

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

JAN CERMAN

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Ideový návrh systému skluzového a padacího rámu pro jednostopé vozidlo

Jan Cerman

Bakalářská práce

2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Cerman**  
Osobní číslo: **D15143**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**  
Název tématu: **Ideový návrh systému skluzového a padacího rámu pro  
jednostopé vozidlo**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Autor práce bude postupovat podle sestavené osnovy a to dle svých vědeckých možností. Současně bude získané výsledky konzultovat s vedoucím práce tak, aby byly splněny cíle práce.

1. Jednostopá motorová vozidla.
2. Adheze a přenos sil u jednostopých vozidel.
3. Návrh vlastního řešení skluzového a padacího rámu.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

[1] VLK, F.: **Teorie a konstrukce motocyklů 1: [jízdní vlastnosti, motocyklové motory, příprava směsi]**. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2004. ISBN 80-239-1601-7.

[2] GSCHEIDLE, R.: **Příručka pro automechanika. 2., upr. vyd.** Praha: Sobotáles, 2002. ISBN 80-85920-83-2.

[3] GENTA, G.: **Motor vehicle dynamics: modeling and simulation**. Singapore: World Scientific, c1997. Series on advances in mathematics for applied sciences, vol. 43. ISBN 978-981-02-2911-5.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Jilek, Ph.D.**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2019**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.  
děkan

Ing. Jakub Vágner, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. února 2019

**Prohlašuji:**

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012 Pravidla pro zveřejňování závěrečných prací a jejich základní jednotnou formální úpravu, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 25. 4. 2019

Jan Cerman

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi byli nápomocní a poskytli mi cenné rady při vypracování této bakalářské práce. Především bych chtěl poděkovat mému vedoucímu, panu Ing. Petru Jilkovi, Ph.D., který mi vždy ochotně pomohl a jeho konzultace mi byly velkým přínosem při psaní. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Ivo Šefčíkovi, Ph.D., který mi po celou dobu studia vždy ochotně radil. V neposlední řadě děkuji svým rodičům za veškerou podporu při studiu, bez které bych se neobešel.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá ideovým návrhem padacího a skluzového rámu pro jednostopé vozidlo. Je zde popsán konkrétní motocykl, pro nějž je rám navržen. Dále pak text práce obsahuje popis konstrukce jednotlivých součástí s vysvětlením jejich funkce až po finální sestavu celého navrhovaného rámu.

## **Klíčová slova**

jednostopá motorová vozidla, rámy motocyklů, padací rámy, skluzové rámy, adheze

## **Title**

The ideological scheme of the system of slide and chute frame for a single-track vehicle

## **Annotation**

The bachelor thesis deals with the ideological scheme of the system of slide and chute frame for a single-track vehicle. It includes a description of the specific motorbike for which the frame has been designed. In addition, there is a description of construction of particular components. It contains the explication of their functions and last but not least the final composition of the whole frame.

## **Keywords**

single-track motor vehicles, motorcycle frames, chute frames, slide frames, adhesion

# Obsah

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>10</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>13</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....</b>	<b>14</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>15</b>
<b>1 JEDNOSTOPÁ MOTOROVÁ VOZIDLA .....</b>	<b>16</b>
1.1 Historie.....	16
1.2 Rozdělení motocyklů .....	18
<b>2 ADHEZE A PŘENOS SIL U JEDNOSTOPÝCH VOZIDEL.....</b>	<b>21</b>
2.1 Součinitel adheze .....	22
2.2 Přenos sil z pneumatiky na vozovku.....	24
<b>3 NÁVRH VLASTNÍHO ŘEŠENÍ SKLUZOVÉHO A PADACÍHO RÁMU .....</b>	<b>26</b>
3.1 Motocykl, pro nějž navrhuji rám.....	26
3.2 Konstrukce referenčních součástí .....	27
3.2.1 Kola motocyklu .....	28
3.2.2 Rám motocyklu .....	30
3.2.3 Kyvná vidlice.....	30
3.2.4 Přední tlumiče.....	31
3.3 Konstrukce modelu motocyklu .....	31
3.4 Rám na přední kolo .....	33
3.4.1 Popis konstrukce rámu předního kola .....	34
3.5 Rám na zadní kolo.....	39
3.5.1 Popis konstrukce rámu zadního kola.....	40
3.6 Padací podpůrná ramena .....	43
3.6.1 Popis konstrukce.....	44



3.6.2	Uchycení ramen k motocyklu.....	46
3.7	Kolečka .....	51
3.8	Pneumatický tlumič.....	52
3.9	Výsledná sestava skluzového a padacího rámu .....	53
3.9.1	Použité materiály .....	56
3.9.2	Předpokládané náklady.....	57
<b>4</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>59</b>

## Seznam obrázků

<b>Obr. 1</b> – <i>První motocykl na světě</i> .....	16
<b>Obr. 2</b> – <i>Vznik aquaplaningu: 1. Fáze – Nepřenesený vodní film; 2. Fáze – Částečně přenesený vodní film; 3. Fáze – Kontakt</i> .....	22
<b>Obr. 3</b> – <i>Drag bike</i> .....	24
<b>Obr. 4</b> – <i>Přenos tečné a příčné síly</i> .....	25
<b>Obr. 5</b> – <i>Motocykl KTM 250 SX-F</i> .....	26
<b>Obr. 6</b> – <i>Přední kolo motocyklu</i> .....	28
<b>Obr. 7</b> – <i>Přední kolo motocyklu, popis</i> .....	28
<b>Obr. 8</b> – <i>Zadní kolo motocyklu</i> .....	29
<b>Obr. 9</b> – <i>Zadní kolo motocyklu, popis</i> .....	29
<b>Obr. 10</b> – <i>Rám motocyklu</i> .....	30
<b>Obr. 11</b> – <i>Kyvná vidlice</i> .....	30
<b>Obr. 12</b> – <i>Přední tlumiče</i> .....	31
<b>Obr. 13</b> – <i>Zjednodušený model motocyklu</i> .....	32
<b>Obr. 14</b> – <i>Základní rozměry modelu zjednodušeného motocyklu</i> .....	32
<b>Obr. 15</b> – <i>Rám přední kolo</i> .....	33
<b>Obr. 16</b> – <i>Popis součástí rámu na přední kolo</i> .....	33
<b>Obr. 17</b> – <i>Kloubová hlavice SKF SIKB 10 F</i> .....	34
<b>Obr. 18</b> – <i>Horní rameno přední kolo</i> .....	34
<b>Obr. 19</b> – <i>Horní rameno přední kolo, popis</i> .....	35
<b>Obr. 20</b> – <i>Spodní rameno přední kolo</i> .....	36
<b>Obr. 21</b> – <i>Spodní rameno přední kolo, popis</i> .....	36
<b>Obr. 22</b> – <i>Sestava naklápění</i> .....	37
<b>Obr. 23</b> – <i>Sestava naklápění, popis</i> .....	37

<b>Obr. 24</b> – <i>Umístění sestavy rámu předního kola</i> .....	38
<b>Obr. 25</b> – <i>Rám na zadní kolo</i> .....	39
<b>Obr. 26</b> – <i>Popis součástí rámu na zadní kolo</i> .....	39
<b>Obr. 27</b> – <i>Horní rameno zadní kolo</i> .....	40
<b>Obr. 28</b> – <i>Horní rameno zadní kolo, popis</i> .....	40
<b>Obr. 29</b> – <i>Spodní rameno zadní kolo</i> .....	41
<b>Obr. 30</b> – <i>Spodní rameno zadní kolo, popis</i> .....	41
<b>Obr. 31</b> – <i>Umístění sestavy rámu zadního kola</i> .....	42
<b>Obr. 32</b> – <i>Padací podpůrné rameno</i> .....	43
<b>Obr. 33</b> – <i>Padací podpůrné rameno, popis</i> .....	43
<b>Obr. 34</b> – <i>Svařenec ramene</i> .....	44
<b>Obr. 35</b> – <i>Svařenec ramene, popis</i> .....	44
<b>Obr. 36</b> – <i>Teleskopická tyč</i> .....	45
<b>Obr. 37</b> – <i>Teleskopická tyč, popis</i> .....	45
<b>Obr. 38</b> – <i>Plech pod motor</i> .....	46
<b>Obr. 39</b> – <i>Úchyt tyče náklonu</i> .....	47
<b>Obr. 40</b> – <i>Rám s upnutím</i> .....	47
<b>Obr. 41</b> – <i>Popis upínacích prvků rámu</i> .....	48
<b>Obr. 42</b> – <i>Sestava střední části</i> .....	48
<b>Obr. 43</b> – <i>Nastavení ramen Min a Max</i> .....	49
<b>Obr. 44</b> – <i>Vizualizace tlumicí tyče: a) Tlumicí tyč; b) Zobrazení vnitřní konstrukce</i> .....	50
<b>Obr. 45</b> – <i>Tlumicí teleskopická tyč, rozpad</i> .....	50
<b>Obr. 46</b> – <i>Kolečko LKX-POEV 100 KD-1-SG</i> .....	51
<b>Obr. 47</b> – <i>Návrh vlastní konstrukce kolečka</i> .....	52
<b>Obr. 48</b> – <i>Návrh pneumatického tlumiče</i> .....	53

<b>Obr. 49</b> – <i>Vizualizace zdvihu pneumatického tlumiče</i> .....	53
<b>Obr. 50</b> – <i>Sklužový a padací rám</i> .....	54
<b>Obr. 51</b> – <i>Fyzikální vlastnosti</i> .....	54
<b>Obr. 52</b> – <i>Minimální boční náklon 35°</i> .....	55
<b>Obr. 53</b> – <i>Maximální boční náklon 50°</i> .....	55

## Seznam tabulek

<b>Tab. 1</b> – <i>Klasifikace motocyklů</i> .....	18
<b>Tab. 2</b> – <i>Přehled průměrných hodnot součinitele adheze pryže</i> .....	23
<b>Tab. 3</b> – <i>Kalkulace pořizovacích nákladů</i> .....	57

## Seznam značek a zkratek

$F_{ad}$	[N]	adhezní síla
$F_T$	[N]	tečná síla
$F_x$	[N]	tečná síla
$F_y$	[N]	příčná síla
$G_{ad}$	[N]	adhezní tíha
$Z_k$	[N]	radiální reakce kol
$\varphi$	[-]	součinitel adheze
<b>3D</b>		trojrozměrný prostor
<b>CAD</b>		(Computer Aided Design) počítačem podporované navrhování
<b>FIM</b>		(Fédération Internationale de l' Motorcycle) Mezinárodní motocyklová federace
<b>KTM</b>		rakouský výrobce motocyklů
<b>M</b>		označení metrického závitu
<b>R</b>		radiální konstrukce kostry pneumatiky

## Úvod

Obliba motocyklů u široké veřejnosti stále stoupá, pro určitou skupinu lidí je to jen dopravní prostředek, ale pro některé je motocykl prostředkem k odreagování a zábavě. S narůstajícím počtem účastníků provozu, a tudíž i počtem motocyklů, rostou také nároky na bezpečnost a zkušenosti řidiče. V dnešní době se můžeme setkat s rozmanitou škálou typů motocyklů od skútrů a motokol, která jsou primárně určena pro rychlou a nenáročnou přepravu osob v městském provozu, přes cestovní a sportovní motocykly, které jak již označení napovídá slouží hlavně pro zábavu a potěšení jejich majitelů, až po speciály určené na závodní tratě. Z hlediska řidiče motocyklu je tedy nutné, aby se naučil správnému ovládání a také zvládnutí krizových situací, které mohou v reálném provozu nastat.

Cílem této práce je tedy navržení skluzového a padacího rámu v aplikaci na daný typ motocyklu. Tento rám by měl umožnit bezpečný nácvik ovládání motocyklu, taktéž i simulaci adhezních podmínek, do kterých se motocykl může při provozu dostat. V první kapitole práce je stručný popis historie jednostopých motorových vozidel, dále pak konkrétní popis jednotlivých základních typů motocyklů. Následně kapitola druhá se zabývá tématem adheze a přenosu sil v návaznosti na požadovanou funkční vlastnost rámu pro simulaci adhezních podmínek. Poslední kapitola je věnována samotnému konstrukčnímu řešení padacího rámu; v první části je popsán konkrétní motocykl, který sloužil jako předloha pro návrh. Dále podrobný popis součástí a nakupovaných normalizovaných dílů použitých při návrhu. V poslední části jsou popsány konstrukční materiály pro jednotlivé prvky rámu a hrubá kalkulace pořizovacích nákladů.

# 1 Jednostopá motorová vozidla

Mezi jednostopá motorová vozidla se řadí vozidla poháněná vlastním motorem mající dvě kola umístěná za sebou v podélné rovině souměrnosti. Toto uspořádání tvoří takzvanou jednu stopu, dle tohoto faktu nazývaná jednostopá motorová vozidla. [1; 2]

## 1.1 Historie

Prvním jednostopým vozidlem byla dřevěná dvojkolka, kde se jezdec odrážel střídavě nohama od země, poté pokračoval vývoj pohonu pomocí různých hnacích mechanismů. Použitím řetězu k přenosu hnací síly z pedálů na zadní kolo změnil pohon tak, jak je znám dodnes, avšak výkon člověka neumožňuje dlouhodobě udržitelnou vysokou rychlost, a tak se pozornost konstruktérů obracela směrem k použití motoru. [3; 4]



**Obr. 1** – První motocykl na světě [21]

Vznik motocyklu je spojen s použitím spalovacího motoru, který patentoval Gottlieb Daimler v roce 1885 v německém lázeňském městečku Cannstatt nedaleko Stuttgartu. Vynalezený stroj byl tedy poháněn spalovacím motorem, měl dřevěný rám a do pohybu se uváděl pákou, která napínala plochý řemen vedoucí k soukolí zadního kola (jakási převodovka se stálým mechanickým převodem). Motor se startoval klikou a stroj dosahoval rychlosti běžícího chodce zhruba 12 až 18 km/h. Tento první motocykl nechal zapsat na patentním úřadě 29. 8. 1885 a nazval ho „vozidlo s plynovým nebo benzinovým motorem“. Tato Daimlerova konstrukce se stále považuje za první motocykl. Motor je dodnes umístěn mezi koly, pohon zadního kola a řízení předního kola se též uplatňuje i na dnešních motocyklech. Nevyjímáje to, že jezdec sedí mezi koly. První jízdu s tímto strojem vyzkoušel Daimlerův spolupracovník



a konstruktér Wilhelm Maybach dne 10. 11. 1885 na cestě z Cannstattu do Untertürkheimu a zpět. Stroj byl poháněn čtyřtaktním jednoválcem Daimlerovy konstrukce s objemem 264 cm<sup>3</sup> (Ø 58 x 100 mm) a výkonem 0,5 k při 700 ot/min. Motor byl vzduchem chlazený (ventilátorem na klikové hřídeli) a schopný nastartovat za jednu minutu. Brzdou byl, jak bylo tehdy zvykem, dřevěný špalík přímo na kování zadního kola. Celý stroj měl váhu 90 kg. [3; 4; 5]

Až po deseti letech od uvedení Daimlerova motocyklu začali v Mnichově sériově vyrábět svůj Mottorad pánové Hildebrand a Wolfmüller, taktéž v Paříži bratři Wernerovi své lehké motorizované bicykly. Zanedlouho k nim přibýly i motocykly Slavia mladoboleslavských podnikatelů Laurina a Klementa a další české značky Walter, Torpedo, Linser a jiné. Do první světové války se o prvenství ve výrobě motocyklů dělily Německo a Francie, po ní se motocyklovou velmocí stala Velká Británie. [3; 4; 5]

Ve dvacátých letech se technika motocyklů velice zdokonalila, řemenový pohon nahradil téměř vždy řetěz, byly zavedeny tří a čtyřstupňové převodovky, brzdy se ze špalíkových změnily na bubnové a brzdu dostalo taktéž přední kolo. Další zdokonalení proběhlo také na zapalování, osvětlení a na pneumatikách, které byly odolnější vůči defektům na tehdejších nekvalitních vozovkách. Motory byly dále lépe odhlučněné a neznečišťovali tolik jezdce a okolí. Vyšší kvalita a nižší ceny motocyklů byly dány tovární výrobou s přesnějšími obráběcími stroji a dokonalejší technologií. Meziválečné období bylo zlatým věkem motocyklů. [3; 4; 5]

Ve Velké Británii se těšily oblibě dvoudobé motory (Viliers), určené pro lidové motocykly, i výkonné čtyřtakty firem AJS, Ariel, Brough-Superior, BSA, Douglas, Royal Enfield, Triumph a dalších. Jinde v Evropě byla situace velice podobná, Německo se proslavilo značkami BMW, DKW, Opel, Wanderer, Zündapp a dalšími, které ovlivnily konstrukci mnoha jiných zahraničních firem. V Itálii se věnovali spíše sportovním motocyklům značky Aermacchi, Benelli, Gilera, Moto Guzzi, MV Agusta a jiné. Další kvalitní motocykly se vyráběly také ve Francii (Peugeot, Trrot), Belgii (FN, Sroléu), Švýcarsku (Motosacoche, Condor), Švédsku (Husquarna) a Rakousku (Puch). U nás v Čechách trh ovládly značky Jawa, ČZ, Čechie, BD, Praga, Ogra a po válce Manet a sportovní Esu. V Americe v podstatě jen dvě značky, Harley-Davidson a Indian. [3; 4; 5]

Po druhé světové válce byl o motocykly enormní zájem a výrobní průmysl nestačil uspokojovat poptávku. Vzniklo proto mnoho dalších značek, které však ve druhé polovině 50. let rychle zanikly kvůli zájmu zákazníků o osobní automobily. Opačná situace byla v Japonsku, tamější motocyklový průmysl začal vznikat až po druhé světové válce a v průběhu let se motocykly značek Yamaha, Honda, Suzuki a dalších rozšířili do USA a Evropy. Jejich kvalitní dílenské zpracování, moderní design, dokonalá funkce a malá spotřeba způsobily zánik mnoha evropských, hlavně britských, francouzských a německých firem. Jako pozitivum lze říci, že se tak urychlil technický vývoj a zkvalitnila se výroba motocyklů. Tedy dá se říct, že nástup japonských strojů uzavřel éru „klasických motocyklů“. [3; 4; 5]

## 1.2 Rozdělení motocyklů

Motocykl je motorové vozidlo kategorie L<sub>1</sub>, L<sub>3</sub> nebo L<sub>4</sub> používané pro přepravu osob (dvoukolové vozidlo). [6]

Názvy a definice základních druhů silničních vozidel stanovuje norma ČSN 30 0024 a vyhláška Ministerstva dopravy a spojů. Tato vyhláška definuje podle předpisu Evropské hospodářské komise OSN kategorie L *Tab. 1*. [6]

**Tab. 1 – Klasifikace motocyklů** [6]

<b>Kategorie L: motorová vozidla s méně než čtyřmi koly (motocykly, tříkolky)</b>			
Označení	Typ (provedení)	Zdvihový objem [cm <sup>3</sup> ]	Maximální rychlost [km h <sup>-1</sup> ]
L <sub>1</sub>	Dvoukolový	≤ 50	≤ 50
L <sub>2</sub>	Tříkolový	≤ 50	≤ 50
L <sub>3</sub>	Dvoukolový	> 50	> 50
L <sub>4</sub>	Tříkolový s asymetrickým umístěním vzhledem k podélné ose vozidla	> 50	> 50
L <sub>5</sub>	Tříkolový se symetrickým umístěním vzhledem k podélné ose vozidla	> 50	> 50
L <sub>M</sub>	Jízdní kolo s trvale zabudovaným hnacím motorem (motokolo)	> 50	> 20

## **Motocykl**

Kategorie L<sub>3</sub> je určen pro dopravu jedné nebo dvou osob sedících za sebou s oporou pro kolena řidiče. Má dvě kola a pevné stupačky, objem motoru nad 50 cm<sup>3</sup> a maximální rychlost nad 50 km h<sup>-1</sup>. [6; 7]

## **Skútr**

Kategorie L<sub>1</sub> a L<sub>3</sub> je určen pro dopravu jedné nebo dvou osob sedících za sebou bez opory pro kolena a s prostorem pro nohy v nosné části vozidla. Obvykle s ochrannými štíty pro nohy a plošnými stupačkami. [6; 7]

## **Moped**

Kategorie L<sub>1</sub> je určen pro dopravu jedné osoby a je vybaven šlapadly. Objem motoru do 50 cm<sup>3</sup> a maximální rychlost do 50 km h<sup>-1</sup>. [6; 7]

## **Mokik**

Kategorie L<sub>1</sub> je určen pro dopravu jedné osoby, oproti mopedu není vybaven pedály, má stupačky a nožní spouštěč tzv. „nakopávačku“. Název pochází z anglického „motor kick“. Objem motoru do 50 cm<sup>3</sup> a maximální rychlost do 50 km h<sup>-1</sup>. [6; 7]

## **Motokolo**

Jízdní kolo s trvale připevněným pomocným motorem. [6; 7]

## **Sportovní motocykl**

Kategorie L<sub>1</sub> nebo L<sub>3</sub> je určen pro sportovní účely upraven dle zvláštních předpisů. Provoz na komunikacích je podmíněn upraveným režimem (sportovní licence apod.). [6; 7]

## **Cestovní motocykl**

Je nejrozšířenějším druhem jednostopého motorového motocyklu. Určen je především pro bezprašné silnice a městský provoz, nicméně většinou dokáže jezdit po polních i lesních cestách a splňuje i podmínky pro průjezd lehčím terénem. Do této třídy motocyklu spadají motokola, mopedy, mokiky, skútry a také motocykly typu enduro a chopper. [6; 7]

## **Enduro**

Druh jednostopého motorového motocyklu, který představuje terénní sportovní motocykl vybavený pro každodenní použití ve všech typech terénů. Motocykly jsou běžně vybaveny osvětlením a jejich celková konstrukce je navržena na vysokou výdrž a odolnost. Název „enduro“ pochází z francouzského slova „endurance“ znamenajícího vytrvalost. [6; 8]

## **Motokrosový motocykl**

Je určen výhradně pro provoz na uzavřených tratích, a proto nemusí splňovat homologační předpisy. Technika těchto motocyklů je dána předpisy FIM (Mezinárodní motocyklová federace – Fédération Internationale de l' Motorcycle). Tyto motocykly nemají osvětlení a jejich konstrukce je koncipována pro vysoký výkon. [3; 6]

## **Trial motocykly**

Tyto motocykly jsou konstruovány především pro vysokou ovladatelnost, extrémní stoupavost a velkou schopnost překonávat překážky. [6]

## **Chopper**

Je cestovní motocykl vyznačující se dlouhým rozvorem a řídítka skloněnými směrem k palivové nádrži. Sedadlo je zpravidla posunuto dozadu a stupačky hodně vpředu odsazeny do stran. Tato koncepce je určena pro pohodlnou, poklidnou a rozvážnou jízdu. [6; 9]

## **Naked bike**

Je motocykl česky nazývaný „naháč“ bez kapotáže nebo pouze s malou aerodynamickou kapotáží. Oproti sportovně laděným motocyklům je zde posed jezdce vzpřímenější a řídítka jsou umístěna výše. Tato koncepce umožňuje pohodlnou jízdu zejména na delší trasy. [6; 10]

## **Speciální motocykly**

Jedná se o motocykly pro speciální použití. Do této kategorie spadají plochodrážní motocykly, motocykly se sáněmi, motocykly s lyžemi, motocykly pro rychlostní disciplíny a další speciálně navržené konstrukce motocyklů. [6; 3]

## 2 Adheze a přenos sil u jednostopých vozidel

Při odvalování kola dochází ke kontaktu pneumatiky s povrchem vozovky. Jelikož je pneumatika přirozeně pružná, dochází tak k deformacím, které mají za následek vznik tečné síly  $F_T$  a dílčích tečných sil působících v ploše kontaktu. Přenos těchto sil je zprostředkován zachytáváním běhounu o mikronerovnosti vozovky a molekulárními silami soudržnosti mezi běhounem a povrchem vozovky. V důsledku obvodové pružnosti pneumatiky dochází k tečné deformaci běhounu. Částice běhounu přicházejí do styku s vozovkou nezátížené tečnou silou, tudíž v nedeformované. Při prvním momentu dotyku s vozovkou je deformace nulová, dále se pak s odvalováním zvětšuje až do okamžiku, kdy je dosažena mez soudržnosti pneumatiky s vozovkou. Poté se již v další části styčné plochy tečná deformace nemění a udržuje se na konstantní hodnotě. V této části dochází k relativnímu pohybu mezi elementy běhounu a povrchem vozovky, tento stav nazýváme jako skluz. Z dosažených závěrů vyplývá skutečnost, že pro odvalování se musí v důsledku tečné síly kolo pohybovat se skluzem. [11; 12]

Hodnota maximální tečné síly  $F_T$  je omezena silou, kterou nazýváme silou adhezní  $F_{ad}$ . Tato adhezní síla je maximální silou, kterou je kolo s určitou pneumatikou a na daném povrchu vozovky schopno přenést při určité adhezní tíze  $G_{ad}$ . Adhezní tíha je tlaková síla působící na vozovku při daném jízdním režimu a je rovna velikosti součtu radiálních reakcí kol  $Z_k$ . Velikost této adhezní tíhy je nutno určit dle daného jízdního režimu. Další důležitý fyzikální význam má součinitel tečné síly  $\varphi$  nazývaný součinitelem adheze. Hodnoty součinitele adheze jsou závislé na vlastnostech běhounu, kvalitě povrchu vozovky a na podmínkách ve stopě. Podmínky ve stopě jsou ovlivněny huštěním pneumatiky, zatížením, odklonem a rychlostí jízdy kola, taktéž typem a hloubkou dezénu. [11; 12]

Pro výpočet adhezní síly kola  $F_{ad}$  je dána dle vztahu (1).

$$F_{ad} = G_{ad} \cdot \varphi = Z_k \cdot \varphi \text{ [N]} \quad (1)$$

$G_{ad}$  – adhezní tíha vozidla [N]

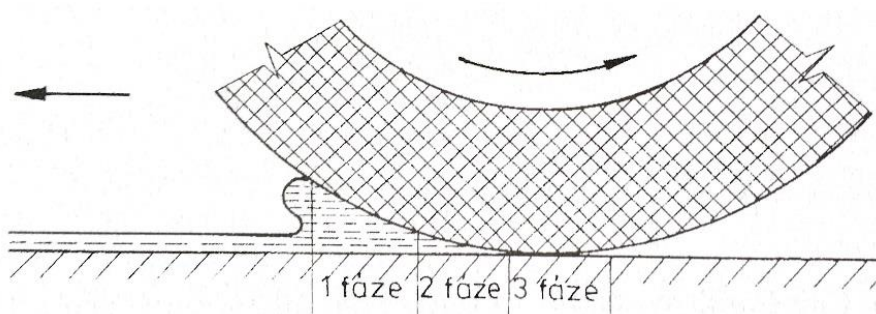
$\varphi$  – součinitel adheze [-]

$Z_k$  – radiální reakce kola [N]

## 2.1 Součinitel adheze

Jak již bylo uvedeno, hodnoty součinitele adheze závisí na vlastnostech běhounu, vlastnostech povrchu vozovky a podmínkách ve stopě, hodnoty součinitele adheze se zjišťují experimentálně. [11; 12; 13]

Vliv vlastností běhounu se projevuje zejména na mokré vozovce, kde musí vzorek pneumatiky narušit vodní film a vytlačit vodu ze stopy, aby došlo ke styku pneumatiky s vozovkou. Je-li výška vodní vrstvy velká a zároveň je velká i rychlost jízdy, nestačí být voda odváděna a dochází k tzv. aquaplaningu *Obr. 2*. [6; 11]



**Obr. 2** – Vznik aquaplaningu: 1. Fázė – Nepřenesený vodní film; 2. Fázė – Částečně přenesený vodní film; 3. Fázė – Kontakt [6]

Tento jev je značně nebezpečný, může vzniknout za mokra při příliš vysoké rychlosti nebo při příliš mělkém vzorku pneumatik, vzorek pak nestačí vytlačovat zpod pneumatik vodu a pod nimi se vytvoří souvislá vrstva vody, po této vrstvě pak kola kloužou. Obzvláště velké nebezpečí vzniku aquaplaningu hrozí při projíždění kaluží vody. U motocyklů je velmi nebezpečná skutečnost, že při vzniku tohoto jevu se začne klouzat nejprve přední kolo, což vede k velkým potížím s ovládním a riziko pádu je velmi vysoké. [6; 11]

Vliv vlastností povrchu vozovky na součinitel adheze je evidentní, v tabulce *Tab. 2* je uveden přehled průměrných hodnot součinitele adheze. [11]

**Tab. 2 – Přehled průměrných hodnot součinitele adheze pryže [11]**

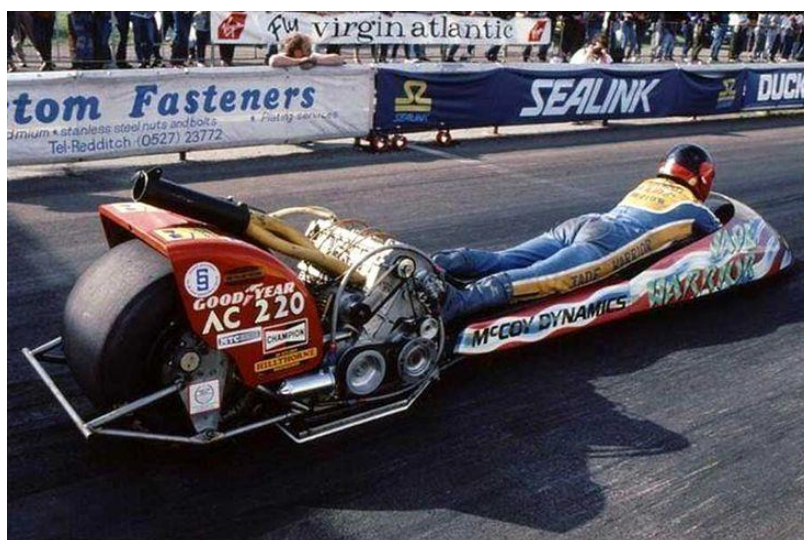
<b>Druh povrchu</b>	<b>Součinitel adheze <math>\phi</math> [-]</b>
Beton suchý	0,7 – 1,0
Beton mokrý	0,7 – 0,8
Asfalt suchý	0,7 – 0,9
Asfalt mokrý	0,3 – 0,5
Makadam suchý	0,8
Makadam mokrý	0,4
Dlažba suchá	0,7
Dlažba mokrá	0,3
Hlinitá polní cesta suchá	0,8
Hlinitá polní cesta mokrá	0,7
Písek suchý	0,3
Písek mokrý	0,4
Uježděný sníh	0,1 – 0,2
Náledí	0,1

Dále z *Tab. 2* vyplývá, že na suché, drsné vozovce budeme dosahovat vyšších hodnot adheze než na vozovce mokré, zablácené nebo zledovatělé. [11]

Podmínky ve stopě pneumatiky jsou ovlivněny především rychlostí jízdy a velikostí měrného tlaku mezi kolem a vozovkou. Rychlost jízdy má zásadní vliv na bezpečnost při brzdění, se zvyšující se rychlostí součinitel adheze totiž rapidně klesá. Měrný tlak je důležitý z hlediska odvalování pneumatiky po vozovce, je závislý na huštění pneumatiky a zatížení daného kola. [11]

Hodnota součinitele adheze běžných pneumatik ohřátých za jízdy na hladké vozovce za sucha může nabýt hodnot až kolem 1,1. Speciální závodní pneumatiky se zvláště měkkou pryží v hladké běhounové ploše (bez dezénu) na hladké suché vozovce dosahují hodnot ještě značně vyšších, není výjimkou dosažení hodnoty 2,5. Projev takovýchto speciálních závodních pneumatik je až skoro lepkavý, ovšem následek tohoto faktu je velmi nízká životnost. [13]

Příkladem použití takovýchto pneumatik jsou závody tzv. Dragsterů Obr. 3 na ¼ míle (402 m), kde se vzhledem ke krátké vzdálenosti soutěží především ve zrychlení.



Obr. 3 – Drag bike [22]

## 2.2 Přenos sil z pneumatiky na vozovku

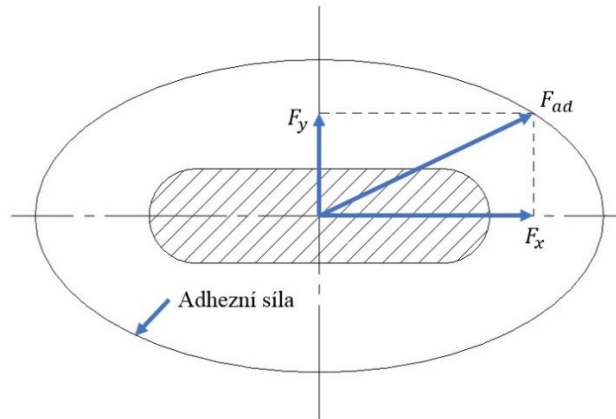
Pneumatika je schopna přenášet síly na vozovku jak v podélném, tak i v příčném směru, je však omezena adhezni kružnicí. Tato kružnice vyjadřuje mezní hodnotu a při překročení této hodnoty se vozidlo dostává do nekontrolovatelného smyku. Adhezni kružnici se také říká Kammova frikční elipsa, eliptický tvar je dán tím, že pneumatiky mají rozdílné přenosové schopnosti v podélném a příčném směru. Pokud kolo přenáší současně tečnou sílu  $F_x$  a příčnou sílu  $F_y$ , nesmí vektorový součet těchto sil překročit adhezni sílu  $F_{ad}$ , v odpovídajícím směru dáno dle vztahu (2). Velikost této elipsy je také dána přilnavostí daného povrchu vozovky. Při nižších hodnotách přilnavosti jsou osy elipsy menší a zároveň v opačném případě, kdy je přilnavost povrchu větší, jsou osy naopak větší. [11; 12]

$$\sqrt{F_x^2 \cdot F_y^2} \leq F_{ad} = Z_k \cdot \varphi \quad (2)$$

$F_x$  – tečná síla [N]

$F_y$  – příčná síla [N]





**Obr. 4** – Přenos tečné a příčné síly

V dnešní době se však tvar Kammovy elipsy opravdu blíží kružnici, jelikož moderní pneumatiky jsou schopny přenášet téměř stejné zatížení v obou směrech. Zvláště pak u pneumatik pro jednostopá vozidla, kde je jejich přenos sil v příčném směru velmi důležitý. Svým tvarem se od pneumatik určených pro dvoustopá vozidla značně liší, jelikož se při změnách směru u jednostopých vozidel využívá náklonů do stran. Pneumatiky mají oblý tvar, aby byl zajištěn maximální kontakt s vozovkou při průjezdu zatáčkou. Pokud je pneumatika již na konci své životnosti a oblý tvar je již takzvaně „sjetý“, hrozí značné riziko snížení přenosu sil na vozovku. Takovéto pneumatiky jsou velmi náchylné ke smyku a následná neovladatelnost motocyklu může vést až k pádu jezdce. [11; 12]

### 3 Návrh vlastního řešení skluzového a padacího rámu

Požadavkem bylo vytvořit přídatný rám k motocyklu tak, aby jezdcům umožnil vyzkoušet rozličné krizové situace, které mohou nastat při provozu na pozemních komunikacích, nebo také simulovat různé adhezní podmínky, do kterých se motocykl může dostat.

Tento rám je určen jak pro začínající jezdce, kteří ještě nemají zkušenosti, a tudíž potřebují bezpečně natrénovat své dovednosti do reálného provozu, taktéž i pro zkušenější jezdce, kteří si chtějí prohloubit své řidičské znalosti. Pomocí tohoto rámu se jezdci mohou učit od úplných začátků ovládnutí motocyklu, až po simulaci náročnějších manévřů a podmínek, aniž by došlo k poškození motocyklu nebo k výraznějšímu riziku na zdraví motocyklisty.

Ve světě se již vyskytuje několik konstrukcí, které jsou navrženy podle požadavků pro danou funkci rámu jak pro trénink jezdců, tak pro simulaci adhezních podmínek, nebo obojí zároveň.

#### 3.1 Motocykl, pro nějž navrhují rám

Jako předloha pro konstrukci rámu byl zvolen motocykl KTM 250 SX-F, modelový rok 2014 s čtyřtákním motorem. Jedná se o motokrosový motocykl, který je určen pro provoz na uzavřených tratích. Tento motocykl jsem zvolil pro jeho nízkou hmotnost, velice dobrou ovladatelnost a příznivý průběh výkonu, díky těmto parametrům se hodí prakticky pro každého jezdce. Hlavní rozměry navrhovaného rámu jsou určeny dle specifikace tohoto stroje.



Obr. 5 – Motocykl KTM 250 SX-F [23]

### Specifikace motocyklu:

- **Druh konstrukce:** jednoválcový čtyřtákní motor, chlazený kapalinou
- **Zdvihový objem:** 249,91 cm<sup>3</sup>
- **Přední kolo:** 80/100 R21
- **Zadní kolo:** 110/85 R19
- **Rozchod kol:** 1495 mm
- **Hmotnost bez paliva:** 102,8 kg
- **Uvažovaná hmotnost s jezdce a náplněmi:** 195 kg

### 3.2 Konstrukce referenčních součástí

Před samotným návrhem konstrukce rámu jsem nejprve zjistil základní rozměry, které jsou nutné z hlediska upínání k jednotlivým částem motocyklu. Základem pro to byl rozchod kol, rozměry předního a zadního kola, rozměry os kol, velikost rámu motocyklu, rozměry kyvné vidlice a předních tlumičů.

Všechny tyto hodnoty jsem zjistil přibližným měřením nebo z technické příručky dodávané výrobcem k motocyklu. Avšak jsou to pouze orientační rozměry, jelikož pro přesné hodnoty bych musel mít přístup k technické dokumentaci daného motocyklu. Pro dosažení cílů stanovených bakalářskou prací je tento způsob získání vstupních dat dostačující. [14]

Prvním krokem bylo tedy vymodelování těchto součástí motocyklu, které při konstrukci rámu slouží jako reference pro rozměry a umístění jednotlivých dílů rámu.

Pro modelování jsem zvolil 3D CAD program SolidWorks, který je výborným nástrojem pro konstrukci a nabízí snadné a intuitivní prostředí pro práci. Volba tohoto programu pro mě byla jednoznačná, jelikož prostředí tohoto programu znám už z předchozího studia, ale také z praxe.

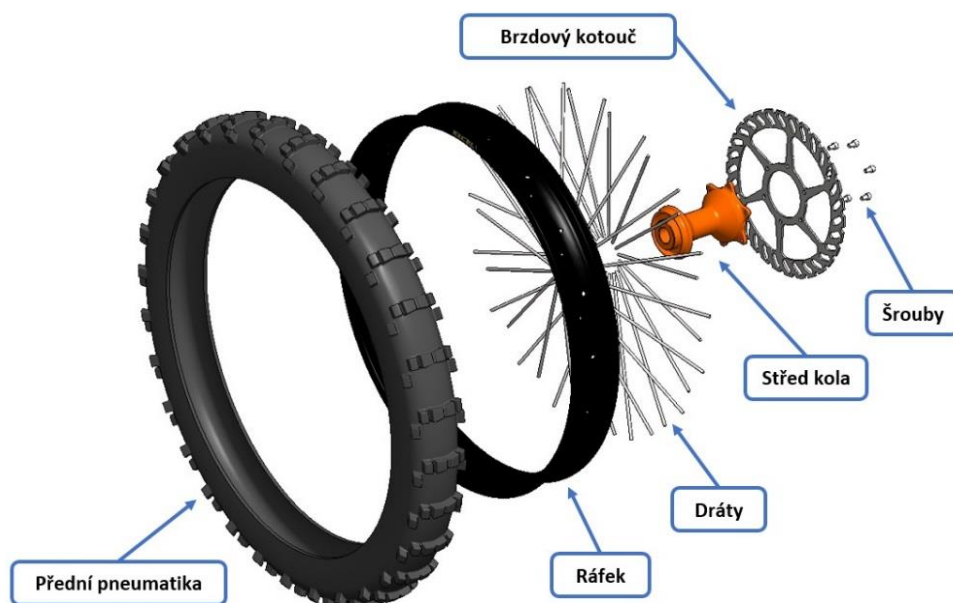
### 3.2.1 Kola motocyklu

Při modelování kol motocyklu jsem vycházel ze základních rozměrů ráfků kol a profilů pneumatik, které jsou na motocyklu použity.

Přední kolo o rozměru 80/100 R21, tedy šířka 80 mm a profil pneumatiky 100 % z šířky taktéž 80 mm. Průměr ráfku 21 palců odpovídá velikosti 533 mm. Součástí je brzdový kotouč o rozměru 260 mm, šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M6x10 pro připevnění brzdového kotouče, střed kola a dráty.



Obr. 6 – Přední kolo motocyklu

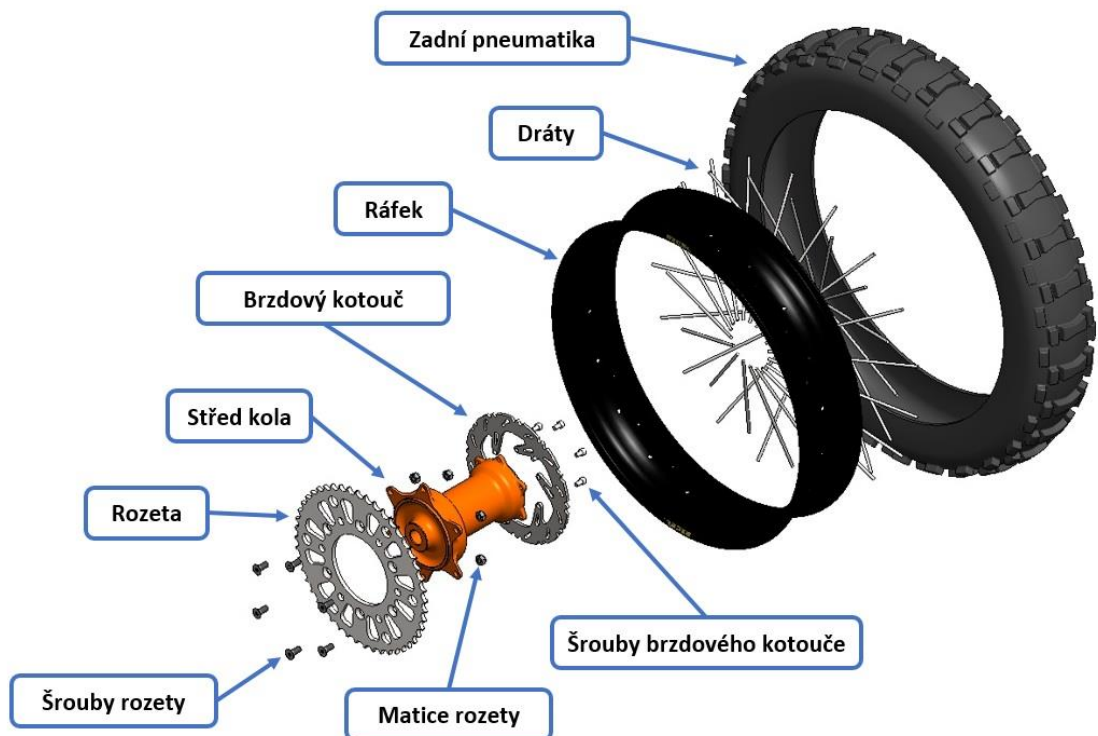


Obr. 7 – Přední kolo motocyklu, popis

Zadní kolo o rozměru 110/85 R19, tedy šířka 110 mm a profil pneumatiky 85 % z šířky, tedy 93,5 mm. Průměr ráfku 19 palců odpovídá velikosti 483 mm. Součástí je brzdový kotouč o rozměru 200 mm, šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M6x10 pro připevnění brzdového kotouče, střed kola, rozeta o rozměru 260 mm, šrouby se zápusťnou hlavou a vnitřním šestihranem M8x20 pro připevnění rozety, matice šestihranné s nekovovou vložkou M8 pro připevnění rozety a dráty.



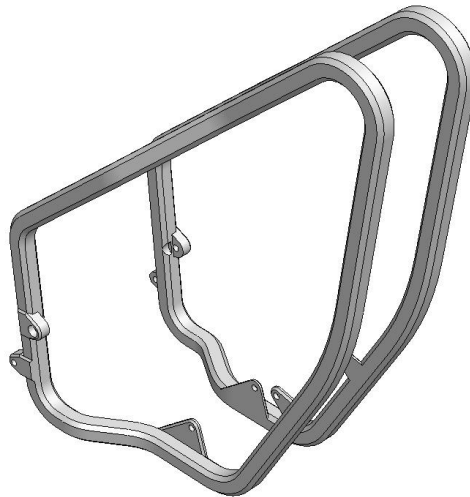
Obr. 8 – Zadní kolo motocyklu



Obr. 9 – Zadní kolo motocyklu, popis

### 3.2.2 Rám motocyklu

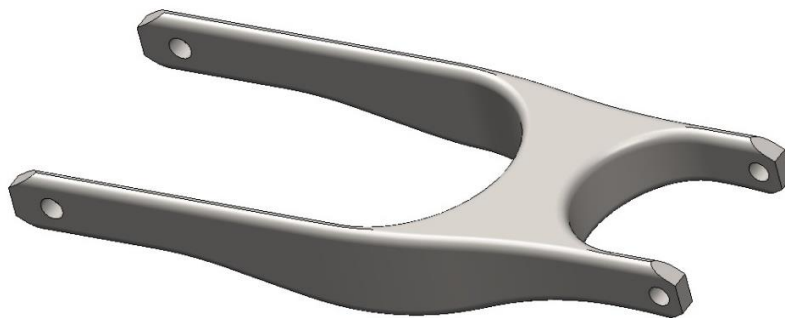
Rám jsem zkonstruoval zjednodušeně dle naměřených rozměrů, které byly důležité pro pozdější konstrukci samotného rámu padacího systému. Důležitými parametry proto jsou rozměry profilů, ze kterých je rám motocyklu svařen, šířka, výška a případné uchycovací body, do kterých se následně přimontuje padací rám.



Obr. 10 – Rám motocyklu

### 3.2.3 Kyvná vidlice

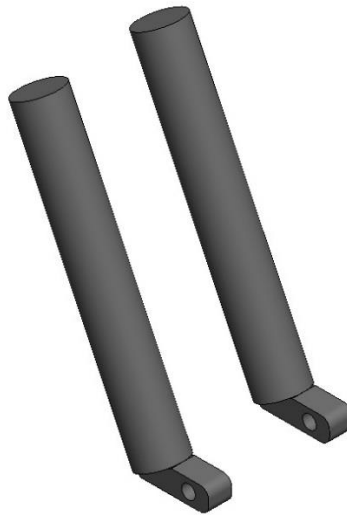
Kyvná vidlice na Obr. 11 je taktéž zjednodušeným prvkem, kde je hlavním rozměrem vzdálenost od osy zadního kola a bodu upevnění na rámu motocyklu 600 mm.



Obr. 11 – Kyvná vidlice

### 3.2.4 Přední tlumiče

Poslední referenční součástí jsou přední tlumiče na *Obr. 12*, opět se jedná o zjednodušený prvek. Velikost a umístění tlumičů na motocyklu bylo důležité z hlediska navrhované konstrukce skluzového a padacího rámu, aby se funkční části nedostaly při provozu do vzájemného kontaktu.



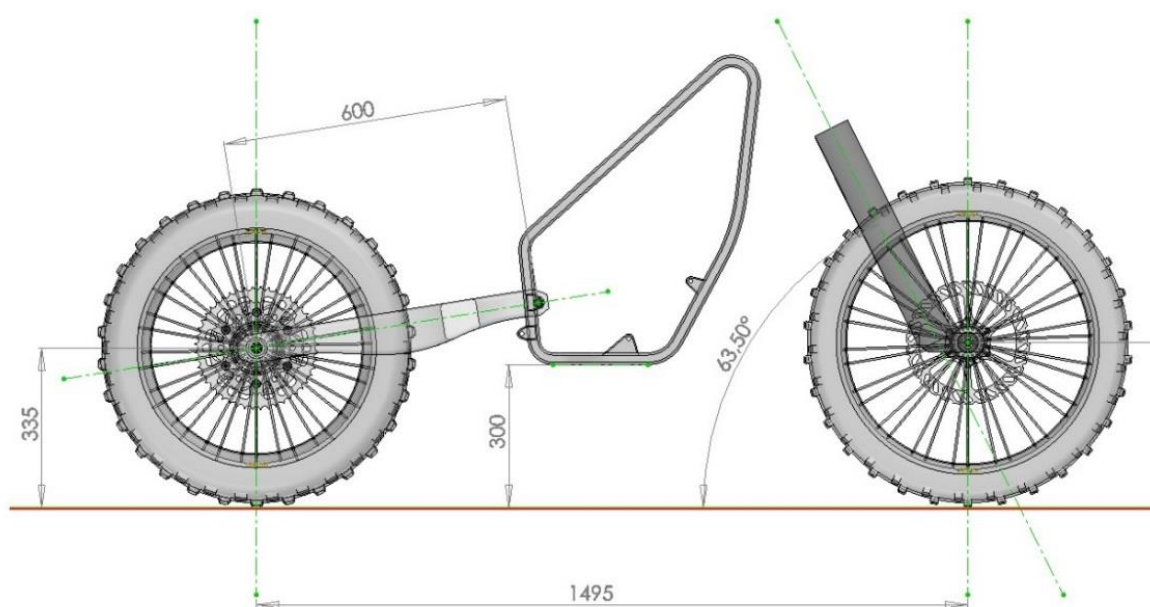
**Obr. 12** – Přední tlumiče

### 3.3 Konstrukce modelu motocyklu

Ze všech referenčních součástí následovalo vytvoření zjednodušeného modelu motocyklu. Dle naměřených a zjištěných rozměrů jsem sestavil následující model na *Obr. 13*. Podle tohoto modelu byly navrženy jednotlivé prvky skluzového a padacího rámu. Znázornění základních rozměrů je naznačeno na *Obr. 14*, jedná se o rozvor 1495 mm, úhel hlavy řízení  $63,5^\circ$ , vzdálenost rámu od podložky 300 mm a délku kyvné vidlice od osy zadního kola k bodu upevnění na rámu motocyklu 600 mm.



Obr. 13 – Zjednodušený model motocyklu

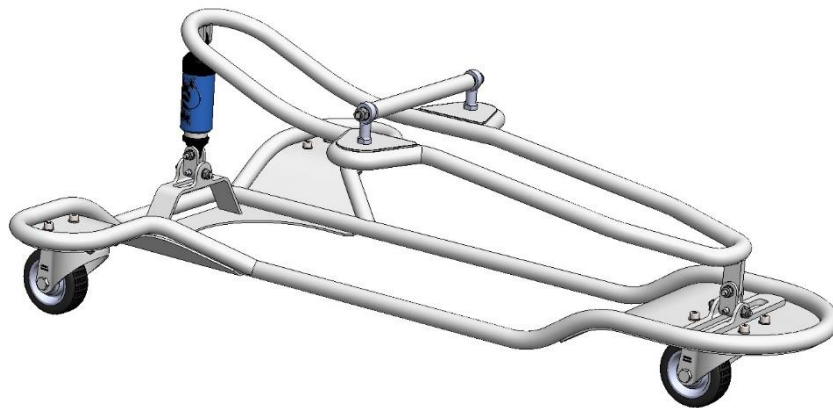


Obr. 14 – Základní rozměry modelu zjednodušeného motocyklu

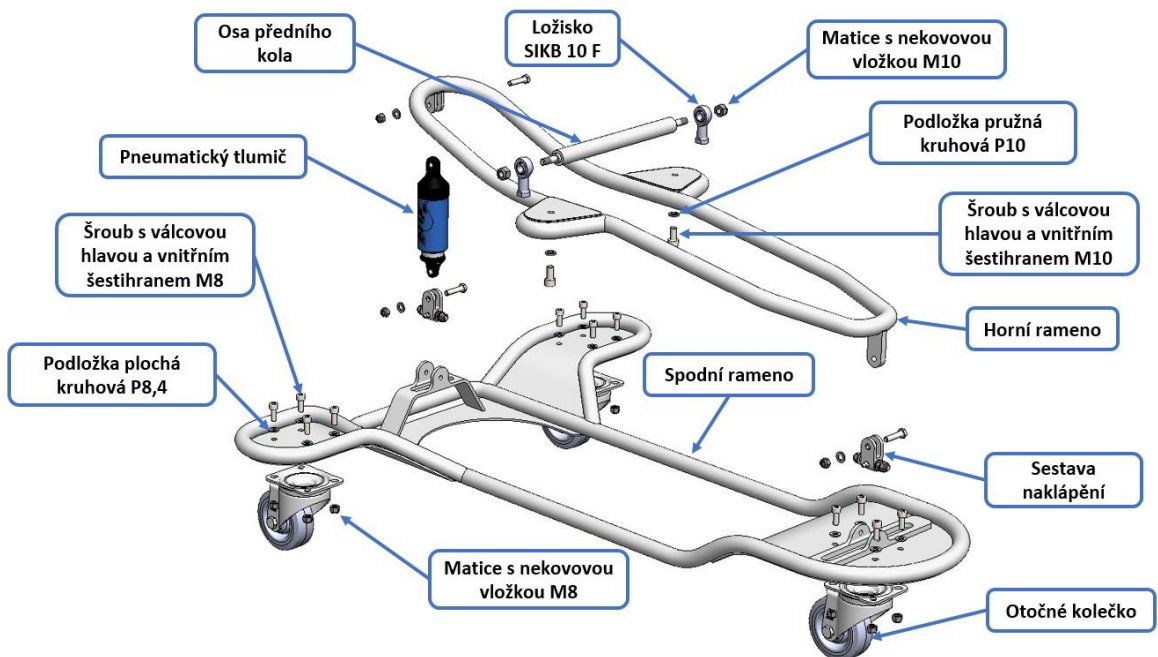


### 3.4 Rám na přední kolo

Pomocí referenčních součástí, tedy předního kola a tlumičů, jsem navrhl sestavu rámu, která se uchytil na osu předního kola z *Obr. 15*. Sestava se skládá z dalších dílů a podsestav, jež jsou zobrazeny na *Obr. 16*.



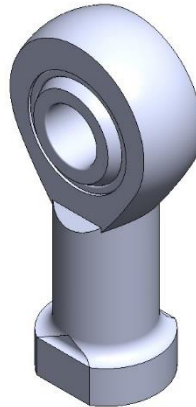
Obr. 15 – Rám přední kolo



Obr. 16 – Popis součástí rámu na přední kolo

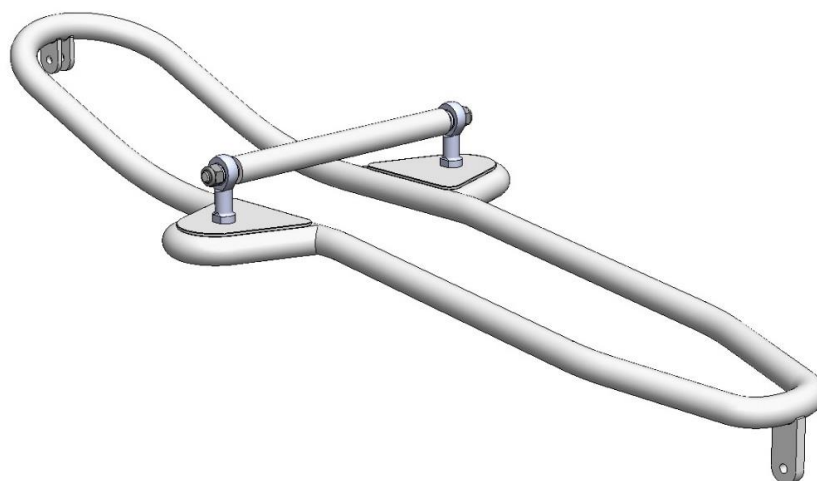
### 3.4.1 Popis konstrukce rámu předního kola

Prvním bodem návrhu bylo upnutí a zajištění rámu k přední části motocyklu. Přední část rámu je spojena s kolem přes osu, která se vloží do kloubových hlavic SKF SIKB 10 F, *Obr. 17*, a dále se zajistí pomocí matic s nekovovou vložkou M10. Toto řešení jsem zvolil kvůli tomu, že rám je převážně svařovaný a pomocí těchto hlavic zajistím pozdější snadnou kompletaci rámu. Při výrobě totiž mohou vzniknout drobné odchylky od stanovených rozměrů.



**Obr. 17** – Kloubová hlavice SKF SIKB 10 F

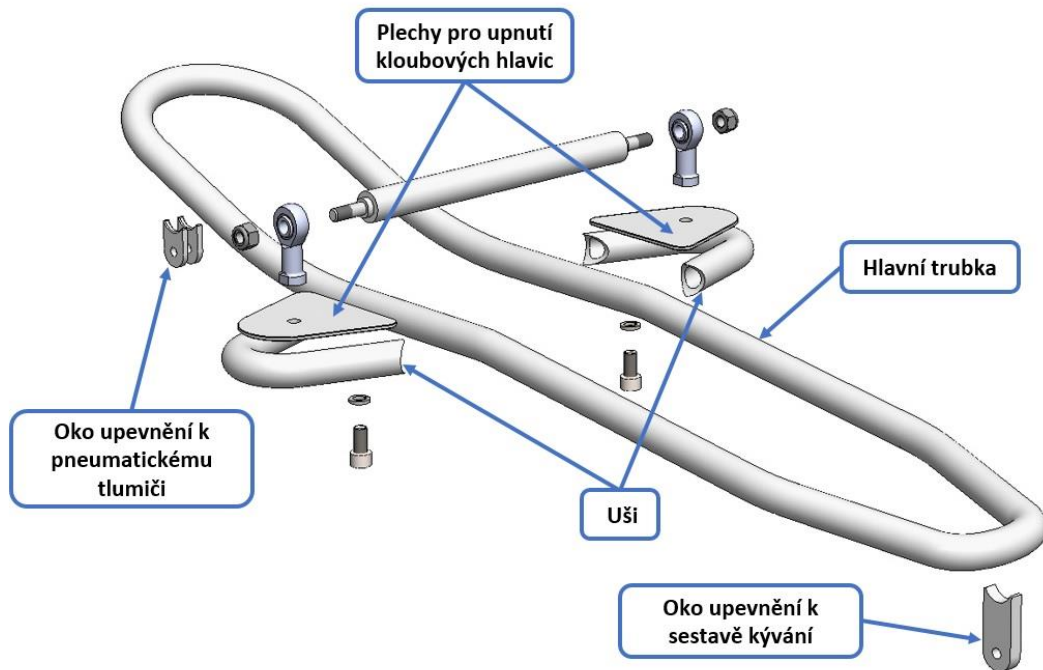
Dále jsou kloubové hlavice upnuty pomocí šroubů s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M10x20 k svařenci horního ramene, zajištění šroubů proti povolení je realizováno pomocí pružných kruhových podložek P10.



**Obr. 18** – Horní rameno přední kolo

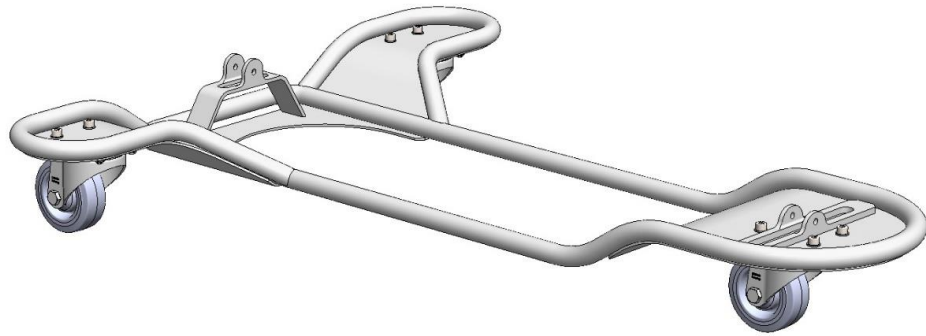
Svařenec horního ramene je složen z hlavní trubky a postranních „uší“, k nimž jsou přivařeny plechy. Na tyto plechy jsou upnuty kloubové hlavice SKF SIKB 10 F.

Pro spojení se spodním ramenem jsou navařeny na hlavní trubku oka upevnění, z přední strany k sestavě naklápění, ze zadní strany k připevnění pneumatického tlumiče.

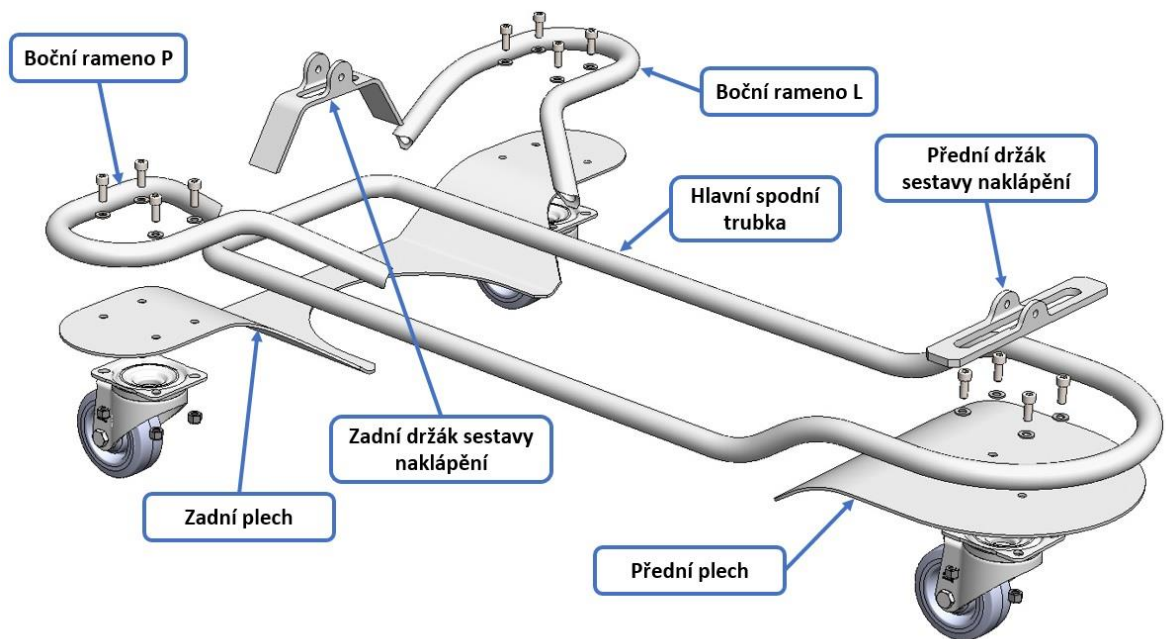


**Obr. 19** – Horní rameno přední kolo, popis

Spodní rameno z *Obr. 20* je taktéž svařencem, ke kterému jsou následně připevněna otočná kolečka LKX-POEV 100KD-1-SG (popis a parametry těchto koleček jsou uvedeny samostatně v další části této bakalářské práce). Skládá se (*Obr. 21*) z hlavní spodní trubky, ke které jsou přivařena boční ramena L a P. Na tento skelet je dále přivařen přední a zadní plech. Pro spojení s horním ramenem jsou na plechy přivařeny držáky sestavy naklápění.

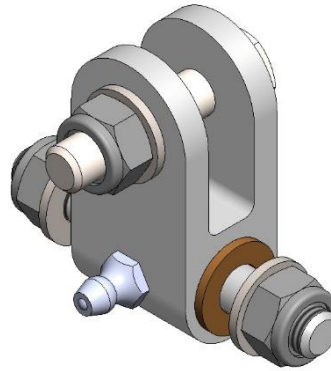


Obr. 20 – Spodní rameno přední kolo

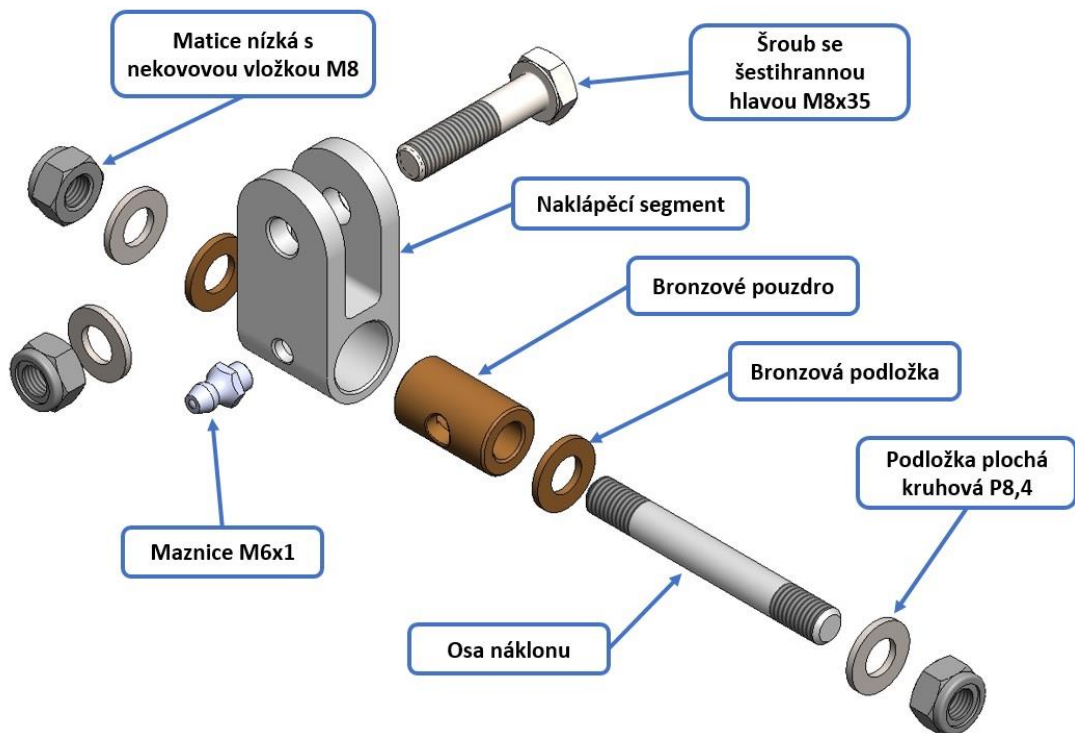


Obr. 21 – Spodní rameno přední kolo, popis

Ke spojení horního a spodního ramene jsem navrhl sestavu naklápění na *Obr. 22*, která je důležitá pro náklony motocyklu v zatáčkách. V přední části jsou obě ramena spojena pomocí této sestavy, dále pak v zadní části je ještě jako mezikus vložen pneumatický tlumič (popis a parametry tohoto tlumiče jsou uvedeny samostatně v další části této bakalářské práce), který umožňuje nastavení výšky a změnu adhezních podmínek motocyklu.



Obr. 22 – Sestava naklápění



Obr. 23 – Sestava naklápění popis

Sestava se skládá z naklápěcího segmentu, do kterého je vloženo bronzové pouzdro. Aby byla zajištěna bezproblémová funkce a dlouhá životnost, navrhl jsem mazání tohoto bronzového pouzdra pomocí maznice M6x1. Pro uchycení k držáku sestavy naklápění je skrz toto pouzdro vložena osa náklonu, která je z obou stran zajištěna plochými podložkami P 8,4 a nízkými maticemi s nekovovou vložkou M8, aby nedošlo k samovolnému povolení.

K vymezení vůle je mezi držák sestavy naklápění a naklápěcí segment vložena dvojice bronzových podložek, tím je také zajištěn hladký chod naklápění.

Celá sestava je připojena k hornímu rameni pomocí šroubu se šestihrannou hlavou M8x35, podložkou P 8,4 a nízkou maticí s nekovovou vložkou M8.

Na následujícím *Obr. 24* je kompletní sestava rámu předního kola zobrazena tak, jak je připevněna k přednímu kolu motocyklu.

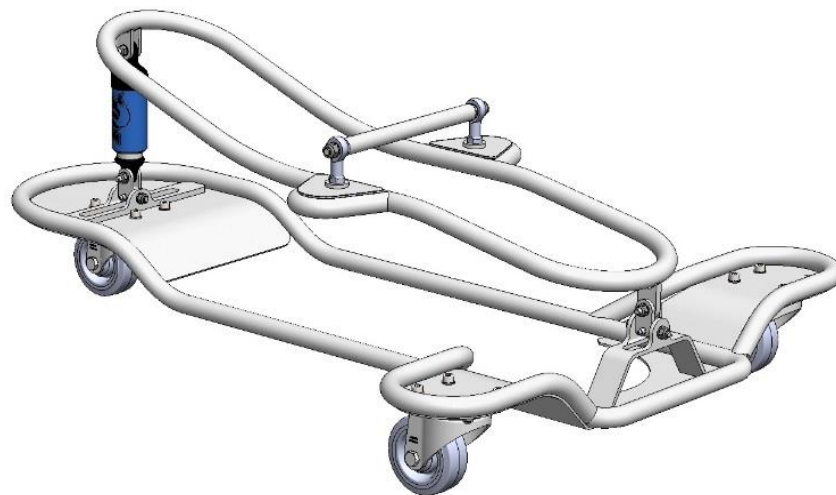


**Obr. 24** – *Umístění sestavy rámu předního kola*

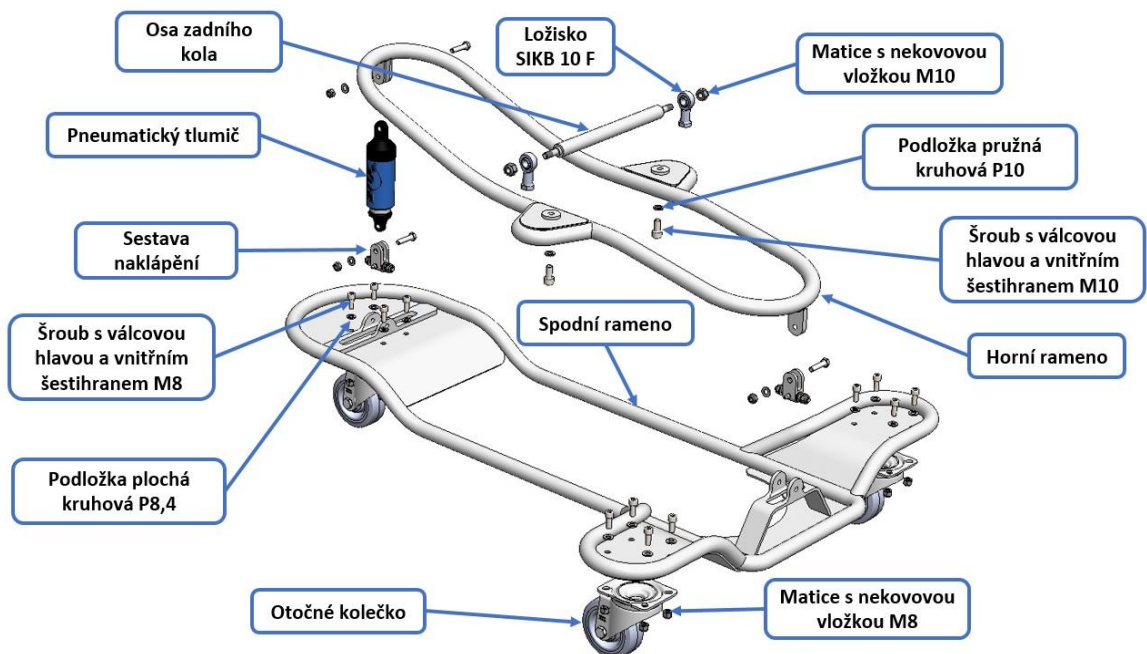


### 3.5 Rám na zadní kolo

Postup návrhu je obdobou postupu návrhu rámu na přední kolo. Zde jsem taktéž vycházel z referenčních součástí, tedy zadního kola a kyvné vidlice. Uchytení rámu je realizováno obdobně, zde na osu zadního kola. Kompletní sestava rámu je vidět na *Obr. 25* a popis dílů a podsestav je zobrazen na *Obr. 26*.



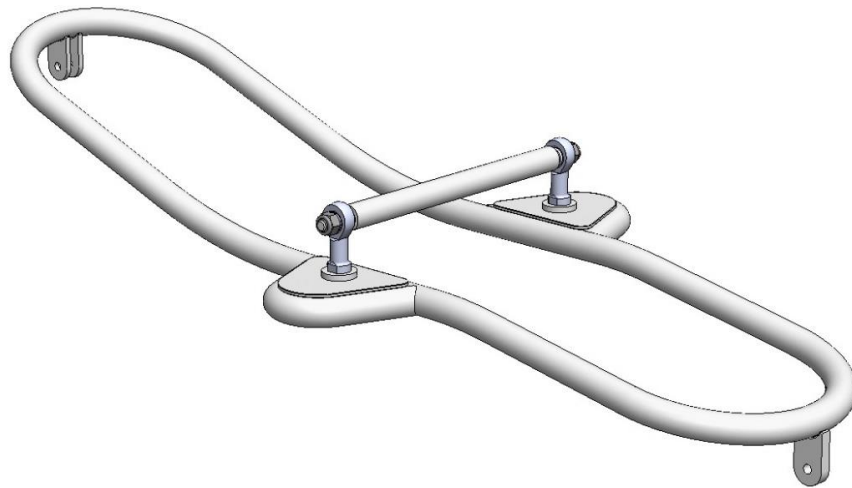
Obr. 25 – Rám na zadní kolo



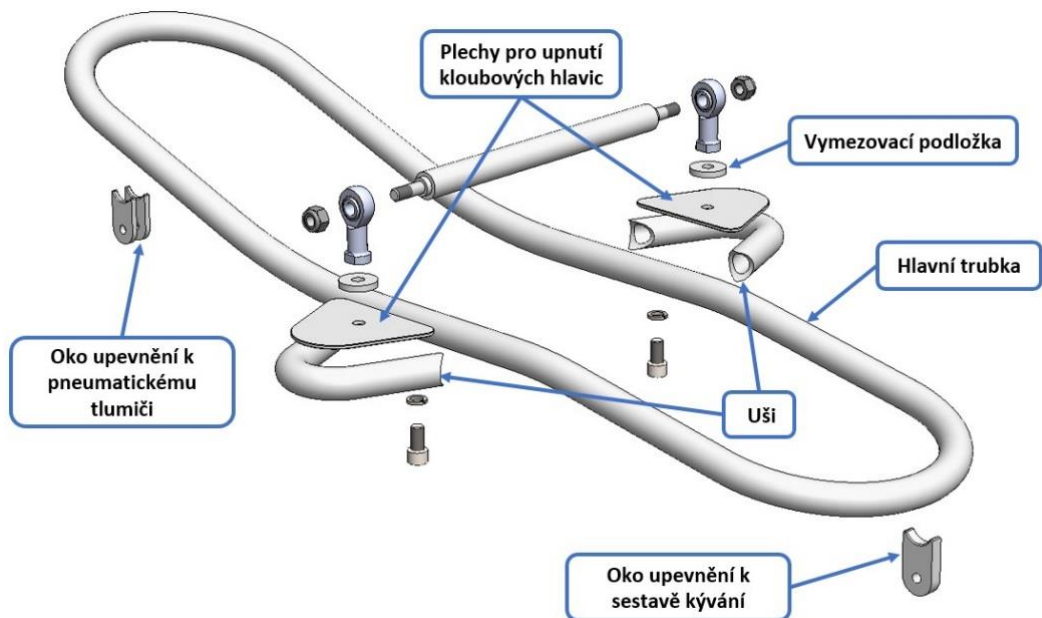
Obr. 26 – Popis součástí rámu na zadní kolo

### 3.5.1 Popis konstrukce rámu zadního kola

Popis konstrukce je v tomto případě stejný, jak tomu bylo při návrhu rámu na přední kolo. Upnutí a zajištění je řešeno na osu zadního kola pomocí zadní osy vložené do kloubových hlavice SKF SIKB 10 F, které jsou zajištěny maticemi s nekovovou vložkou M10. Dále jsou kloubové hlavice upnuty pomocí šroubů s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M10x20 k svařenci horního ramene, zajištění šroubů proti povolení je realizováno pomocí pružných kruhových podložek P10.



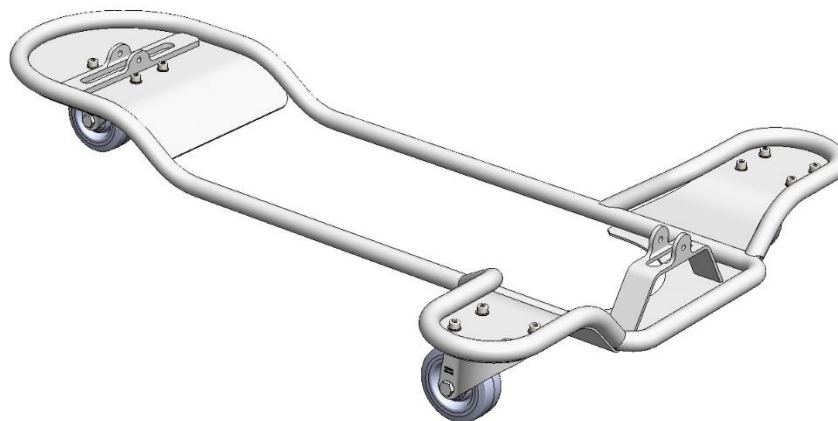
Obr. 27 – Horní rameno zadní kolo



Obr. 28 – Horní rameno zadní kolo popis

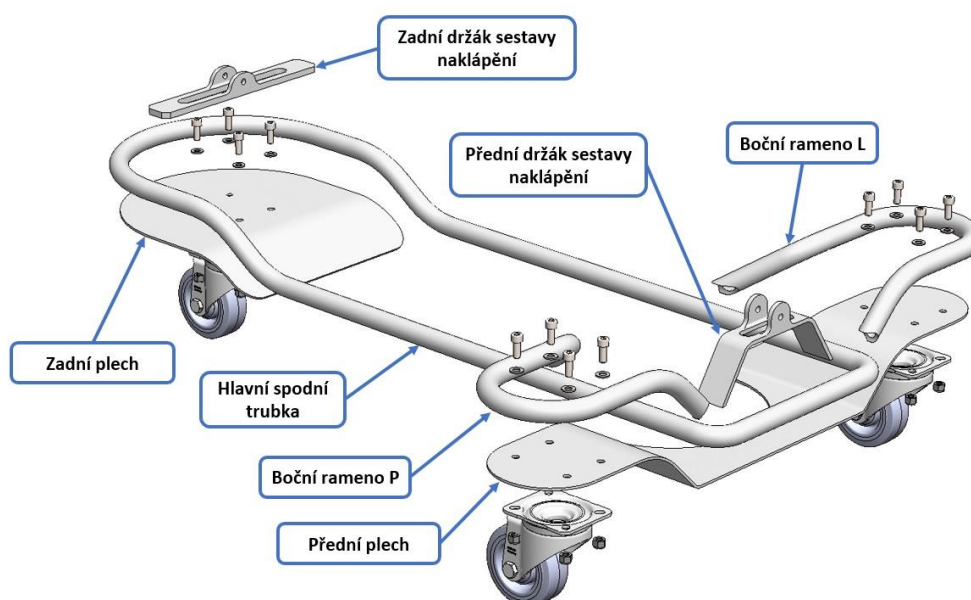


Svařenec horního ramene je velice podobný jako v případě předního rámu, rozdíl je samozřejmě v rozměrech jednotlivých dílů a ve vymezených podložkách, které jsou přivařeny na plechy, ke kterým jsou připevněny kloubové hlavice SKF SIKB 10 F. Tyto podložky jsou zde z důvodu odsazení rámu od kyvné vidlice, aby nedošlo při pohybu vidlice ke kontaktu s rámem.



**Obr. 29** – Spodní rameno zadní kolo

Spodní rameno vychází taktéž z návrhu jako pro přední kolo, avšak je mohutnější a kolečka jsou umístěna opačně vůči směru jízdy motocyklu, tedy dvě v přední části a jedno na zádi rámu. Rám je svařenec a skládá se z hlavní trubky bočních ramen L a P, zadního a předního plechu a držáků sestavy naklápění.



**Obr. 30** – Spodní rameno zadní kolo popis

Ke spojení obou, tedy horního a spodního ramene, je využito taktéž sestavy naklápění v přední části a dále pak v zadní části ještě přes vložený pneumatický tlumič. Na následujícím *Obr. 31* je kompletní sestava rámu zadního kola zobrazena tak, jak je připevněna k zadnímu kolu motocyklu.

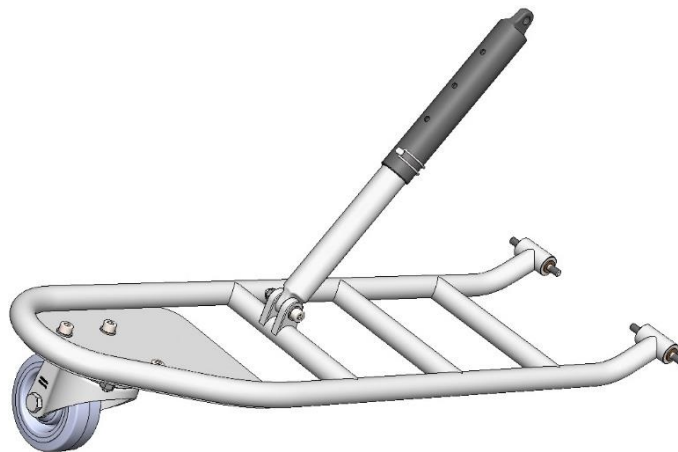


**Obr. 31** – Umístění sestavy rámu zadního kola

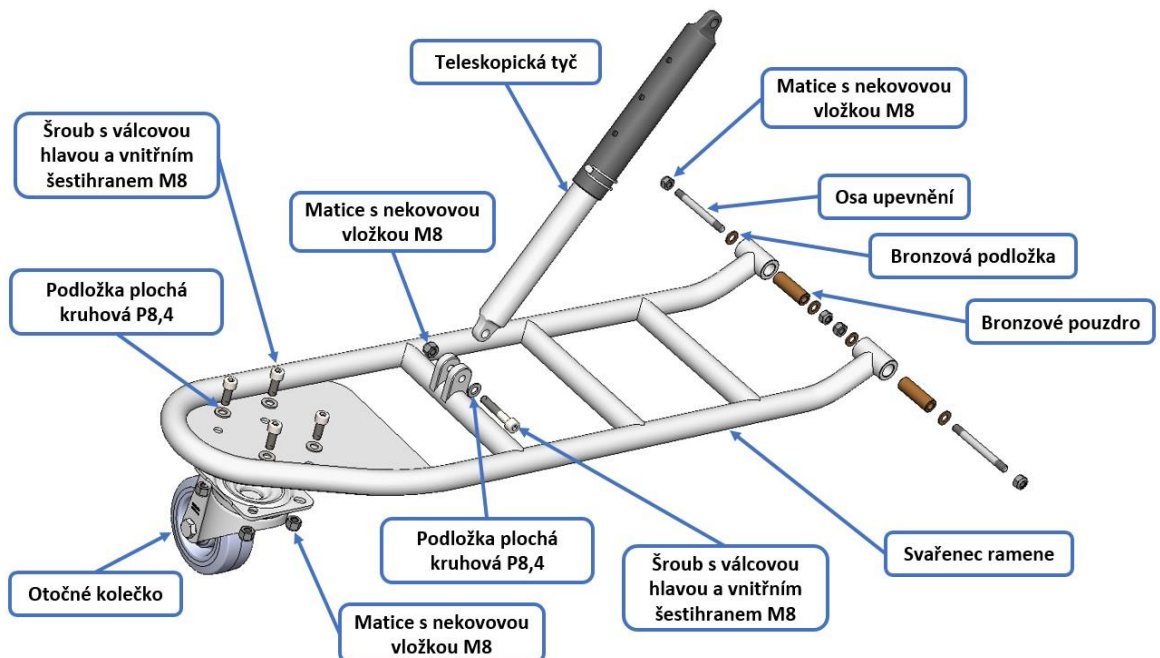
Důvodem podobnosti předního a zadního rámu je ušetření výrobních nákladů z hlediska použitých materiálů a také samotné montáže jednotlivých dílů. Snažil jsem se minimalizovat množství a rozmanitost součástí, ze kterých se rám skládá, tak, aby byla manipulace a následná montáž co možná nejjednodušší.

### 3.6 Padací podpůrná ramena

Pro kontrolu náklonu motocyklu a následného zachycení případného pádu jezdce společně s motocyklem vlivem podklouznutí slouží padací podpůrná ramena. Tato ramena jsou připevněna k rámu motocyklu a umožňují nastavení požadovaného bočního náklonu od úhlu 35° pro začátečníky až po 50° pro zkušené jezdce.



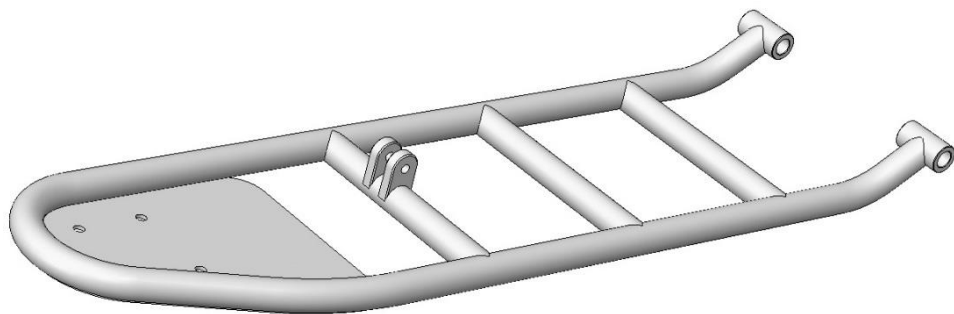
Obr. 32 – Padací podpůrné rameno



Obr. 33 – Padací podpůrné rameno, popis

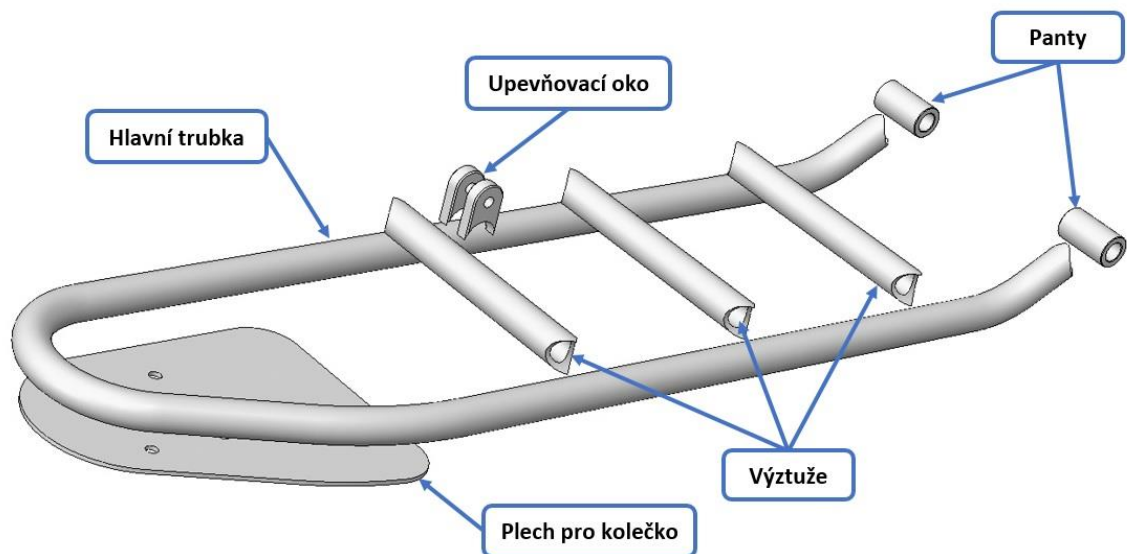
### 3.6.1 Popis konstrukce

Při konstrukci ramene bylo nutné zajistit dostatečnou oporu a také umožnit nastavení úhlu naklonění. Rameno se skládá ze svařence na *Obr. 34*, do kterého jsou ve spodní části vložena bronzová pouzdra k zajištění hladkého pohybu při změně nastavení sklonu. Skrz tato pouzdra jsou vloženy osy upevnění, které jsou zajištěny přes bronzové podložky maticemi s nekovovou vložkou M8. Dále pak je v přední části připevněno otočné kolečko LKX-POEV 100KD-1-SG a teleskopická tyč umožňující změnu náklonu motocyklu.



**Obr. 34** – Svařenec ramene

Svařenec je složen z hlavní trubky, výztuží, upeňovacího oka pro teleskopickou tyč, plechu pro připevnění kolečka a dvou pantů.

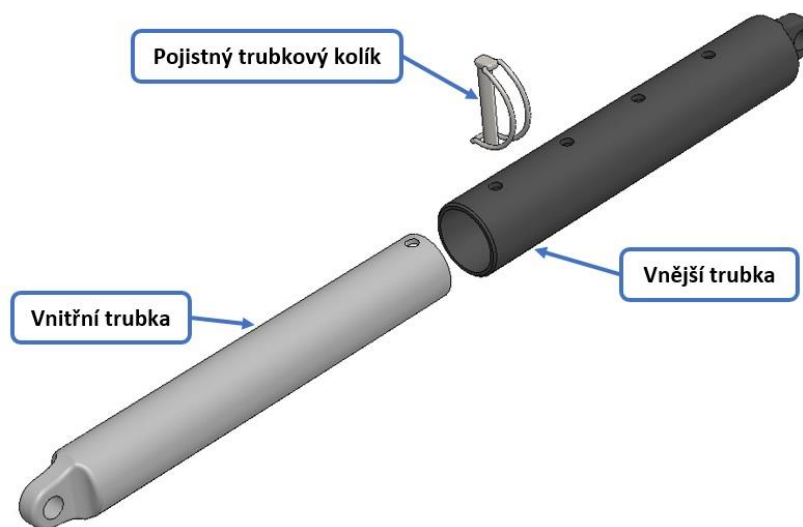


**Obr. 35** – Svařenec ramene, popis

Dále k sestavě připadá teleskopická tyč z *Obr. 36*, která se skládá z vnější a vnitřní trubky. Zajištění tyče v požadované pozici se provádí pomocí pojistného trubkového kolíku, kterým lze jednoduše a rychle měnit úhel naklopení motocyklu.



**Obr. 36** – Teleskopická tyč

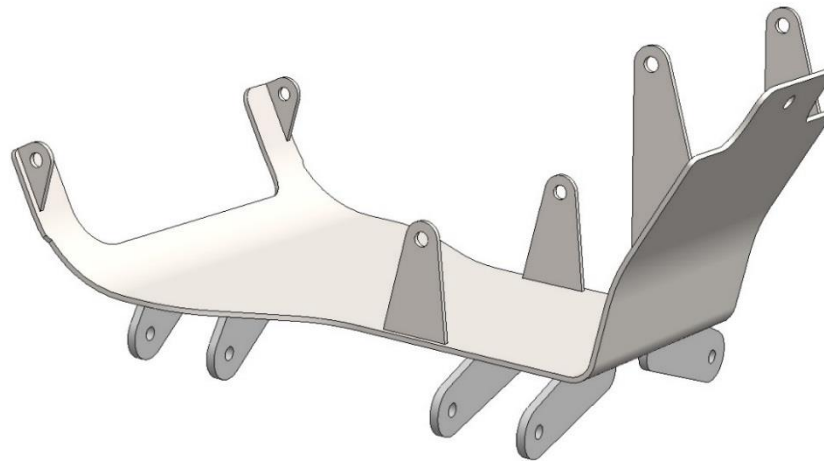


**Obr. 37** – Teleskopická tyč popis

### 3.6.2 Uchycení ramen k motocyklu

Jelikož rám motocyklu disponuje značným počtem bodů pro uchycení součástí, s výhodou jsem tyto body využil pro připevnění padacích podpůrných ramen.

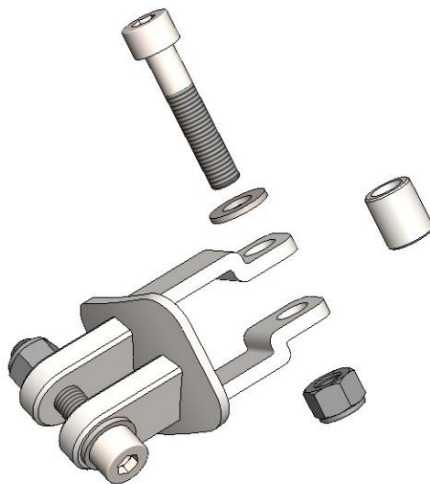
Pro uchycení ke spodní části jsem navrhl plech pod motor, ke kterému se následně přivaří uchycovací oka jak pro připevnění k rámu motocyklu, tak pro uchycení padacích podpůrných ramen. Plech je uchycen do otvorů v rámu motocyklu pomocí šroubů s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M10x20 v zadní části u stupaček, ve střední části pomocí šroubu M10x50 a v přední části pak do plechového profilu pomocí šroubu M8x20, který slouží pro uchycení standartního plastového krytu motoru. Všechny šrouby jsou zajištěny proti povolení pomocí pružných podložek.



**Obr. 38** – Plech pod motor

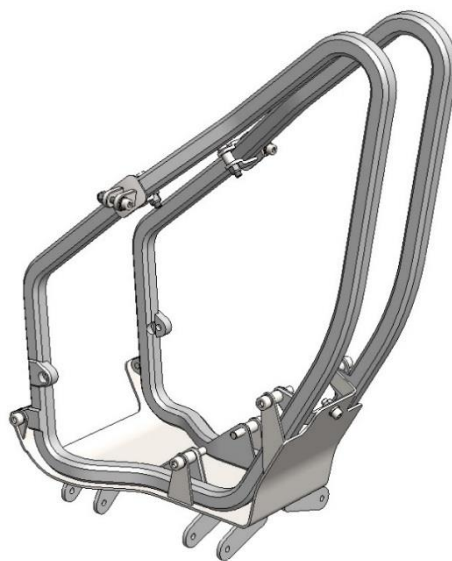
Pro uchycení podpůrných ramen ve vrchní části jsou na rám připevněny úchyty z *Obr. 39*, které slouží jako opěrný bod a upínají se k nim teleskopické tyče pro nastavení úhlu náklonu motocyklu.

Tyto úchyty se připevnění k rámu motocyklu s využitím šroubu s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M8x40 doplněným podložkou P 8,4 a maticí s nekovovou vložkou M8. K vymezení vůle je zde ještě vložen rozpěrný kroužek, ke kterému se při upínání tento šroub dotáhne. Teleskopická tyč se zajistí taktéž šroubem s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M8x40, maticí s nekovovou vložkou M8 a podložkou P 8,4.



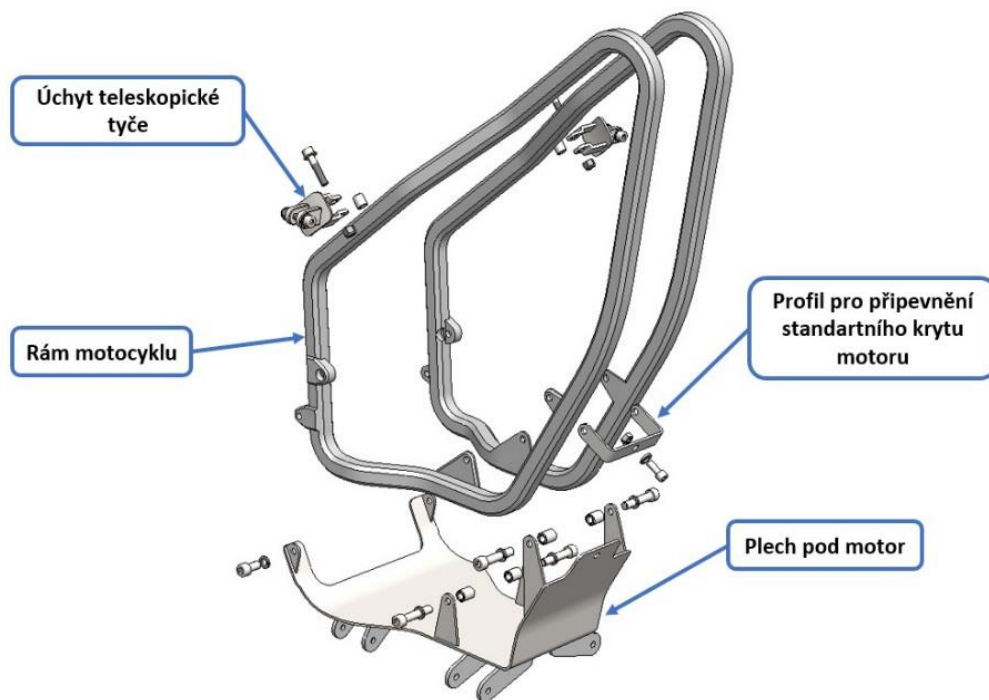
**Obr. 39** – Úchyt tyče náklonu

Na následujícím *Obr. 40* je zobrazen rám s kompletními upínacími prvky pro připevnění padacích podpůrných ramen. Dále pak popis součástí upínacích prvků připevněných k rámu je na *Obr. 41*.



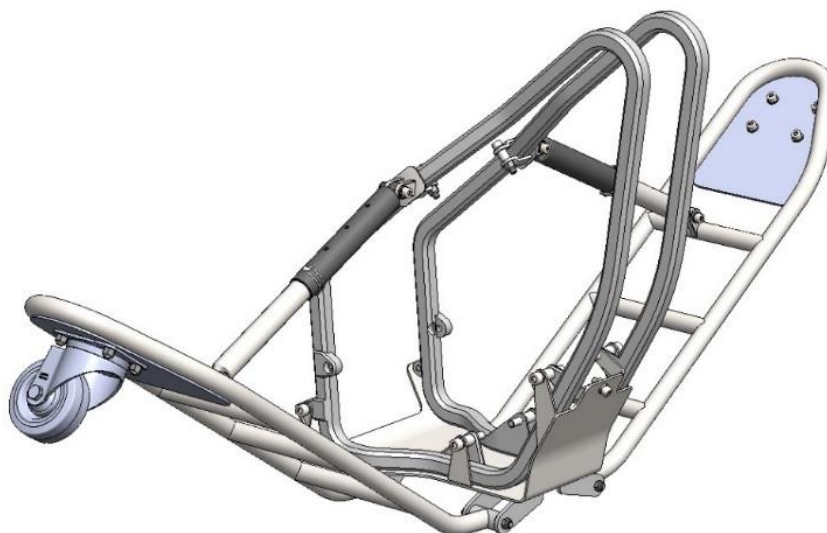
**Obr. 40** – Rám s upnutím





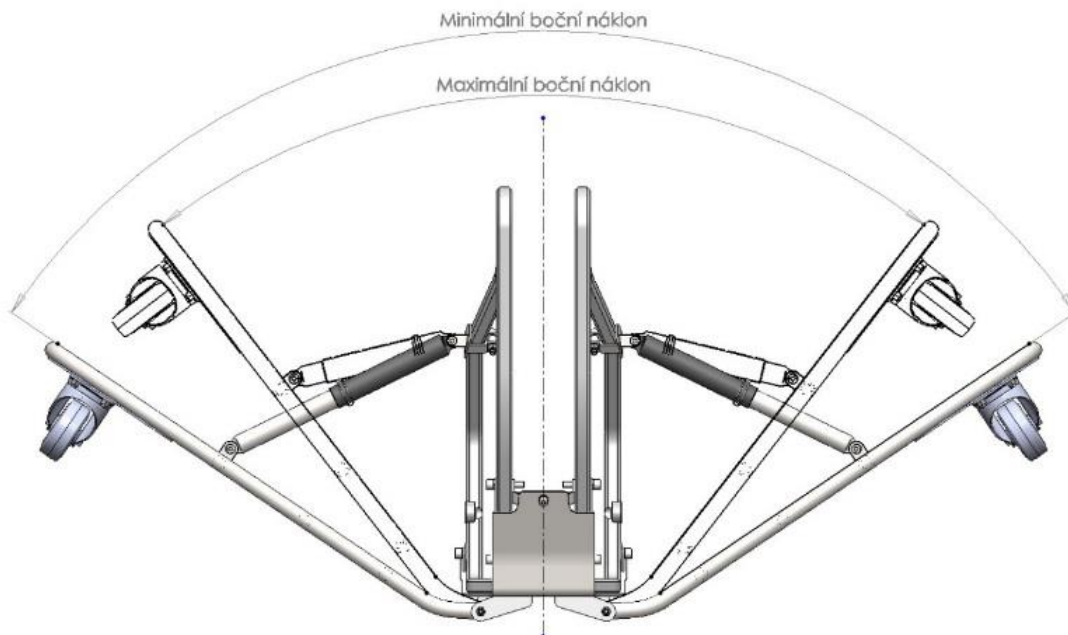
**Obr. 41** – Popis upínacích prvků rámu

Konečná sestava střední části skluzového a padacího rámu na *Obr. 42* se tedy skládá z upínacích prvků k rámu motocyklu a dvou padacích podpůrných ramen. Dále je na *Obr. 43* zobrazeno rozpětí nastavení úhlů padacích podpůrných ramen pro minimální a maximální boční náklon motocyklu.



**Obr. 42** – Sestava střední části

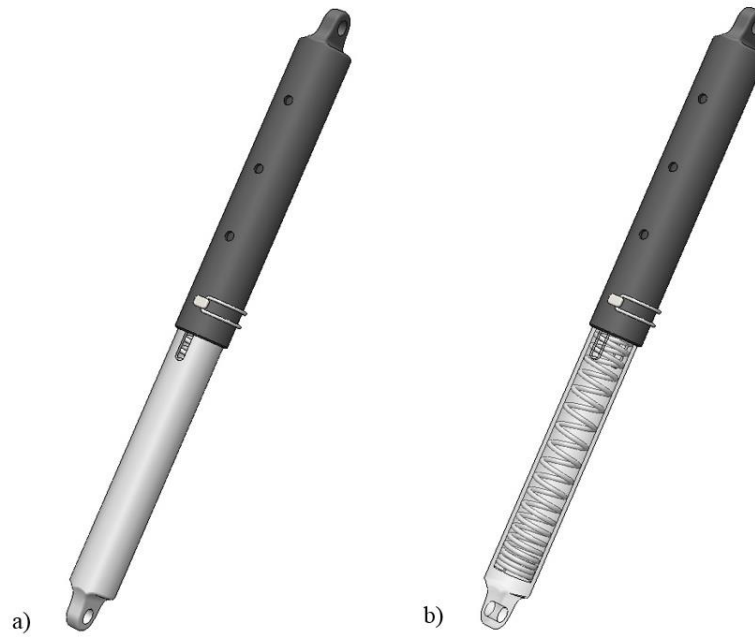




**Obr. 43** – Nastavení ramen *Min a Max*

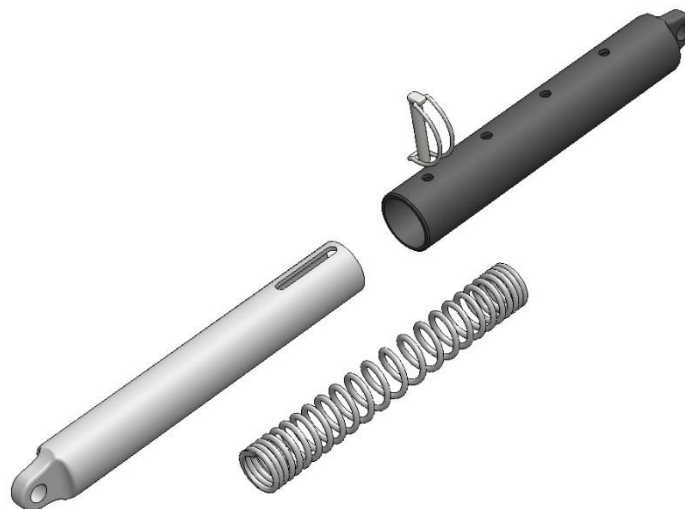
Při kontaktu padacích podpůrných ramen může vzniknout ráz, to znamená, že jezdec pocítí „tvrdé“ dosednutí kolečka na vozovku. Tento jev je při nácvičku jízdy velice nepříjemný a tím pádem zhoršuje celkové ovládání motocyklu.

Aby se tomuto nežádoucímu jevu zabránilo, bylo by možné do uložení teleskopické tyče vložit například silentblok, který by do jisté míry tento ráz eliminoval. Dalším řešením, které by tento problém eliminovalo, by bylo použití upravené teleskopické tyče s tlumícím prvkem *Obr. 44*.



**Obr. 44** – Vizualizace tlumicí tyče: a) Tlumicí tyč; b) Zobrazení vnitřní konstrukce

Konstrukce spočívá ve vložení tlačné pružiny do dutiny ve vnitřní trubce teleskopické tyče. Vnitřní trubka má upravený otvor ve tvaru podélné drážky, do které se zajišťuje pojistný trubkový kolík. V případě dosednutí kolečka na povrch vozovky je díky této konstrukci umožněn pohyb vnitřní trubky vůči vnější trubce. Uvnitř vložená pružina se poté stlačí a utlumí tak ráz.

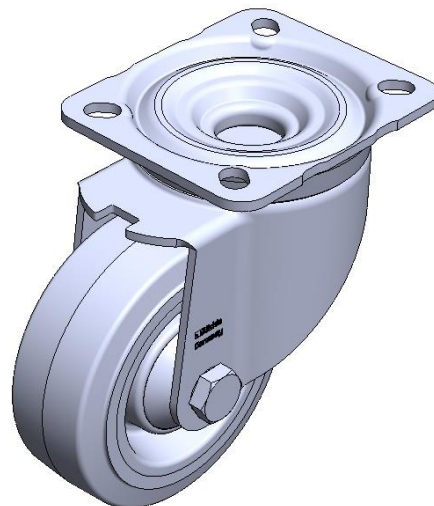


**Obr. 45** – Tlumicí teleskopická tyč rozpad

Další vliv na tlumení tohoto rázu by mělo použití koleček s nafukovací pneumatikou, kde by se uplatnila deformace pneumatiky jako tlumicí prvek. Tato kolečka jsou popsána v následující části této bakalářské práce.

### 3.7 Kolečka

Pro pojezd rámu po podložce jsem zvolil otočná kolečka LKX-POEV 100KD-1-SG. Tato kolečka jsou vyrobena z nerezavějící chromniklové oceli, upnutí je provedeno přes základovou desku s otvory pro šrouby M8. Průměr koleček je 100 mm a šířka běhounu je 38 mm. Materiál běhounu je elastická plná guma, která je navulkanizována na disk kola. Nosnost je 200 kg, což je vzhledem k hmotnosti motocyklu dostačující. Kolečko je uloženo na ose kola pomocí kuličkového ložiska, které zajistí nízký valivý odpor a dlouhou životnost.



**Obr. 46** – Kolečko LKX-POEV 100 KD-1-SG

Tato kolečka jsou zkonstruována, dle informací výrobce, pro pochůzkovou rychlost, tedy zhruba do 5 km/h. Není tudíž možné deklarovat, zda by vydržela vyšší rychlosti, které jsou pro navrhovaný rám žádoucí. Proto by bylo nutné ověřit výdrž a správnou funkci až při samotném zkušebním provozu padacího rámu.

Dle zjištěných skutečností, které uvádí ve své disertační práci Ing. Petr Jilek, Ph.D., je zřejmé, že zatížení koleček, a tudíž i rychlosti, které lze dosahovat, jsou mnohem vyšší. Z tohoto faktu usuzuji, že by kolečka při použití na tomto skluzovém a padacím rámu v reálném provozu měla bez problému vyhovět. [12]

Z důvodů tlumení rázů od povrchu, na kterém by motocykl byl provozován, a rychlostí, které by dosahoval, jsem navrhl vlastní konstrukci koleček na *Obr. 47*, která by byla pro použití optimální.

Jako běhoun jsem použil nafukovací pneumatiku s dezénovým vzorkem. Tímto řešením by se zamezilo odskakování koleček a zlepšily by se jízdní vlastnosti po nerovném povrchu. Takováto kolečka se nevyrábějí, jejich nejbližší průměry začínají zhruba od 180 mm a zástavbová výška přesahuje 200 mm, to je pro použití na tomto padacím rámu nevyhovující. Pro toto konkrétní použití by se musela nechat na zakázku vyrobit.



**Obr. 47** – Návrh vlastní konstrukce kolečka

### **3.8 Pneumatický tlumič**

Pro to, aby rám poskytoval funkci pro změnu adhezních podmínek, je vybaven dvojicí pneumatických tlumičů, kterými lze libovolně nadzvednout kola a tím simulovat danou situaci.

Jelikož se mi nepodařilo dohledat žádný komerčně vyráběný tlumič, který by odpovídal požadavkům navrhnutého rámu, musel by se do reálných podmínek nechat takovýto tlumič speciálně vyrobit. Požadovaný zdvih tlumiče je dán polohou kol motocyklu, při zatížení jezdcem až do okamžiku odpoutání kol od podložky, a činí 20 mm. Návrh tlumiče je na *Obr. 48*, zdvih je znázorněn na *Obr. 49*.



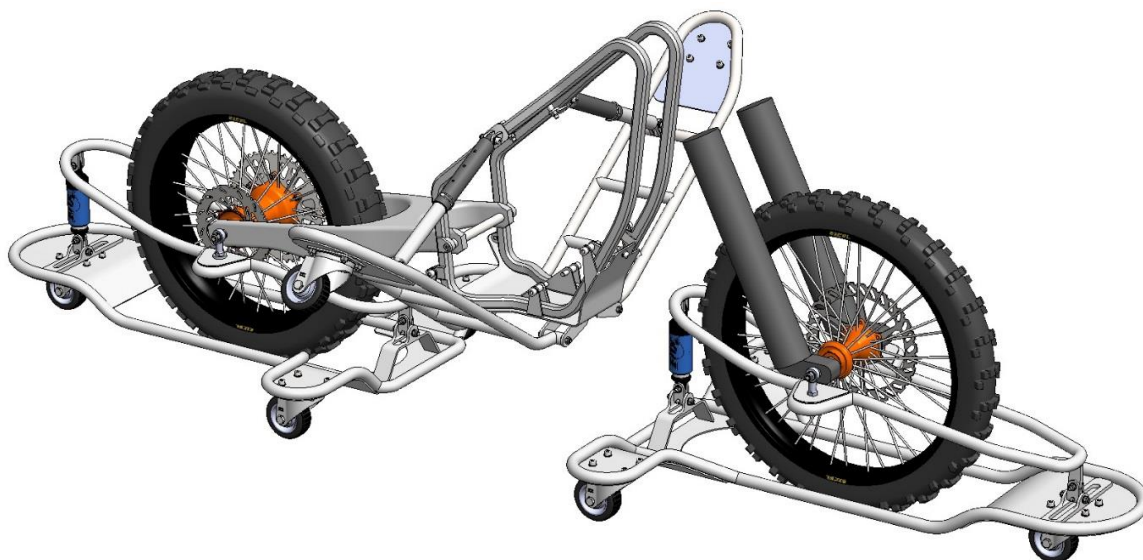
**Obr. 48** – Návrh pneumatického tlumiče



**Obr. 49** – Vizualizace zdvihu pneumatického tlumiče

### **3.9 Výsledná sestava skluzového a padacího rámu**

Všechny výše uvedené komponenty se na motocykl připevní a vytvoří celek požadovaného skluzového a padacího rámu z *Obr. 50*. Kompletní rám se tedy skládá z rámu na přední kolo, rámu na zadní kolo a padacích podpůrných ramen.

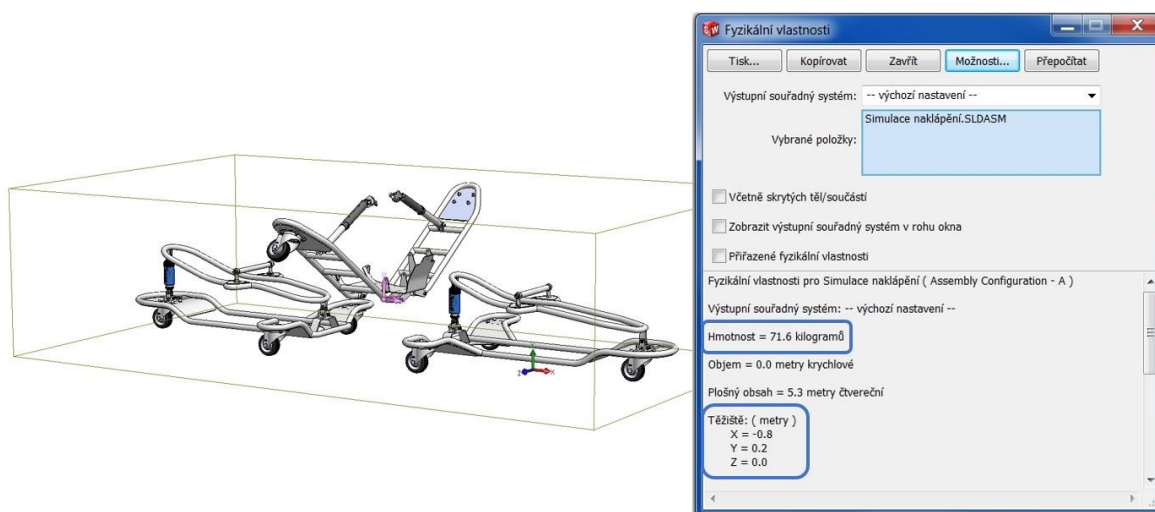


Obr. 50 – Skluzový a padací rám

Jelikož všechny komponenty mají svou hmotnost, je jasné, že ovlivní celkové jízdní vlastnosti motocyklu, s tímto je nutné při provozu počítat.

Celková orientační hmotnost je dle CAD softwaru 71,6 kg s tím, že 26,7 kg připadá na rám na přední kolo, 26,4 kg na rám na zadní kolo a 18,5 kg na střední část.

Další vliv na jízdní vlastnosti má taktéž těžiště, snažil jsem se ho proto zachovat na podélné ose motocyklu co možná nejvíce na střed a nízko nad povrchem podložky. Na Obr. 51 je vidět celková hmotnost i umístění těžiště.



Obr. 51 – Fyzikální vlastnosti

Důležitým prvkem z hlediska funkčnosti samotného rámu a simulace adhezních podmínek by bylo zajištění dynamického řízení pneumatických tlumičů. Motocykl by byl vybaven akcelerometry, které by kontinuálně v čase vyhodnocovaly zdvih tlumičů za jízdy v důsledku naklápění motocyklu. Tímto způsobem by byl zajištěn neustálý kontakt obou kol s podložkou dle předem nastavených (požadovaných) adhezních podmínek.

Na následujících obrázcích *Obr. 52* a *Obr. 53* je vizualizace minimálního a maximálního bočního náklonu.



**Obr. 52** – Minimální boční náklon 35°



**Obr. 53** – Maximální boční náklon 50°

### 3.9.1 Použité materiály

Materiály pro jednotlivé prvky jsem volil s ohledem na funkci dané součásti a také dle specifikace komerčně vyráběných polotovarů. Jelikož se jedná o ideový návrh, zvolil jsem proto běžně dostupné a hojně využívané materiály. Z praktického hlediska by se vhodnost použitých materiálů zjistila až při testovacím provozu skluzového a padacího rámu.

Základním prvkem jsou přesné bezešvé kruhové trubky o rozměru 25x4 vyrobené z materiálu S235JR (11 353), jedná se o jednoúčelovou ocel k výrobě bezešvých trubek, je vhodná na trubkové konstrukce, její svařitelnost je zaručená v závislosti na tloušťce polotovaru. Tento materiál je taktéž použit na veškeré plechové díly a teleskopické tyče. [15; 16]

Dalším použitým materiálem je S355J2 (11 523), konstrukční jakostní ocel vhodná ke svařování pro mostní konstrukce, ohýbané profily, součásti strojů, automobilů, motocyklů a jízdních kol. Z této oceli jsou veškeré upevňovací prvky a držáky sestav naklápění. [16]

Pro veškeré spojovací osy jsem použil materiál 42CrMo4+QT (15 142), ocel k zušlechťování a povrchovému kalení je dobře tvářitelná. Užívá se na velmi namáhané strojní součásti a součásti silničních a motorových vozidel (hřídele a spojovací součásti). Také se používá na odlitky k přímému použití jako ocel odolná vůči abrazi. Na funkčně používaných místech se svařování nedoporučuje. [17; 16]

Posledním použitým materiálem je cínový bronz CW453K-H135 (CuSn8), vlastnostmi jsou vysoká pevnost a korozivzdornost, má velmi dobré kluzné vlastnosti. Používá se ve strojírenství pro vodící, kluzná a ložisková pouzdra, pružiny, membrány, svorníky spojky atd. Tento materiál jsem použil na pouzdra a podložky v pohyblivých částech padacího podpůrného rámu. [18; 19; 20]



### 3.9.2 Předpokládané náklady

Ze všech použitých materiálů a spojovacích součástí jsem dále vyčíslil hrubou kalkulaci dle cen uvedených jednotlivými dodavateli v *Tab. 3*.

Jedná se o hrubý odhad ceny nakupovaného materiálu pro výrobu padacího a skluzového rámu. V této ceně není zahrnuta doprava ani práce na jednotlivých součástech, avšak udávám ji alespoň pro představu, kolik by výsledný produkt mohl stát.

**Tab. 3** – Kalkulace pořizovacích nákladů

Součást	Počet kusů / Množství	Cena s DPH
Kloubová hlavice SIKB 10 F	4 ks	2 554 Kč
Kolečko LKX-POEV 100KD-1-SG	8 ks	22 304 Kč
Maznice M6 x 1	4 ks	20 Kč
Plech TL 3 mm	1 000 x 1 000 mm	791 Kč
Deska TL 40 mm	450 x 260 mm	851 Kč
Trubka bezešvá Ø 25 x 4	17 520 mm	2 849 Kč
Trubka bezešvá Ø 30 x 2,5	220 mm	60 Kč
Trubka bezešvá Ø 35 x 2,5	220 mm	72 Kč
Tyč ocelová kruhová Ø 25 mm	1 235 mm	183 Kč
Tyč bronzová Ø 20 mm	300 mm	395 Kč
Kolík pojistný trubkový 6 x 40 mm	2 ks	24 Kč
Spojovací materiál (šrouby, matice, podložky)	-	229 Kč
<b>CELKOVÉ NÁKLADY NA MATERIÁL</b>	-	<b>30 332 Kč</b>

## 4 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navržení skluzového a padacího rámu pro daný typ motocyklu. Prvním krokem byl tedy výběr konkrétního motocyklu. S ohledem na nízkou hmotnost a snadnou ovladatelnost jsem zvolil výše uvedený motocykl KTM, který je svou jednoduchostí pro konstrukci rámu optimální. Dále jsem pomocí referenčních rozměrů daných hlavními prvky motocyklu sestavil 3D model, který mi sloužil jako základní prvek pro návrh součástí rámu.

Konstrukční řešení jednotlivých součástí jsem navrhl s ohledem na dostupnost materiálů a jednoduchost výroby. Snažil jsem se o to, aby se rám dal po drobných úpravách aplikovat i na jiné motocykly. Při samotném návrhu se vyskytlo i několik problémů, které se však vždy podařilo zdárně vyřešit, příkladem toho byl nevhodný rozměr ramen obepínajících kola. Tato ramena se z počátku zdála jako ideální, posléze se ale ukázalo, že při pohybu by se dostala do kontaktu se spodními rameny, a to by mělo fatální důsledky na funkčnost celého padacího rámu. Z hlediska funkce pro změnu adhezních podmínek jsem rám vybavil dvojicí pneumatických tlumičů. Pro správnou funkci těchto tlumičů by rám musel být ještě vybaven akcelerometry, které by dynamicky řídily zdvih, aby byl zajištěn neustálý kontakt kol motocyklu s podložkou.

Předem stanovený cíl práce se mi podařilo splnit. Podklady vytvořené v této bakalářské práci mohou být dobrým základem pro další zkoumání. Dle tohoto ideového návrhu by mohl být dále vypracován konstrukční návrh, ze kterého by se dále vytvořila výrobní dokumentace. Výsledkem by byl funkční rám, který by posloužil pro trénink a výcvik motocyklistů.

## 5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DOUDA, Pavel, Tomáš HEPTNER a Josef KOLÁŘ. *Pozemní dopravní prostředky*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04308-0.
- [2] STODOLA, Jiří. *Úvod do konstrukce silničních vozidel*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1996. ISBN 80-7194-067-4.
- [3] HUSÁK, Pavel. *Motocykly s dvoudobým motorem: konstrukce, výpočty a stavba motocyklů*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-2280-8.
- [4] JEREMIÁŠ, Ján. *Klasické motocykly od A do Z*. Vyd. 2. Brno: Computer Press, 2007. Motoalbum (Computer Press). ISBN 978-80-251-1841-2.
- [5] HEIL, Carsten. *1000 motocyklů: dějiny, klasika, technika*. V Praze: Knižní klub, 2006. ISBN 80-242-1711-2.
- [6] VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1601-7.
- [7] VLK, František. *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5276-0.
- [8] Endura. In: *Bikes.cz otevřený katalog motocyklů* [online]. 2008 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.bikes.cz/kategorie/enduro>
- [9] Chopper/Cruiser: Chopper. In: *Moto Trade* [online]. b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://www.mototrade.cz/cz/choppercruiser/>
- [10] NakedBike. In: *Moto Trade* [online]. b.r. [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <http://www.mototrade.cz/cz/nakedbike/>
- [11] VALA, Miroslav a Miroslav TESAŘ. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-503-x.

- [12] JILEK, Petr. *VÝVOJ SYSTÉMU PRO OVĚŘOVÁNÍ JÍZDNÍ STABILITY SILNIČNÍHO VOZIDLA VE VZTAHU K ADHEZNÍM PODMÍNKÁM*. Pardubice, 2018. Disertační práce. Univerzita Pardubice.
- [13] ŠACHL, Jindřich a Jindřich ŠACHL. *ADHEZE PNEUMATIK V ANALÝZE SILNIČNÍCH NEHOD* [online]. Praha, 2008 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <http://k622.fd.cvut.cz/lecture/Adheze%20pneumatik.pdf>. České vysoké učení technické v Praze.
- [14] *Návod k obsluze: 250 SX-F EU, 250 SX-F USA, 250 XC-F USA*. Mattighofen Rakousko: KTM-Sportmotorcycle AG, 2013.
- [15] Trubka bezešvá přesná kruhová, ČSN 42 6711.21 // rozměr 25x4,0. *Ferona* [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/31497/trubka-bezesva-presna-kruhova-csn-42-6711-21-rozmer-25x4-0>
- [16] Vybrané oceli - vlastnosti a použití. In: *SVARINFO: MAGAZÍN PRAKTICKÉHO SVAŘOVÁNÍ* [online]. b.r. [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: [http://svarbazar.cz/phprs/showpage.php?name=oceli\\_pouziti](http://svarbazar.cz/phprs/showpage.php?name=oceli_pouziti)
- [17] Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060 // průměr 25. *Ferona* [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/23749/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-en-10060-prumer-25>
- [18] Tyč bronzová kruhová, EN 12163 // průměr 20. In: *Ferona* [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/34117/tyc-bronzova-kruhova-en-12163-prumer-20>
- [19] Cínový a červený bronz (CuSn8, CuSn6, CuSn12, CuSn7Zn4Pb7, CuSn10P...). In: *SERVIS METAL* [online]. Púchov, 2019 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <http://www.servismetall.sk/katalog/bronz/cinovy-bronz/>
- [20] Bronz. In: *ALMS* [online]. Modřice, 2012 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <http://www.alms-brno.cz/produkty/4-bronz/>

- [21] VACEK, Zdeněk. První benzinový motocykl na světě. In: *Veterán autocz* [online]. 2001 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://veteran.auto.cz/galerie/motorky/266/moto-daimler?foto=0>
- [22] Drag Bike. In: *The Petrol Stop* [online]. b.r. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <http://www.thepetrolstop.com/2015/11/random-picture-drag-bike.html>
- [23] SERAFIM, . 2014 KTM 250 SX-F. In: *TopSpeed* [online]. b.r. [cit. 2019-03-29].