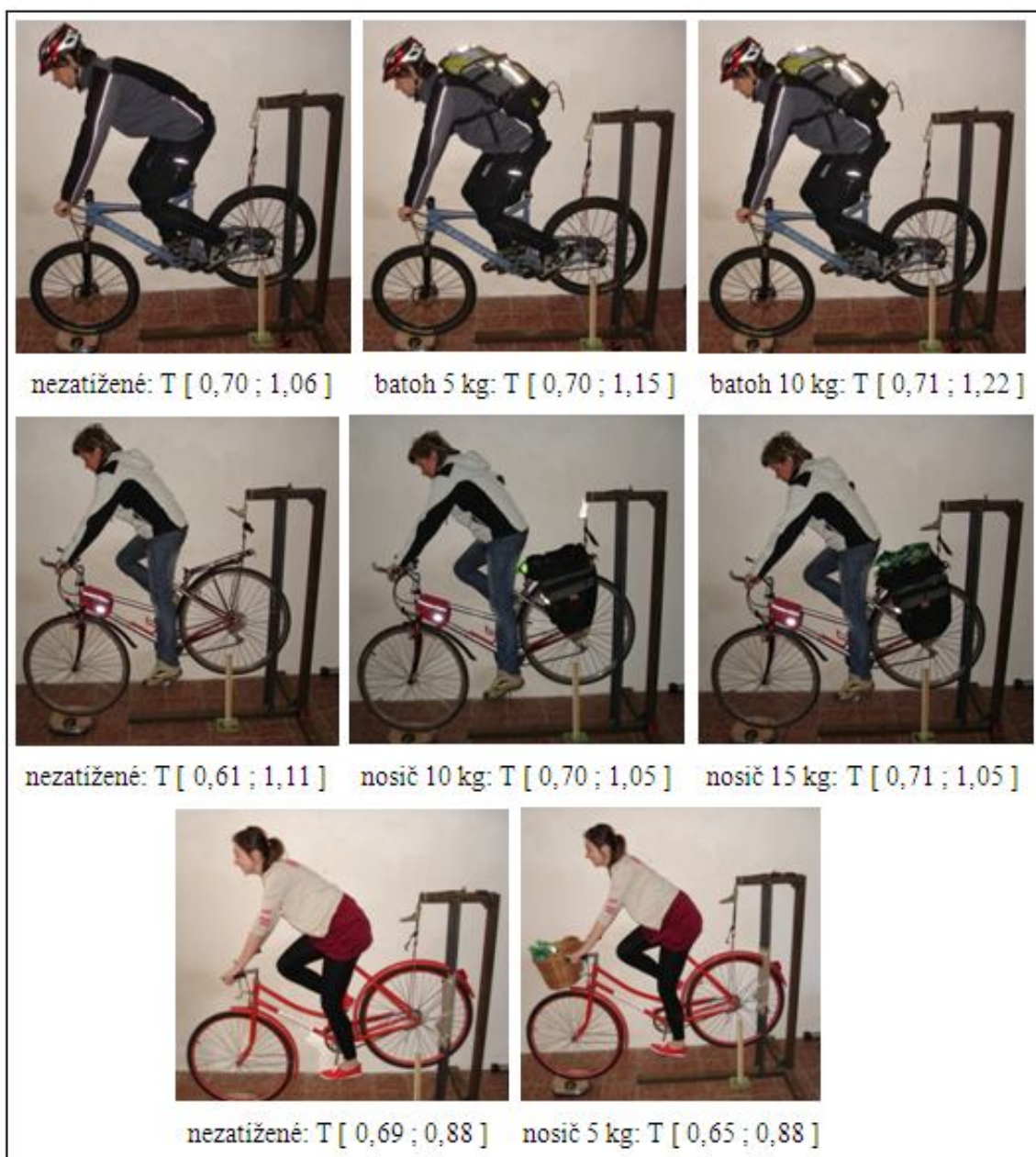
Graf. č. 11 – Porovnání polohy těžiště cyklisty při jízdě vsedě, a při jízdě ve stoje⁴⁴

⁴⁴ Pozn.: Obrázek v grafu je pouze ilustrativní, velikost cyklisty, poloha jeho posedu a velikost kola neodpovídá všem měřeným skutečnostem. Odpovídající jsou hodnoty vzdáleností těžiště od počátku souřadného systému.

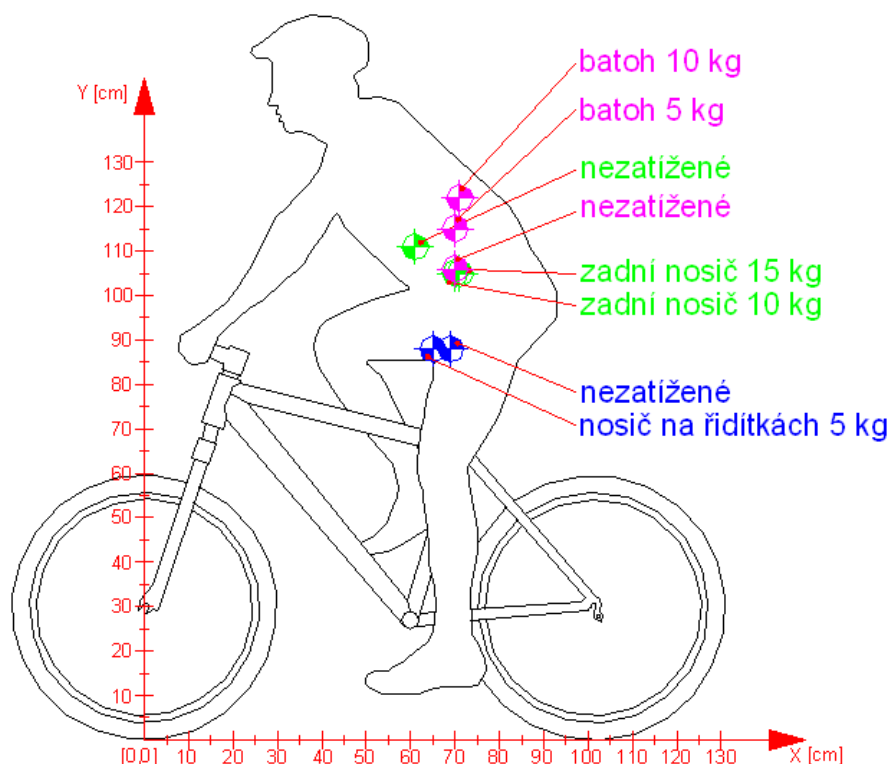
Ke změně dochází především v podélné poloze těžiště, která se při zvednutí cyklisty ze sedla posune přibližně o 20 cm směrem k řídítkům kola. Výšková poloha zůstává při změně polohy cyklisty na podobné hodnotě, dle fotografie z měření je zřejmé, že úhel držení těla se skoro nezmění, pouze dojde k přiblížení rukou k trupu.

8.1.4 Změna polohy těžiště při převážení nákladu

Mnoho lidí používá jízdní kolo např. na nákupy nebo k delším výletům, proto je v této kapitole sledována změna polohy těžiště při převážení nákladu umístěného na řídítkách, zadním nosiči a batohu na zádech cyklisty vzhledem k nezatíženému stavem.



Obr. č. 40 – Měření změny polohy těžiště při různém zatížení nákladem



Graf č. 11 – Porovnání polohy těžiště cyklistů při převážení nákladu ⁴⁵

Shrnutí:

- U převážení nákladu v batohu na zádech zůstává podélná poloha těžiště na podobné hodnotě, jakou má stejný cyklista bez nákladu. S rostoucí hmotností batohu se výšková poloha těžiště zvyšuje přibližně o 2 cm na 1 kg nákladu oproti nezatíženému stavu.
- Při používání zadního nosiče k převážení nákladu, se poloha těžiště posune oproti nezatíženému stavu v podélné poloze dozadu přibližně o 10 cm a výšková se přiblíží vozovce přibližně o 5 cm.
- Při použití cyklistických brašen a košíků určených pro montáž na řídítka se podélná poloha těžiště posunula o malou hodnotu a výšková zůstala stejná. Protože na tomto místě lze převážet náklady s hmotností vyšší než 5 kg obtížně, může se tato změna polohy těžiště zanedbat.

⁴⁵ Pozn.: Obrázek v grafu je pouze ilustrativní, velikost cyklisty, poloha jeho posedu a velikost kola neodpovídá všem měřeným skutečnostem. Odpovídající jsou hodnoty vzdáleností těžiště od počátku souřadného systému.

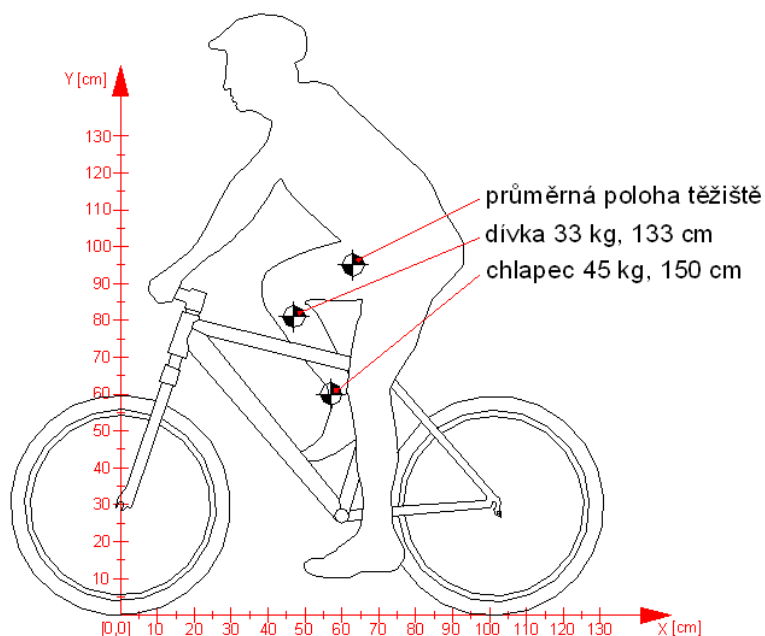
8.1.5 Poloha těžiště dětských cyklistů

V tomto měření se zjišťovalo, o jakou hodnotu se změní poloha těžiště dětských cyklistů proti poloze těžiště vycházející z aritmetického průměru všech měření $T_{\text{prům}}$. Jízdní kola pro děti se označují podle velikostí ráfků uváděných v palcích:

- kola pro nejmenší děti - 12", 14", 16"
- kola pro starší děti - 18", 20"
- kola juniorská - 24"



Obr. č. 41 – Měření polohy těžiště dětských cyklistů



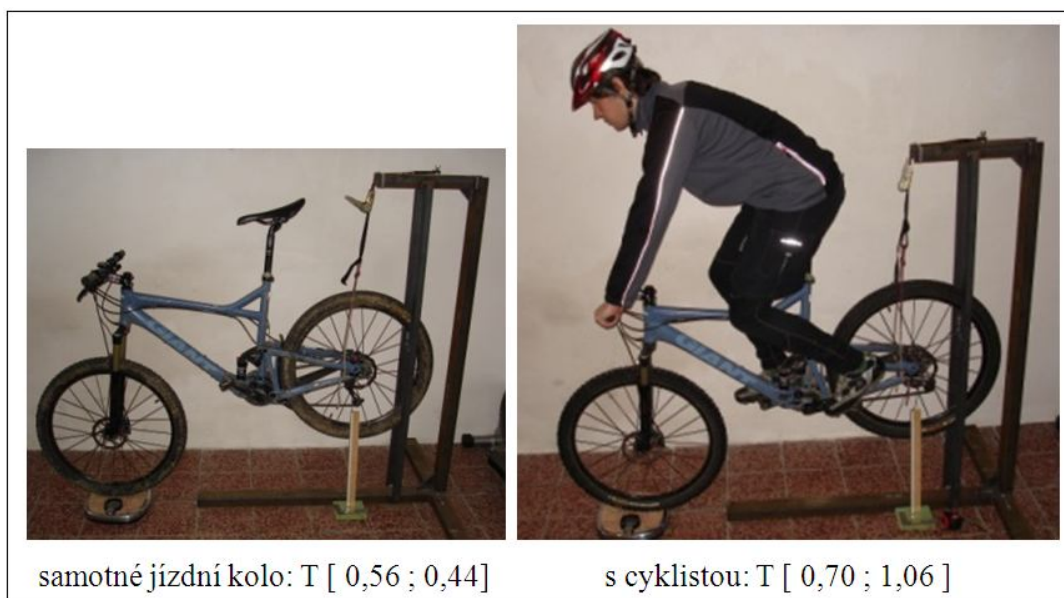
Graf č. 12 – Porovnání polohy těžiště dětských cyklistů s průměrnou polohou těžiště⁴⁶

⁴⁶ Pozn.: Obrázek v grafu je pouze ilustrativní, velikost cyklisty, poloha jeho posedu a velikost kola neodpovídá všem měřeným skutečnostem. Odpovídající jsou hodnoty vzdáleností těžiště od počátku souřadného systému.

Poloha těžiště dětského cyklisty má ve srovnání s průměrnou polohou $T_{\text{prům}} [0,63 ; 0,95]$ nižší hodnoty. V případě měření polohy těžiště u chlapce (ráfky 24“) došlo ke zkreslení hodnot nesprávným nastavením výšky sedla.

8.1.6 Porovnání polohy těžiště samotného jízdního kola s polohou těžiště jízdního kola obsazeného cyklistou

Změna polohy těžiště při nasednutí cyklisty ve srovnání s polohou těžiště samotného jízdního kola je pro znaleckou činnost nevýznamná a slouží pouze informativně.



Obr. č. 42 – Porovnání polohy těžiště samotného a obsazeného jízdního kola

Poloha těžiště samotného kola se po nasednutí cyklisty změní v podélné poloze o 14 cm a výškové poloze o 62 cm.

ZÁVĚR

Úkolem této diplomové práce bylo provést měření polohy těžiště jízdních kol. Protože polohu těžiště cyklisty ovlivňuje především typ jízdního kola, je na začátku práce jejich rozdělení do kategorií. Dalším krokem byla volba vhodné metody pro určení polohy těžiště, aby zjištěné hodnoty co nejlépe odpovídaly skutečnosti a aby byla zajištěna stabilita měřeného cyklisty. U hledání polohy těžiště jízdního kola s cyklistou se v této práci uvažuje, že jde o symetrické těleso a tak se příčná poloha těžiště nachází na podélné ose tělesa, pro zjištění podélné a výškové polohy byla vybrána metoda vážení při naklánění. Tato metoda se mi pro zjištění polohy těžiště jízdního kola s cyklistou zdála nejvhodnější z důvodů snadného provedení měření, bezpečnosti cyklisty při pokusu a přesných výstupních hodnot. Princip spočívá v zavěšení bicyklu s cyklistou do určité výšky tak, že jedno kolo zůstává opřené o váhu, která je umístěná na pevné, rovné plošině. Postup výpočtu je založen na podmínce, že při zdvižení zadního kola o určitou výšku se změní silové poměry v místě dotyku kol oproti silovým poměrům zjištěných ve vodorovné poloze. Aby nedocházelo k chybám, zjišťovaly se pro měření každého cyklisty hodnoty hmotnosti na předním kole, které jsou potřebné pro určení výškové polohy těžiště, pro 5 různých úhlů zdvihnutí zadního kola. Tyto výsledky se poté proložily přímkou, u které se zjistila směrnice a následně se z ní vypočítala průměrná hodnota výškové polohy těžiště. Tento výpočet byl prováděn v programu Mathcad, kde ke zjištění výsledné polohy těžiště u měřeného objektu stačí zadat rozvor kola, celkovou hmotnost, průměr kol, výšky zvednutí zadního kola a hmotnosti na předním kole. Ke zvednutí kola, lepší manipulaci a stabilitě cyklisty bylo navrženo a zkonstruováno jednoduché zvedací zařízení.

Cyklisté v kombinaci s různými typy jízdních kol byli v experimentu voleni tak, aby byly zastoupeny všechny skupiny cyklistů, které je možné potkávat na komunikacích v běžném provozu a aby bylo možné výsledky polohy těžiště vzájemně porovnat s ohledem na využití při znalecké činnosti. Znalec může při určování polohy těžiště cyklisty vycházet z konkrétních hodnot uvedených v *Tab. č. 6 – Presentace výsledků ze všech měření*, pokud by objekt, u kterého se určuje poloha těžiště, měl stejné nebo podobné parametry jako některé z uvedených měření. Dále znalec může vycházet z průměrné hodnoty polohy těžiště $T_{\text{prům}} [0,63 ; 0,95]$, u které dle svého uvážení a s přihlédnutím na kapitoly 8.1.1 až 8.1.6 změny polohy těžiště v závislosti na různých aspektech ještě může tuto hodnotu přibližovat skutečnosti.

Pro další pokračování v této práci by bylo dobré doplnit tabulku *Tab. č. 6* o další měření, aby znalec mohl svůj posuzovaný objekt srovnávat s více parametricky podobnými objekty, které jsou v tabulce doplněné o hodnoty polohy těžiště. Dále by tato práce mohla směřovat k porovnávání zjištěných hodnot s některými počítačovými programy, jako je např. PC-Crash.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

LITERATURA

- [1] BARONI, F. *Bicykl: historie, mýty, posedlost*. 1. vyd. Čestlice : REBO, 2011. 303 s. ISBN: 978-80-255-0459-8.
- [2] CIBULA, K. *Mechanika jízdního kola*. Vyd. 2. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN: 80-01-03016-4.
- [3] FERDA, T. *Měření výškové polohy těžiště vozidla*. Brno, VUT-FSI., 2010, 97s.
- [4] VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství vlk, 2001. ISBN: 80-238-6573-0.

INTERNETOVÉ ZDROJE

- [5] *Azub* [online]. Taox [cit. 2011-12-18]. Dostupné z <<http://www.azub.cz/lezate-kolo-lehokolo-azub-max/>>.
- [6] *Bezpečně na silnicích* [online]. daniel.rychta@seznam.cz [cit. 2012-02-13]. Dostupné z <<http://www.cyklistikakrnov.com/Bezpecnost/bezpecne-na-silnicich.htm#NAKOLE-JEN-S-PRILBOU>>.
- [7] *Definice hmotnosti* [online]. [cit. 2012-05-17]. Dostupné z <http://www.e-automatizace.cz/ebooks/mmv/hmotnost/hmotnost_definice.htm>.
- [8] *Deník* [online]. © VLTAVA-LABE-PRESS, a.s., 2005 - 2012, [cit. 2011-12-27]. Dostupné z <http://www.denik.cz/z_domova/kontroly-cyklistu-pritvrdi20110717.html>.
- [9] *Dráhová kola* [online]. All-Biz Ltd [cit. 2011-12-16]. Dostupné z <http://www.cz.all.biz/zoom_item.php?oid=40231>.

- [10] *D&T SPORT* [online]. © 2006–2010 D&T SPORT [cit. 2011-12-18]. Dostupné z http://www.dt-sport.com/e-shop/img_produkty/velke/big-bang--d9-c9-t9-r9-bike_1199981943.jpg.
- [11] *FyzWeb* [online]. Apache/2.2.16 [cit. 2012-01-13]. Dostupné z http://fyzweb.cuni.cz/piskac/pokusy/deska_teziste/deska_teziste3.jpg.
- [12] *Giant bicycles* [online]. Giant Manufacturing Co. Ltd [cit. 2011-12-16]. Dostupné z <http://www.giant-bicycles.com/cs-cz/bike-finder/men/>.
- [13] *Glouny* [online]. 2008 MIRI [cit. 2011-12-11]. Dostupné z <http://www.glouny.cz/dejepis/aktivity/webby/kvarta/jirkovska/Velociped.html>.
- [14] *Kola cykloshop* [online]. Redenge 2008 [cit. 2011-05-21]. Dostupné z <http://www.kola-cykloshop.cz/html/jak-si-spravne-vybrat-kolo-24.html>
- [15] *NASA Takes the Family Car Out for a Spin TABLE OF CONTENTS* [online]. Page Editor: Jim Wilson [cit. 2012-01-20]. Dostupné z <http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003/0212suv.html>.
- [16] *Nastavení obvodu jízdního kola* [online]. daniel.rychta@seznam.cz [cit. 2012-01-25]. Dostupné z <http://www.cyklistikakrnov.com/image/obvod-kola-b.jpg>.
- [17] *Measuring center of gravity height on a Formula Car* [online]. james@jameshakewill.com [cit. 2012-01-20]. Dostupné z <http://www.jameshakewill.com/cg-height.pdf>.
- [18] *Mesicek Kangaroo* [online]. jim@jimlanglely.net [cit. 2011-12-11]. Dostupné z <http://www.jimlanglely.net/ride/kangaroo.htm>.
- [19] *Moment setrvačnosti* [online]. [cit. 2012-02-17]. Dostupné z http://fyzika.ft.utb.cz/ucebni/fyzika2/lab/09moment_setrv.pdf.
- [20] *Museo Campionissimi* [online]. Apache/2.2.9 [cit. 2011-12-11]. Dostupné z <http://old.dlf.it/accordi/MuseoCampionissimi/draisina.jpg>.

- [21] *Peoples collection wales* [online]. Casgliad y Werin Cymru [cit. 2011-12-11]. Dostupné z <<http://www.peoplescollectionwales.co.uk/item/102-boneshaker-make-unknown-1869>>.
- [22] *Policie ČR* [online]. © 2010 Policie ČR [cit. 2012-01-09]. Dostupné z <<http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>>.
- [23] *Science & Society* [online]. 20/20 Software [cit. 2011-12-11]. Dostupné z <<http://www.scienceandsociety.co.uk/results.asp?txtkeys1=B,+J+F>>.
- [24] *Skládací kola* [online]. contents ©2012 [cit. 2011-12-18]. Dostupné z <http://www.skladacikola.com/62_0,Skladaci-kola.html>.
- [25] *Vintage bicycle* [online]. Blog at WordPress.com [cit. 2011-12-11]. Dostupné z <<http://vintagebicycle.wordpress.com/2010/09/16/the-rover-safety-bicycle-1887/>>.
- [26] *Zákony ČR* [online]. © 2004 - 2011 Arnet On Line, a.s. [cit. 2011-12-27]. Dostupné z <<http://www.zakonycr.cz/seznamy/361-2000-sb-zakon-o-provozu-na-pozemnich-komunikacich-a-o-zmenach-nekterych-zakonu.html>>.

SEZNAM POUŽITÝCH JEDNOTEK

d	[m]	průměr kola
h	[m]	vzdálenost těžiště od povrchu
l	[m]	rozvor jízdního kola
l_1	[m]	vodorovná vzdálenost těžiště od osy předního kola
l_2	[m]	vodorovná vzdálenost těžiště od osy zadního kola
l_{2a}	[m]	vzdálenost těžiště od osy zadního kola v šikmé poloze
l_a	[m]	vodorovná vzdálenost os předního a zadního kolo v šikmé poloze
n	[m]	výpočetní vzdálenost měnicí se s úhlem naklopení
N_1	[kg]	hmotnost na předním kole ve vodorovné poloze
N_2	[kg]	hmotnost na zadním kole ve vodorovné poloze
N_{1a}	[kg]	hmotnost na předním kole v šikmé poloze
N_{2a}	[kg]	hmotnost na zadním kole v šikmé poloze
m	[m]	výpočetní vzdálenost měnicí se s úhlem naklopení
p	[m]	výška zvednutí zadního kola
Q	[kg]	celková hmotnost cyklisty s kolem
s	[m]	vzdálenost těžiště od spojnice středů předního a zadního kola
s_{1a}	[m]	okamžitá hodnota polohy těžiště od spojnice středů předního a zadního kola
α	[°]	úhel naklonění jízdního kola s cyklistou

SEZNAM PŘÍLOH

- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 1
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 2
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 3
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 4
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 5
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 6
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 7
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 8
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 9
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 10
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 11
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 12
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 13
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 14
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 15
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 16
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 17
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 18
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 19
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 20
- Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 21

Protokol o měření polohy těžiště jízdního kolo – číslo měření 22

Zvedák – výrobní výkres

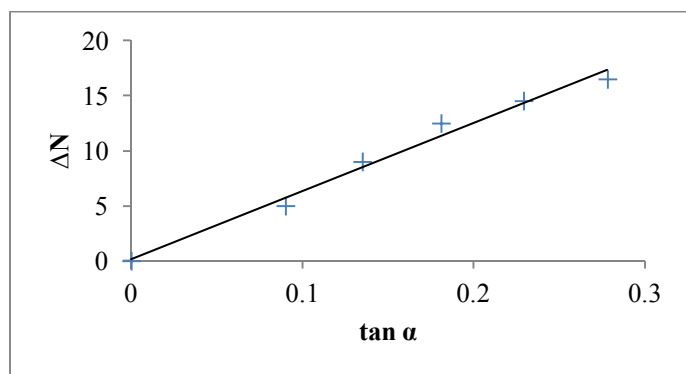
PŘÍLOHY

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 1

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	horské kolo – trail
hmotnost [kg]	85	číslo rámu	GH5D6241
výška [m]	1.83	hmotnost [kg]	13
poznámka	-	výška sedla [m]	0.78
		rozvor [m]	1.12
		průměr kola [m]	0.69

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	36.5	0	-	-	0
1	0.1	41.5	5	0.64	0.98	5.1
2	0.15	45.5	9	0.76	1.11	7.7
3	0.2	49	12.5	0.79	1.13	10.3
4	0.25	51	14.5	0.72	1.07	12.9
5	0.3	53	16.5	0.68	1.02	15.5



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 89.08^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.70$ m

Výšková poloha: $h = 1.06$ m



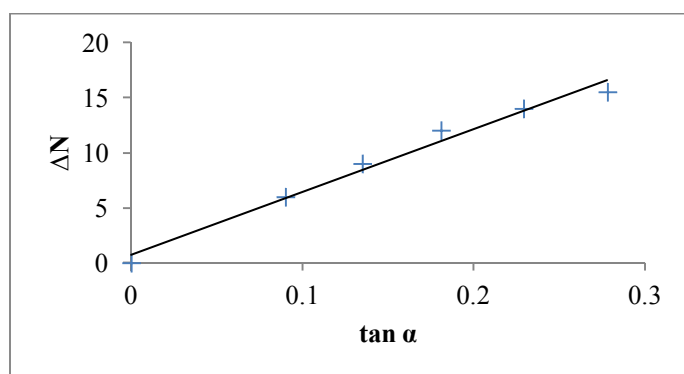
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 2

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	horské kolo – trail
hmotnost [kg]	85	číslo rámu	GH5D6241
výška [m]	1.83	hmotnost [kg]	13
poznámka	ve stoje	výška sedla [m]	0.78
		rozvor [m]	1.12
		průměr kola [m]	0.69

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	54	0	-	-	0
1	0.1	60	6	0.77	1.11	5.1
2	0.15	63	9	0.76	1.11	7.7
3	0.2	66	12	0.76	1.10	10.3
4	0.25	68	14	0.70	1.04	12.9
5	0.3	69.5	15.5	0.64	0.98	15.5



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 89.09^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.50 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 1.07 \text{ m}$



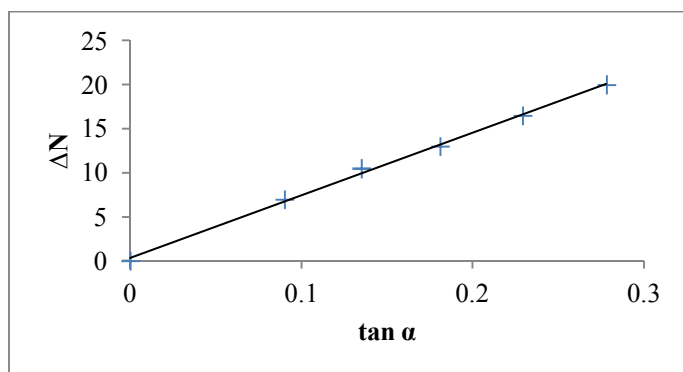
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 3

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	horské kolo – trail
hmotnost [kg]	85	číslo rámu	GH5D6241
výška [m]	1.83	hmotnost [kg]	13
poznámka	batoh na zádech 5 kg	výška sedla [m]	0.78
		rozvor [m]	1.12
		průměr kola [m]	0.69

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	39	0	-	-	0
1	0.1	46	7	0.85	1.19	5.1
2	0.15	49.5	10.5	0.85	1.19	7.7
3	0.2	52	13	0.78	1.12	10.3
4	0.25	55.5	16.5	0.78	1.13	12.9
5	0.3	59	20	0.78	1.13	15.5



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 89.23^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.70$ m

Výšková poloha: $h = 1.15$ m



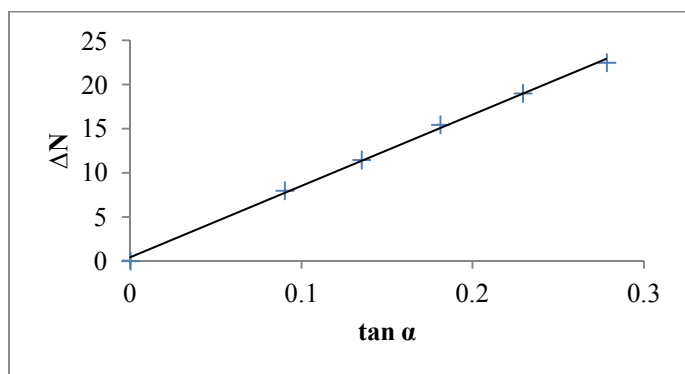
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 4

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	horské kolo – trail
hmotnost [kg]	85	číslo rámu	GH5D6241
výška [m]	1.83	hmotnost [kg]	13
poznámka	batoh na zádech 10 kg	výška sedla [m]	0.78
		rozvor [m]	1.12
		průměr kola [m]	0.69

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	40	0	-	-	0
1	0.1	48	8	0.93	1.27	5.1
2	0.15	51.5	11.5	0.88	1.23	7.7
3	0.2	55.5	15.5	0.89	1.23	10.3
4	0.25	59	19	0.86	1.21	12.9
5	0.3	62.5	22.5	0.84	1.18	15.5



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 89.32^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.71 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 1.22 \text{ m}$



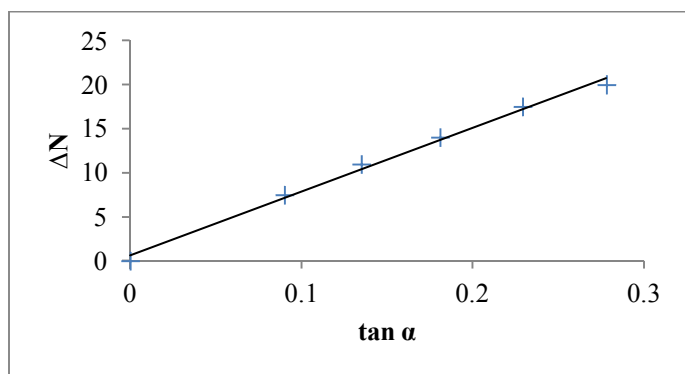
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 5

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	horské kolo – trail
hmotnost [kg]	85	číslo rámu	GH5D6241
výška [m]	1.83	hmotnost [kg]	13
poznámka	batoh na zádech 10 kg ve stoje	výška sedla [m]	0.78
		rozvor [m]	1.12
		průměr kola [m]	0.69

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	59	0	-	-	0
1	0.1	66.5	7.5	0.87	1.21	5.1
2	0.15	70	11	0.84	1.19	7.7
3	0.2	73	14	0.80	1.15	10.3
4	0.25	76.5	17.5	0.79	1.14	12.9
5	0.3	79	20	0.75	1.09	15.5



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 89.27^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.51 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 1.15 \text{ m}$



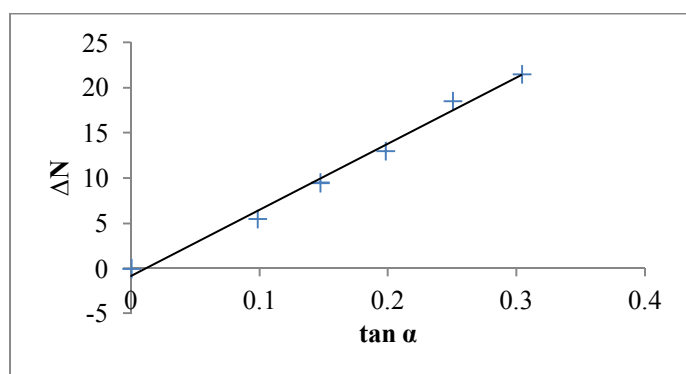
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 6

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	upravené silniční kolo
hmotnost [kg]	85	číslo rámu	S7050073
výška [m]	1.83	hmotnost [kg]	11
poznámka	-	výška sedla [m]	0.78
		rozvor [m]	1.03
		průměr kola [m]	0.70

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	40.5	0	-	-	0
1	0.1	46	5.5	0.61	0.96	5.6
2	0.15	50	9.5	0.69	1.04	8.4
3	0.2	53.5	13	0.71	1.06	11.2
4	0.25	59	18.5	0.79	1.14	14.0
5	0.3	62	21.5	0.76	1.11	16.9



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 89.13^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.60 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 1.06 \text{ m}$



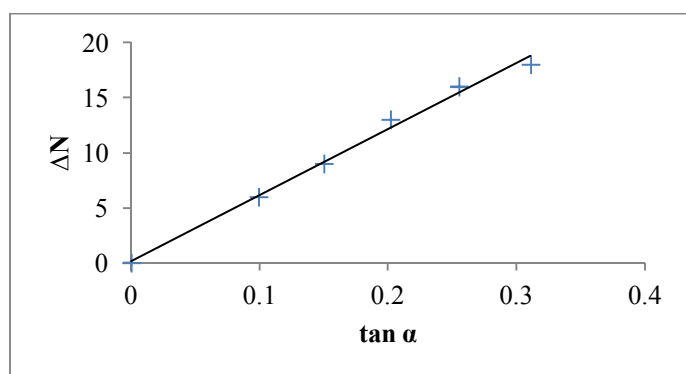
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 7

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	silniční kolo
hmotnost [kg]	78	číslo rámu	AC8IO4241W
výška [m]	1.76	hmotnost [kg]	12
poznámka	-	výška sedla [m]	0.77
		rozvor [m]	1.01
		průměr kola [m]	0.679

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	37	0	-	-	0
1	0.1	43	6	0.68	1.02	5.7
2	0.15	46	9	0.67	1.01	8.5
3	0.2	50	13	0.72	1.06	11.4
4	0.25	53	16	0.70	1.04	14.3
5	0.3	55	18	0.65	0.99	17.3



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 89.06^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.60$ m

Výšková poloha: $h = 1.02$ m



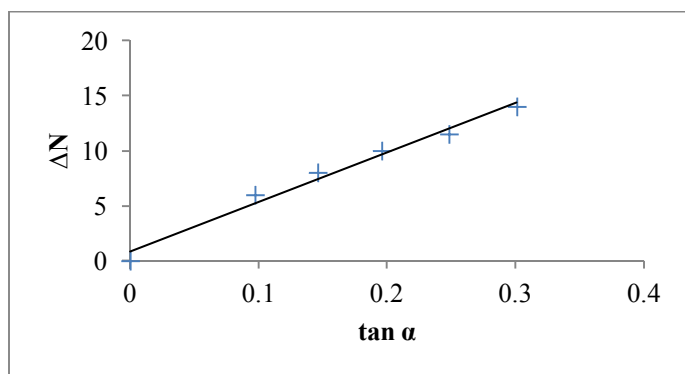
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 8

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	žena	typ	městské kolo
hmotnost [kg]	56	číslo rámu	HH215036
výška [m]	1.64	hmotnost [kg]	14
poznámka	-	výška sedla [m]	0.71
		rozvor [m]	1.04
		průměr kola [m]	0.695

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	29	0	-	-	0
1	0.1	35	6	0.92	1.27	5.5
2	0.15	37	8	0.82	1.16	8.3
3	0.2	39	10	0.76	1.11	11.1
4	0.25	40.5	11.5	0.69	1.04	13.9
5	0.3	43	14	0.69	1.04	16.8



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 88.89^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.61 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 1.11 \text{ m}$



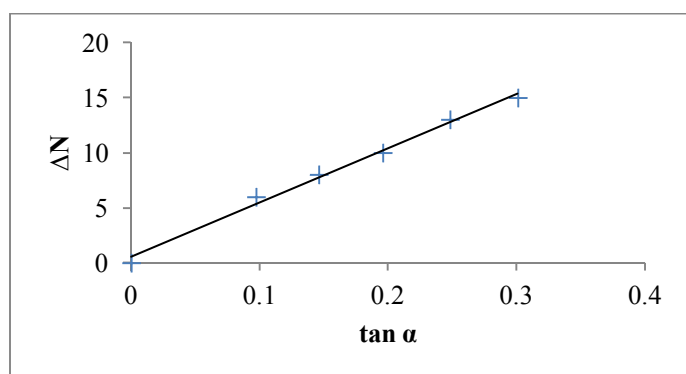
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 9

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	žena	typ	městské kolo
hmotnost [kg]	56	číslo rámu	HH215036
výška [m]	1.64	hmotnost [kg]	14
poznámka	zatíženo na zadním nosiči 10 kg	výška sedla [m]	0.71
		rozvor [m]	1.04
		průměr kola [m]	0.695

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	30	0	-	-	0
1	0.1	36	6	0.81	1.12	5.5
2	0.15	38	8	0.71	1.06	8.3
3	0.2	40	10	0.66	1.01	11.1
4	0.25	43	13	0.68	1.03	13.9
5	0.3	45	15	0.65	1.00	16.8



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 88.93^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.70$ m

Výšková poloha: $h = 1.05$ m



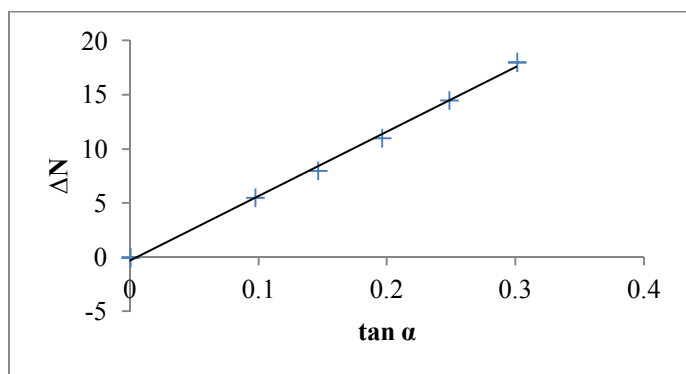
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 10

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	žena	typ	městské kolo
hmotnost [kg]	56	číslo rámu	HH215036
výška [m]	1.64	hmotnost [kg]	14
poznámka	zatíženo na zadním nosiči 15 kg	výška sedla [m]	0.71
		rozvor [m]	1.04
		průměr kola [m]	0.695

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	27	0	-	-	0
1	0.1	32.5	5.5	0.70	1.04	5.5
2	0.15	35	8	0.67	1.02	8.3
3	0.2	38	11	0.69	1.03	11.1
4	0.25	41.5	14.5	0.72	1.06	13.9
5	0.3	45	18	0.73	1.08	16.8



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 89.00^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.71 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 1.05 \text{ m}$



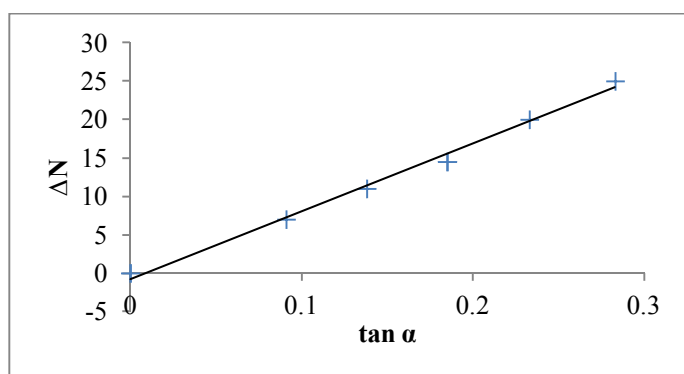
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 11

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	horské kolo
hmotnost [kg]	104	číslo rámu	M07538
výška [m]	1.89	hmotnost [kg]	14
poznámka	-	výška sedla [m]	0.79
		rozvor [m]	1.10
		průměr kola [m]	0.673

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	46	0	-	-	0
1	0.1	53	7	0.72	1.05	5.2
2	0.15	57	11	0.75	1.08	7.8
3	0.2	60.5	14.5	0.73	1.07	10.5
4	0.25	66	20	0.78	1.14	13.1
5	0.3	71	25	0.82	1.16	15.8



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 89.30^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.67 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 1.08 \text{ m}$



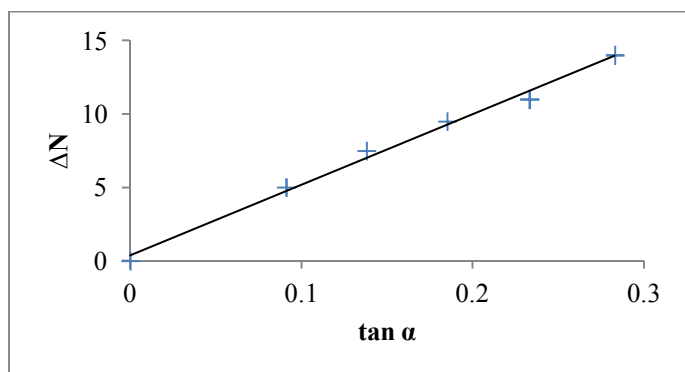
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 12

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	horské kolo
hmotnost [kg]	78	číslo rámu	FDRC03051
výška [m]	1.76	hmotnost [kg]	11.5
poznámka	-	výška sedla [m]	0.76
		rozvor [m]	1.10
		průměr kola [m]	0.675

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	33	0	-	-	0
1	0.1	38	5	0.67	1.01	5.2
2	0.15	40.5	7.5	0.67	1.01	7.8
3	0.2	42.5	9.5	0.63	0.97	10.5
4	0.25	44	11	0.58	0.92	13.1
5	0.3	47	14	0.61	0.94	15.8



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 88.88^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.69 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 0.97 \text{ m}$



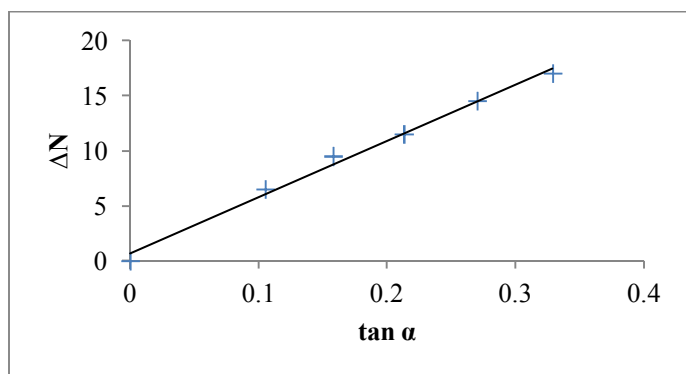
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 13

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	skládací kolo
hmotnost [kg]	78	číslo rámu	není
výška [m]	1.76	hmotnost [kg]	14.5
poznámka	-	výška sedla [m]	0.69
		rozvor [m]	0.96
		průměr kola [m]	0.506

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	33.5	0	-	-	0
1	0.1	40	6.5	0.64	0.90	6.0
2	0.15	43	9.5	0.62	0.88	9.0
3	0.2	45	11.5	0.56	0.81	12.0
4	0.25	48	14.5	0.56	0.81	15.1
5	0.3	50.5	17	0.54	0.79	18.2



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 88.98^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.61 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 0.83 \text{ m}$



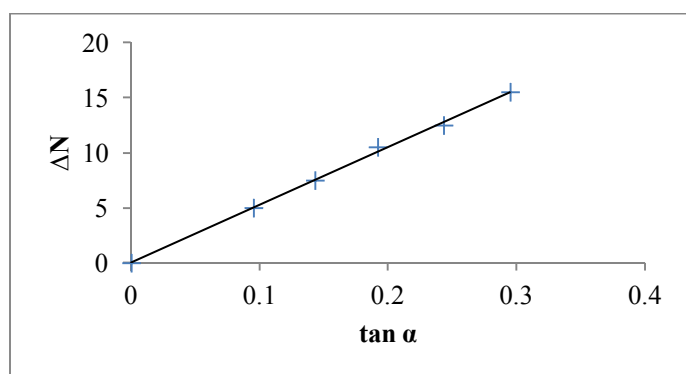
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 14

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	městské kolo
hmotnost [kg]	78	číslo rámu	165573
výška [m]	1.76	hmotnost [kg]	16
poznámka	-	výška sedla [m]	0.72
		rozvor [m]	1.06
		průměr kola [m]	0.607

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	34.5	0	-	-	0
1	0.1	39.5	5	0.60	0.90	5.4
2	0.15	42.5	8	0.63	0.94	8.1
3	0.2	45	10.5	0.62	0.92	10.9
4	0.25	47	12.5	0.58	0.88	13.6
5	0.3	50	15.5	0.59	0.90	16.4



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 88.93^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.67 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 0.91 \text{ m}$



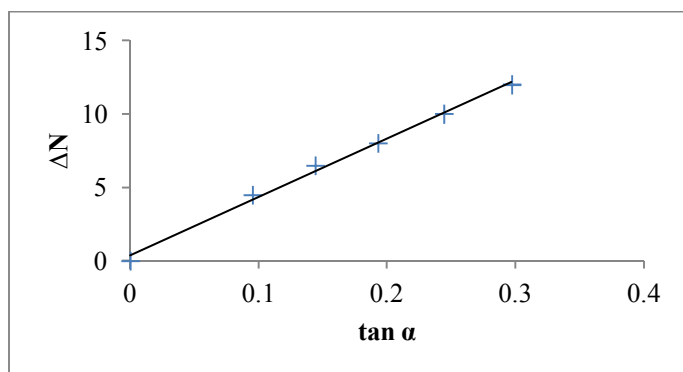
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 15

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	crossové kolo
hmotnost [kg]	78	číslo rámu	M2CI25565
výška [m]	1.76	hmotnost [kg]	13
poznámka	-	výška sedla [m]	0.77
		rozvor [m]	1.055
		průměr kola [m]	0.702

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	38	0	-	-	0
1	0.1	42.5	4.5	0.55	0.90	5.4
2	0.15	44.5	6.5	0.53	0.88	8.2
3	0.2	46	8	0.48	0.83	10.9
4	0.25	48	10	0.48	0.83	13.7
5	0.3	50	12	0.47	0.82	16.5



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 88.67^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.61$ m

Výšková poloha: $h = 0.85$ m



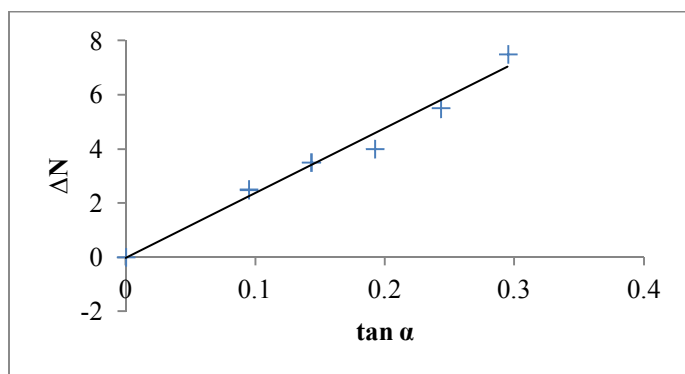
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 16

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	horské kolo
hmotnost [kg]	54	číslo rámu	PLO6A00309
výška [m]	1.64	hmotnost [kg]	13
poznámka	-	výška sedla [m]	0.66
		rozvor [m]	1.06
		průměr kola [m]	0.665

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	28	0	-	-	0
1	0.1	30.5	2.5	0.42	0.75	5.4
2	0.15	31.5	3.5	0.39	0.72	8.1
3	0.2	32	4	0.33	0.66	10.9
4	0.25	33.5	5.5	0.36	0.69	13.6
5	0.3	35.5	7.5	0.40	0.74	16.4



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 87.59^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.62 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 0.71 \text{ m}$



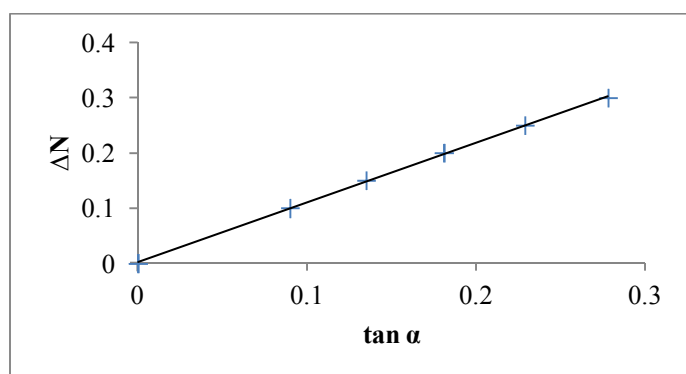
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 17

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	-	typ	horské kolo – trail
hmotnost [kg]	-	číslo rámu	GH5D6241
výška [m]	-	hmotnost [kg]	13
poznámka	bez cyklisty – samotné kolo	výška sedla [m]	0.78
		rozvor [m]	1.12
		průměr kola [m]	0.69

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	6.55	0	-	-	0
1	0.1	6.65	0.1	0.10	0.44	5.1
2	0.15	6.7	0.15	0.10	0.44	7.7
3	0.2	6.75	0.2	0.10	0.44	10.3
4	0.25	6.8	0.25	0.09	0.44	12.9
5	0.3	6.85	0.3	0.09	0.44	15.5



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 47.72^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.56$ m

Výšková poloha: $h = 0.44$ m



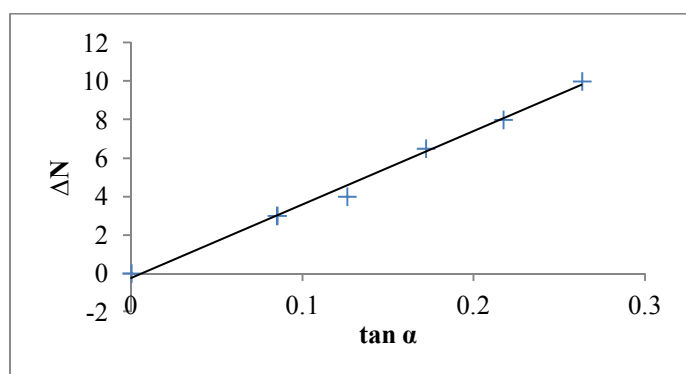
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 18

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	žena	typ	městské kolo
hmotnost [kg]	65	číslo rámu	7870909
výška [m]	1.77	hmotnost [kg]	15
poznámka	-	výška sedla [m]	0.685
		rozvor [m]	1.18
		průměr kola [m]	0.715

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	33	0	-	-	0
1	0.1	36	3	0.52	0.88	4.9
2	0.15	37	4	0.46	0.82	7.3
3	0.2	39.5	6.5	0.56	0.92	9.8
4	0.25	41	8	0.54	0.90	12.2
5	0.3	43	10	0.56	0.92	14.7



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 88.39^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.69 \text{ m}$

Výšková poloha: $h = 0.88 \text{ m}$



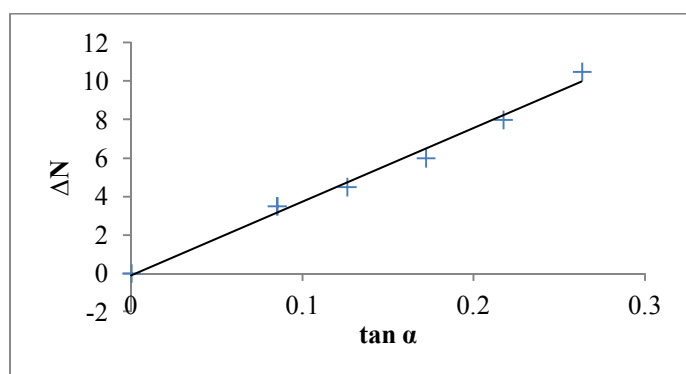
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 19

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	žena	typ	městské kolo
hmotnost [kg]	65	číslo rámu	7870909
výška [m]	1.77	hmotnost [kg]	15
poznámka	zatíženo na řídítkách 5 kg	výška sedla [m]	0.685
		rozvor [m]	1.18
		průměr kola [m]	0.715

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	38	0	-	-	0
1	0.1	41.5	3.5	0.57	0.93	4.9
2	0.15	42.5	4.5	0.49	0.85	7.3
3	0.2	44	6	0.48	0.84	9.8
4	0.25	46	8	0.51	0.87	12.2
5	0.3	48.5	10.5	0.58	0.94	14.7



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 88.48^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.65$ m

Výšková poloha: $h = 0.88$ m



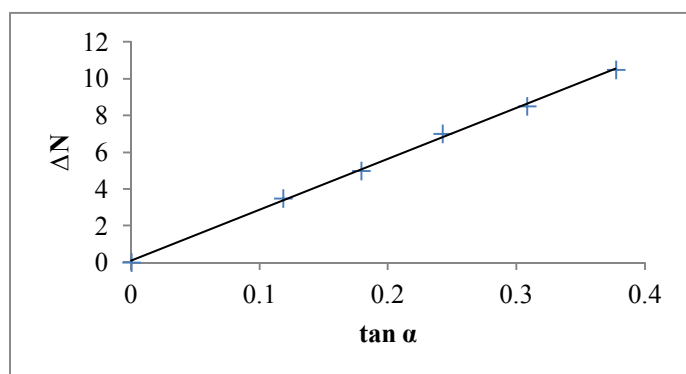
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 20

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	žena	typ	dětské kolo
hmotnost [kg]	33	číslo rámu	0200547
výška [m]	1.33	hmotnost [kg]	10
poznámka	-	výška sedla [m]	0.48
		rozvor [m]	0.85
		průměr kola [m]	0.505

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	19	0	-	-	0
1	0.1	22.5	3.5	0.58	0.84	6.8
2	0.15	24	5	0.55	0.80	10.2
3	0.2	26	7	0.57	0.82	13.6
4	0.25	27.5	8.5	0.55	0.80	17.1
5	0.3	29.5	10.5	0.55	0.80	20.7



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 87.98^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.47$ m

Výšková poloha: $h = 0.81$ m



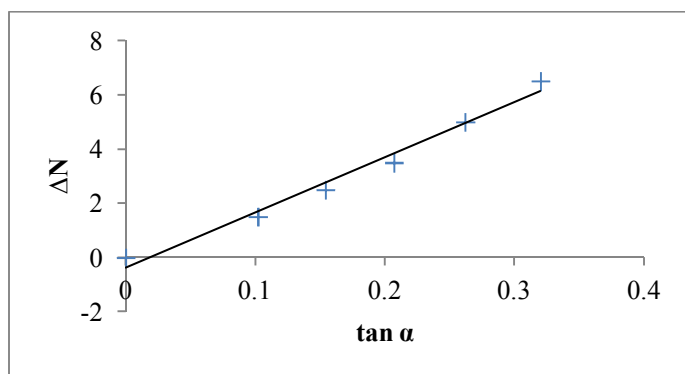
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 21

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	muž	typ	dětské kolo
hmotnost [kg]	45	číslo rámu	PL04L00122
výška [m]	1.50	hmotnost [kg]	12.5
poznámka	-	výška sedla [m]	0.545
		rozvor [m]	0.985
		průměr kola [m]	0.605

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	24.5	0	-	-	0
1	0.1	26	1.5	0.25	0.55	5.8
2	0.15	27	2.5	0.28	0.58	8.8
3	0.2	28	3.5	0.29	0.59	11.7
4	0.25	29.5	5	0.33	0.63	14.7
5	0.3	31	6.5	0.35	0.65	17.7



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

$$\beta = 88.67^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.57$ m

Výšková poloha: $h = 0.60$ m



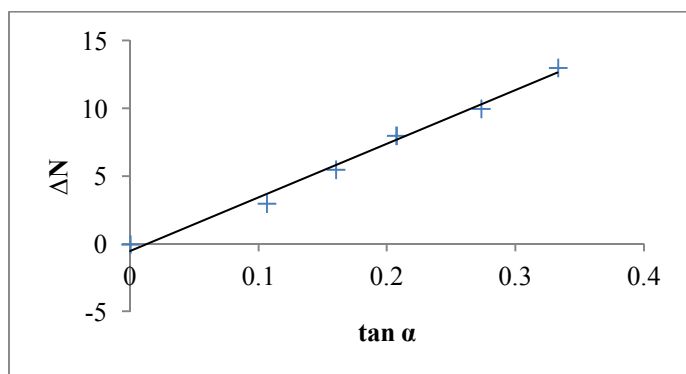
Obr. - Měřený objekt

PROTOKOL O MĚŘENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ JÍZDNÍHO KOLA

Číslo měření 22

CYKLISTA		JÍZDNÍ KOLO	
pohlaví	žena	typ	bmx
hmotnost [kg]	78	číslo rámu	86O058225
výška [m]	1.76	hmotnost [kg]	14.5
poznámka	-	výška sedla [m]	0.49
		rozvor [m]	0.95
		průměr kola [m]	0.52

měření	naměřené hodnoty		vypočtené hodnoty			
	p [m]	N [kg]	ΔN [kg]	s [m]	h [m]	α [°]
0	0	33	0	-	-	0
1	0.1	36	3	0.29	0.55	6.0
2	0.15	38.5	5.5	0.35	0.61	9.1
3	0.2	41	8	0.38	0.64	12.2
4	0.25	43	10	0.38	0.64	15.3
5	0.3	46	13	0.40	0.66	18.4



Graf - Závislost přírůstku hmotnosti na úhlu naklopení

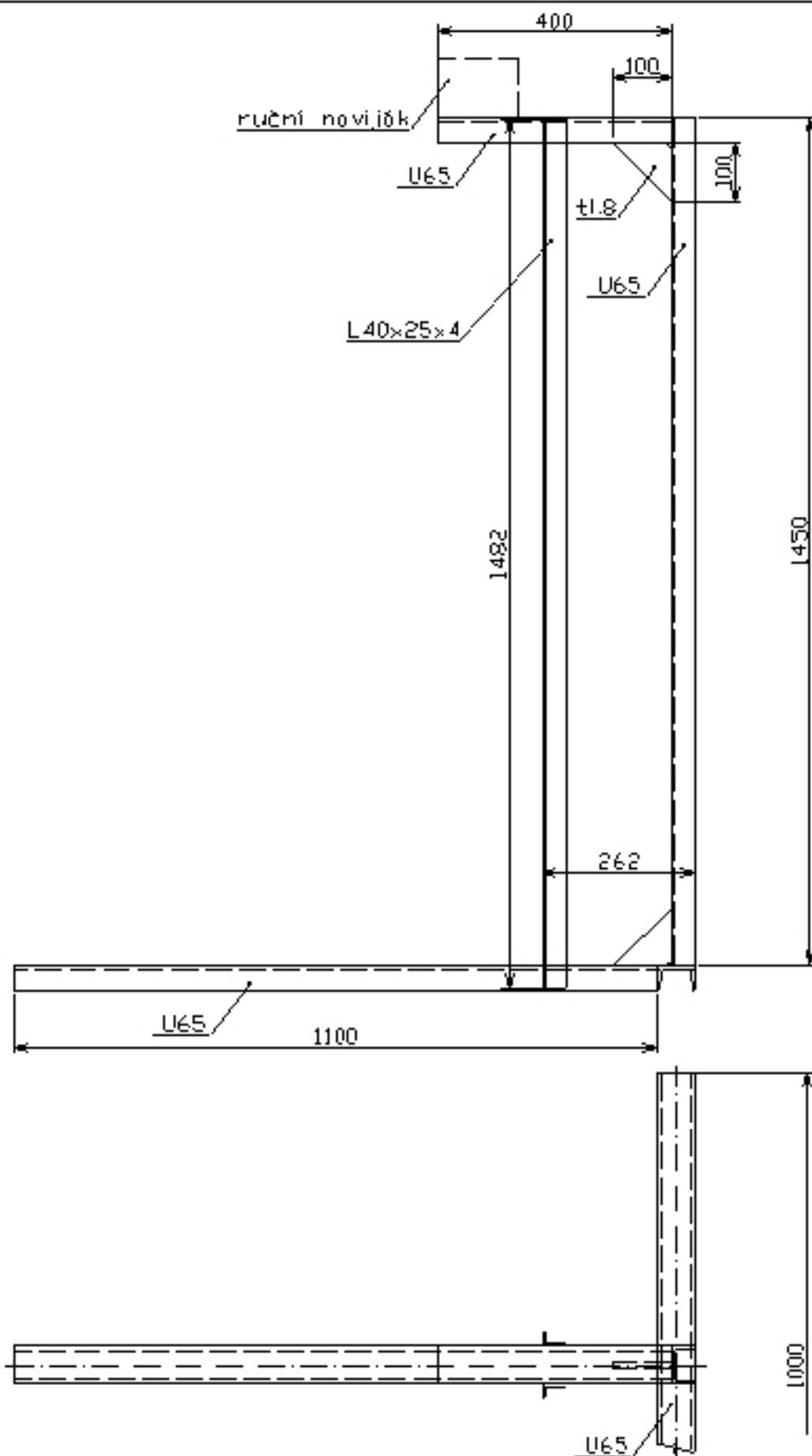
$$\beta = 88.35^\circ$$

Podélná poloha: $l_1 = 0.61$ m

Výšková poloha: $h = 0.62$ m



Obr. - Měřený objekt



U65-1450-1x
 U65-1100-1x
 U65-1000-1x
 U65-400-1x
 L40x25x4-1482-2x

VÝSIL
 BURDA
 MAZEV

MĚŘÍTKO
 1:10

ZVEDÁK