

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Návrh vybraných komponent/podsestav podvozku pro vůz  
Formula Student

Autor: **Bc. Ondřej Frühauf**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Martin Hynek, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta strojní  
Akademický rok: 2017/2018

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej FRÜHAUF**  
Osobní číslo: **S16N0095P**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**  
Název tématu: **Návrh vybraných komponent/podsestav podvozku pro vůz  
Formula Student**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Provedte návrh vybraných komponent/podsestav podvozku pro vůz kategorie Formula Student. Návrh komponent musí zcela splňovat pravidla stanovená soutěží FSAE pro rok 2017/2018. Při návrhu je nutné brát ohled na navazující komponenty. Součástí návrhů musí být rozbor zatěžujících stavů, kritických míst a potřebné výpočty k zajištění technických parametrů jednotlivých komponent.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Rozbor stávajícího řešení podvozku
2. Návrh vybraných komponent
3. Analýza navržených řešení/úprav
4. Zpracování příslušné technické dokumentace
5. Technickoekonomické zhodnocení

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah kvalifikační práce: **50-70 stran A4**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**TRZESNIKOWSKI, M.** *Rennwagentchnik*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2012

**MILLIKEN, W. F., MILLIKEN, D. L.** *Race Car Vehicle Dynamics*. Warrendale: Society of Automotive Engineers Inc, 1995

**HEISSING, B.** *Fahrwerkhandbuch*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2013

*Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Martin Hynek, Ph.D.**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant diplomové práce: **Ing. Michal Skovajsa**  
Katedra konstruování strojů

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2017**  
Termín odevzdání diplomové práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2017

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni s mojí diplomovou prací. V první řadě patří velký dík Doc. Ing. Martinu Hynkovi, Ph.D. za vedení této práce a Ing. Michalu Skovajsovi za rady a konzultace. Zároveň bych chtěl taktéž poděkovat členům týmu UWB Racing Team Pilsen, kteří mi v případě potřeby vždy pomohli a poradili. V neposlední řadě děkuji své rodině za plnou podporu během celého studia.

Bc. Ondřej Frühauf



## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Frühauf	<b>Jméno</b> Ondřej	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	23-35-8 „Dopravní a manipulační technika“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	<b>Jméno</b> Martin	
<b>PRACOVISTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del><b>BAKALÁŘSKÁ</b></del>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh vybraných komponent/podsestav podvozku pro vůz Formula Student		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	20 18
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	----------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	145	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	84	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	61
---------------	-----	-------------------------	----	--------------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce obsahuje základní informace o soutěži Formula Student, základní požadavky z pohledů pravidel soutěže Formula Student a obecně kladené požadavky. Cílem práce bylo navrhnout konstrukční řešení vybraných komponent na podvozku Formule Student s ohledem na silové zatížení od různých dynamických stavů. Návrh byl porovnán s ložským modelem z pohledu hmotnostního a z pohledu nákladů na výrobu.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	Podvozek, Náprava, Zavěšení, Formula Student

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Frühauf	<b>Name</b> Ondřej
<b>FIELD OF STUDY</b>	23-35-8 "Transport and handling machinery"	
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	<b>Name</b> Martin
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b> <b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design of selected chassis components/subassemblies for Formula Student	

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2018
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALY</b>	145	<b>TEXT PART</b>	84	<b>GRAPHICAL PART</b>	61
---------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION</b> <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The diploma thesis contains basic information about formula student competition, basic requirements from the rules of the formula student competition and general requirements. The aim of the thesis was to design solution of selected components on the chassis of student formula with respect to the force load from different dynamic states. The design was compared to the last model from the point of view of material and production costs.
<b>KEY WORDS</b>	Chassis, Axle, Suspension, Formula Student

## Obsah

1	Úvod.....	10
2	Formula student .....	11
2.1	Specifikace požadavků kladených soutěží Formula Student .....	12
2.2	Obecně kladené požadavky .....	12
2.3	Komplexní typy zavěšení pro vozy Formula Student .....	12
2.4	Rozbor stávajícího řešení podvozku .....	15
2.4.1	UWB02 (vůz pro soutěžní sezonu v roce 2012) – popis přední nápravy .....	15
2.4.2	UWB03 (vůz pro soutěžní sezonu v roce 2016) – popis přední nápravy .....	17
2.4.3	UWB04 (vůz pro soutěžní sezonu v roce 2017) – popis přední nápravy .....	19
2.4.4	Porovnání náprav vozů UWB02-04 z hlediska hmotnosti.....	21
3	Stanovení zátěžných stavů .....	23
3.1	Kinematika a základní parametry podvozku.....	23
3.1.1	Základní parametry podvozku .....	23
3.1.2	Stanovení kinematiky .....	23
3.2	Stanovení těžiště.....	27
3.2.1	Vstupní hodnoty.....	27
3.2.2	Naměřené hodnoty .....	28
3.2.3	Výpočet ideální polohy příčného těžiště bez řidiče .....	29
3.2.4	Výpočet výšky těžiště bez řidiče .....	29
3.2.5	Simulace Adams/Car .....	31
3.2.6	Zátěžný stav 1.1 .....	33
3.2.7	Zátěžný stav 1.2 .....	35
3.3	Změna tuhosti pružin.....	38
4	konstrukční návrh zavěšení.....	40
4.1	Stabilizátor vozu UWB05 .....	40
4.1.1	Varianty nastavení tuhosti stabilizátoru.....	42
4.1.2	FEM analýza stabilizátoru .....	44
4.1.3	Výsledky FEM analýzy pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení .....	50
4.1.4	Výsledky FEM analýzy pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení.....	53
4.1.5	Zhodnocení výsledků stabilizátoru .....	55
4.2	Vahadlo vozu UWB05 .....	56
4.2.1	FEM analýza vahadla.....	57
4.2.2	Výsledky FEM analýzy vahadla .....	57
4.2.3	Zhodnocení výsledků vahadla .....	59
4.3	Push-rod vozu UWB05 .....	60
4.3.1	Analytický výpočet lepeného spoje .....	60

4.4	Řídící tyč vozu UWB05 .....	62
4.4.1	Analytický výpočet svárového spoje .....	62
4.5	Spodní A-rameno vozu UWB05 .....	63
4.5.1	Analytický výpočet svarového spoje .....	63
	Výpočet svarového spoje pro svaření adaptorů kloubových hlavic: .....	63
4.6	Táhlo stabilizátoru vozu UWB05.....	64
4.6.1	Analytický výpočet lepeného spoje .....	64
4.7	Horní A-rameno vozu UWB05 .....	65
4.7.1	Analytický výpočet svárového spoje .....	65
	Výpočet svárového spoje pro svaření adaptorů kloubových hlavic: .....	65
4.8	Hmotnostní porovnání komponent vozu UWB04 (2017) a vozu UWB05 (2018) ....	66
5	Technicko-ekonomické zhodnocení .....	68
5.1	Náklady na výrobu UWB05 .....	68
5.2	Zhodnocení výrobních nákladů.....	72
6	závěr.....	75
7	Použitá literatura .....	77
7.1	Knižní publikace .....	77
7.2	Publikace na internetu .....	77
8	Seznam obrázků.....	79
9	Seznam grafů .....	81
10	Přílohy.....	82

## 1 ÚVOD

Tématem této diplomové práce je návrh vybraných komponent/podsestav podvozku pro vůz Formula Student. V první části bude tato práce zaměřena na analýzu předchozích vozů UWB02 až UWB04. Tato analýza bude hlavní opěrný bod pro návrh a snížení hmotnosti předního zavěšení vozu UWB05. Dále bude provedena dynamická analýza pro zjištění zátěžných stavů v programu MSC Adams/Car. Pro dynamickou analýzu budou zvoleny dva druhy jízdních stavů, které poskytnou hodnoty potřebné pro návrh a dimenzování vybraných komponent přední nápravy vozu UWB05. Další částí této práce bude navrhnutí zvýšení tuhosti pružin pro zlepšení jízdní dynamiky vozu a zároveň dodržení pravidel stanovených soutěží Formula Student. V neposlední řadě této práce budou navrženy jednotlivé součásti přední nápravy s ohledem na funkčnost a snížení hmotnosti. Vybrané součásti budou podrobeny výpočtům pomocí metody konečných prvků v softwaru Siemens NX a dále porovnávány s dovoleným napětím.

Po návrhu jednotlivých součástí bude provedena podrobná analýza pro zjištění hmotnostního rozdílu mezi předním zavěšením na voze UWB04 a na voze UWB05. Závěr této práce bude věnován ekonomickému zhodnocení výroby přední nápravy s ohledem na použitý materiál, využívané procesy a jiné.

## 2 FORMULA STUDENT

Formula Student je mezinárodní soutěž technických vysokých škol, které mají za úkol navrhnout a postavit formulový monopost. Soutěž je bodově hodnocena 1000 body, které jsou rozděleny do statických a dynamických disciplín. Mezi statické disciplíny patří Design report, Cost report a Business prezentace. Mezi dynamické disciplíny se řadí Skid-pad, Sprint, Autocross, Endurance a s ním spojený Efficiency. Dané disciplíny jsou popsány níže. Soutěž Formula Student není pouze o tom postavit formuli a zúčastnit se závodů, ale je nutné dodržet pravidla, která čítají téměř 200 stran. Tato pravidla jsou velmi detailní a jejich dodržování se kontroluje při tzv. technické přejímce, kterou musí projít každé vozidlo před účastí na dynamických disciplínách. Technická přejímka je složena z několika bezpečnostních fází. Při první fázi je celé vozidlo podrobeno důkladné prohlídce, kde se kontroluje správné pojištění šroubových spojů, předepsaná tloušťka trubek na rámu či tepelná izolace svodů od posedu řidiče. Po úspěšném dokončení technické prohlídky je na vozidlo nalepena nálepka označující soulad s pravidly Formula Student z pohledu konstrukčních pravidel. Po technické přejímce musí formule splnit hlukový limit, který činí 103 decibelů při volnoběhu a 110 decibelů při 10 000 otáčkách. Dále vozidlo musí splnit brake test, kde se vozidlo musí rozjet na předepsanou vzdálenost a zabrzdit se zablokováním všech čtyř kol. Poslední částí technické přejímky je naklápěcí test, kde se vozidlo naklápí na stranu do úhlu 45[°] a provádí se kontrola, zda z vozidla nevytékají pohonné či jiné tekutiny, a dále se pokračuje s nakláněním až do 60 [°], kde se kontroluje stabilita vozidla. Jak již bylo napsáno, po splnění těchto částí technické přejímky jsou na vůz nalepeny nálepky označující splnění jednotlivých testů.



Graf 2-1 – Rozdělení bodů jednotlivých disciplín v soutěži Formula Student [2]

## 2.1 Specifikace požadavků kladených soutěží Formula Student

- Vozidlo musí být vybaveno plně funkčním předním a zadním zavěšením včetně pružin a tlumičů, které musí dovolit pohyb minimálně 50 [mm].
- Vozidlo po nasednutí řidiče musí klesnout o jeden palec, tedy o 25,4 [mm].
- Minimální světlá výška vozidla musí být 30 [mm], a to včetně řidiče uvnitř vozidla.
- Všechny přípojné body zavěšení musí být viditelné na první pohled či po sundání libovolných krytů.
- Všechny pohybuující se systémy zavěšení a řízení či ostré hrany uvnitř cockpitu musí být zakrytovány odnímatelným krytem. [4]

## 2.2 Obecně kladené požadavky

Včetně požadavků, které určují pravidla soutěže Formula Student, je potřeba počítat i s obecnými požadavky, které je potřeba specifikovat a dodržovat. Dané obecné požadavky jsou:

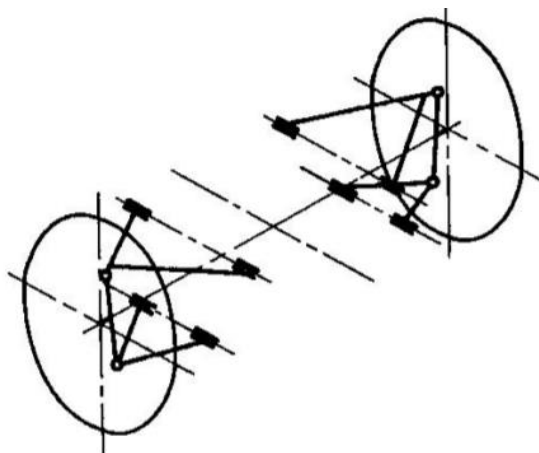
**Nízká hmotnost.** Jeden z nejdůležitějších parametrů v odvětví motosportu. Na voze UWB05 bylo hlavním cílem pro rok 2018 snížit hmotnost celého monopostu co možná nejvíce při zachování plné funkčnosti a tuhosti.

**Snadná výroba.** Při konstrukci přední nápravy byl kladen důraz na co možná nejjednodušší výrobu a montáž.

**Dostupnost a cena materiálu.** Při výběru materiálu musí být brán zřetel na výhodnost použití dražších materiálů a míru jejich přínosu pro zlepšení vlastností vozu či odlehčení hmotnosti.

## 2.3 Komplexní typy zavěšení pro vozy Formula Student

Nejpoužívanější typ zavěšení pro vozy Formula Student je nezávislý lichoběžníkový závěs. Lichoběžník je tvořen rovinou kolmou na směr jízdy. U tohoto typu zavěšení dochází ke změnám odklonu kol při propružení či při naklápění karoserie. Schematické znázornění zavěšení lze vidět na Obrázek 2-1. Tento typ zavěšení lze vidět na závodech Formula Student nejvíce, avšak variant tohoto druhu zavěšení je několik.

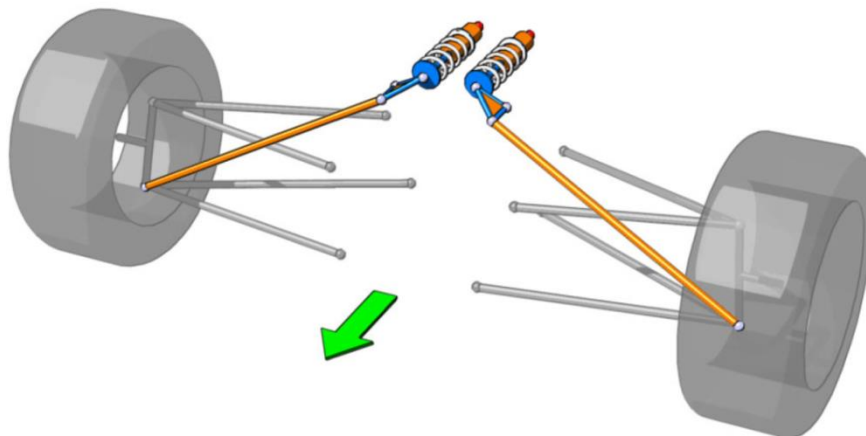


Obrázek 2-1 – Schematické znázornění nezávislého lichoběžníkového zavěšení [1]



Rozdělení lichoběžníkových náprav lze provést z pohledu přenosu sil z kola na tlumič. To je řešeno přes tlačnou tyč tzv. push-rod. Viz Obrázek 2-2. Při zdvihu kola se síla přenáší přes uložení kola do tlačné tyče, která je spojena s vahadadlem, které pomocí kyvného pohybu přenáší silové účinky na tlumič s pružinou. Jelikož se při zdvihu kola přenáší síla přes push-rod tlumiče, jsou umístěny v horní části vozidla. Mohou být umístěny rovnoběžně s osou jízdy vozidla či kolmo na osu jízdy vozidla.

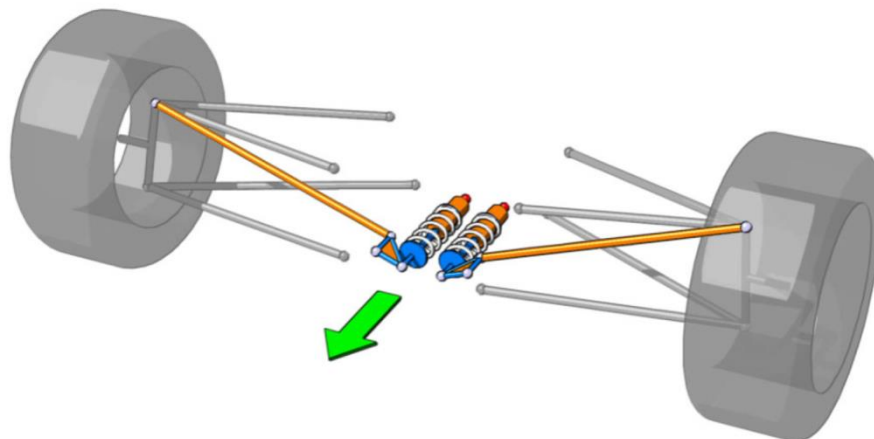
Nevýhodou tohoto typu zavěšení je umístění tlumičů v horní poloze vozidla. To má nepříznivý vliv na výšku těžiště, snaha je mít těžiště co možná nejnižší. Jelikož je tyč pro přenos síly namáhána tlakem, je zde riziko vzniku vzpěru. Velikou výhodou tohoto typu zavěšení je odstanění tlakového napětí v horním A-ramenu. [5]



Obrázek 2-2 – Přenos síly z kola na tlumič pomocí tlačné tyče [5]

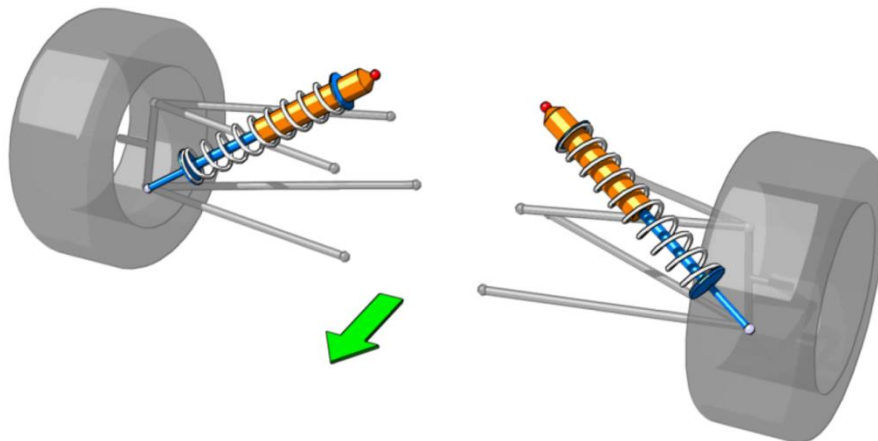
Dalším typ přenosu sil je pomocí tažné tyče tzv. pull-rod. Ta funguje na stejném principu jako tlačná tyč, ale s rozdílem působení vektoru směru síly. V tomto případě se silové účinky přenáší tahovou silou. Zavěšení s tažnou tyčí je možné vidět na Obrázek 2-3. Tlumiče jsou umístěny v dolní části vozidla a s tím přichází výhoda snížení polohy těžiště.

Výhoda u tyče namáhané tahem je, že nevzniká riziko vzpěru. Nevýhodou tohoto typu zavěšení je výrazné namáhání horního ramene při brzdění. Jsou-li tlumiče umístěny pod podlahou řidiče, je zde možnost poškození tlumičů v souvislosti s velkými nerovnostmi vozovky. [5]



Obrázek 2-3 – Přenos síly z kola na tlumič pomocí tažné tyče [3]

Poslední typ spojení kola s tlumičem je přímé. Tento druh spojení má značnou výhodu v tom, že není potřeba push-rodu resp. pull-rodu a vahadla. To značně snižuje hmotnost sestavy. Konstrukce je zde taktéž velice jednoduchá. Nevýhodou zde je zvýšení aerodynamického odporu [5]. Konstrukci tohoto typu lze vidět na Obrázek 2-4



Obrázek 2-4 – Přenos síly z kola přímo na tlumič [3]

Všechny popsané typy pracují se dvěma tlumiči. Velice zajímavé řešení přední nápravy je použito na vozidle týmu Rennstall Esslingen, který má na přední nápravě 3 tlumiče viz Obrázek 2-5. Principem třech tlumičů je zachytit souměrné zvedání přední pravé i levé nápravy ve stejný okamžik. To nastane při rovnoměrném přejezdu přes překážku oběma koly či při pohybu karosérie směrem svisle dolů díky přítlaku předního křídla. Při určité rychlosti by dokonce mohly síly vozidlo přitlačit tak, že by drhlo o vozovku. K takovým případům by ale docházelo až při extrémních rychlostech, kterých vůz Formula Student nedosahuje.



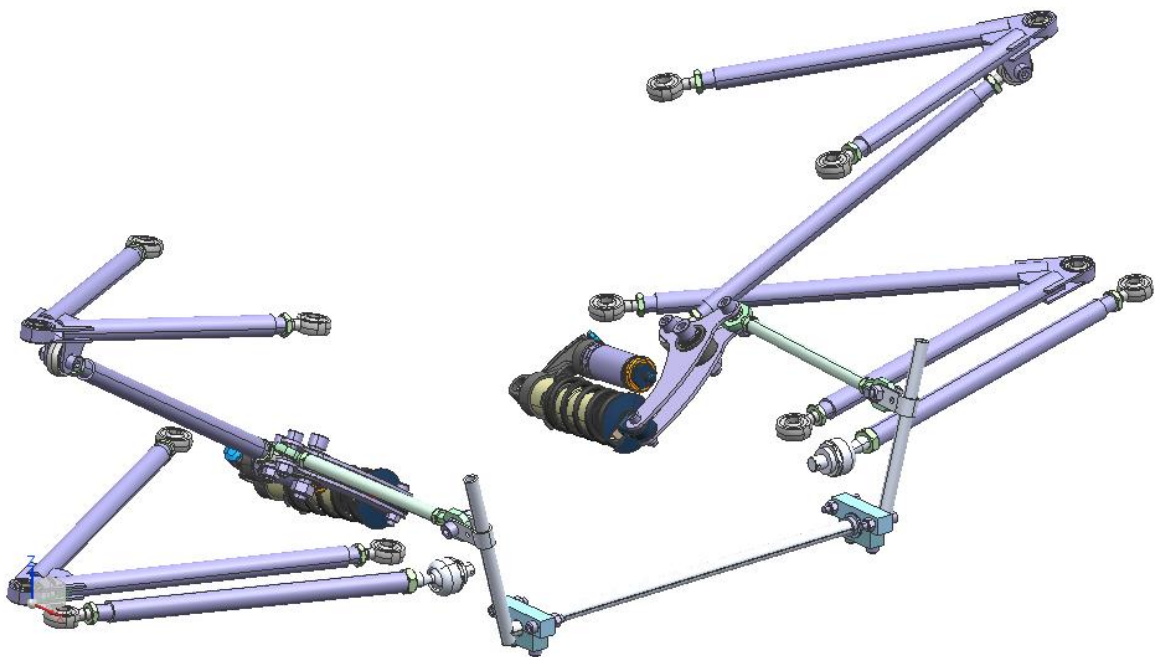
Obrázek 2-5 – Přední zavěšení nápravy týmu Rennstall Esslingen se třemi tlumiči [3]

## 2.4 Rozbor stávajícího řešení podvozku

### 2.4.1 UWB02 (vůz pro soutěžní sezonu v roce 2012) – popis přední nápravy

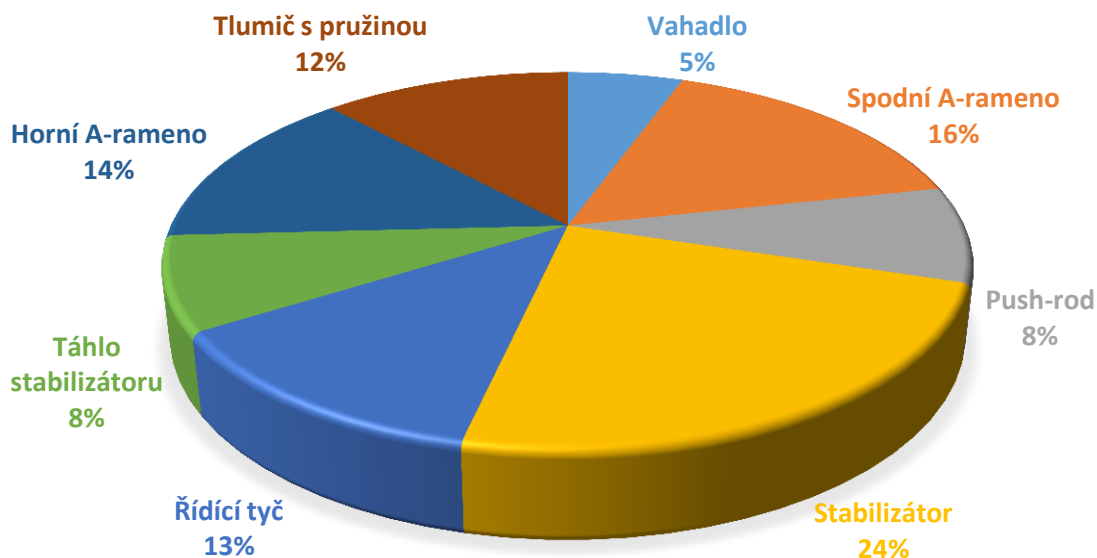
Na formuli UWB02 bylo použito nezávislé zavěšení pomocí A-ramen a pull-rodu viz Obrázek 2-6. Tlumiče s pružinou jsou umístěny ve spodní části vozu a jsou orientovány rovnoběžně s osou jízdy vozidla. Jelikož je tlumič umístěn ve spodní části vozidla, dochází ke snížení výšky těžiště, které má za následek zlepšení jízdních vlastností. Stabilizátor je zhotovený ze zkrutné trubky a dvou trubiček pro přenos síly.

Nevýhoda tohoto stabilizátoru je, že zde není možnost změny tuhosti stabilizátoru. Změna tuhosti stabilizátoru lze provést pouze výměnou trubiček. Trubky použité na zavěšení jsou z materiálu 11 375 a mají průměr 18 [mm] s tloušťkou stěny 2 [mm].



Obrázek 2-6 – Přední náprava na voze UWB02

Po zvážení jednotlivých dílů na formulovém voze UWB02 byl vytvořen výšečový Graf 2-2. Tento graf představuje procentuální rozložení hmotnosti přední nápravy. Na základě tohoto vyobrazení lze jednoduše rozlišit, jaká podsestava je na přední nápravě nejtěžší, a tím pádem i největší možnost ušetření hmotnosti v rámci celé sestavy přední nápravy. Největší hmotnostní zastoupení zde zaujímá stabilizátor, který má 24% hmotnosti celé přední nápravy. Nejnižší hmotnostní zastoupení na přední nápravě má vahadlo. Tento graf byl vytvořen i pro vozy UWB03 a UWB04.



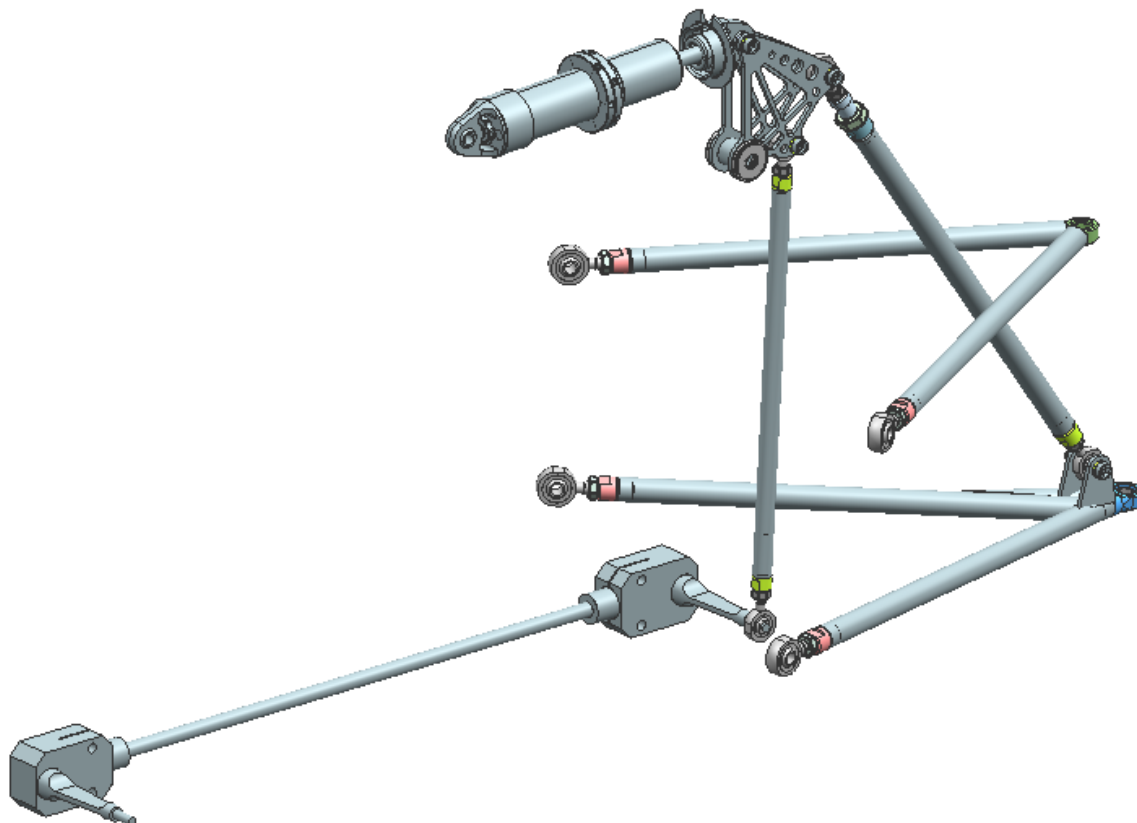
Graf 2-2 – Hmotnostní zastoupení jednotlivých podsestav vůči celku přední nápravy na voze UWB02 [2012]

Tabulka 2-1 – Výhody a nevýhody přední nápravy vozu UWB02

Výhody a nevýhody přední nápravy na vozidle UWB02	
Výhody	Nevýhody
Relativně jednoduchá výroba	Zbytečně velké rozměry součástí
Tlumič umístěný ve spodní části vozidla = snížení těžiště vozidla	Malá tuhost stabilizátoru a špatně zvolený tlumič
Levné	Vysoká hmotnost přední nápravy

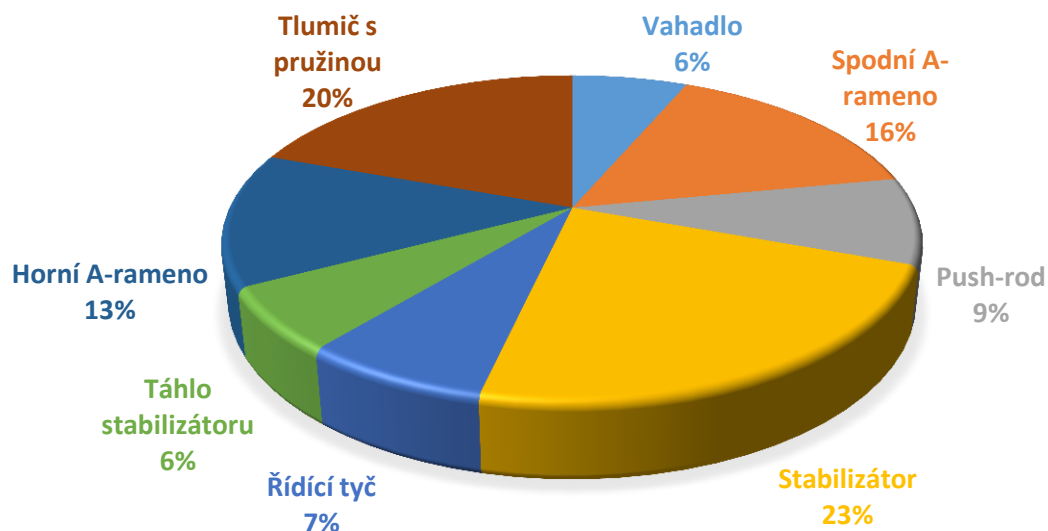
#### 2.4.2 UWB03 (vůz pro soutěžní sezonu v roce 2016) – popis přední nápravy

Na formuli UWB03 bylo použito nezávislé zavěšení pomocí A-ramen a push-rodu viz Obrázek 2-7. Tlumiče s pružinou jsou umístěny ve vrchní části vozu a jsou orientovány kolmo na osu jízdy vozidla. Stabilizátor je zhotovený ze zkrutné trubky a dvou stabilizačních nožů pro přenos síly. Trubky použité na zavěšení jsou z materiálu 15 130.1 a mají průměr 16 [mm] s tloušťkou stěny 1 [mm]. Tato změna přispěla ke značnému odlehčení použitím vysokopevnostní oceli.



Obrázek 2-7 – Přední náprava na voze UWB03

Na Graf 2-3 lze vidět hmotnostní poměr jednotlivých podsestav přední nápravy na vozidle UWB03. Tímto grafem lze jednoduše rozlišit, jaká podsestava je na přední nápravě nejtěžší, a tím pádem i největší možnost ušetření hmotnosti v rámci celé sestavy přední nápravy. Největší hmotnostní zastoupení zaujímá opět stabilizátor, který má 23% hmotnosti celé přední nápravy.



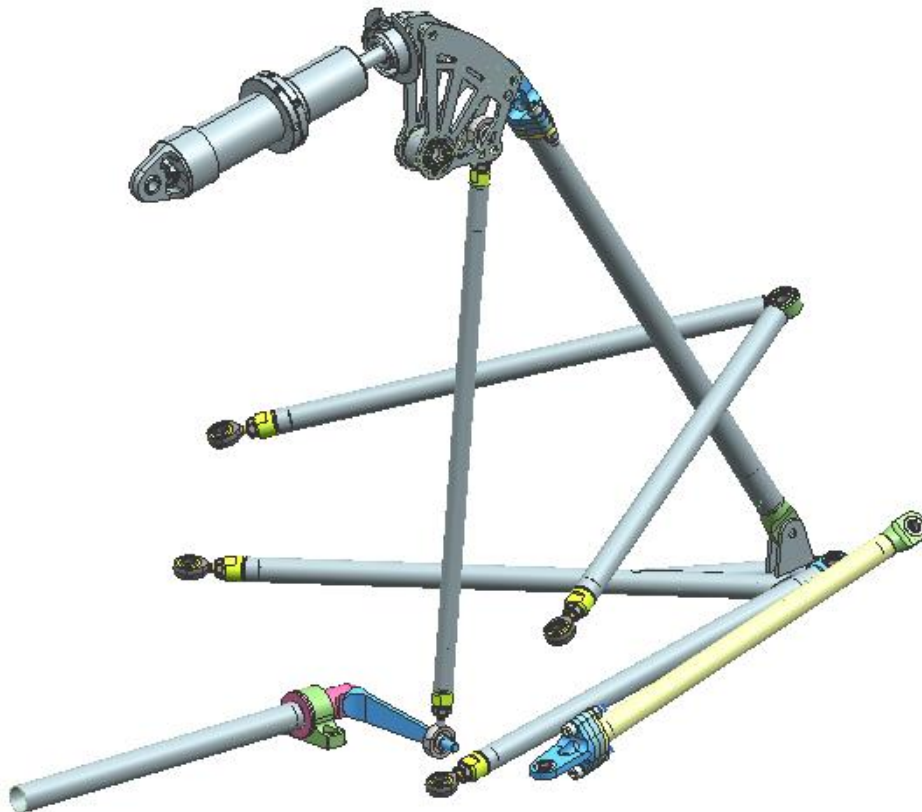
Graf 2-3 – Hmotnostní zastoupení jednotlivých podsestav vůči celku přední nápravy na voze UWB03 [2016]

Tabulka 2-2 - Výhody a nevýhody přední nápravy vozu UWB03

Výhody a nevýhody přední nápravy na vozidle UWB03	
Výhody	Nevýhody
Relativně jednoduchá výroba	Pro nastavení push-rodu a tierodu je potřeba je sundat
Použití nastavitelného stabilizátoru pro zlepšení jízdních vlastností	Velká vůle v jehličkových ložiscích na vahadle
Levné	

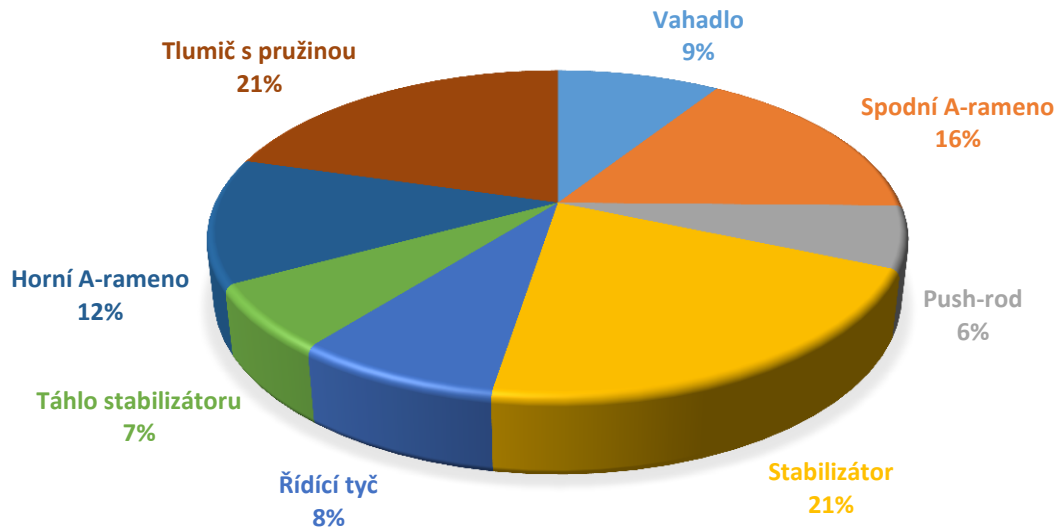
### 2.4.3 UWB04 (vůz pro soutěžní sezonu v roce 2017) – popis přední nápravy

Na formuli UWB04 bylo použito nezávislé zavěšení pomocí A-ramen a push-rodu viz Obrázek 2-8. Tlumiče s pružinou jsou opět umístěny ve vrchní části vozu a jsou orientovány kolmo na osu jízdy vozidla. Stabilizátor je zhotovený ze zkrutné trubky a dvou stabilizačních nožů pro přenos síly. V novém návrhu byl odstraněn domek stabilizátoru, který měl značnou hmotnost na této podsestavě. Na push-rod a táhlo stabilizátoru byly použity kompozitní trubky vyrobeny z uhlíkových vláken, do kterých jsou vlepeny vložky z hliníku. Velkým přínosem je nastavení délek push-rodu a řídicí tyče, což přispěje k rychlé změně geometrie, aniž by bylo nutné demontovat celou podsestavu. Toto je obrovská výhoda oproti předešlým vozům.



Obrázek 2-8 – Přední náprava na voze UWB04

Na Graf 2-4 je znázorněno hmotnostní rozložení jednotlivých podsestav na voze UWB04. Jednoduše zde lze rozlišit, jaká podsestava je na přední nápravě nejtěžší, a tím pádem i největší možnost ušetření hmotnosti v rámci celé sestavy přední nápravy. Největší hmotnostní zastoupení zde zaujímá, stejně jako u vozů UWB02 a UWB03 stabilizátor se 21% hmotnosti celé přední nápravy.



Graf 2-4 – Hmotnostní zastoupení jednotlivých podsestav vůči celku přední nápravy na voze UWB04 [2017]

Tabulka 2-3 – Výhody a nevýhody předního zavěšení UWB04

Výhody a nevýhody přední nápravy na vozidle UWB03	
Výhody	Nevýhody
Jednoduchá výroba svařovaných a lepených komponent	Vysoká cena kompozitních trubek
Rychlé nastavení délek push-rodu a řídicí tyče	
Použití kompozitních materiálů = značné ušetření hmotností	



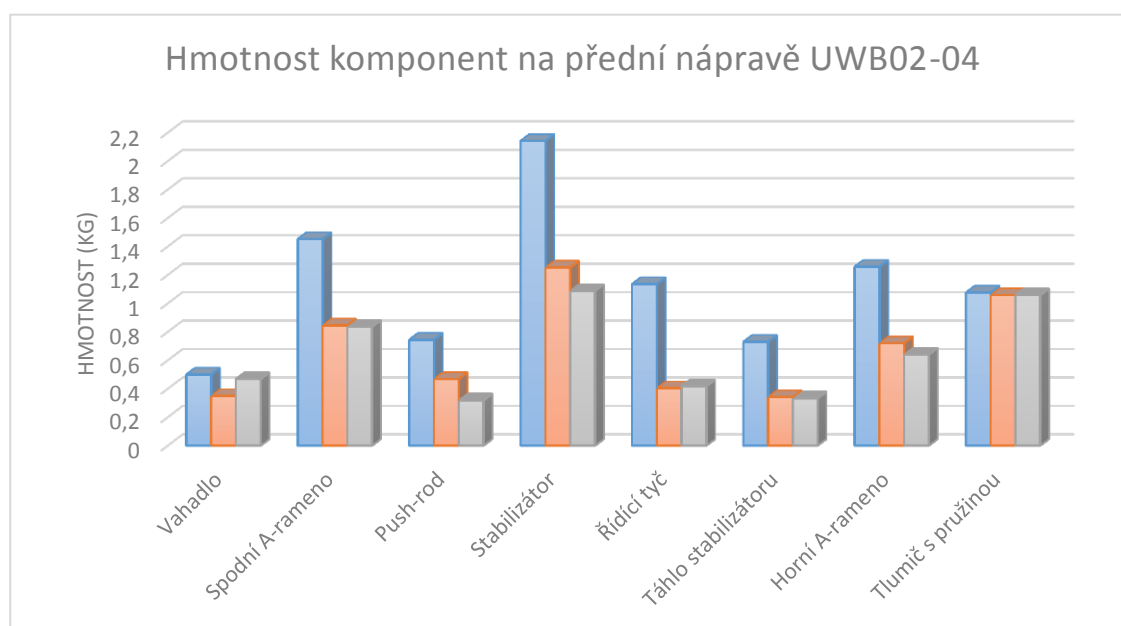
#### 2.4.4 Porovnání náprav vozů UWB02-04 z hlediska hmotnosti

Z hlediska vývoje byla snaha o co největší snížení hmotnosti při zachování či zvýšení tuhosti dané nápravy. V Tabulka 2-4 lze vidět hmotnostní porovnání jednotlivých podsestav předních náprav u vozů formule jednotlivých generací na Západočeské univerzitě v Plzni.

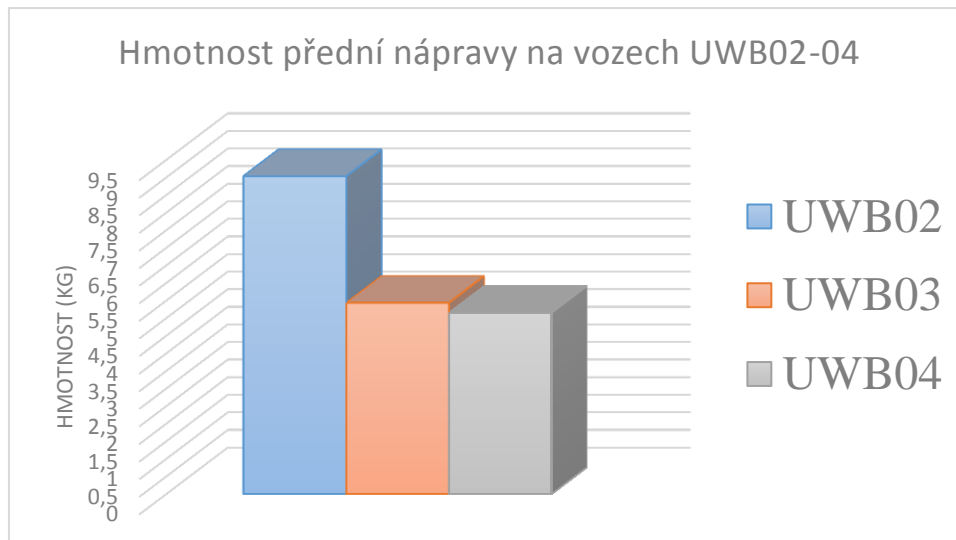
Tabulka 2-4 – Porovnání hmotnosti jednotlivých generací vozů UWB02-04

	UWB02 [2012]	UWB03 [2016]	UWB04 [2017]
Název podsestavy	Hmotnost [kg]	Hmotnost [kg]	Hmotnost [kg]
Vahadlo	0,5	0,3494	0,468
Spodní A-rameno	1,452	0,8452	0,836
Push-rod	0,744	0,4682	0,318
Stabilizátor	2,142	1,252	1,088
Řídící tyč	1,136	0,4042	0,418
Táhlo stabilizátoru	0,73	0,342	0,332
Horní A-rameno	1,258	0,7208	0,64
Tlumič s pružinou	1,076	1,058	1,058
<b>Celková hmotnost přední nápravy</b>	<b>9,038</b>	<b>5,4398</b>	<b>5,158</b>

Z Tabulka 2-4 byl vytvořen Graf 2-5 – Hmotnosti jednotlivých podsestav na vozech UWB02-04. Zde je názorně vidět, jaká podsestava byla nejvíce odlehčena. Největší úspora hmotnosti je zřejmá u podsestavy stabilizátoru či řídicí tyče. Hmotnost u vahadla a tlumiče byla téměř totožná u všech vozů UWB02 až UWB04.



Graf 2-5 – Hmotnosti jednotlivých podsestav na vozech UWB02-04



**Graf 2-6 – Hmotnosti předních náprav na jednotlivých generacích vozů UWB02-04**

Na Graf 2-6 lze názorně vidět hmotnostní rozdíly předních náprav. Největší úspora hmotnosti je mezi vozy UWB02 a UWB03. Důvodem tak velkého rozdílu v hmotnostech bylo použití většího množství hliníkových slitin a vysokopevnostních ocelí. Nejznamenatelnější úspora je u stabilizátoru, horního a dolního A-ramene. U stabilizátoru je hmotnost zredukována o téměř 50% hmotnosti původního stabilizátoru. U spodního a horního A-ramene došlo k úspoře také téměř o 50%. Rozdíl hmotností mezi vozy UWB03 a UWB04 už není tak markantní, čítá necelých 300 [g].

### 3 STANOVENÍ ZÁTĚŽNÝCH STAVŮ

Stanovení zátěžných stavů a kinematiky, je nedílnou součástí správného návrhu kinematiky. Zátěžné stavy jsou nadále vyhodnoceny a jejich výsledné hodnoty jsou použity z hlediska návrhu a dimenzování jednotlivých součástí podvozku. Korektní stanovení a vyhodnocení zátěžných stavů vede ke korektním údajům o které se dá „opřít“ při návrhu. S vývojem jednotlivých součástí by měla být vyvíjena i vyhodnocení v co nejpřesnější míře.

#### 3.1 Kinematika a základní parametry podvozku

Kinematika byla převzata od kolegy, který se zabývá kinematikou a sestavením modelu vozu v programu MSC Adams/Car, kde lze simulovat různé zátěžné stavy, které vznikají při různých variacích dynamických disciplín v závodě Formula Student.

##### 3.1.1 Základní parametry podvozku

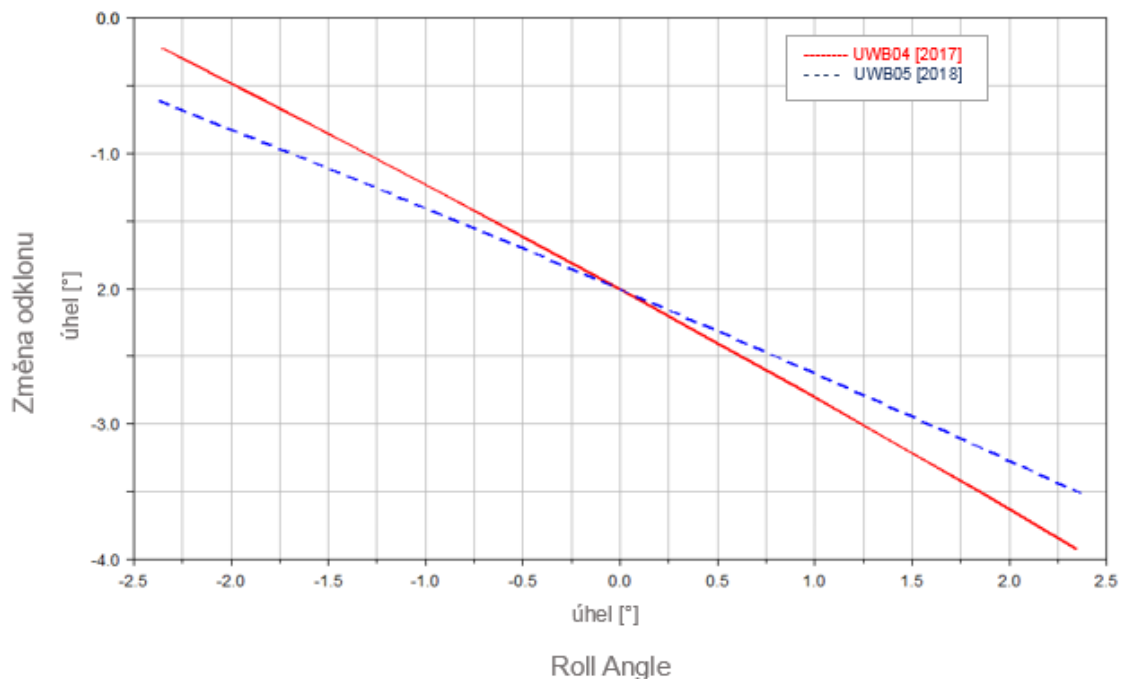
Tabulka 3-1 - Tabulka základních parametrů vozu UWB05

Front track	Rozchod - přední nápravy	1220	[mm]
Rear track	Rozchod - zadní nápravy	1150	[mm]
Wheelbase	Rozvor	1555	[mm]
Camber	Odklon	2	[°]
Static Toe	Sbíhavost	0,25	[°]
Caster	Záklon	6	[°]
Kingpin Axis	Odklon rejdového čepu	8	[°]

##### 3.1.2 Stanovení kinematiky

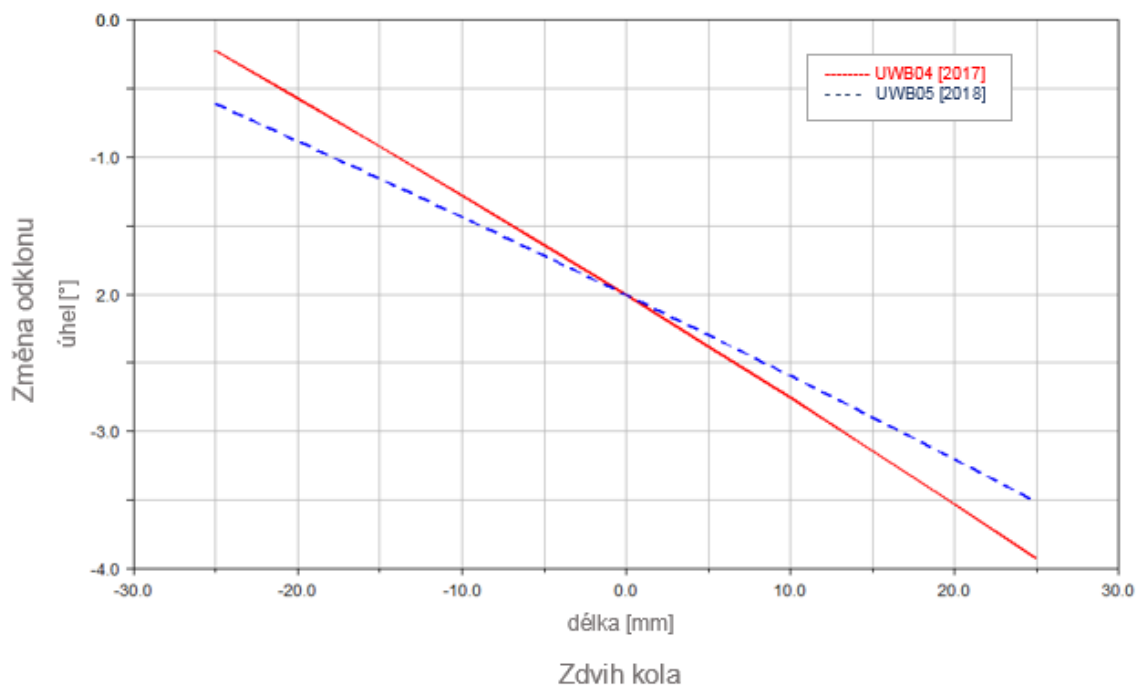
###### *Změna odklonu kol v závislosti na klopení karosérie a zdvihu kola*

Při průjezdu zatáčkou dochází ke klopení karosérie. To je doprovázeno změnou odklonu kol. Při konstrukci by mělo být docíleno co nejmenší změny odklonu kol. Na Graf 3-1 vidíme změnu odklonu při klopení karosérie. Jak již bylo řečeno, je zde snaha o co nejmenší změny a graf nám znázorňuje, že model vozu UWB05 má tuto změnu příznivější oproti vozu UWB04. Musí být brán zřetel na to, že rozdíly jsou minimální v rozsahu celého grafu.



Graf 3-1 – Porovnání změn odklonu kol závislého na klopení karosérie u vozů UWB04 a UWB05

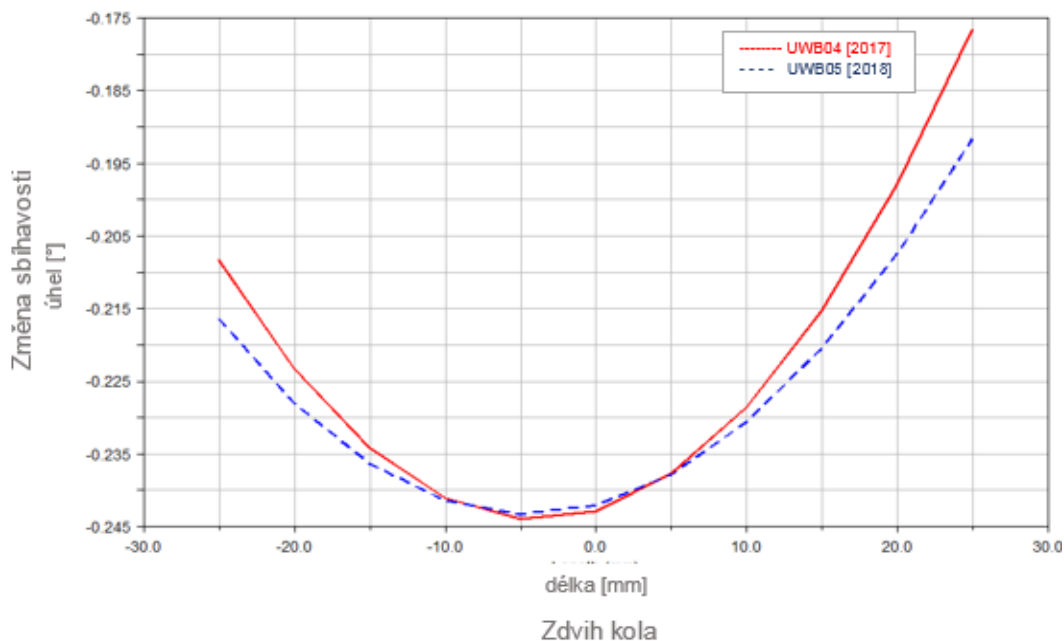
Ke změně odklonu dochází taktéž při propružení kola. Zde je též snaha o co možná největší snížení změny odklonu kola při propružení. Jak je vidět na Graf 3-2, má vůz UWB05 menší změnu odklonu při propružení než loňský vůz UWB04.



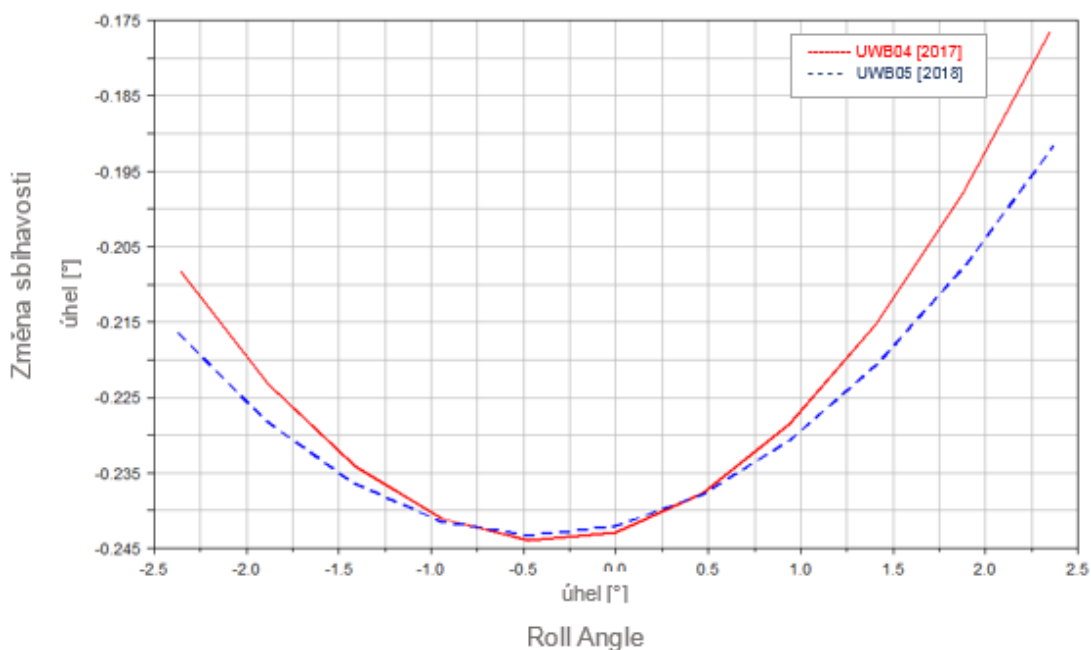
Graf 3-2 – Porovnání změn odklonu kol závislého na zdvihu kola vozů UWB04 a UWB05

### Změna sbíhavosti kol v závislosti na klopení karosérie a zdvihu kola

Při klopení karosérie či při zdvihu kola se taktéž mění sbíhavost kol. Ta je nastavena ve statické poloze pro co možná nejideálnější jízdní vlastnosti formule. I když dochází ke změně sbíhavosti, je snaha o to, aby tato hodnota byla co nejmenší. Změnu lze pozorovat na Graf 3-3 a Graf 3-4. V obou případech je snaha o co největší narovnění oblasti grafu. Čím více je graf rovnější, tím je dosaženo lepších jízdních vlastností. V prvním případě se jedná o změnu sbíhavosti při zdvihu kola. Jak je vidět, jsou hodnoty u vozu UWB05 lepší pro jízdní vlastnosti, i když musí být brán zřetel na to, že rozdíl hodnot je zde minimální a je v řádu setin stupňů. Ve druhém případě je změna sbíhavosti v závislosti na klopení karosérie. Opět bylo docíleno zlepšení.



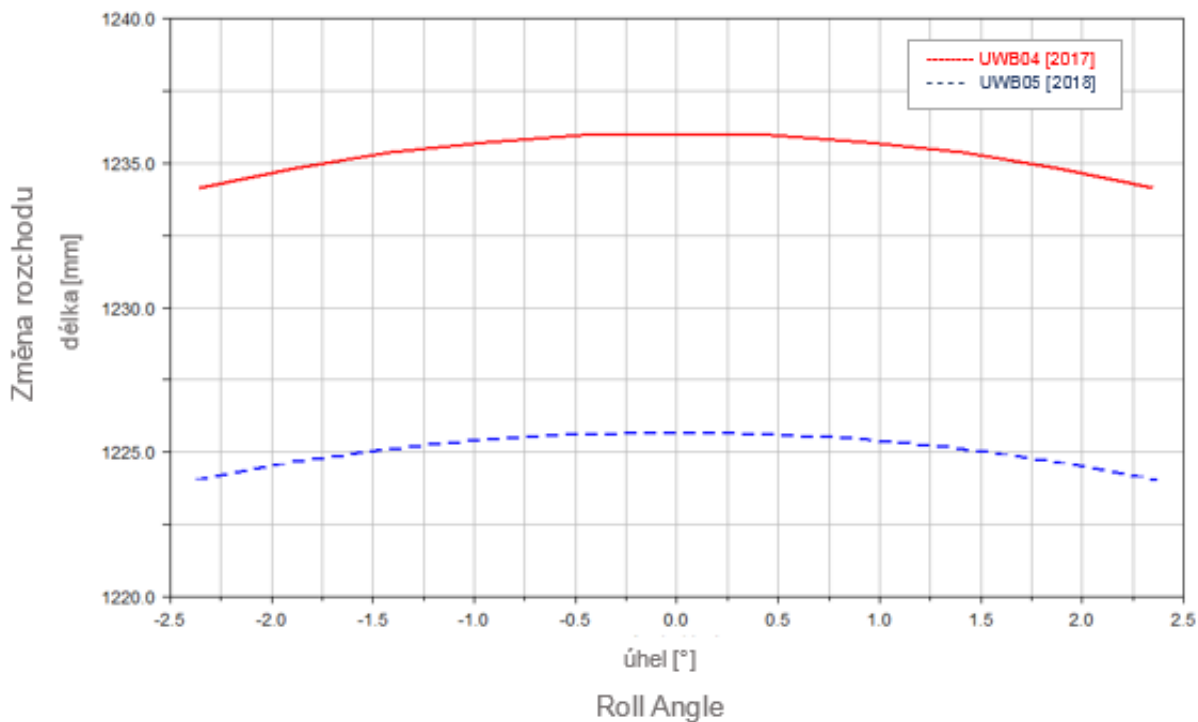
Graf 3-3 – Porovnání změn sbíhavosti kol závislého na zdvihu kola vozů UWB04 a UWB05



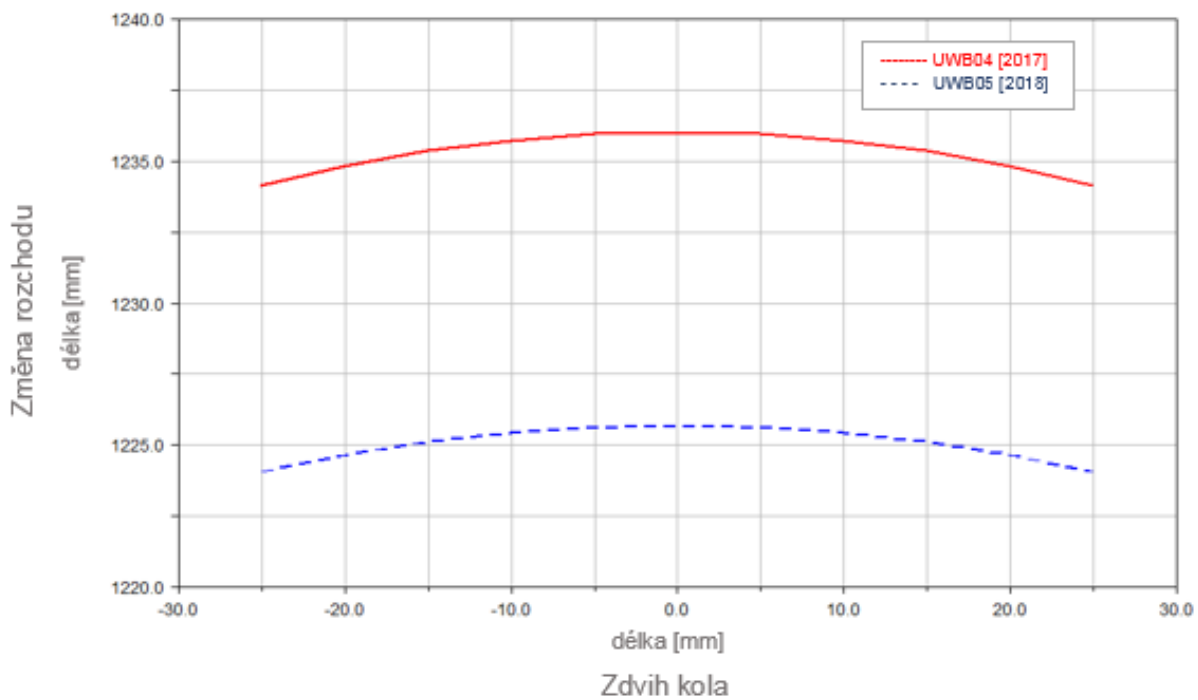
Graf 3-4 – Porovnání změn sbíhavosti kol závislého na klopení karosérie vozů UWB04 a UWB05

### Změna rozchodu kol v závislosti na klopení karosérie a zdvihu kola

Jak již bylo řečeno v předchozích případech odklonu a sbíhavosti, platí to samé o změně rozchodu kol. Je snaha o co nejmenší změnu jak při propružení, tak při klonění karosérie.



Graf 3-5 – Porovnání rozchodu kol závislého na klopení karosérie vozů UWB04 a UWB05

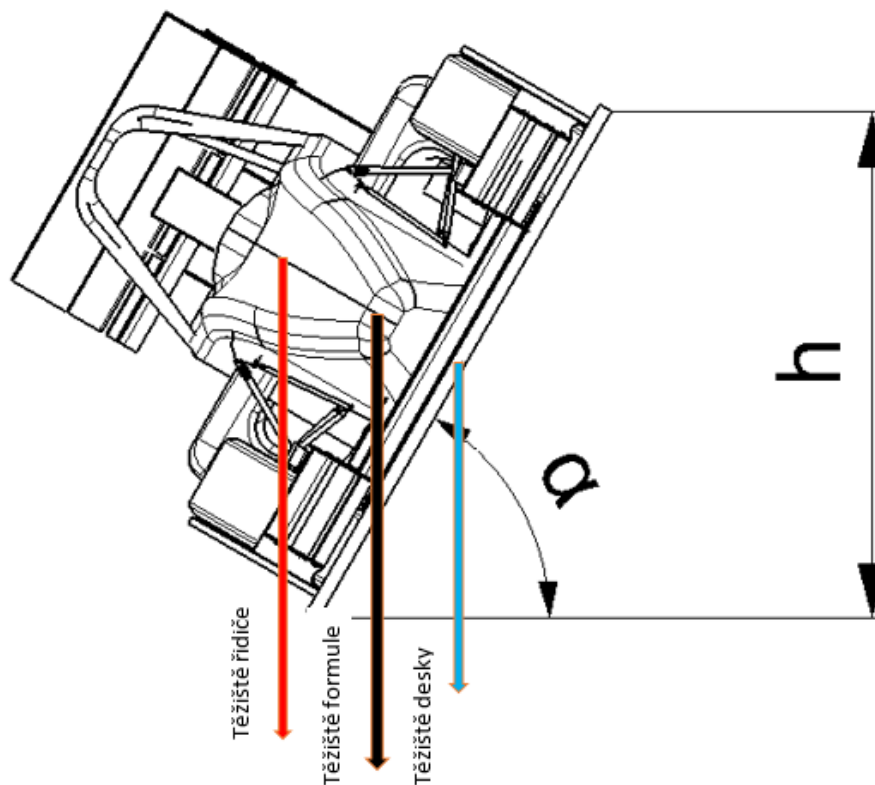


Graf 3-6 – Porovnání rozchodu kol závislého na zdvihu kola vozů UWB04 a UWB05

### 3.2 Stanovení těžiště

Poloha výšky těžiště přímo ovlivňuje jízdní dynamiku vozu, a tím i silové účinky v jednotlivých bodech zavěšení. Pro správnost výsledků v simulaci vozu pomocí programu MSC Adams/Car je nutné znát tuto hodnotu co možná nej přesněji.

Protože v CAD modelu nejsou zahrnuty veškeré komponenty vozu, jako je např. řidič, byl proveden experiment pro zjištění výšky těžiště na voze UWB04. Vozidlo bylo postaveno na desku, která byla změřena a zvážena pro potřebu dalších výpočtů těžiště. Dále byl vůz naklápěn v příčné rovině do bodu, kdy doházelo k jeho samovolnému překlápění. V tomto bodě byla změřena výška pravého a levého rohu desky. Jelikož byla známá šířka desky, mohl tak být matematicky zjištěn úhel překlápění a z něho dále výška těžiště. Vozidlo bylo zajištěno, aby nedošlo k následnému poškození. Při této metodě musí být zajištěno co možná nejmenší pro pružení karosérie i odlišné deformace pneumatik, aby nedocházelo k negativnímu ovlivnění výsledků.



Obrázek 3-1 – Formule UWB04 při měření výšky těžiště

#### 3.2.1 Vstupní hodnoty

Rozměry desky:  $l = 1840$  [mm]

Hmotnost desky:  $m_d = 68$  [kg]

$\text{š} = 1375,5$  [mm]

Hmotnost vozu:  $m_v = 233$  [kg]

$v = 38$  [mm]

Hmotnost řidiče:  $m_{\text{ř}} = 77$  [kg]

Rozchod vozu (přední):  $r_p = 1220$  [mm]

Zarážka (přední):  $Z_p = 35$  [mm]





Obrázek 3-2 – Ukázka z měření těžiště na voze UWB04

### 3.2.2 Naměřené hodnoty

Tabulka 3-2 - Naměřené hodnoty výšek a úhlů po naklápění formule UWB04 těsně před překlopením

	Výška desky [mm]			Naměřený úhel [°]	
		Pravý roh	Levý roh		
1. Naklápění na levou stranu	Bez řidiče	1290	1283	69,5	68,5
	S řidičem	1267	1261	67	66
2. Naklápění na pravou stranu	Bez řidiče	1289	1282	69	68
	S řidičem	1261	1254	66	66,5



### 3.2.3 Výpočet ideální polohy příčného těžiště bez řidiče

$$T_p = \frac{\left(\frac{m_d * \check{s}}{2} + m_v * \left(\frac{z+r_p}{2}\right)\right)}{m_v + m_d} \quad (3-1)$$

$$T_p = \frac{\left(\frac{68*1372,5}{2} + 233 * \left(\frac{35+1220}{2}\right)\right)}{233 + 68} = 654,32 \text{ mm}$$

Kde:  $T_p$  – příčné těžiště bez řidiče,  $m_d$  – hmotnost desky,  $\check{s}$  – šířka desky,  $m_v$  – hmotnost vozidla,  $z$  – zarážka,  $r_p$  – rozchod vozu

### 3.2.4 Výpočet výšky těžiště bez řidiče

Hodnoty do vzorce jsou převzaty z Tabulky č. 8.

Výpočet naklonění – vlevo:

$$\alpha_{v2} = \frac{\frac{(1290+1283)}{2}}{1372,5} = 1,21 \text{ rad} \quad (3-2)$$

Kde:  $\alpha_{v2}$  – naklonění vozu

Tg úhlu naklonění vlevo (s řidičem):

$$\text{Tan}_{\alpha_{v2}} = \text{tg}(\alpha_{v2}) = 2,69 \quad (3-3)$$

Výpočet naklonění – vpravo:

$$\alpha_{p2} = \frac{\frac{(1289+1282)}{2}}{1372,5} = 1,21 \text{ rad} \quad (3-4)$$

Tg úhlu naklonění vpravo (s řidičem):

$$\text{Tan}_{\alpha_{p2}} = \text{tg}(\alpha_{p2}) = 2,67 \quad (3-5)$$

Poměr naklonění = vlevo = vpravo:

$$P_{n2} = \frac{\text{Tan}_{\alpha_{v2}}}{\text{Tan}_{\alpha_{p2}}} = \frac{1,21}{1,21} = 1,00 \quad (3-6)$$

Boční přírůstek:

$$B_{p2} = \frac{(P_{n2} * T_p) - T_p}{1 + P_{n2}} = \frac{(1,00 * 654,31) - 654,31}{1 + 1,00} = 2,08 \quad (3-7)$$

Výška těžiště celku (vůz + deska) – vlevo:

$$T2_{cl} = \frac{T_p + B_{p2}}{\text{Tan}_{\alpha_{v2}}} = \frac{654,31 + 2,08}{2,69} = 243,98 \quad (3-8)$$

Výška těžiště celku (vůz + deska) – vpravo:

$$T2_{cp} = \frac{T_p + B_{p2}}{\text{Tan}_{\alpha_{p2}}} = \frac{654,31 + 2,08}{2,67} = 243,98 \quad (3-9)$$

Výška těžiště vozu bez řidiče – vlevo:

$$T2_{v\check{r}-l} = \frac{\left(T2_{cl2} * (m_d + m_v) - m_d * \frac{v}{2}\right)}{(m_v)} - v =$$

$$= \frac{\left(243,98 * (68 + 233) - 68 * \frac{38}{2}\right)}{(233)} - 38$$

$$= 271,65 \text{ mm} \quad (3-10)$$

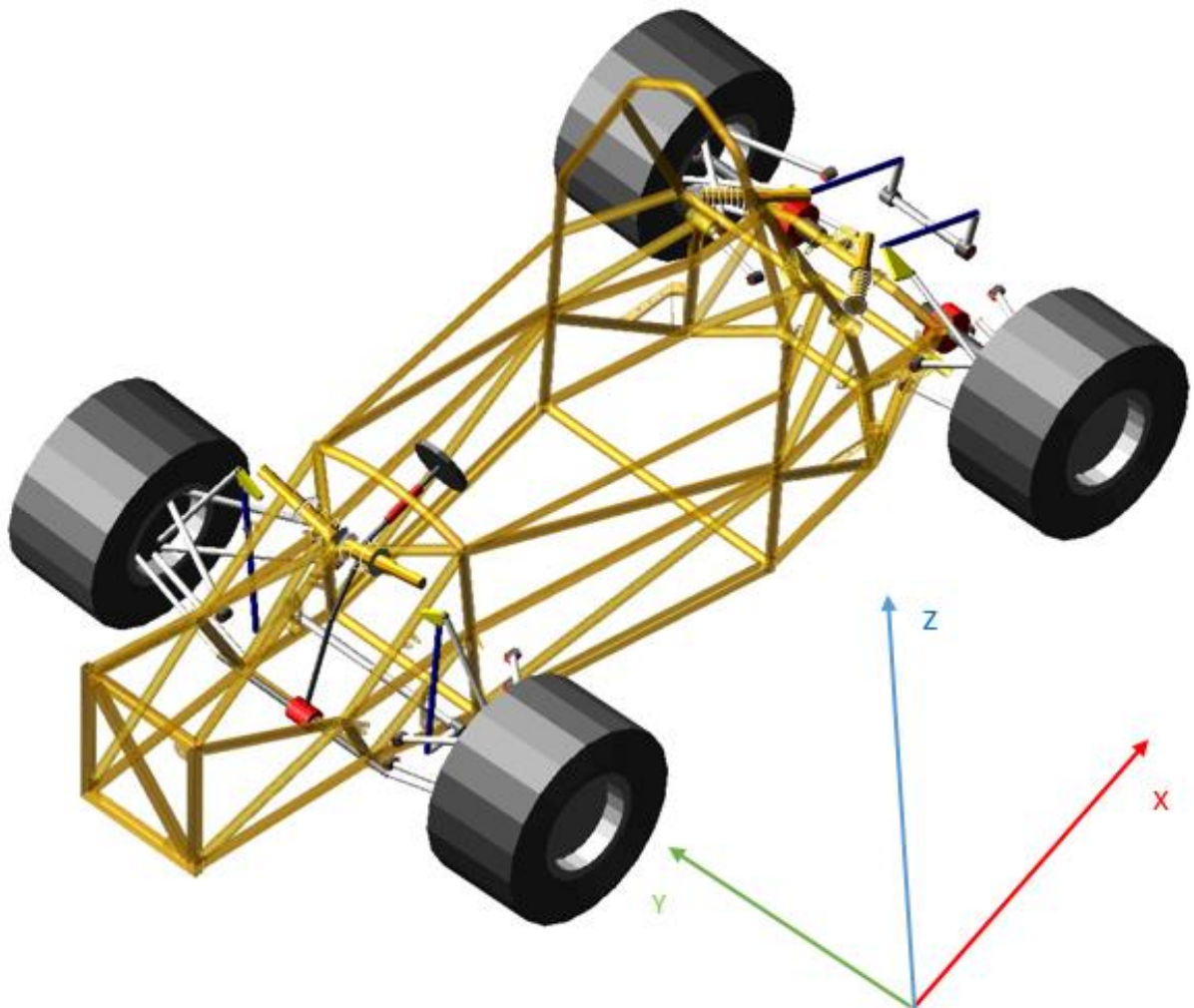
Výška těžiště vozu bez řidiče – vpravo:

$$\begin{aligned} T_{2_{vř-p}} &= \frac{\left(T_{cp2} * (m_d + m_v) - m_d * \frac{v}{2}\right)}{(m_v)} - v = \\ &= \frac{\left(243,98 * (68 + 233) - 68 * \frac{38}{2}\right)}{(233)} - 38 \\ &= 271,65 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3-11)$$

Na předchozím voze bylo těžiště stanoveno pomocí CAD modelu v softwaru NX11 a dále se s polohou těžiště pracovalo v softwaru MSC Adams/Car, ve kterém se vyhodnocují jízdní vlastnosti vozu. Po zkompletování vozu a provedení experimentu byla určena reálná hodnota těžiště. Oproti předešlému měření těžiště se kladl velký důraz na to, aby se vozu zamezilo propružení. Dále se nahustily pneumatiky pro co nejmenší propružení při naklánění vozu. Výsledná výška těžiště vozu bez řidiče vyšla na necelých 272 [mm] a výška těžiště vozu s řidičem na celých 300 [mm]. Výpočet výšky těžiště společně s řidičem uvnitř vozu viz PŘÍLOHA č. 1.

### 3.2.5 Simulace Adams/Car

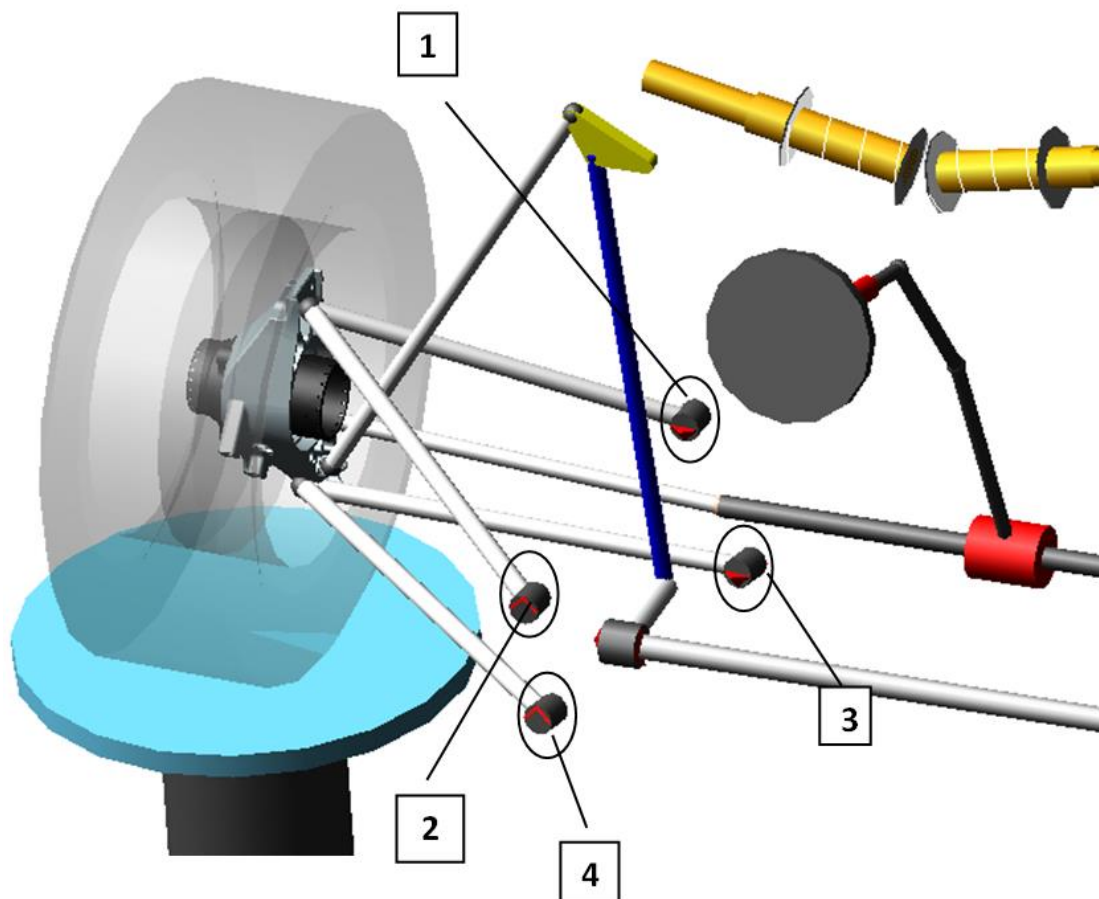
Pomocí softwaru MSC Adams/Car byly spočteny zátěžné stavy formule UWB04 při brzdění v zatáčce o poloměru 12 [m] a dále při brzdění z rychlosti 100 [km/h]. Z těchto dvou zátěžných stavů ze softwaru Adams/Car byly exportovány grafy pro zatížení jednotlivých ramen. V těchto grafech jsou znázorněny síly působící ve směru x, y, z a dále jejich společná výslednice. Po úpravách rozložení bodů zavěšení byly provedeny zátěžné stavy a následně zaneseny do Tabulka 3-4. Grafy pro vyhodnocení zátěžných stavů 2.1;2.2 a 3.1;3.2 viz PŘÍLOHA č. 2.



Obrázek 3-3 – Model vozu UWB04 se souřadným systémem v softwaru Adams/Car

Izometrický pohled modelu vozu UWB04 je vidět na Obrázek 3-3, kde je vyobrazen souřadný systém, který určuje směr silových účinků působících na vozidlo při simulování různých jízdních vlastností.

Obrázek 3-4 zobrazuje označení uchycení pro dolní A-rameno a horní A-rameno a dále pro domek stabilizátoru. Tento typ označení je specifický pro označování jednotlivých součástí a vazeb vytvořených v programu Adams/Car. Např. označení bkl\_uca\_front je zkratka pro bushing\_upper\_control\_arm\_front, což je uchycení horního A-ramena pomocí přední trubky.



Obrázek 3-4 – Zobrazení "bushingů", které jsou vyhodnocovány pro různé jízdní zatížení na přední nápravě

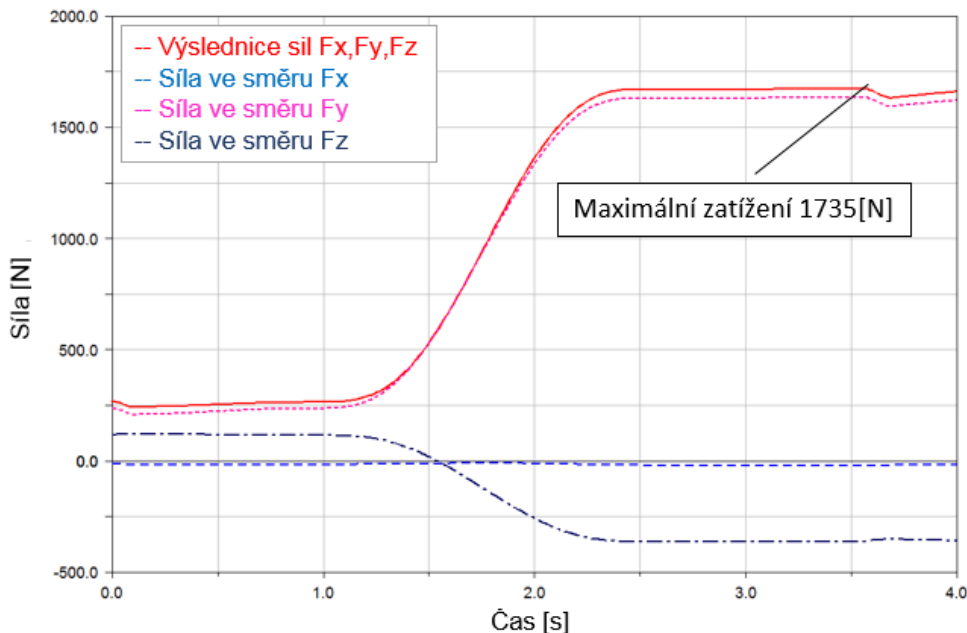
Tabulka 3-3 – Popis a označení vyhodnocovaných bodů na zavěšení

Označení	Název bodu v Adams/Car	Popis
1.	bkl_uca_front	A-rameno horní přední uložení trubky
2.	bkl_uca_rear	A-rameno horní zadní uložení trubky
3.	bkl_lca_front	A-rameno dolní přední uložení trubky
4.	bkl_lca_rear	A-rameno dolní zadní uložení trubky

### 3.2.6 Zátěžný stav 1.1

Na

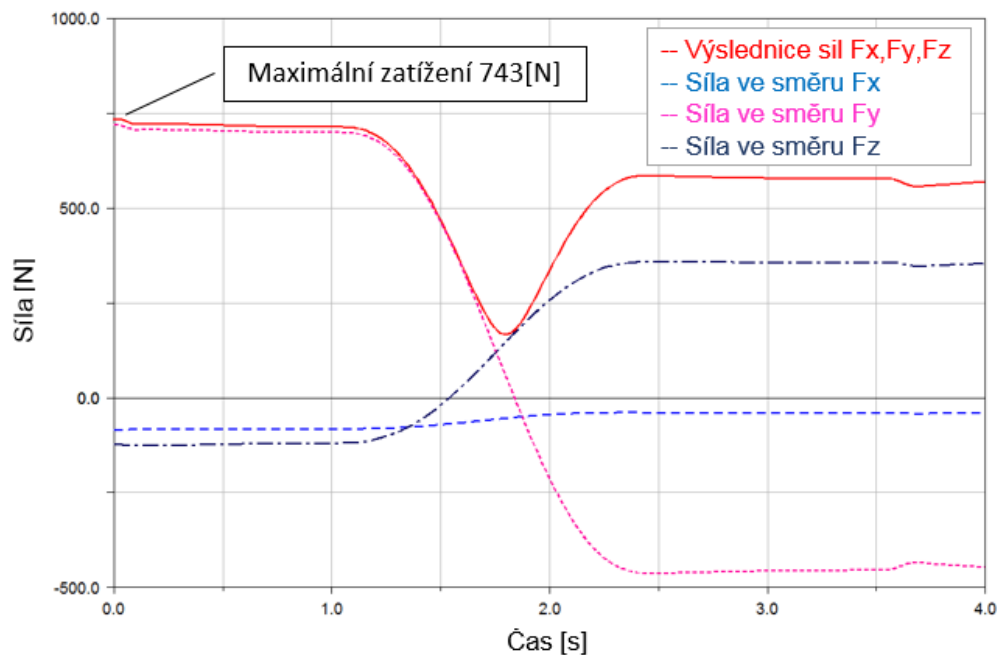
Graf 3-7 lze vidět silové zatížení působící na přední uchycení dolního A-ramene. Na Obrázek 3-4 lze vidět model přední nápravy a jeho komponent včetně uchycení dolního A-ramene.



Graf 3-7 – Závislosti síly na čase bodu 3 (bkl\_lca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.1

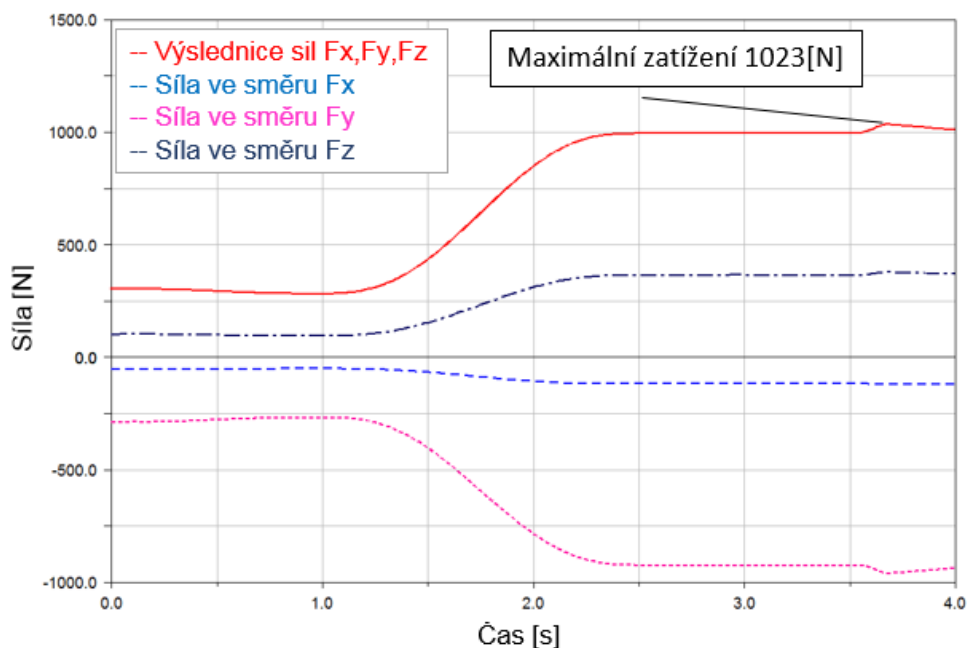
Na

Graf 3-8 lze vidět silové zatížení působící na zadní uchycení dolního A-ramene. Obrázek 3-4 zobrazuje model přední nápravy a jeho komponent včetně uchycení dolního A-ramene.



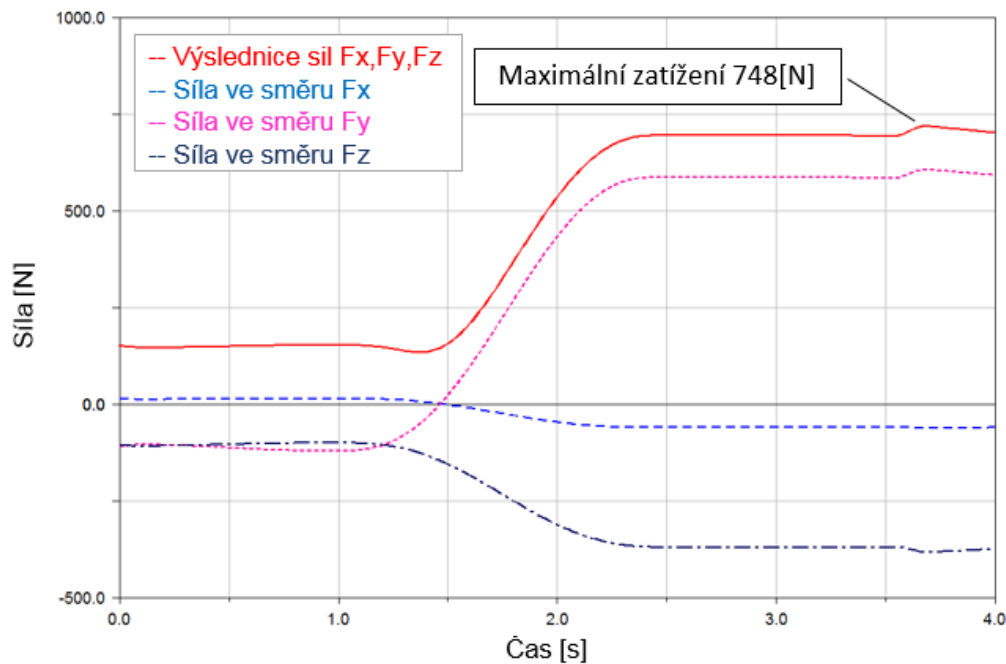
Graf 3-8 – Závislosti síly na čase bodu 4 (bkl\_lca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.1

Na Graf 3-9 lze vidět silové zatížení působící na přední uchycení horního A-ramene. Na Obrázek 3-4 lze vidět model přední nápravy a jeho komponent včetně uchycení horního A-ramene.



Graf 3-9 – Závislosti síly na čase bodu 1 (bkl\_uca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.1

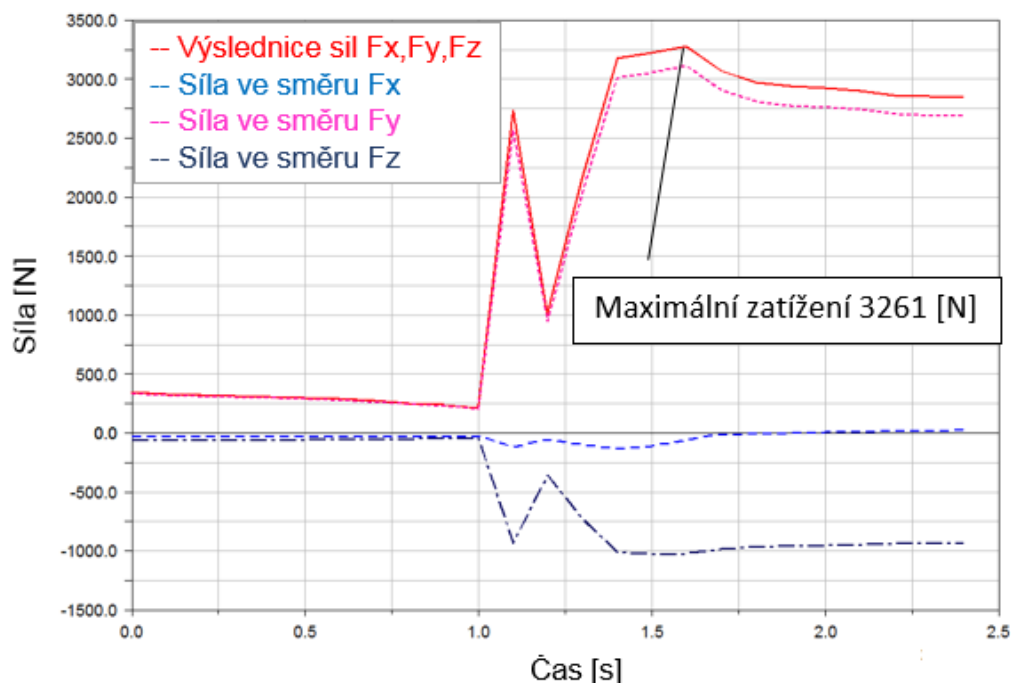
Na Graf 3-10 lze vidět silové zatížení působící na zadní uchycení horního A-ramene. Na Obrázek 3-4 lze vidět model přední nápravy a jejích komponent včetně uchycení horního A-ramene.



Graf 3-10 – Závislosti síly na čase bodu 2 (bkl\_uca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.1

### 3.2.7 Zátěžný stav 1.2

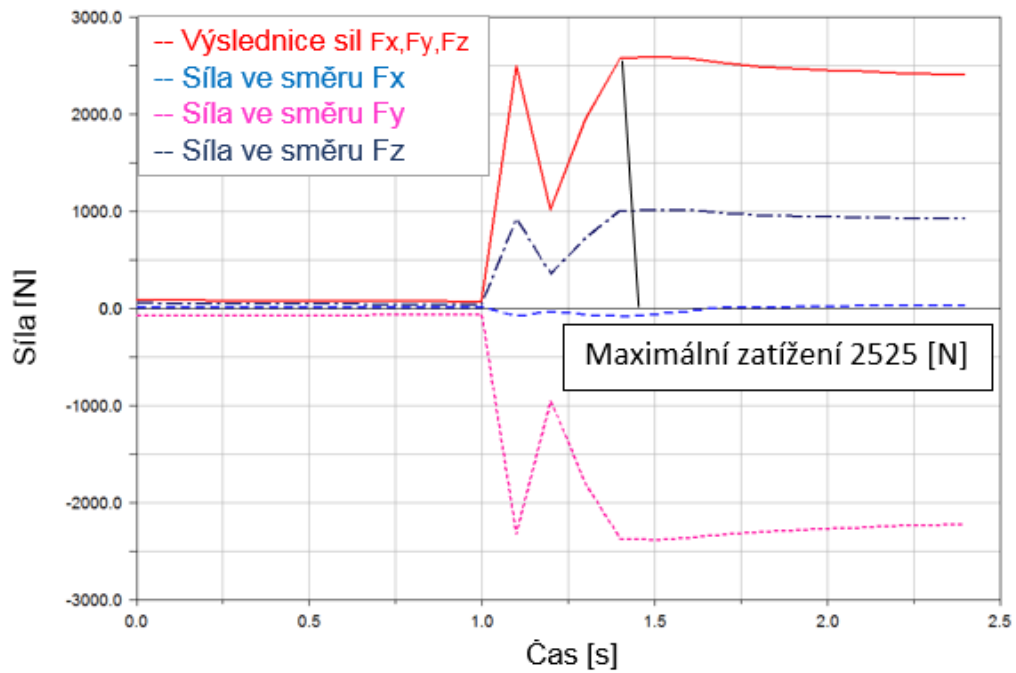
Na Graf 3-11 lze vidět silové zatížení působící na přední uchycení dolního A-ramene. Obrázek 3-4 zobrazuje model přední nápravy a jejich komponent včetně uchycení dolního A-ramene.



Graf 3-11 – Závislosti síly na čase bodu 3 (bkl\_lca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.2

Na

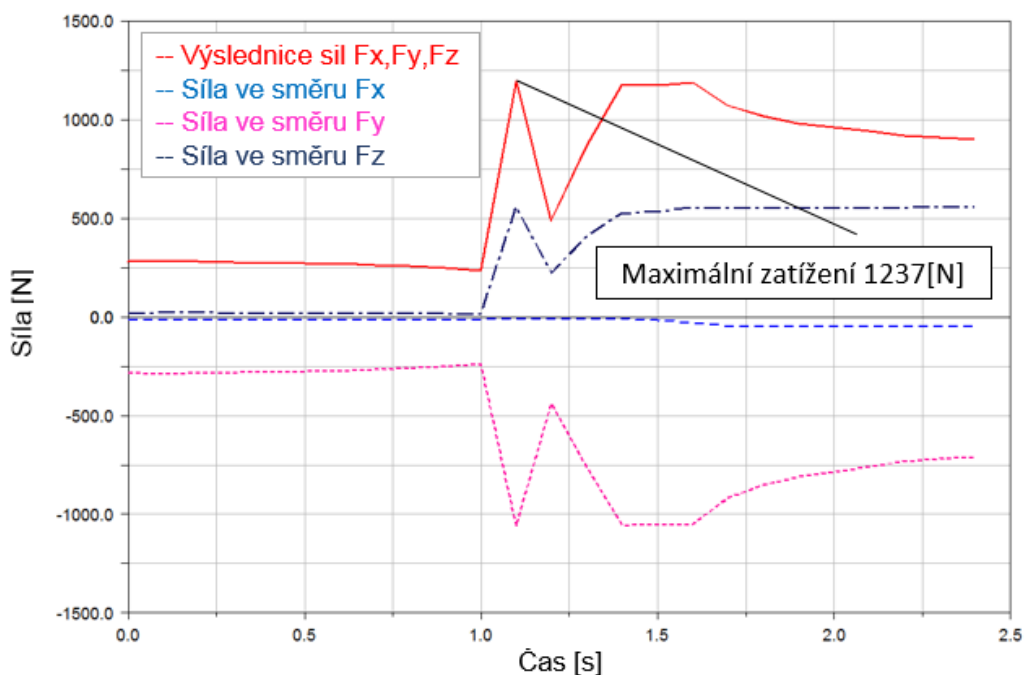
Graf 3-12 lze vidět silové zatížení působící na zadní uchycení dolního A-ramene. Obrázek 3-4 zobrazuje model přední nápravy a jejích komponent včetně uchycení dolního A-ramene.



Graf 3-12 – Závislosti síly na čase bodu 4 (bkl\_lca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.2

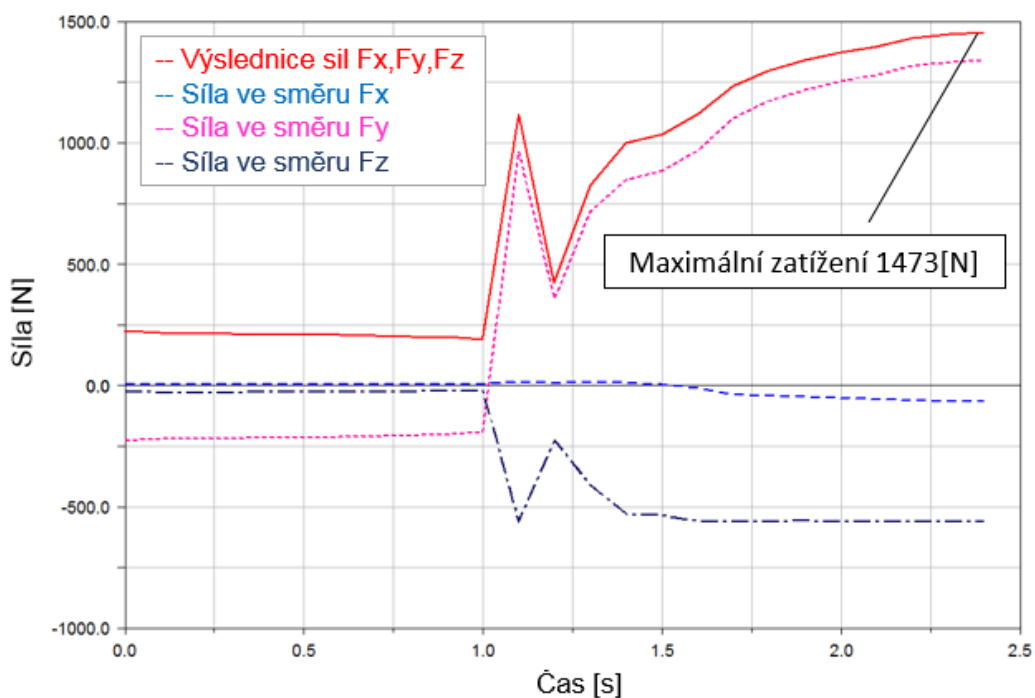


Na Graf 3-13 lze vidět silové zatížení působící na přední uchycení horního A-ramene. Obrázek 3-4 zobrazuje model přední nápravy a jejích komponent včetně uchycení horního A-ramene.



Graf 3-13 – Závislosti síly na čase bodu 1 (bkl\_uca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.2

Na Graf 3-14 lze vidět silové zatížení působící na zadní uchycení horního A-ramene. Obrázek 3-4 zobrazuje model přední nápravy a jejích komponent včetně uchycení horního A-ramene.



Graf 3-14 – Závislosti síly na čase bodu 2 (bkl\_uca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.2

Zátěžné stavy 2.1 a 2.2 pro posouzení totožné simulace, ale s úpravou umístění uchycovacích bodů A-ramen, jsou přidány do příloh. Všechny zátěžné stavy jsou shrnuty a vyhodnoceny v Tabulka 3-4 a dále je s nejvyššími hodnotami zatížení pracováno při návrhu a dimenzování samotné přední nápravy formulového vozu.

	1.	2.	3.	4.	
<b>Zátěžný stav 1.1</b>	1023	748	2236	743	[N]
<b>Zátěžný stav 1.2</b>	1478	1473	3261	2523	[N]
<b>Zátěžný stav 2.1</b>	620	208	1800	361	[N]
<b>Zátěžný stav 2.2</b>	1390	1207	1799	2621	[N]
<b>Zátěžný stav 3.1</b>	1994	1777	6290	4716	[N]
<b>Zátěžný stav 3.2</b>	2549	2081	3047	4198	[N]

Tabulka 3-4 - Vyhodnocení jednotlivých jízdních stavů

### 3.3 Změna tuhosti pružin

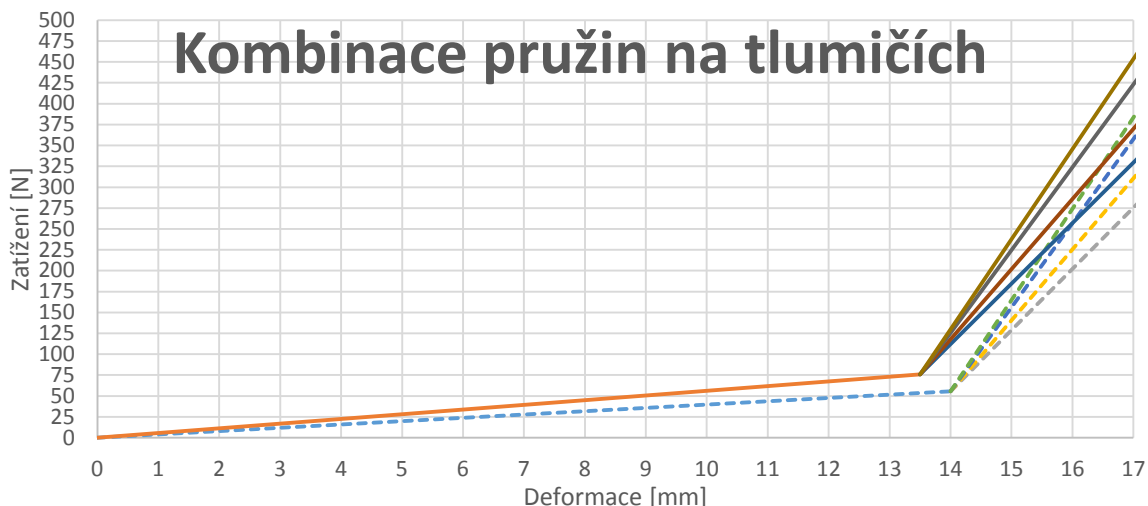
Pružiny jsou základním prvkem zavěšení vozu. Pro správné fungování zavěšení musí být správně navržena tuhost pružin. Velkým omezením pravidly je, že vůz musí po nastoupení řidiče klesnout o 1 palec (tedy o 25,4 [mm]). Toto pravidlo nám zamezuje použití jedné pružiny, která je sice dostatečně tuhá pro správné fungování zavěšení za jízdy, ale nespĺňuje klesnutí vozu po nastoupení řidiče. Tento problém byl vyřešen kombinací dvou pružin o různých tuhostech. Pružiny odděluje podložka. Převodový poměr mezi zdvihem kola a zdvihem tlumiče byl stanoven na voze UWB05 1:1. Z toho důvodu byly použity pružiny s tuhostí 12 resp. 18 [N/mm], které splňují podmínku ze strany pravidel klesnutí vozu o 25 [mm] po nastoupení řidiče. Ze strany dynamiky vozu bylo vyžadováno použití pružin v rozmezí tuhostí 61 až 87 [N/mm].



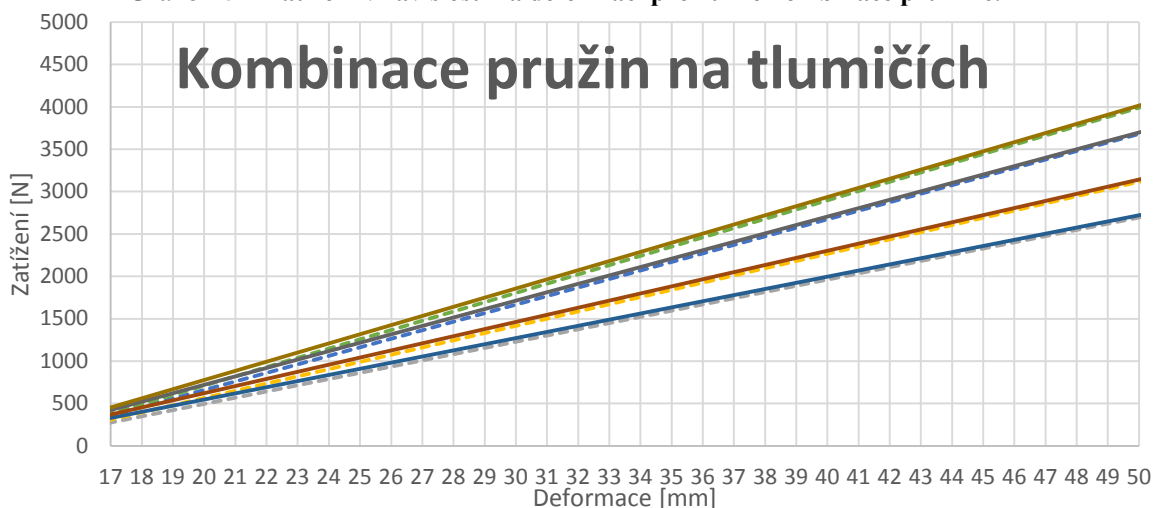
Obrázek 3-5 – Render modelu tlumiče s tlačnými pružinami

Na

Obrázek 3-5 je vidět, jak bude vypadat sestava tlumiče a pružin. Tato sestava je znázorněna ve stavu, kdy méně tuhá pružina je stlačena tak, že jsou závity dosednuté na sebe, tzn., že řidič sedí uvnitř vozidla.



Graf 3-15 – Zatížení v závislosti na deformaci pro různé kombinace pružin č. 1



Graf 3-16 – Zatížení v závislosti na deformaci pro různé kombinace pružin č. 2

Na Graf 3-15 a Graf 3-16 je znázorněna kombinace pružin. Na vozidle UWB05 byly zvoleny 2 pružiny s menší tuhostí, a to s tuhostí 12 a 18 [N/mm] a 4 pružiny s vyšší tuhostí, a to konkrétně 61,3 [N/mm], 70,1 [N/mm], 78,8 [N/mm] a 87,6 [N/mm]. Ostatní parametry je možné vidět viz Tabulka 3-5.

Graf 3-15 a Graf 3-16 znázorňuje celkově osm kombinací pružin. Definitivní rozhodnutí, jaká kombinace bude na voze UWB05 použita, bude zjištěna až po nainstalování na hotové vozidlo a ozkoušení řidičů.

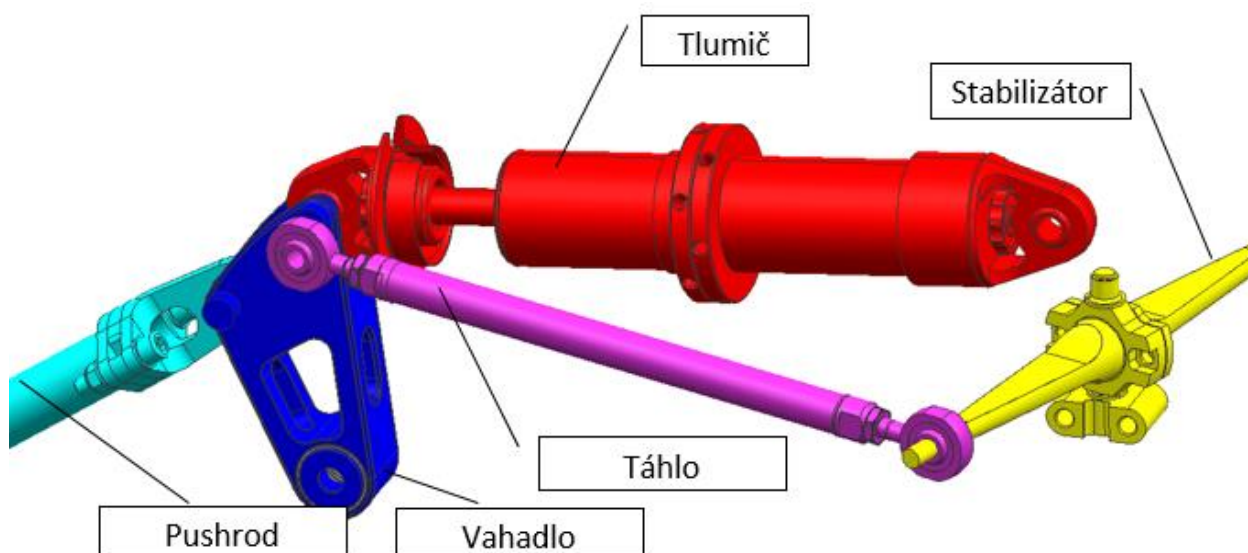
Tabulka 3-5 – Tabulka parametrů zvolených pružin

	Volná délka	Tuhost [N/mm]	Délka pružiny po dosednutí závitů	Maximální síla při zdvihu 50 [mm]	Váha
	L0[mm]	R[N/mm]	Lc[mm]	Fc[N]	m[g]
Pružiny s menší tuhostí	30	12	16	232	38,3
	30	18	16,5	322	45,4
Pružiny s větší tuhostí	150	61,3	69	3025	470
	144	70,1	68	3725	450
	140	78,8	78	4175	560
	136	87,6	68	4775	480

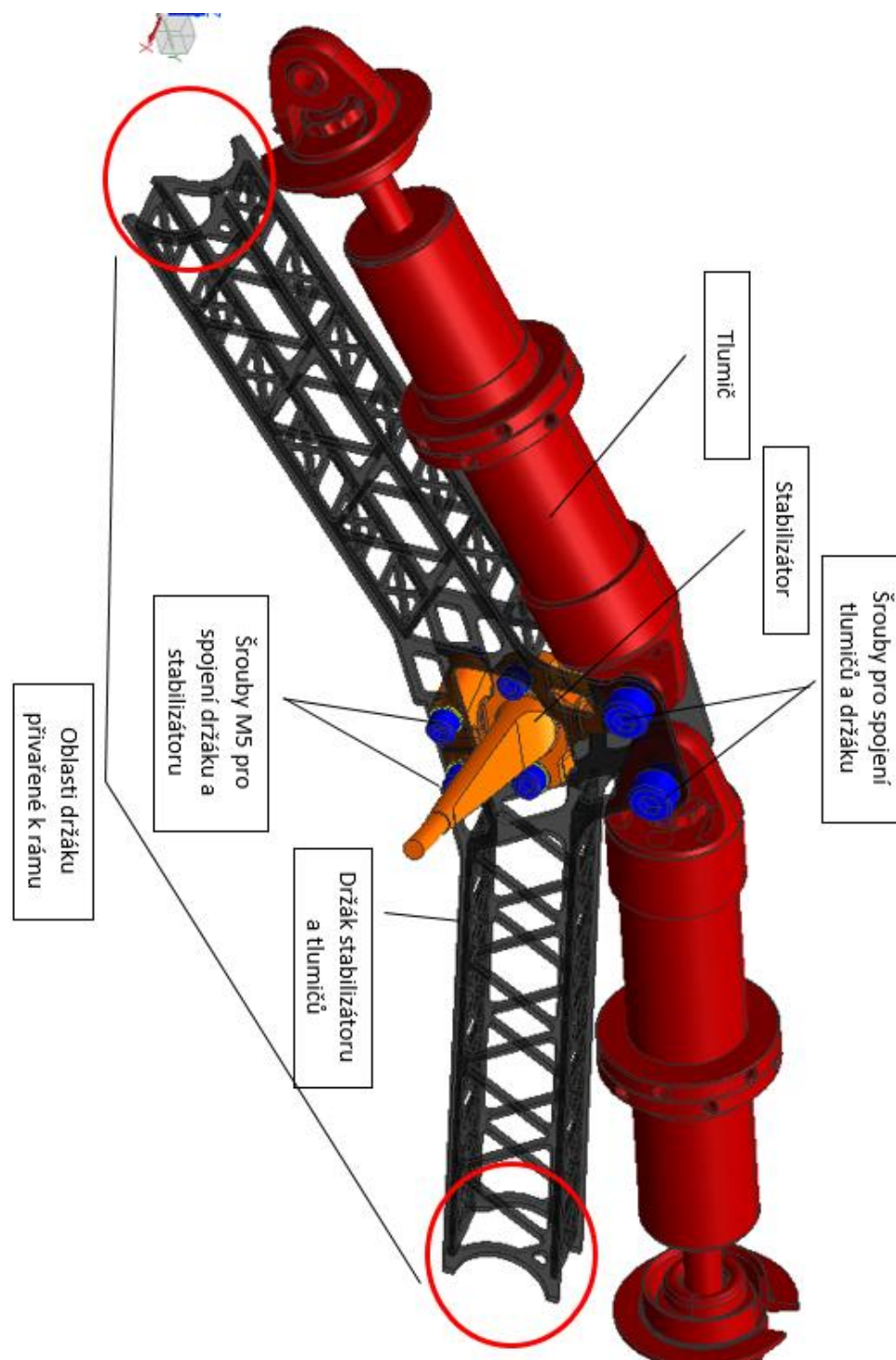
## 4 KONSTRUKČNÍ NÁVRH ZAVĚŠENÍ

### 4.1 Stabilizátor vozu UWB05

Na voze UWB05 byl zkonstruován nový koncept stabilizátoru. Tato koncepce nepotřebuje zkrutnou trubku, což zaručí velkou úsporu hmotnosti. Dále jsou nože stabilizátoru zhotoveny z jednoho materiálu a jsou orientovány proti sobě. Materiál stabilizačního nože je vysokopevnostní ocel 51CrV4 (dle ČSN 15 260). Po tepelném zpracování této oceli lze dosáhnout až 1700 [MPa] smluvní meze kluzu. Materiálové vlastnosti jsou uvedeny v Tabulka 4-1, materiálový list a diagramy pro tepelné zpracování lze najít v PŘÍLOHA č. 3. Uchycení stabilizátoru je pomocí objímek a základny, které jsou dále spojeny tzv. mostem, který je přivařen k rámu. Stabilizátor je orientován v podélné ose vozu a je spojen s vahadlem pomocí táhla, které je připojeno na konec nože stabilizátoru a čepu, který spojuje push-rod a vahadlo. Stabilizátor je usazen v kluzných ložiscích, která dovolují natočení stabilizátoru v jeho uložení. Povolněním objímek a natočením nože stabilizátoru se docílí změny tuhosti.



Obrázek 4-1 – Zobrazující jednotlivé podsestavy předního zavěšení

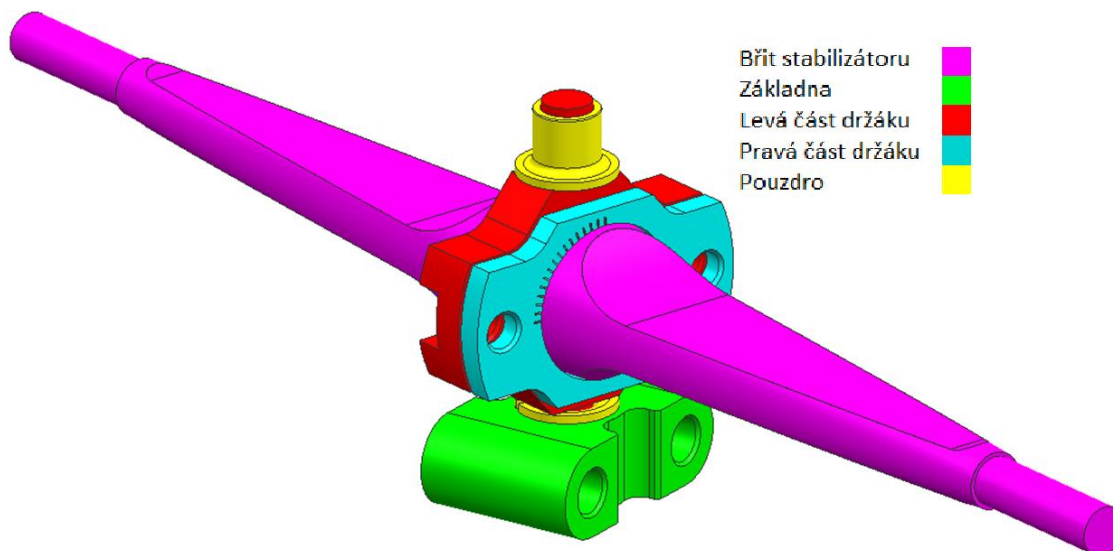


Obrázek 4-2 – Sestava stabilizátoru a tlumičů uchycených k držáku, který je přivařen k rámu formule



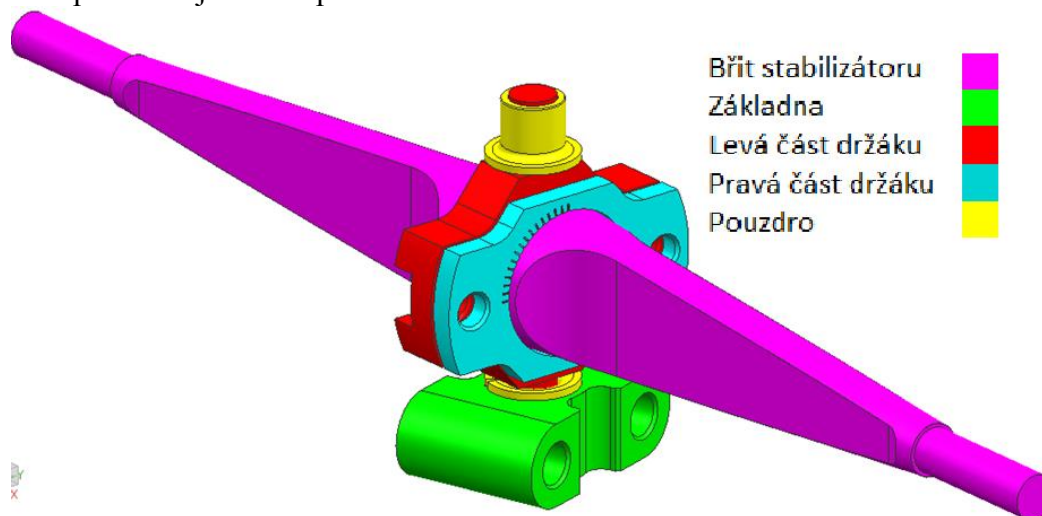
#### 4.1.1 Varianty nastavení tuhosti stabilizátoru

Jak již bylo řečeno, stabilizátor má nastavitelný rozsah tuhosti. Ten je možno měnit kvůli různým nastavením na jednotlivé dynamické disciplíny, které se absolvují v závodech Formula Student. Tuhost stabilizátoru se docílí natočením břitu, jak jej lze vidět na Obrázek 4-3 a Obrázek 4-4. Obrázky znázorňují mezní stavy nastavení stabilizátoru. Tužší nastavení viz Obrázek 4-3. Měkké nastavení viz Obrázek 4-4. Mezi těmito mezními stavy lze dále nastavit tuhost natočením břitu po 5 [°].

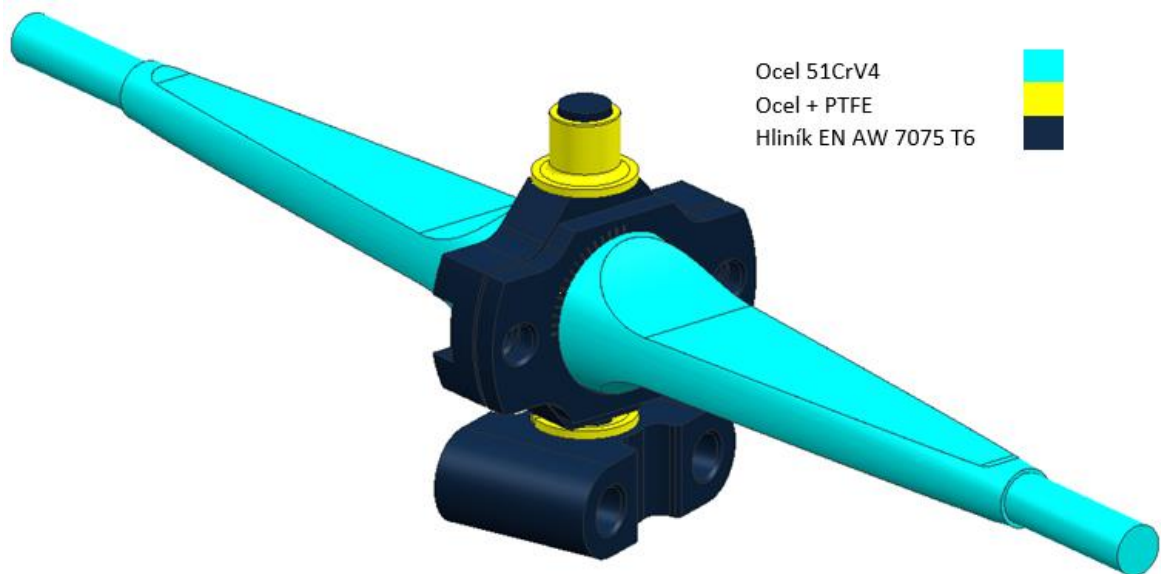


Obrázek 4-3 – Přední stabilizátor – tvrdé nastavení stabilizátoru

Na Obrázek 4-3 a Obrázek 4-4 lze vidět sestavu stabilizátoru. Pro lepší rozlišení jednotlivých komponent jsou součásti barevně odlišeny. Nůž stabilizátoru je znázorněn růžovou barvou, základna pro uchycení stabilizátoru má zelenou barvu, levá část držáku má červenou barvu a pravá část je znázorněna azurovou barvou. Zbývající součásti jsou žluté a představují kluzná pouzdra.



Obrázek 4-4 – Přední stabilizátor – měkké nastavení stabilizátoru



Obrázek 4-5 – Stabilizátor – barevně odlišený dle použitých materiálů

Na sestavu stabilizátoru byly použity různé materiály. Na Obrázek 4-5 lze jednoznačně vidět barevné odlišení součástí dle použitých materiálů. Pro břit stabilizátoru byla použita nízkolegovaná ocel s vysokou prokalitelností 51CrV4, která dosahuje díky tepelnému zpracování vysokých hodnot mezi pevností a kluzu. Další vlastnosti tohoto materiálu lze vidět v Tabulka 4-1 a dále v PŘÍLOHA č. 3, kde lze najít materiálový list s diagramy pro tepelné zpracování. Na objímky pro uchycení břitu a základny byl použit vysokopevnostní hliníkovou slitinu EN AW 7075-T6, který se vyznačuje vysokou pevností při velmi nízké hmotnosti. Materiálové vlastnosti lze nalézt

	Modul pružnosti v tahu [MPa]	Mez kluzu Rp 0,2	Mez pevnosti [MPa]	Tažnost A5 [%]	Poissonovo číslo v [-]	Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]
<b>51CrV4</b> [ČSN15 260.8]	251700	1550-1650	1750-1800	3.4	0,29	7800

Tabulka 4-2 a dále materiálový list v PŘÍLOHA č. 4. Kluzná pouzdra s označením PCMF-060808E jsou ocelová s PTFE povlakem pro zlepšení kluzných vlastností pouzdra. List produktu lze nalézt v PŘÍLOHA č. 5.

Tabulka 4-1 – Tabulka materiálových vlastností oceli 51CrV4

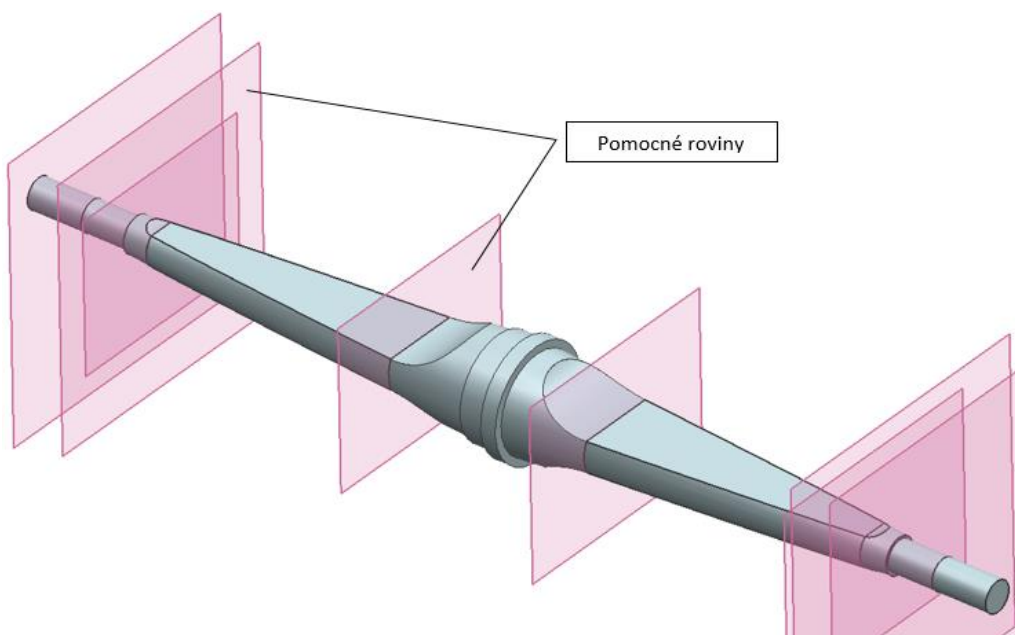
	Modul pružnosti v tahu [MPa]	Mez kluzu Rp 0,2	Mez pevnosti [MPa]	Tažnost A5 [%]	Poissonovo číslo v [-]	Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]
<b>51CrV4</b> [ČSN15 260.8]	251700	1550-1650	1750-1800	3.4	0,29	7800

Tabulka 4-2 – Tabulka materiálových vlastností hliníku EN AW 7075 T6

	Modul pružnosti v tahu [MPa]	Mez kluzu Rp 0,2	Mez pevnosti [MPa]	Tažnost A5 [%]	Poissonovo číslo v [-]	Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]
<b>Hliník EN AW 7075 T6</b>	70000	360 - 500	440 - 560	5.7	0,33	2810

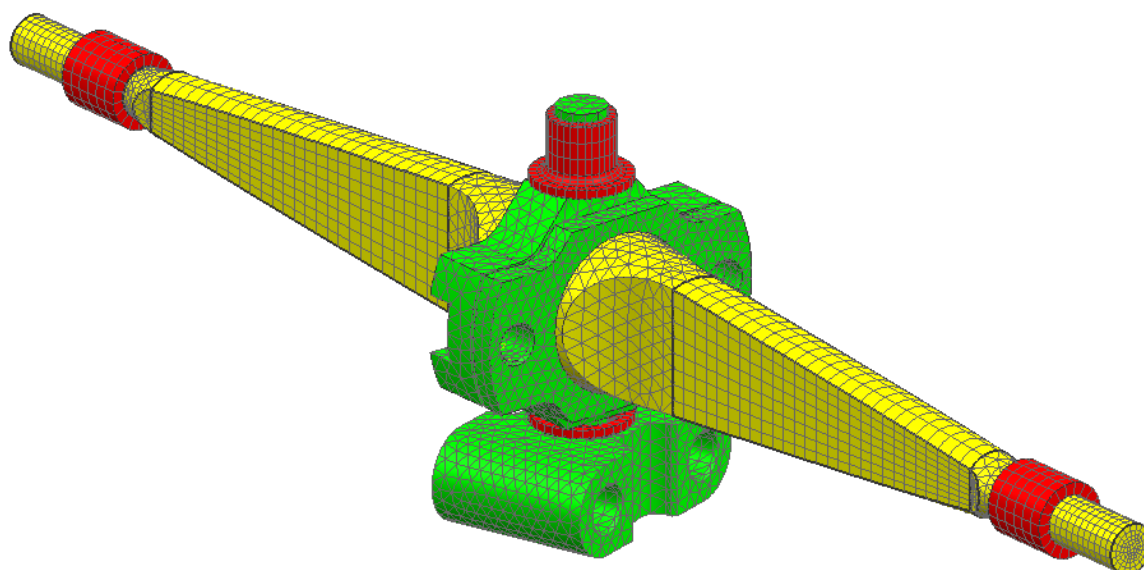
#### 4.1.2 FEM analýza stabilizátoru

Pro zkvalitnění výpočtu byly poupraveny některé modely pro lepší nasítování. Na Obrázek 4-6 lze vidět model břitu stabilizátoru s pomocnými rovinami. Pomocí funkce Splitbody a rovin, které jsou vyznačené na obrázku, byla součást rozdělena na více menších dílků. Tím se vytvořila kvalitní síť, která neměla elementy s nevhodnými vlastnostmi pro výpočet modelu. Nevhodný element pro výpočet je charakteristický tím, že má nepříznivý poměr délky k šířce. Tyto úpravy byly provedeny v idealizovaném partu.



Obrázek 4-6 – Břit stabilizátoru rozdělen na více částí

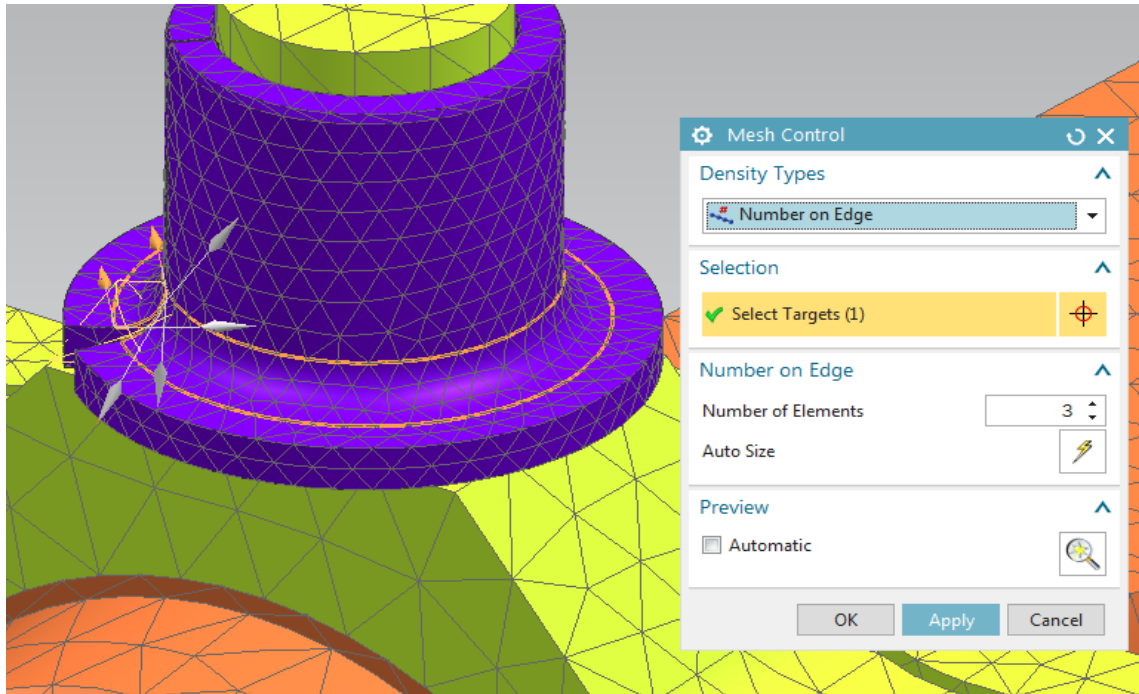
Po úpravě některých modelů mohla být sestava stabilizátoru zasítována. Byla použita síť 3D Tetrahedral, která je tvořena čtyřstěny. Byla zvolena velikost sítě 2 [mm]. Pro některé součásti byla použita mapovaná síť 3D Swept Mesh, pro tuto síť musí být geometrie. Pro materiály použité na stabilizátoru musely být vytvořeny různé collectory k přiřazení vlastností materiálu.





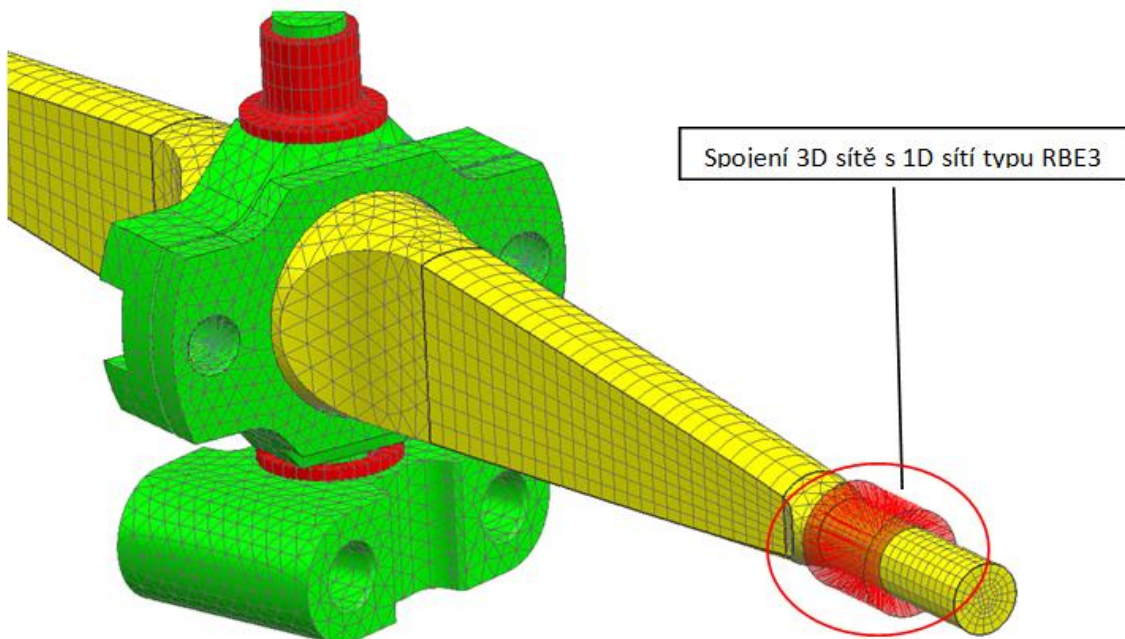
**Obrázek 4-7 – Nasít'ovaný model stabilizátoru s barevným odlišením sítě pro různé druhy materiálů**

Další úprava sítě byla provedena pomocí funkce Mesh control, která zajistí zjemnění sítě v určité oblasti modelu, kde je složitý tvar. Funkce Mesh Control zjemní síť pouze v lokálním místě, takže nárůst počtu elementů není tak markantní a výpočetní čas se zvýší jen minimálně.



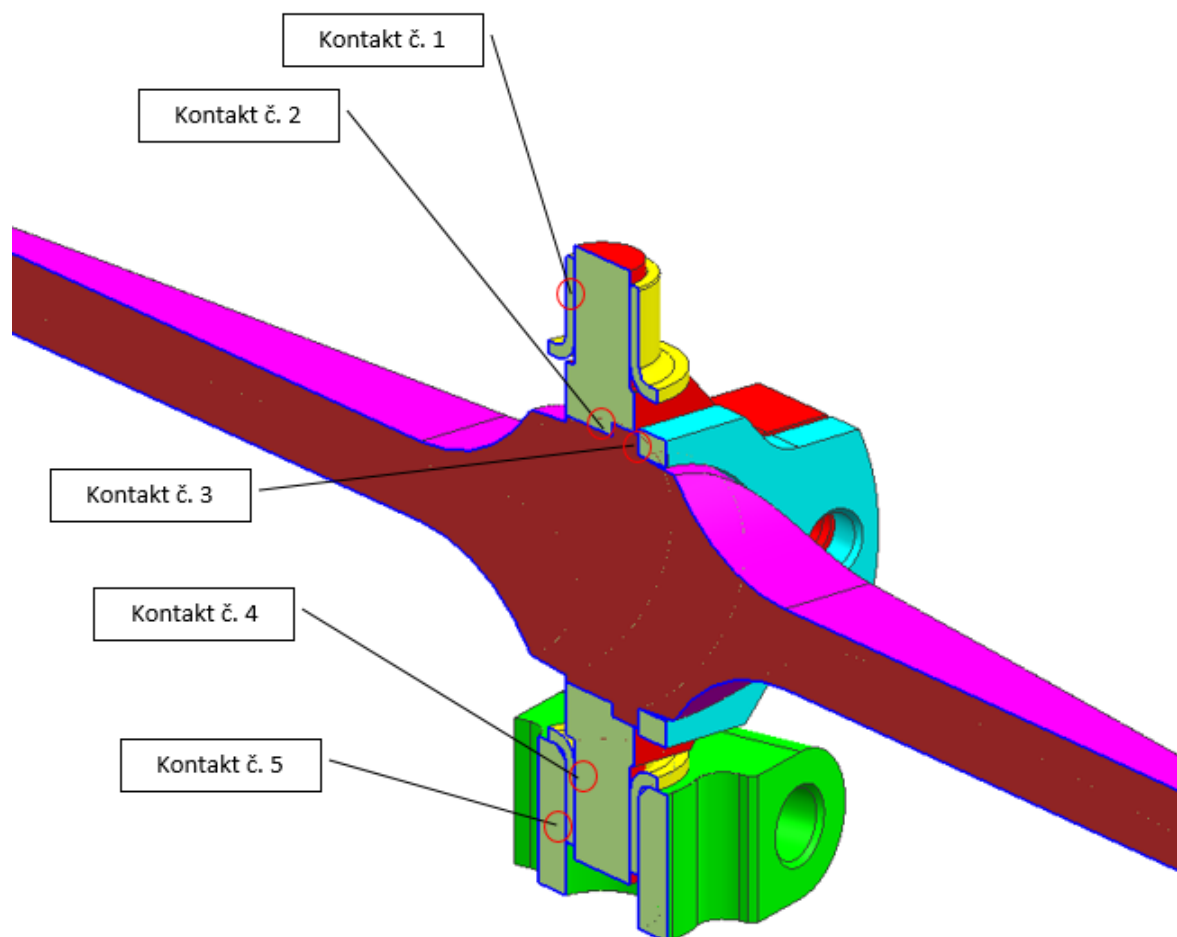
**Obrázek 4-8 – Použití funkce Mesh control pro zjemnění sítě v určitých oblastech**

Při sít'ování modelu byla použita vazba 1D rúžice typu RBE3, která přenáší silové účinky z místa působení síly na vnější povrch kroužku kloubové hlavice. Rúžice RBE3 se vyznačuje dokonale tuhou vazbou s povolenou rotací koncových bodů dané rúžice, ta je znázorněna na Obrázek 4-9 .



**Obrázek 4-9 – Propojení 1D rúžice s 3D sít'í kroužku kloubové hlavice**

V sestavě stabilizátoru bylo použito několik funkcí kontaktu. Funkce kontaktu vytvoří mezi jednotlivými tělesy vazbu, která dovoluje se po sobě posouvat při zadání definovaného součinitele smykového tření. Funkce kontaktu dále ve výsledku zobrazí, jaké síly a tlaky jsou mezi kontaktními plochami dané sestavy. Pro představu je vidět kontakt mezi horním pouzdem a levým držákem na Obrázek 4-10. Další kontakty byly vytvořeny mezi levým držákem, pravým držákem, spodním pouzdem a základnou. Celkem bylo vytvořeno 7 kontaktů.

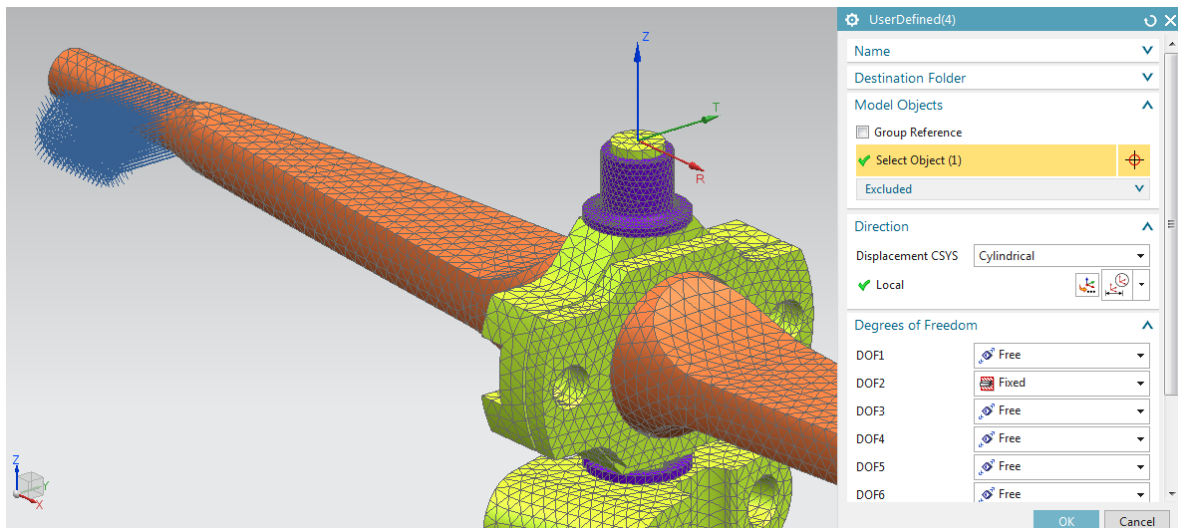


Obrázek 4-10 – Kontakty mezi jednotlivými díly stabilizátoru, podrobnější popis kontaktů viz [Chyba!](#)  
[Nenalezen zdroj odkazů.](#)

#### 4-3 – Jednotlivé kontakty použité ve výpočtu stabilizátoru

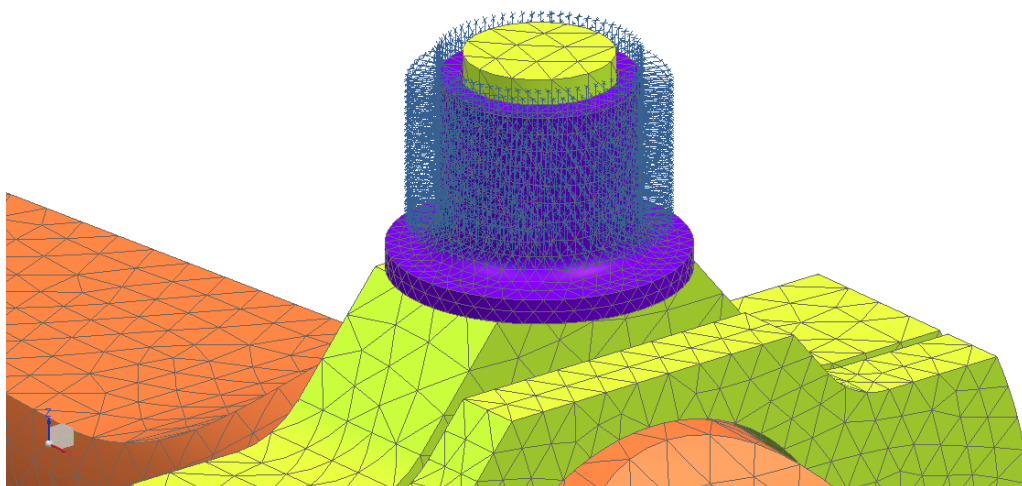
Označení kontaktu	Jednotlivé součásti kontaktů		Typ kontaktu	Tření v kontaktu
	První součást	Druhá součást		
<b>Kontakt č.1</b>	Vrchní pouzdro	Levá část držáku	Surface-to-surface kontakt	0,25
<b>Kontakt č.2</b>	Levá část držáku	Břit stabilizátoru	Surface-to-surface kontakt	0,61
<b>Kontakt č.3</b>	Pravá část držáku	Břit stabilizátoru	Surface-to-surface kontakt	0,61
<b>Kontakt č.4</b>	Levá část držáku	Spodní pouzdro	Surface-to-surface kontakt	0,25
<b>Kontakt č.5</b>	Spodní pouzdro	Držák stabilizátoru	Surface-to-surface gluing	-
<b>Kontakt č.6</b>	Připojná část břitu - levá	Kroužek kloubové hlavice	Surface-to-surface kontakt	0,78
<b>Kontakt č.7</b>	Připojná část břitu - pravá	Kroužek kloubové hlavice	Surface-to-surface kontakt	0,78

Pro správné nastavení výpočtu je důležité správné stanovení okrajových podmínek. Okrajové podmínky musí být nastaveny tak, aby se co nejvíce blížily skutečnosti a simulovaly pochody stabilizátoru v reálu. Pro výpočet byla zvolena vazba pomocí kartézských souřadnic, která zamezuje pootočení kolem osy z ve zvoleném souřadnicovém systému, kdy osa z prochází středem čepu, viz Obrázek 4-11.



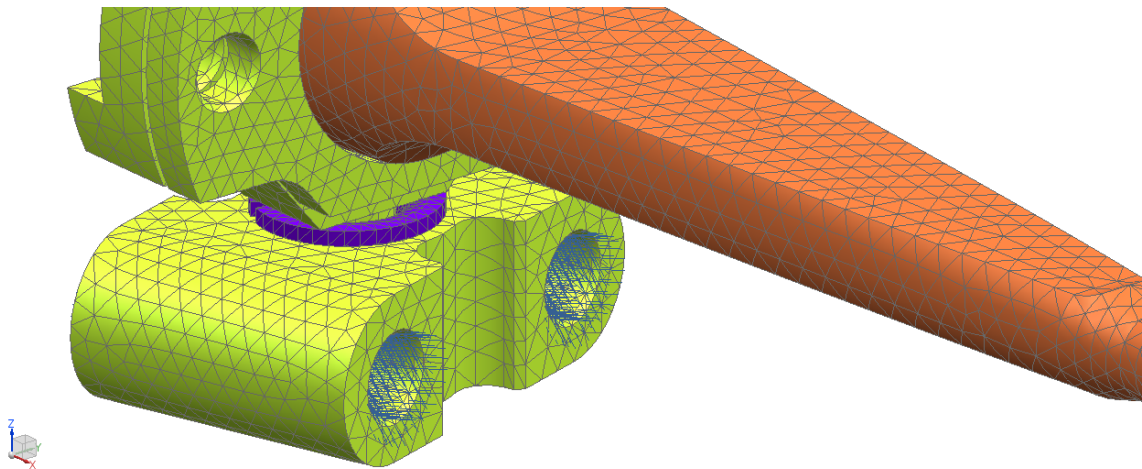
Obrázek 4-11 – Uživatelsky definovaný constrain dle kartézských souřadnic

Dále byla zvolena vazba Pinned, která zamezuje pohyb ve všech osách, tedy x, y, z a povoluje rotaci kolem osy x vytvořeného souřadnicového systému, viz Obrázek 4-12 kde osa x prochází středem pouzdra.



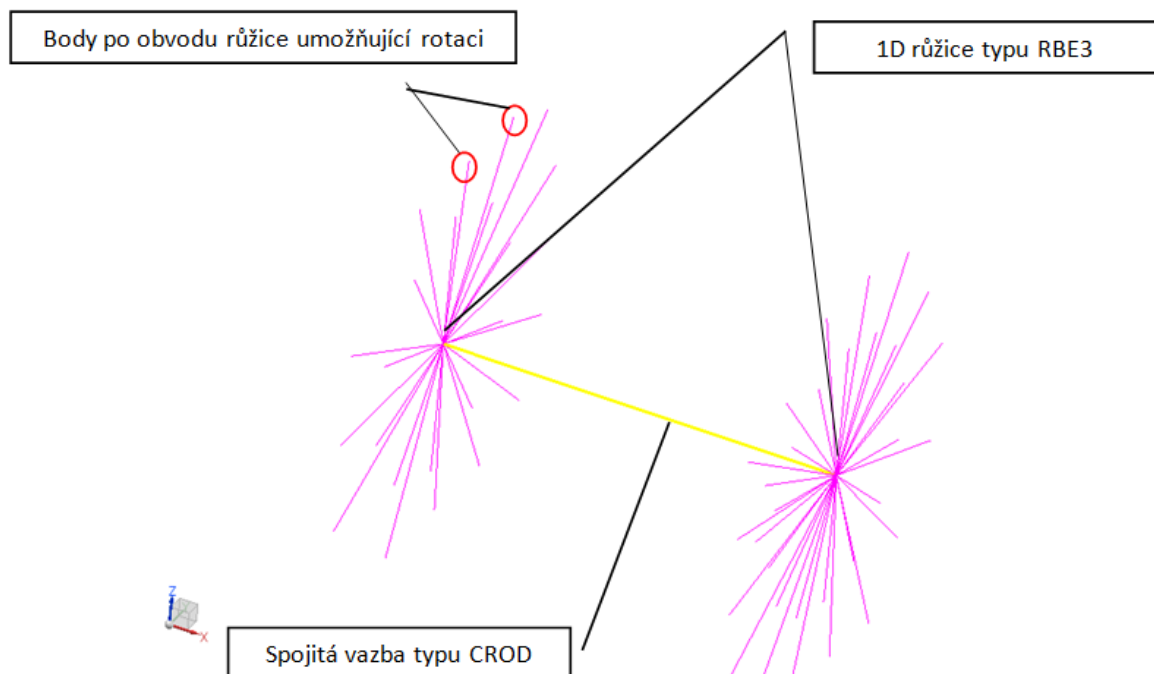
Obrázek 4-12 – Constrain pinned na vrchním pouzdře

Poslední vazba stabilizátoru byla vazba základny a byla umístěna do otvorů pro uchycení. V tomto uchycení byly odebrány všechny stupně volnosti.



Obrázek 4-13 – Uživatelsky definovaný constrain použitý na otvory základny

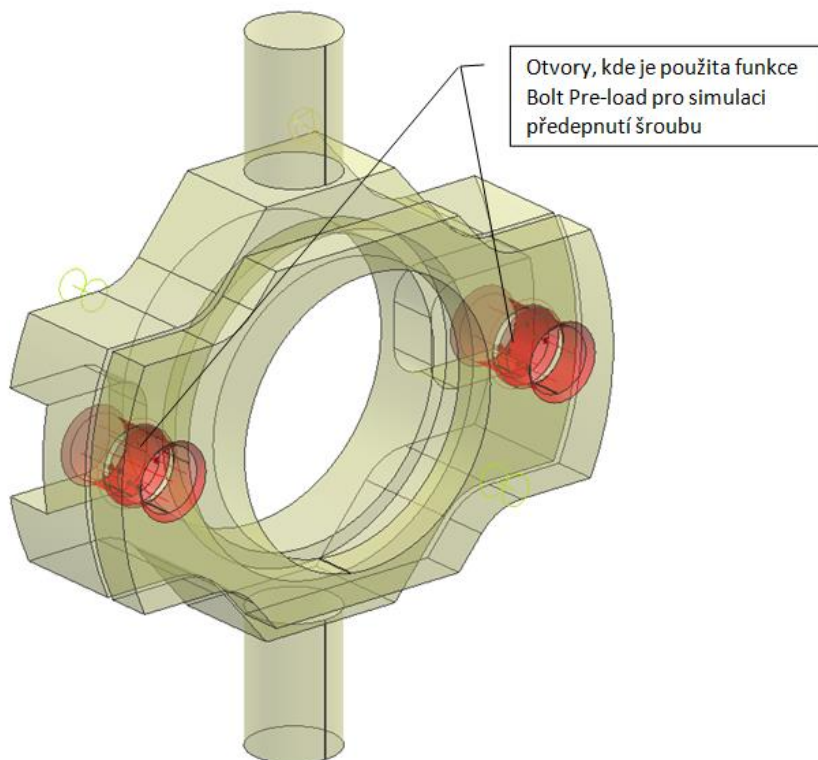
Po zvolení a zadání okrajových podmínek bylo potřeba zadat zatížení, které působí na stabilizátor. Na držák stabilizačního nože působí síla vyvozená od předpnutého spoje pro držení stabilizačního nože v dané poloze. Na Obrázek 4-14 je vyznačená funkce Bolt connection, která se skládá ze dvou 1D růžic typu RBE3. Tyto růžice simulují hlavu šroubu a matici. Vlákna 1D růžice jsou dokonale tuhá a na koncích bodů dané růžice je povoleno jejich natočení. Tyto dvě růžice jsou spojeny funkcí CROD. Tato funkce definuje spojitý vazbový prvek bez torzní tuhosti. Tzn., že prvek přenáší pouze axiální zatížení.



Obrázek 4-14 – Funkce Bolt Connection pro simulování vazby předepnutým spojením šroubem

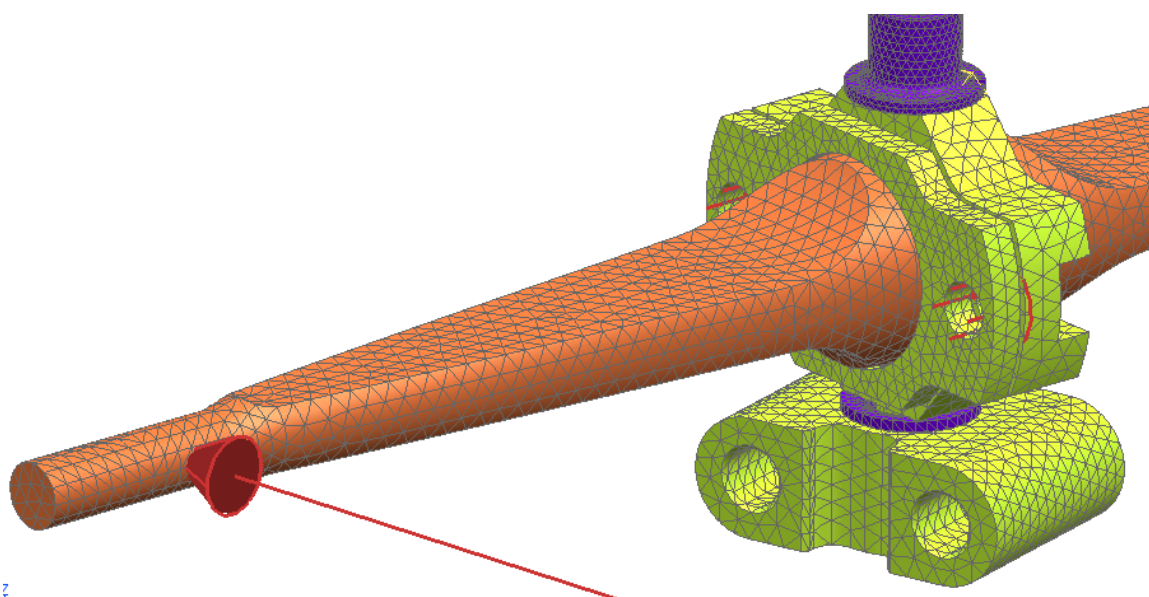


Dále je simulována síla pomocí funkce Bolt Pre-load, která navazuje na předešlou funkci Bolt connectionu. Funkcí Pre-load byly zvoleny osy, kde jsou jednotlivé předpjaté šrouby a dále bylo zadáno zatížení 5000 [N] jako hodnota předeprnutého zatížení. Funkce Pre-load je aplikována na otvory, které jsou červeně vyznačené na Obrázek 4-15.



**Obrázek 4-15 – Obrázek stabilizátoru s vyznačeným místem pro simulaci předeprnutého spoje**

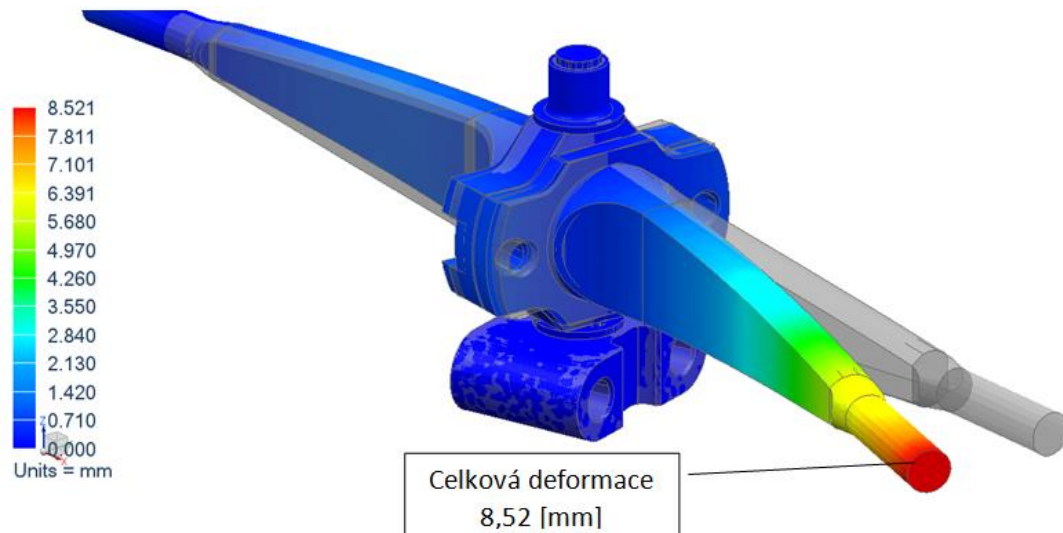
Hlavní zatížení stabilizátoru způsobuje táhlo, které přenáší sílu od vahadla. Síla je orientovaná v ose táhla a míří do středu 1D růžice zobrazené na Obrázek 4-16. Velikost síly je exportována z programu Adams/Car a má velikost 1500 [N].



**Obrázek 4-16 – Síla od táhla stabilizátoru**

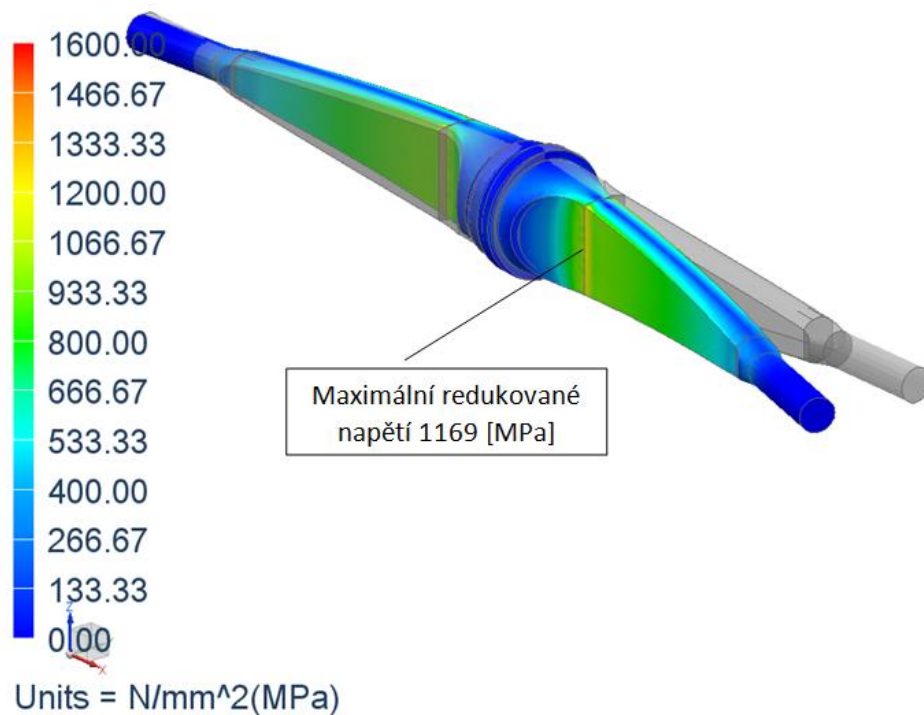
### 4.1.3 Výsledky FEM analýzy pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení

Výpočet byl proveden pro dvě různá nastavení tuhosti stabilizačního nože. V Kapitole 4.1.3 bude rozbor výsledků pro stabilizátor nastavený do polohy, kdy je nejměkčí. Ve výsledcích je znázorněno celkové posunutí, redukované napětí Von-Mises, reakční síly a v neposlední řadě síly a tlaky působící v kontaktech stabilizátoru.

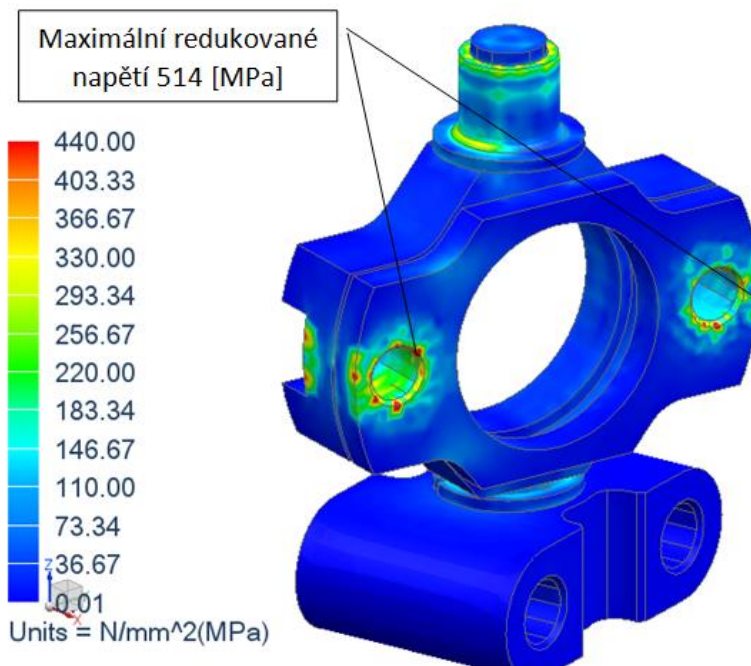


Obrázek 4-17 – Výsledky celkového posunutí [mm] pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení

Při zatížení stabilizátoru v měkkém nastavení je maximální deformace 8,52 [mm], viz Obrázek 4-17. Pro představu je v obrázku zachycen stabilizátor v nezatíženém stavu a lze pozorovat rozdíly mezi zatíženým a nezatíženým stabilizátorem. Výsledky redukovaného napětí lze vidět na Obrázek 4-18. Maximální redukované napětí je zde 1000 [MPa].

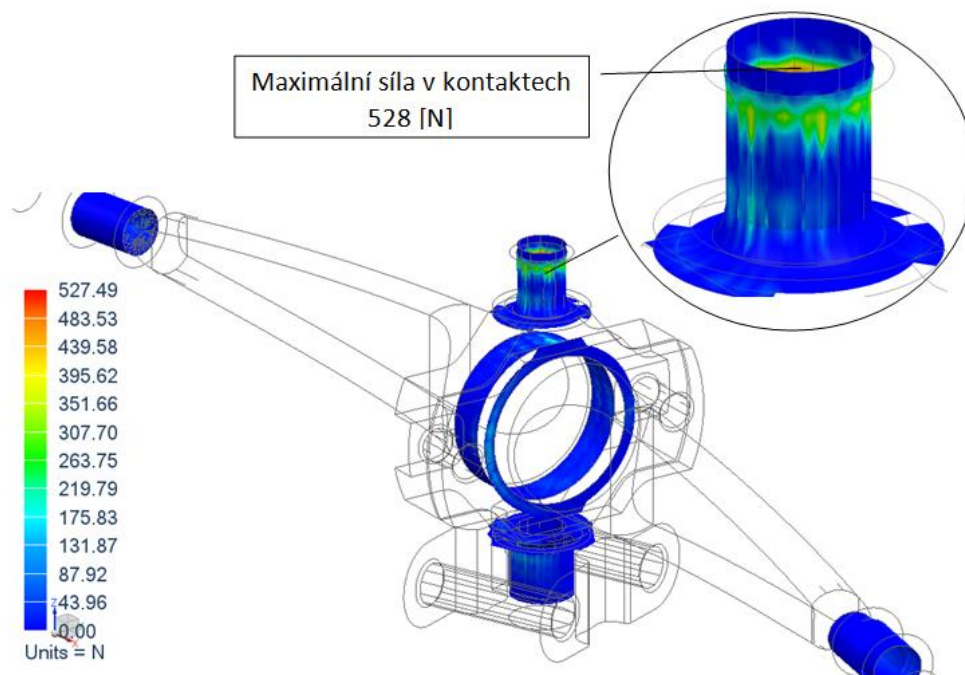


Obrázek 4-18 – Výsledky redukovaného napětí břítu dle metody HMM (Von-Mises) [MPa] pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení



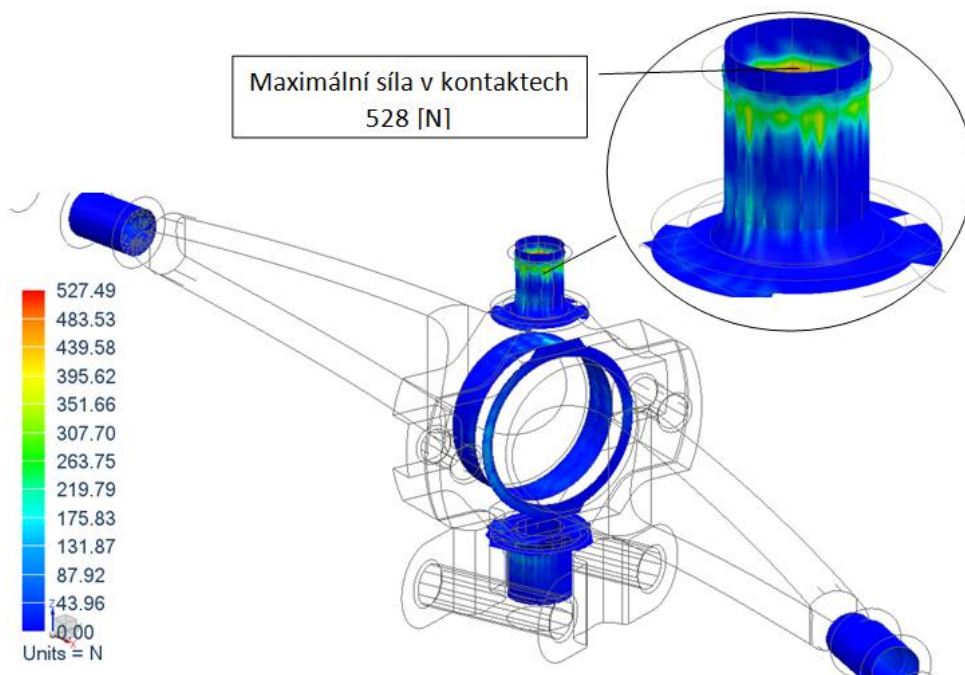
**Obrázek 4-19 – Výsledky redukovaného napětí držáku břitu dle metody HMH (Von-Mises) [MPa] pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení**

Výsledky sil působících v kontaktech mezi součástmi sestavy stabilizátoru lze vidět na Obrázek 4-20. Obrázek 4-2



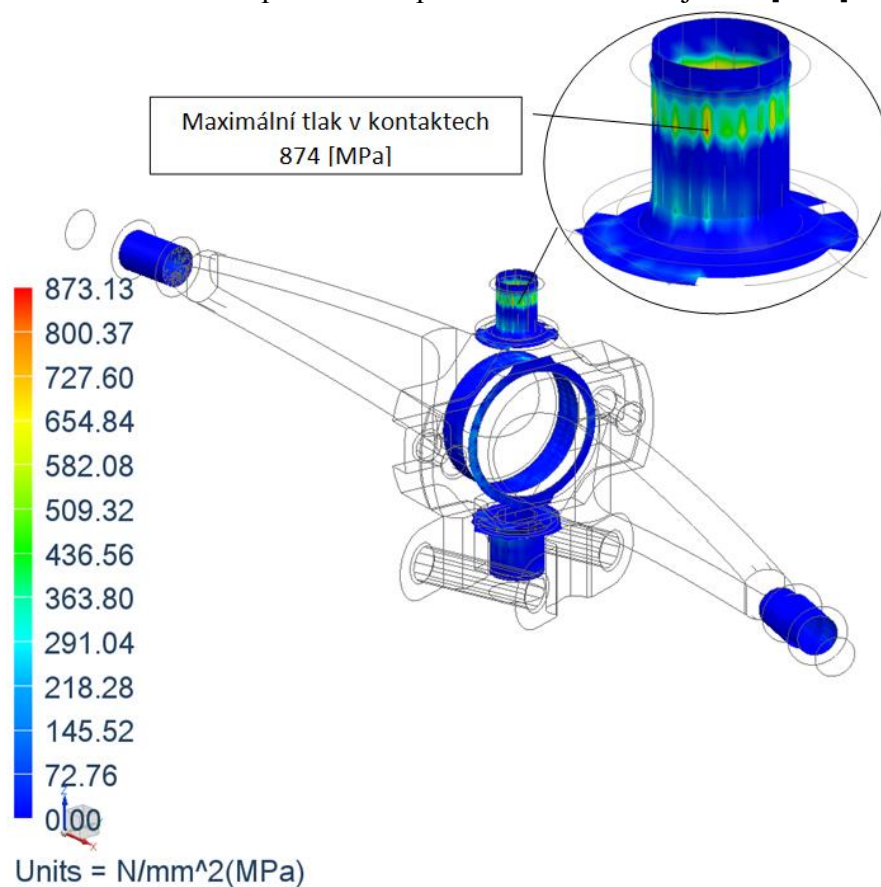
**Obrázek 4-20 Výsledky sil působících [N] v kontaktech pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení**

. Maximální síla působící na plochu v kontaktech je 528 [N].



Obrázek 4-20 Výsledky sil působících [N] v kontaktech pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení

Výsledky tlaku působícího v kontaktech mezi součástmi sestavy stabilizátoru lze vidět na Obrázek 4-21. Maximální tlak působící na plochu v kontaktech je 800 [MPa].

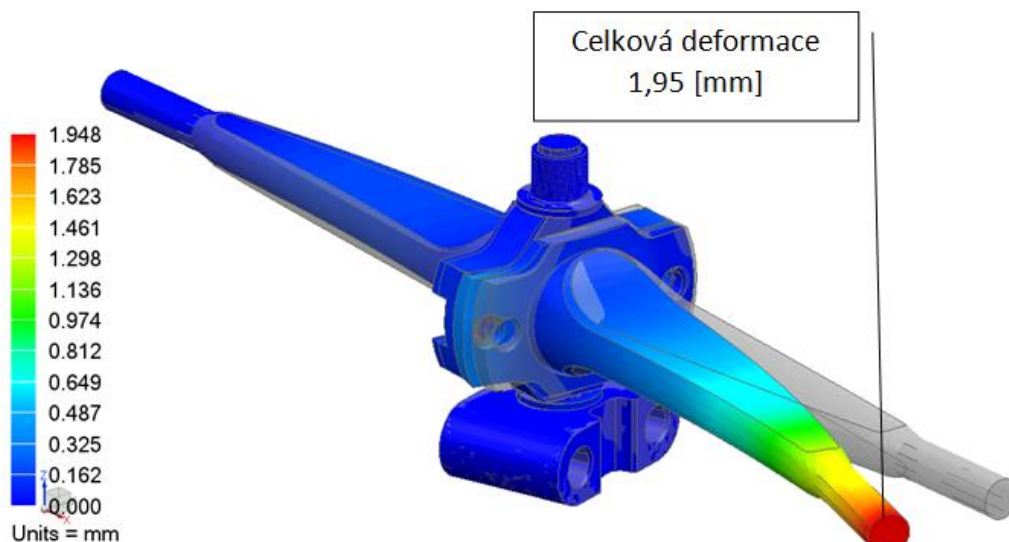


Obrázek 4-21 – Výsledky tlaků [MPa] působící v kontaktech pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení



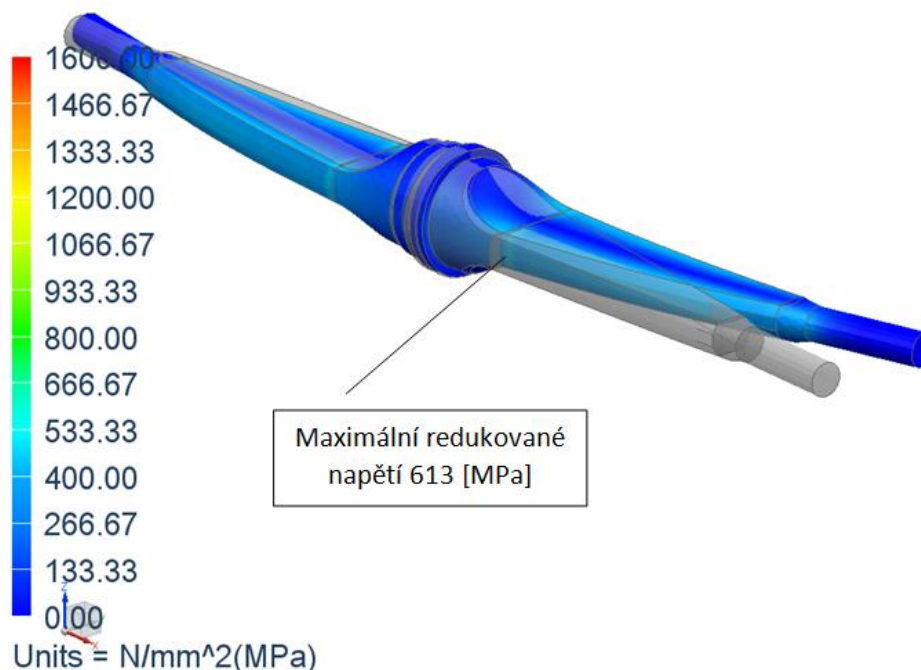
#### 4.1.4 Výsledky FEM analýzy pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení

Výpočet byl proveden pro dvě různá nastavení tuhosti stabilizačního nože. V Kapitole 4.1.4 bude rozbor výsledků pro stabilizátor nastaven do polohy, kdy je nejtužší. Ve výsledcích je znázorněná deformace, redukované napětí Von-Mises, reakční síly a také síly a tlaky působící v kontaktech stabilizátoru. Při zatížení stabilizátoru v nejtužším nastavení je maximální deformace 1,95 [mm], viz Obrázek 4-22.

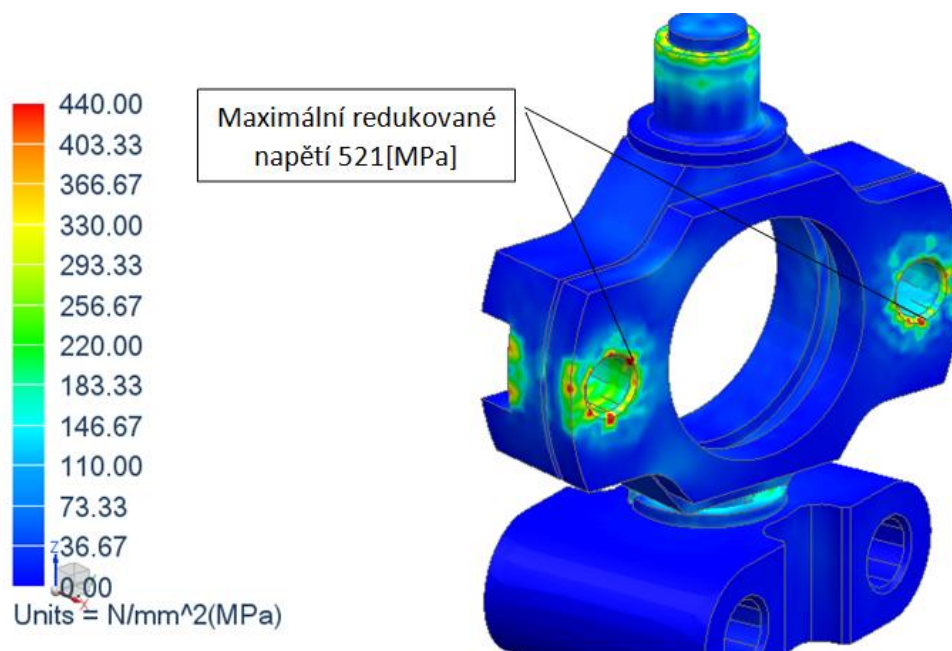


Obrázek 4-22 – Výsledky deformace [mm] pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení

Výsledky redukovaného napětí lze vidět na Obrázek 4-23. Maximální redukované napětí je zde 613 [MPa].

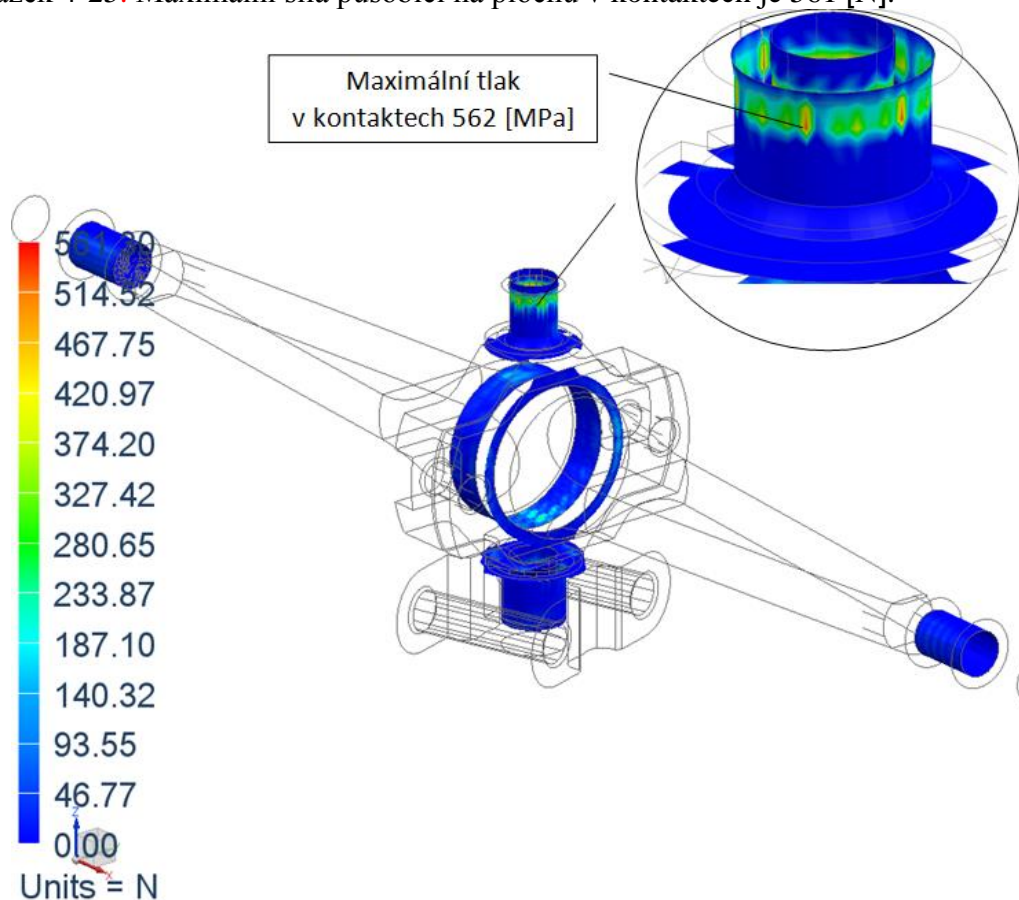


Obrázek 4-23 – Výsledky redukovaného napětí dle metody HMH (Von-Mises) [MPa] pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení



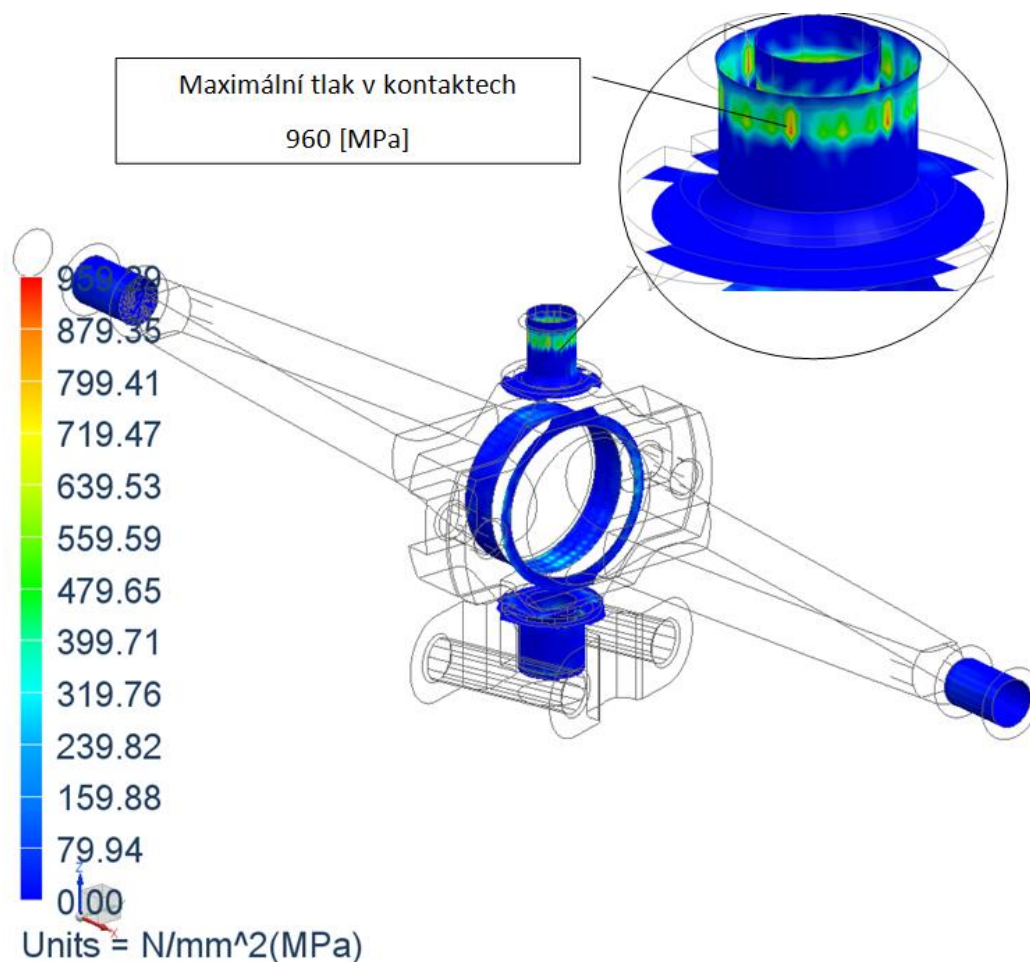
Obrázek 4-24 – Výsledky redukovaného napětí držáku břitu dle metody HMM (Von-Mises) [MPa] pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení

Výsledky sil působících v kontaktech mezi součástmi sestavy stabilizátoru lze vidět na Obrázek 4-25. Maximální síla působící na plochu v kontaktech je 561 [N].



Obrázek 4-25 – Výsledky sil [N] působících v kontaktech pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení

Výsledky tlaku působící v kontaktech mezi součástmi sestavy stabilizátoru lze vidět na Obrázek 4-26. Maximální tlak působící na plochu v kontaktech je 960 [MPa].



Obrázek 4-26 – Výsledky tlaků [MPa] působící v kontaktech pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení

#### 4.1.5 Zhodnocení výsledků stabilizátoru

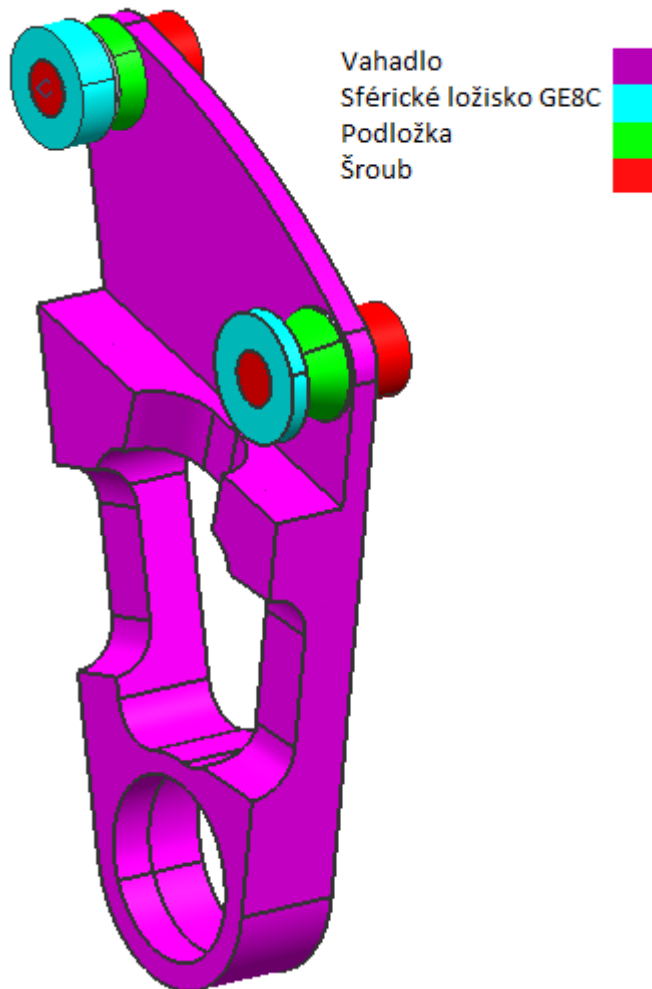
Výsledky stabilizátoru pro dvě různá nastavení jsou zaneseny do Tabulka 4-4.

Tabulka 4-4 – Výsledky deformace, redukovaného napětí, reakčních sil, sil a tlaku v kontaktech pro variantu jedna a dvě ve tvrdém nastavení

Výsledky stabilizátoru	Deformace [mm]	Redukované napětí Von-Mises [MPa]	Reakční síly [N]	Síly v kontaktech [N]	Tlak v kontaktech [N]
Varianta 1	7,2	1200	817	407	800
Varianta 2	2	1000	414	809	1000

## 4.2 Vahadlo vozu UWB05

Oproti minulým vozům bude vahadlo na voze UWB05 zhotoveno jako celistvé z hliníkové slitiny EN AW 7075-T6. Vlastnosti materiálu jsou uvedeny v Tabulce č. 7. Předěšlé typy byly svařovány ze dvou ocelových plechů materiálu dle ČSN 15 130. Nevýhodou této konstrukce je přenos síly, která působí na vahadlo krutem, který nám zásadně zasahuje do návrhu vahadla. Nebýt této síly, mohlo by být vahadlo odlehčené přibližně o další třetinu. Pevnostní analýza byla provedena v programu NX Siemens, kde bylo vahadlo zatíženo silou od push-rodu velikostí 3000 [N].



Obrázek 4-27 – Symetrický řez sestavou vahadla se sférickými ložisky, distančními podložkami a šrouby

#### 4.2.1 FEM analýza vahadla

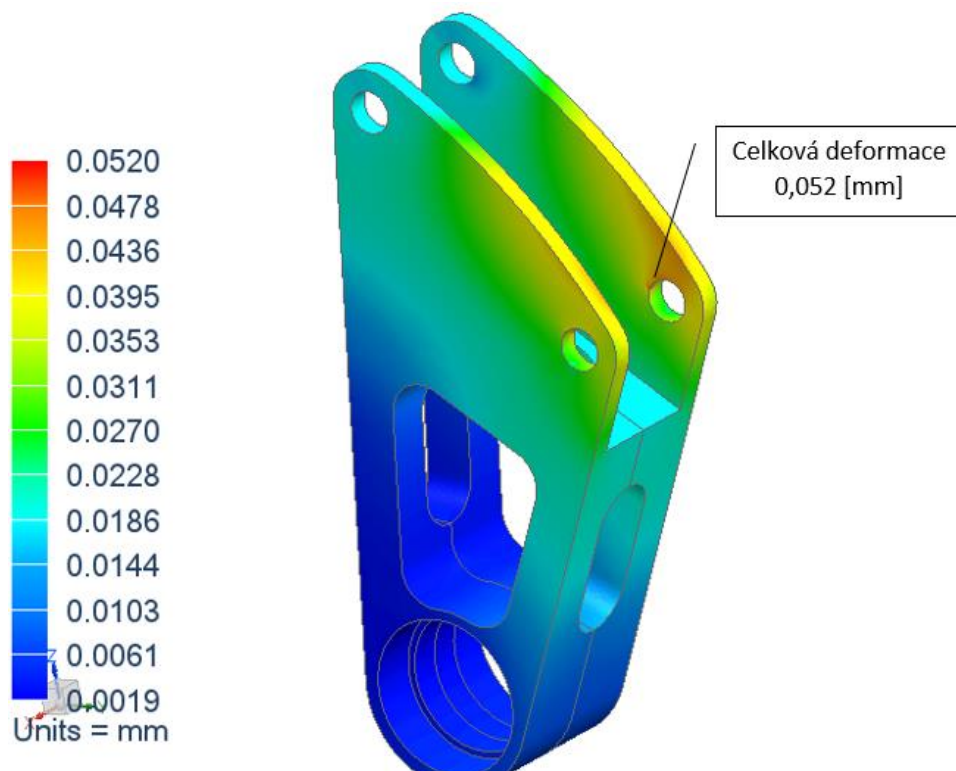
Analýza napětí na předním a zadním vahadle byla provedena metodou konečných prvků v softwaru Siemens NX, který používá řešič Nastran, protože na vahadlo působí největší síly a má velmi specifický tvar pro ušetření co nejvíce hmotnosti a zároveň zachování dostatečné tuhosti. Byla použita lineární strukturální analýza, ze které bylo vyhodnoceno napětí vznikající na vznikající na vahadle, které je vyvozeno silou působící od kola vedenou přes push-rod. Napětí vzniklé od zatížení nesmí přesáhnout hodnotu napětí na mezi kluzu, která je u tohoto materiálu zaznamenána

	Modul pružnosti v tahu [MPa]	Mez kluzu Rp 0,2	Mez pevnosti [MPa]	Tažnost A5 [%]	Poissonovo číslo ν [-]	Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]
51CrV4 [ČSN15 260.8]	251700	1550-1650	1750-1800	3.4	0,29	7800

Tabulka 4-2. Pro zjednodušení a zrychlení výpočtu byla vytvořena symetrická úloha. Pro nasítování modelu byla použita síť 3D Tetrahedral o velikosti 3 [mm]. V odlehčovacích drážkách a rádiech byla použita funkce Mesh control pro zjemnění sítě v dané oblasti pro zlepšení kvality výsledků. Na otvor pro uchycení push-rodu byla použita 1D síť RBE3, která umožňuje rotaci v koncových bodech dané růžice.

#### 4.2.2 Výsledky FEM analýzy vahadla

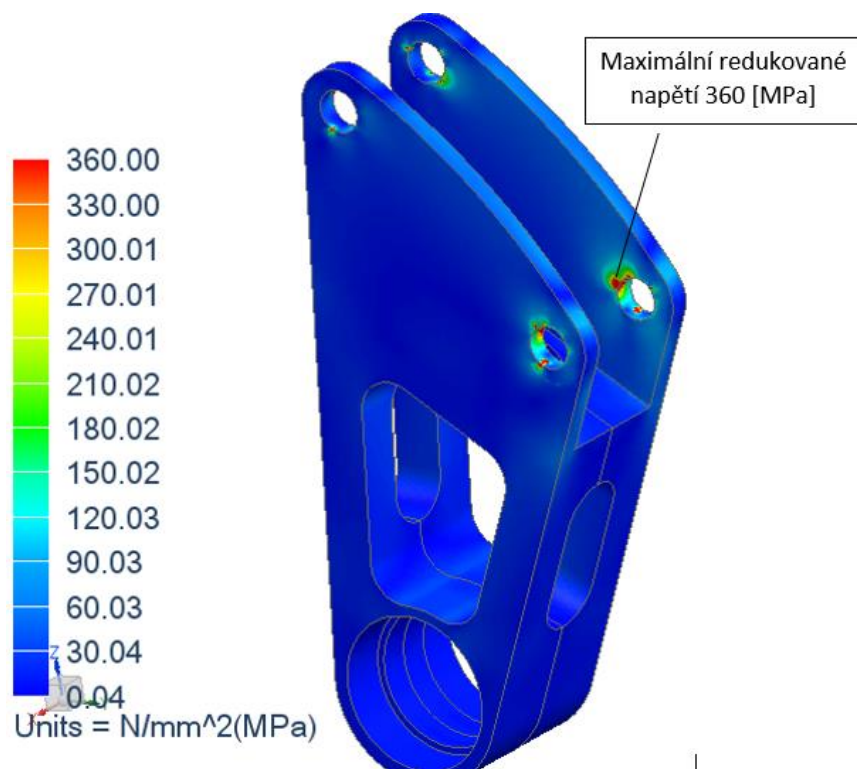
Na Obrázek 4-28 je zobrazena celková deformace vahadla, která dosáhla hodnoty 0,052 [mm]. Dále zde jsou zobrazeny výsledky redukováného napětí dle metody HMH (Von-Mises) a také velikosti silových účinků a tlakových účinků v kontaktech dané úlohy.



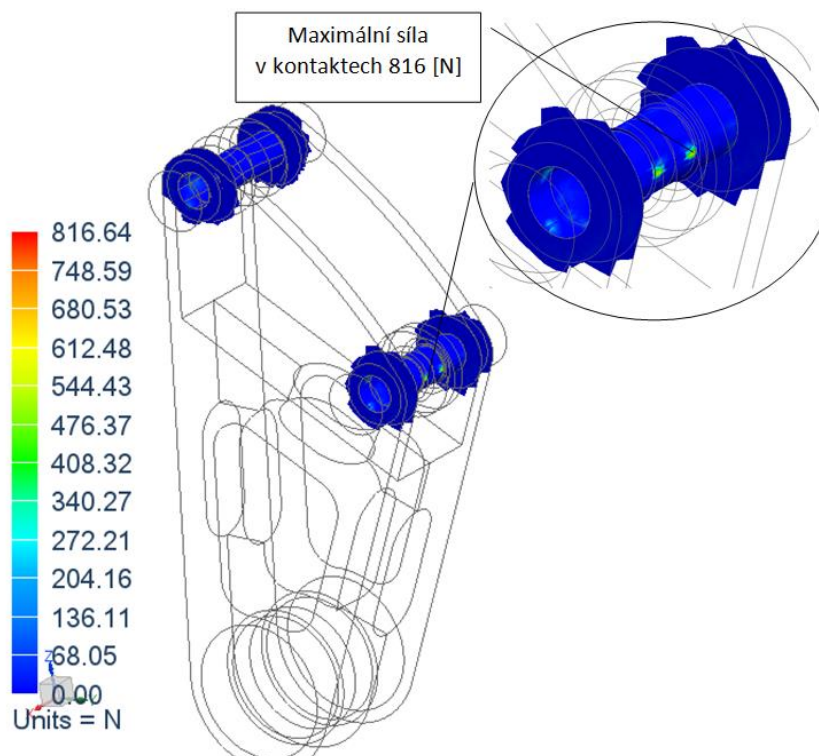
Obrázek 4-28 – Výsledky deformace [mm] předního vahadla vozu UWB05



Výsledky redukovaného napětí lze vidět na Obrázek 4-29. Maximální redukované napětí je zde 360 [MPa].

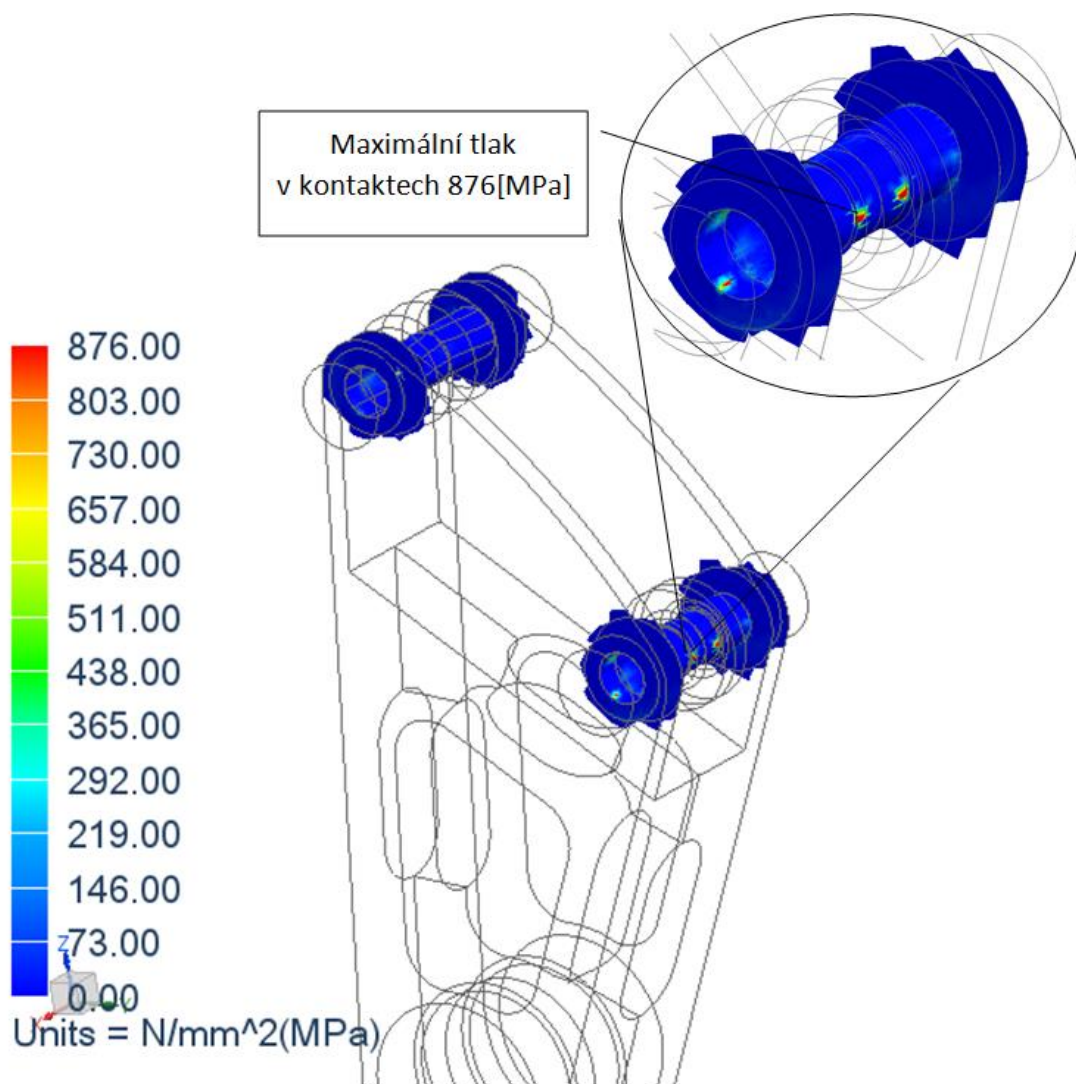


Obrázek 4-29 – Výsledky redukovaného napětí [MPa] předního vahadla vozu UWB05



Obrázek 4-30 – Výsledky sil [N] působících v kontaktech předního vahadla vozu UWB05

Výsledky sil působících v kontaktech mezi součástmi sestavy vahadla lze vidět na Obrázek 4-30. Maximální síla působící na plochu v kontaktech je 816 [N].



Obrázek 4-31 – Výsledky tlaku [MPa] působícího v kontaktech předního vahadla vozu UWB05

Výsledky tlaků působících v kontaktech mezi součástmi sestavy vahadla lze vidět na Obrázek 4-31. Maximální tlak působící na plochu v kontaktech je 876 [MPa].

#### 4.2.3 Zhodnocení výsledků vahadla

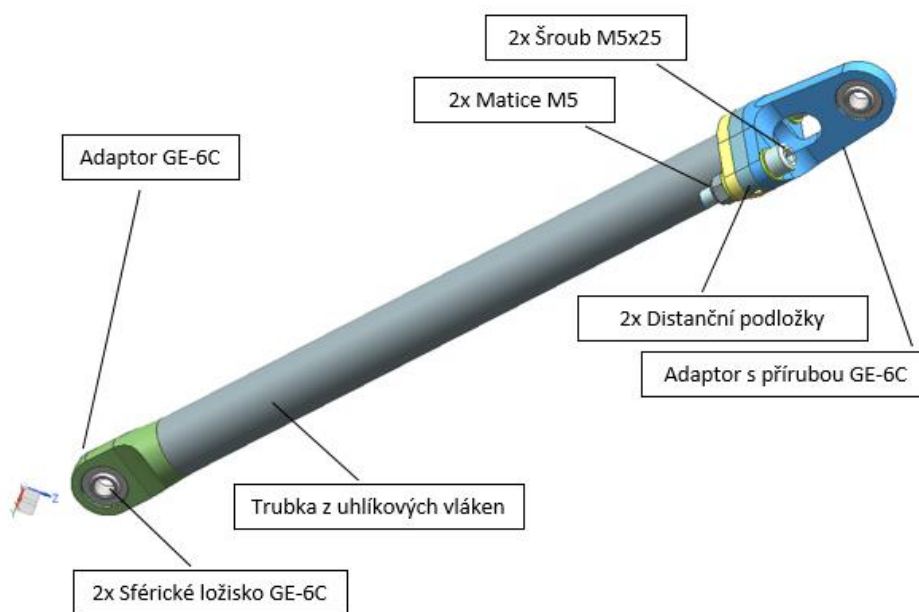
Výsledky vahadla jsou zaneseny do Tabulka 4-5.

Tabulka 4-5 – Výsledky deformace, redukovaného napětí, reakčních sil, sil a tlaku v kontaktech pro vahadlo

Výsledky vahadla	Deformace [mm]	Redukované napětí Von-Mises [MPa]	Síly v kontaktech [N]	Tlak v kontaktech [N]
Varianta 1	0,052	360	816	876

### 4.3 Push-rod vozu UWB05

Push-rod je zhotoven karbonové trubky a z hliníkových insertů. Oproti minulému vozu je umístěn na horním A-ramenu. To nám zajistí znatelné zkrácení push-rodu, a s tím související snížení hmotnosti. Hliníkové inserty jsou vlepeny do karbonové trubky. Na push-rodu jsou umístěné distanční podložky pro přenastavení geometrie kol. Adaptor GE-6C má řezán závit o hloubce 0,1 [mm] a stoupání 0,5 [mm] kvůli zlepšení mechanických vlastností lepeného spoje. Znázornění závitu lze vidět na Obrázek 4-33.



Obrázek 4-32 – Sestava Push-rodu – přední nápravy vozu UWB05

#### 4.3.1 Analytický výpočet lepeného spoje

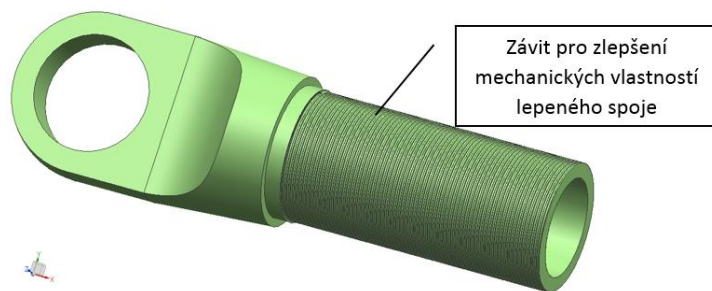
$$\tau_s = \frac{F \cdot k}{S_{pl}} = \frac{3000 \cdot 2}{1005,31} = 5,97 \text{ MPa} \quad (4-1)$$

$$S_{pl} = \pi \cdot d_{tr} \cdot l_{tr} = \pi \cdot 16 \cdot 20 = 1005,31 \text{ mm}^2 \quad (4-2)$$

Kde:  $\tau_s$  – smykové napětí,  $F$  – síla,  $S_{pl}$  – plocha lepeného spoje,  $d_{tr}$  – průměr trubky,  $l_{tr}$  – délka trubky

Osový silový účinek působící na pushrod byl převzat z tenzometrického měření sil na voze UWB04. Napětí lepeného spoje ve smyku vychází na 5,97 [MPa]. U použitého lepidla (viz Tabulka 4-6), při dodržení všech zásad pro nanášení do daného lepeného spoje, je mez pevnosti ve smyku v rozmezí 17-26 [MPa]. Další informace o použitém lepidle jsou dostupné v PŘÍLOHA č. 6. Lepený spoj zde vyhovuje.





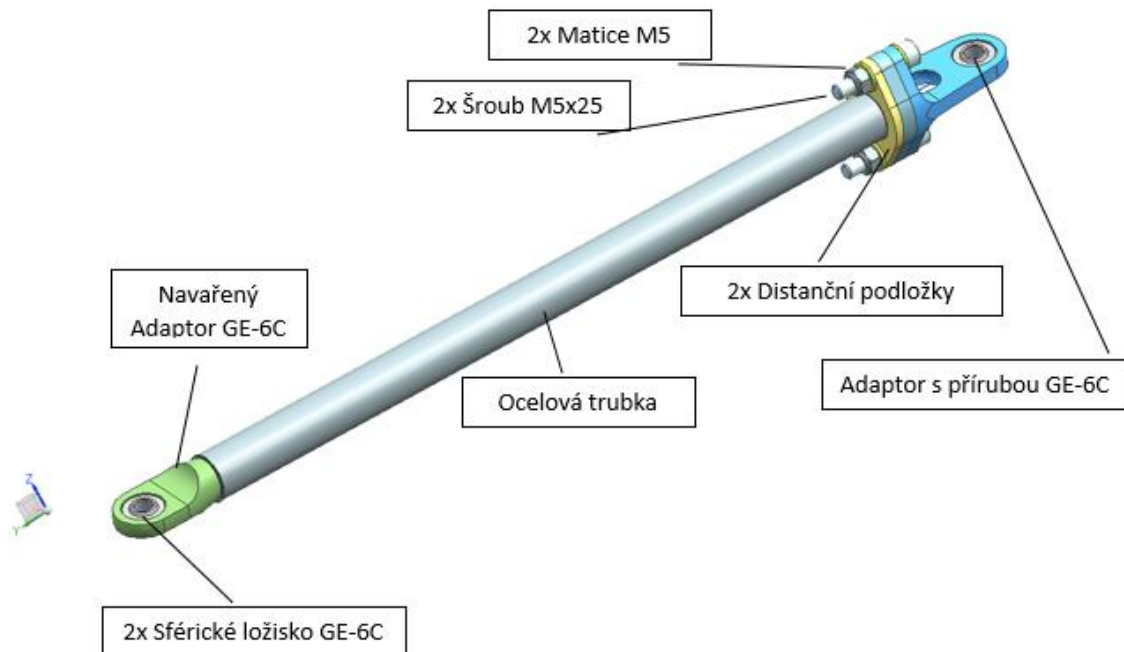
Obrázek 4-33 – Adaptor GE-6C, na kterém je naznačený jemný závit

Tabulka 4-6 – Vlastnosti použitého lepidla – Loctite EA 9466

Provozní teplota	-55 [°C] až 120 [°C]
Doba zpracovatelnosti (při 22 [°C])	60 [min.]
Modul pružnosti v tahu	1718 [MPa]
Pevnost ve smyku	17 - 26 [MPa]
Prodloužení	3%
Barva	Šedá

#### 4.4 Řídící tyč vozu UWB05

Řídící tyč je zhotovena z trubky materiálu 25CrMo4 a z ocelových insertů. V insertech jsou nalisovány sférická ložiska GE-6C. Na řídicí tyči jsou také umístěny distanční podložky, které mění geometrii kola, konkrétně sbíhavost.



Obrázek 4-34 – Sestava řídicí tyče – přední nápravy vozu UWB05

##### 4.4.1 Analytický výpočet svárového spoje

$$\tau_{sv} = \frac{F \cdot k}{S_{sv}} = \frac{2500 \cdot 2}{120,77} = 41,4 \text{ MPa} \quad (4-3)$$

$$S_{sv} = \frac{\pi \cdot (d_{tr} + (2 \cdot a))^2 - d_{tr}^2}{4} = \frac{\pi \cdot (16 + (2 \cdot 2,12))^2 - 16^2}{4} \quad (4-4)$$

$$= 120,77 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot z = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 3 = 2,12 \quad (4-5)$$

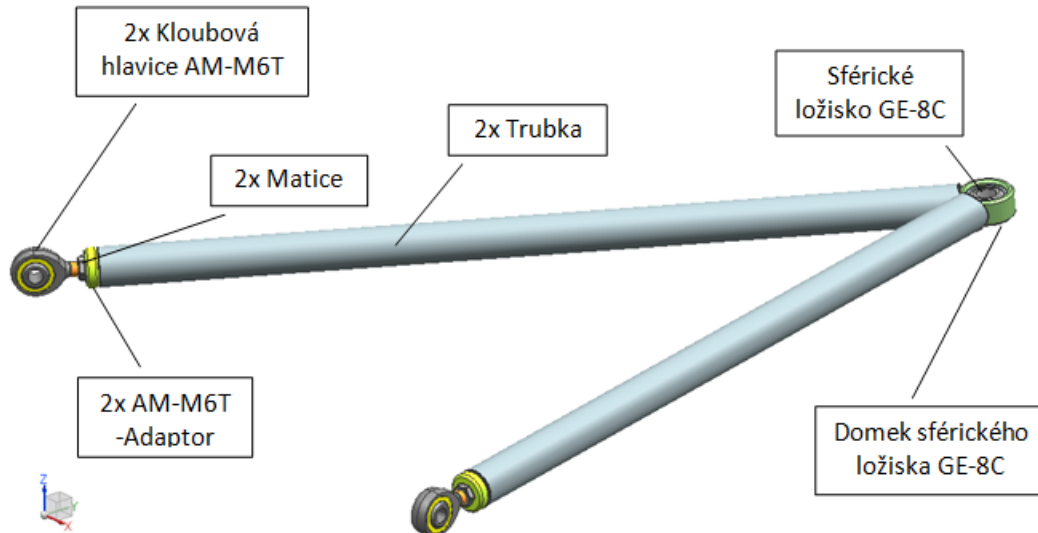
$$\sigma_{DSV} = C_{SV} \cdot \sigma_D \cdot C_\alpha = 1,15 \cdot 0,6 \cdot 600 = 414 \text{ [MPa]} \quad (4-6)$$

Kde:  $\tau_{sv}$  – smykové napětí,  $F$  – síla,  $S_{sv}$  – plocha svárového spoje,  $d_{tr}$  – průměr trubky,  $a$  – šířka sváru,  $z$  – výška,  $\sigma_{DSV}$  – dovolené namáhání svaru,  $\sigma_D$  – dovolené napětí svařovaného materiálu,  $C_\alpha$  – součinitel bezpečnosti svaru dle HMH,  $C_{SV}$  – součinitel dle druhu svaru

Osová síla  $F$  byla převzata z tenzometrického měření sil na voze UWB04. Tato síla byla používána pro kontrolu svárového spoje na řídicí tyči. Napětí svárového spoje ve smyku vychází na 41,4 [MPa]. U svárového spoje je dovolené napětí ve smyku 411[MPa]. Svárový spoj zde vyhovuje.[16]

## 4.5 Spodní A-rameno vozu UWB05

Spodní A-rameno je složeno z domku sférického ložiska, které je navařeno na trubky. Do domku je nalisováno sférické ložisko GE-8C. Na druhé straně A-ramen jsou navařeny adaptory se závitem, kam je poté našroubována kloubová hlavice AM-M6T od firmy Aurora. Adaptory pro uchycení hlavice byly oproti minulému roku zkráceny, tím došlo k odlehčení. Z důvodu přesunutí uchycení push-rodu na horní rameno bylo spodní rameno odlehčeno o výztužný plech a plechy pro uchycení push-rodu.



Obrázek 4-35 – Sestava spodního A-ramena – přední nápravy vozu UWB05

### 4.5.1 Analytický výpočet svarového spoje

Výpočet svarového spoje pro svaření adaptorů kloubových hlavic:

$$\tau_{sv} = \frac{F \cdot k}{S_{sv}} = \frac{6260 \cdot 2}{120,77} = 104 \text{ MPa} \quad (4-7)$$

$$S_{sv} = \frac{\pi \cdot (d_{tr} + (2 \cdot a))^2 - d_{tr}^2}{4} = \frac{\pi \cdot (16 + (2 \cdot 2,12))^2 - 16^2}{4} \quad (4-8)$$

$$= 120,77 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot z = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 3 = 2,12 \quad (4-9)$$

Výpočet svarového spoje pro svaření domku sférického ložiska:

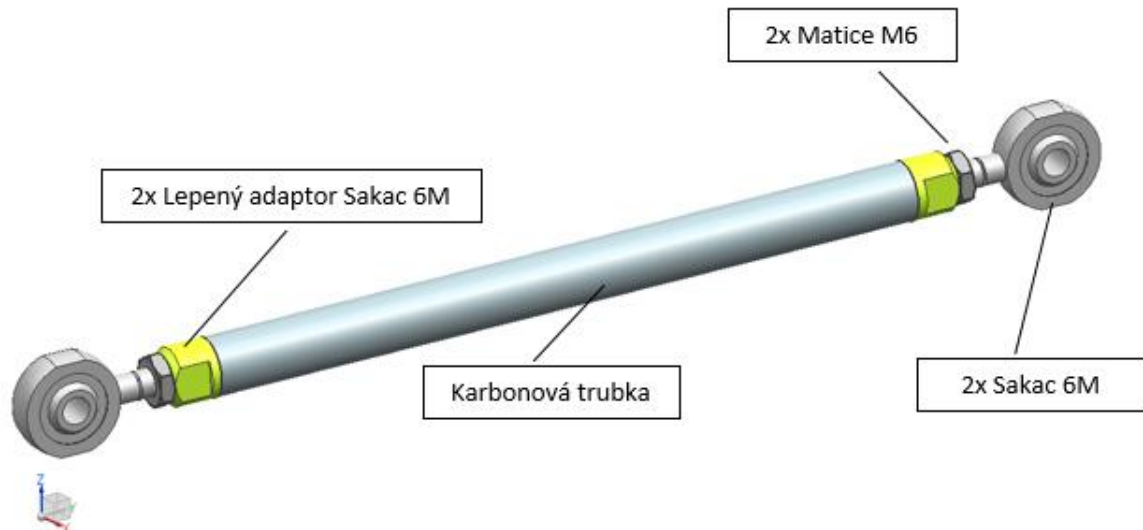
$$\tau_{sv} = \frac{F \cdot k}{S_{sv}} = \frac{6260 \cdot 2}{147,44} = 85 \text{ MPa} \quad (4-10)$$

Kde:  $\tau_{sv}$  – smykové napětí,  $F$  – síla,  $S_{sv}$  – plocha svarového spoje,  $d_{tr}$  – průměr trubky,  $a$  – šířka sváru,  $z$  – výška

Výpočet byl prováděn pro dvě různá místa svárů. V místě, kde je svařený adaptor kloubové hlavice a dále v místě, kde je navařen domek sférického ložiska. Díky nepravidelnému tvaru bude výpočet zjednodušen a přizpůsoben na stejný typ sváru jako u adaptoru, ale s odlišnou délkou sváru. Napětí svarového spoje ve smyku pro adaptory vychází na 104 [MPa] a pro domek vychází na 85 [MPa]. U svarového spoje je dovolené napětí ve smyku vypočtené v kapitole 4.4.1 kde je dovolené napětí 414 [MPa]. Svárové spoje zde vyhovují.

## 4.6 Táhlo stabilizátoru vozu UWB05

Táhlo stabilizátoru je složeno z karbonové trubky, vlepených hliníkových insertů a kloubových hlavíc Sakac 6M od firmy SKF. Díky nové koncepci umístění stabilizátoru do horní části vozu se zkrátilo táhlo stabilizátoru o necelou polovinu.



Obrázek 4-36 – Sestava táhla stabilizátoru – přední nápravy vozu UWB05

### 4.6.1 Analytický výpočet lepeného spoje

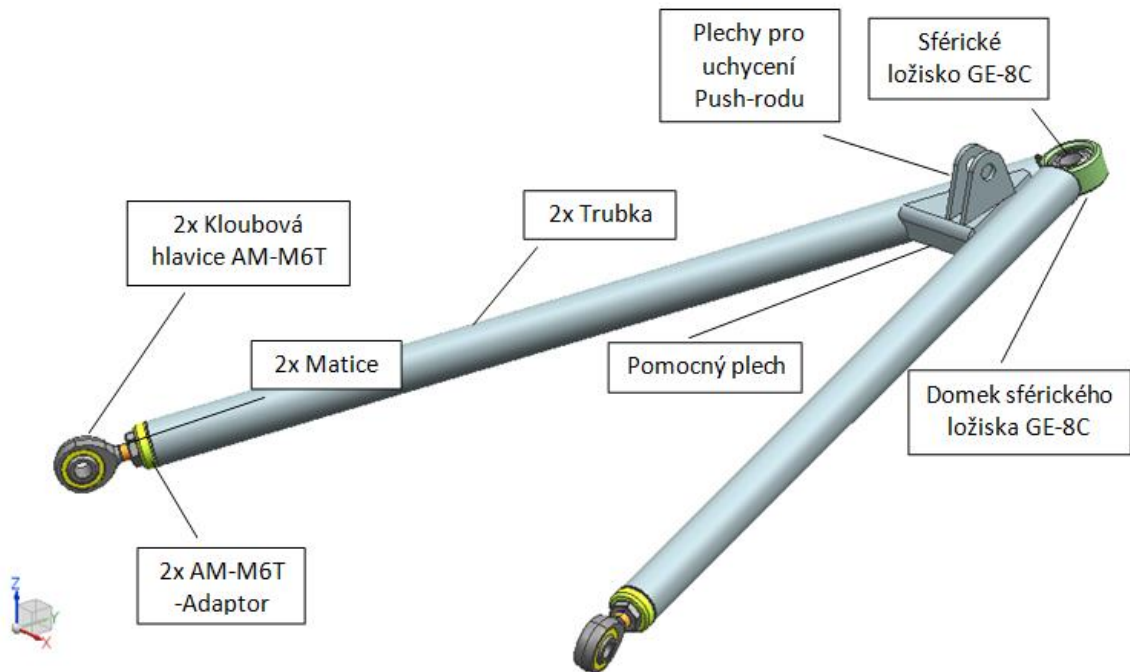
$$\tau_s = \frac{F \cdot k}{S_{pl}} = \frac{1500 \cdot 2}{660} = 4,54 \text{ MPa} \quad (4-11)$$

$$S_{pl} = \pi \cdot d_{tr} \cdot l_{tr} = \pi \cdot 14 \cdot 15 = 660 \text{ mm}^2 \quad (4-12)$$

Osovou sílu lepeného spoje jsme převzali z tenzometrického měření sil na vozu UWB04. Napětí lepeného spoje ve smyku vychází na 4,54 [MPa]. U použitého lepidla (viz Tabulka 4-6), při dodržení všech zásad pro nanášení daného lepeného spoje, je mez pevnosti ve smyku v rozmezí 17-26 [MPa]. Další informace o použitém lepidle jsou dostupné v PŘÍLOHA č. 6. Lepený spoj zde vyhovuje.

## 4.7 Horní A-rameno vozu UWB05

Horní rameno je téměř totožné se spodním ramenem jen s tím rozdílem, že je zde umístěn pomocný plech pro navaření plechů, které slouží pro uchycení push-rodu.



Obrázek 4-37 – Sestava horního A-ramena – přední nápravy vozu UWB05

### 4.7.1 Analytický výpočet svárového spoje

**Výpočet svárového spoje pro svaření adaptorů kloubových hlavice:**

$$\tau_{sv} = \frac{F \cdot k}{S_{sv}} = \frac{2900 \cdot 2}{120,77} = 48,1 \text{ MPa} \quad (4-13)$$

$$S_{sv} = \frac{\pi \cdot (d_{tr} + (2 \cdot a))^2 - d_{tr}^2}{4} = \frac{\pi \cdot (16 + (2 \cdot 2,12))^2 - 16^2}{4} = 120,77 \text{ mm}^2 \quad (4-14)$$

$$a = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot z = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 3 = 2,12 \quad (4-15)$$

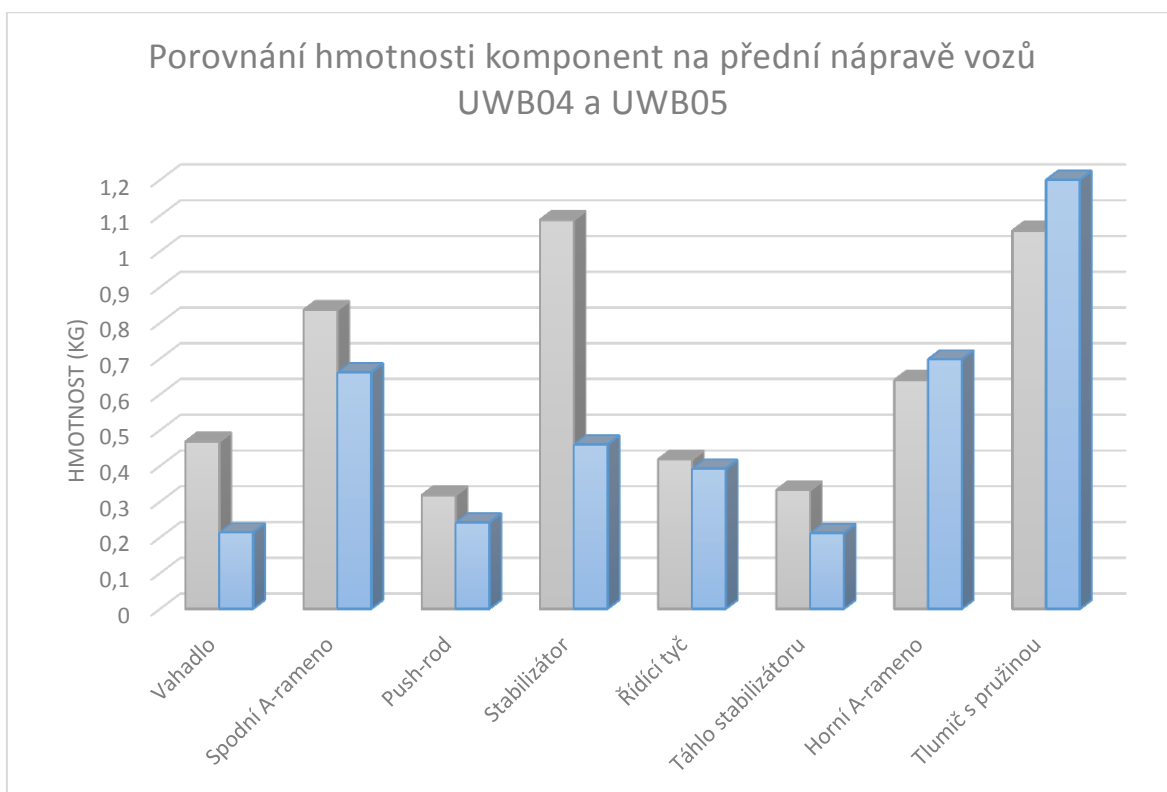
**Výpočet svárového spoje pro svaření domku sférického ložiska:**

$$\tau_{sv} = \frac{F \cdot k}{S_{sv}} = \frac{3800 \cdot 2}{147,44} = 51,55 \text{ MPa} \quad (4-16)$$

Výpočet byl prováděn pro dvě různá místa svárů. V místě, kde je svařený adaptor kloubové hlavice a dále v místě, kde je navařen domek sférického ložiska. Díky nepravidelnému tvaru bude výpočet zjednodušen a přizpůsoben na stejný typ sváru jako u adaptoru, ale s odlišnou délkou sváru. Napětí svárového spoje ve smyku pro adaptory vychází na 104 [MPa] a pro domek vychází na 85 [MPa]. U svárového spoje je dovolené napětí ve smyku vypočtené v Kapitole 4.4.1 kde je dovolené napětí 414 [MPa]. Svárové spoje zde vyhovují. Svarový spoj pro připojení push-rodu zde kontrolován nebyl.

#### 4.8 Hmotnostní porovnání komponent vozu UWB04 (2017) a vozu UWB05 (2018)

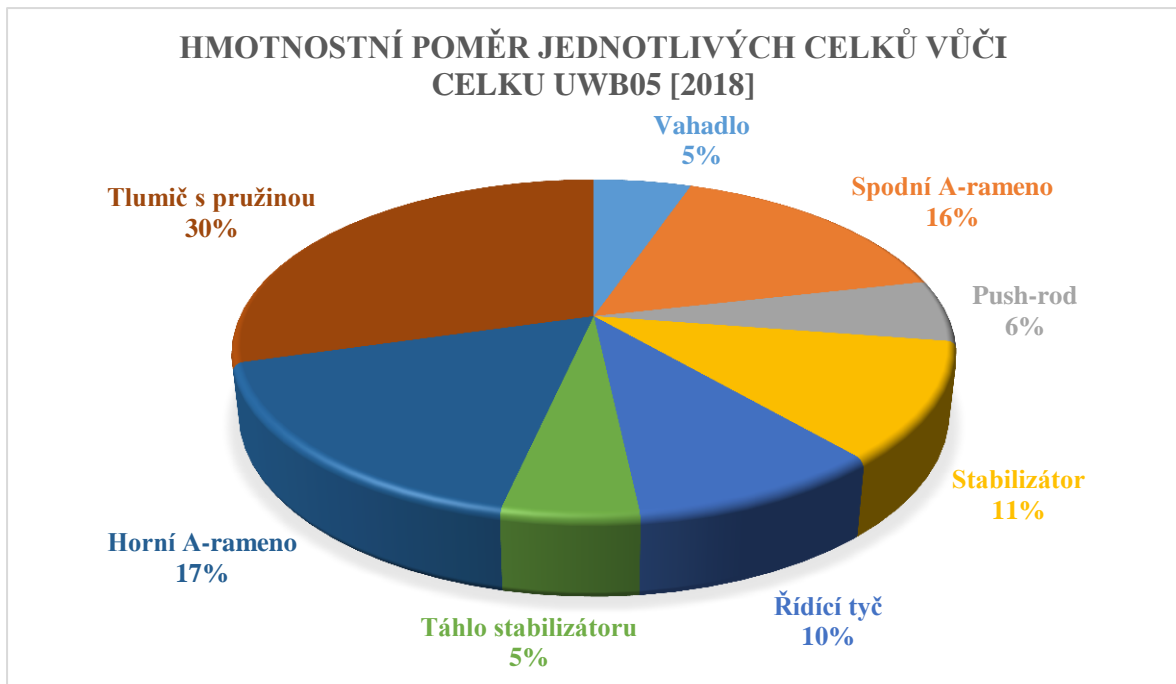
V návrhu přední nápravy byla hlavním účelem úspora hmotnosti. U návrhu přední nápravy na voze UWB04 oproti vozu UWB03 nebyla úspora hmotnosti znatelná, hmotnost se podařilo snížit pouze o necelých 200 [g]. V letošním návrhu byla úspora hmotnosti znatelnější a podařilo se ušetřit přes 1000 [g], což je o 500% více než minulý rok. Detailnější porovnání hmotností je uvedeno v Tabulka 4-7. Dle tabulky byl dále vytvořen Graf 4-1.



Graf 4-1 – Rozdíly hmotností vozu UWB04 a nynějšího vozu UWB05

Tabulka 4-7 – Porovnání hmotností vozů UWB04 a UWB05

	UWB04 [2017]	UWB05 [2018]
Název podsestavy	Hmotnost [kg]	Hmotnost [kg]
Vahadlo	0,468	0,214
Spodní A-rameno	0,836	0,662
Push-rod	0,318	0,242
Stabilizátor	1,088	0,46
Řídící tyč	0,418	0,392
Táhlo stabilizátoru	0,332	0,212
Horní A-rameno	0,64	0,698
Tlumič s pružinou	1,058	1,2
<b>Celková hmotnost přední nápravy</b>	<b>5,158</b>	<b>4,08</b>

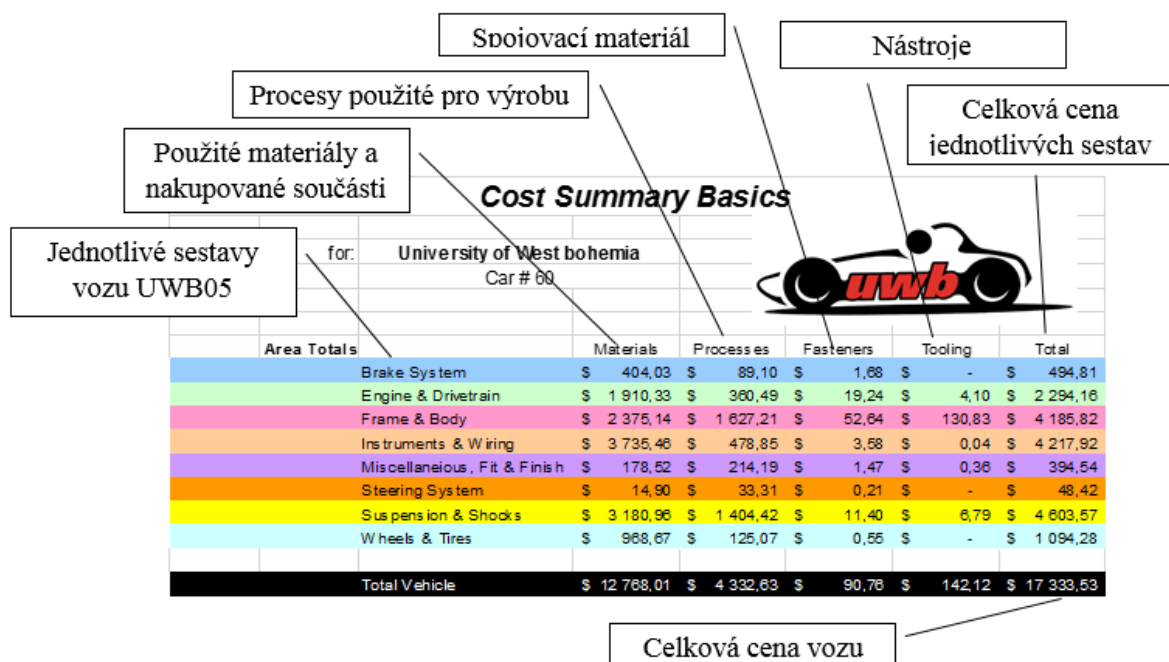


Obrázek 4-38 – Graf hmotnostního zastoupení jednotlivých podsestav vůči celku přední nápravy na voze UWB05 [2018]

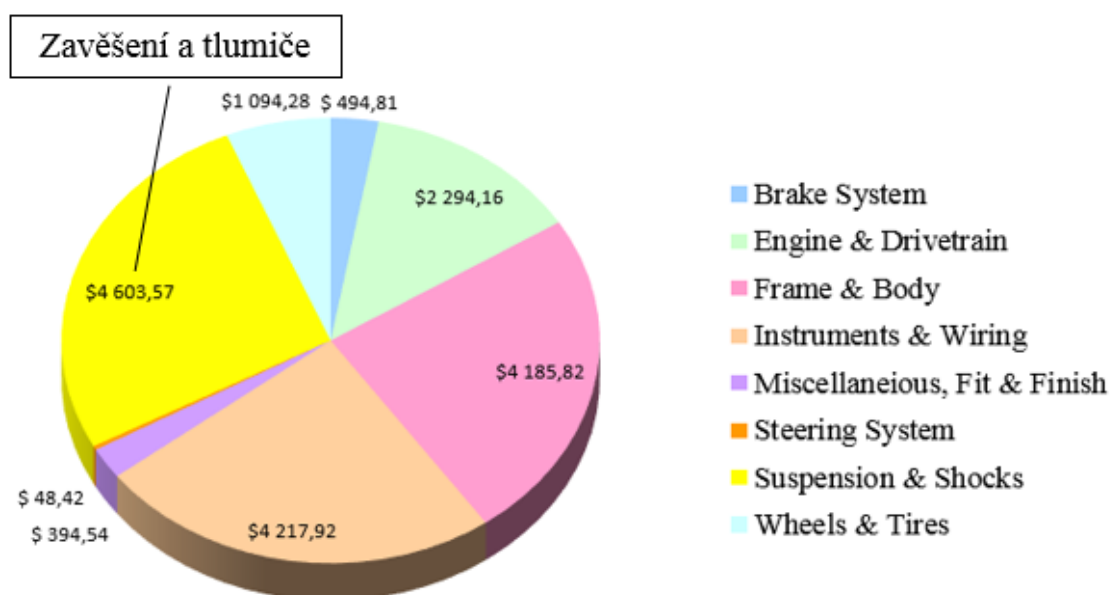
## 5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

### 5.1 Náklady na výrobu UWB05

Cílem zjišťování nákladů na výrobu je vyhodnotit výrobní procesy a nakupovaný sortiment spojený s konstrukcí a stavbou formulového monopostu. Zde by se mělo rozhodovat o velikosti nákladů na výrobu či jejich koupi. Mělo by být jasně dané, jaká součástka je výhodnější pro odlišné objemy výroby. Při hromadném objemu výroby je značně výhodné pořizovat automatizované stroje, které dokážou produkovat statisíce částí, ale z hlediska prototypové výroby, jako je stavění formulového monopostu, je zde tato varianta ekonomicky nevýhodná.



Obrázek 5-1 – Shrnutí jednotlivých podsestav na voze UWB05



Graf 5-1 – Náklady jednotlivých sestav u voze UWB05



Na Obrázek 5-1 lze vidět celkové nacenění vozu UWB05. Vůz je rozdělen do několika sestav a tyto sestavy jsou finančně zhodnoceny z hlediska materiálů, procesů výroby a montáže, použití spojovacích materiálů a různých nástrojů. Na voze je 8 hlavních sestav, které se dále dělí na podsestavy a jejich součásti. Hlavní sestavy jsou brzdový systém, motor a pohoná soustava, rám a tělo, elektronické zařízení, sestava řízení, kola a pneumatiky a především zavěšení a tlumiče. Z pohledu této diplomové práce zde bude popsáno, jak se provádí nacenění zvolené podsestavy od zvolení materiálu až po přimontování dané podsestavy k vozu.

Z důvodu velké obsáhlosti všech podsestav v rámci přední nápravy zde bude popsán postup pouze jedné podsestavy a vše co je s ní spojené. Pro popis byla zvolena podsestava předního horního A-ramena. V hlavičce podsestavy je vyplněn název univerzity a dále název celkové sestavy pod jakou se daná podsestava řadí. Pokračuje název samotné podsestavy a její označení. Tato hlavička je vyplněna obdobně u všech podsestav jen s rozdílným názvem podsestavy a jejím označením.

ItemOrder	Part	PartCost	Quantity	Sub Total
1	Front A-arms upper tube front	\$ 1,38	2	\$ 2,71
2	Front A-arms upper tube rear	\$ 1,21	2	\$ 2,41
3	Adaptor tube	\$ 2,54	4	\$ 10,15
4	Sheet lower	\$ 1,21	2	\$ 2,41
5	Sheets front	\$ 1,96	4	\$ 7,84
6	AM-M6T insert	\$ 2,32	8	\$ 18,59
7	GE-8C housing	\$ 2,79	2	\$ 5,58
<b>Sub Total</b>				<b>\$ 49,70</b>

**University:** University of West bohemia  
**System:** Suspension & Shocks  
**Assembly:** Front A-arms upper  
**P/N Base:** A7006  
**Suffix:** AA  
**Details:**

Obrázek 5-2 – Tabulka podsestavy s použitými součástmi, jejich cenami a jejich množstvím

Obrázek 5-2 naznačuje způsob vyplnění tabulky pro dané součásti použité na podsestavě. Jednotlivé součásti dané podsestavy jsou vyráběné či nakupované. Na obrázku lze vidět přední a zadní trubku horního A-ramena, adaptor tube, spodní a přední plech a poté už jen AM-M6T insert a GE-8C housing. Tyto součásti jsou vyráběné a jejich cena je dána složitostí jejich výroby, která je vysvětlena v následujícím textu. Dále je zde vyplněn počet součástí, které se nachází na celé přední nápravě. Tzn., levá a pravá část přední nápravy. Celková cena je pouze za výrobu součástí zde uvedených a není v ní zahrnutý spojovací materiál ani procesy spojené s výrobou a montáží podsestavy.

ItemOrder	Material	Use	UnitCost	Size1	Unit1	Quantity	Sub Total
1	Rod End, Suspension	AM-M6T	\$ 6,80	6 mm		2	\$ 13,60
1	Bearing, Spherical		\$ 6,92	8 mm		1	\$ 6,92
2	Cable Tie Mount, Adhesive Backed		\$ 0,15	0 unit		1	\$ 0,15
<b>Sub Total</b>							<b>\$ 20,67</b>

Obrázek 5-3 – Tabulka materiálů a kupovaných součástí dané podsestavy

Do tabulky materiálů (viz Obrázek č. 70) byly zadány všechny kupované součásti, které zde nebyly vyráběny. V tomto případě je zde kloubová hlavice, sférické ložisko a lepidlo. Tyto součásti jsou dány pravidly Formula Student a každá z těchto součástí je finančně ohodnocena z hlediska své velikosti a použití. Na přední horní A-rameno byla použita kloubová hlavice o průměru 6 [mm] a sférické ložisko o průměru 8 [mm]. Celková cena je zde opět součet použitých materiálů na obou stranách přední nápravy.

Proces	Use	Unit Cost	Unit	Quantity	Multiplier	Mult. Val.	Sub Total
Hand - Start Only		\$ 0,12	unit	1			\$ 0,12
Tube end preparation for welding		\$ 0,75	end	4			\$ 3,00
Weld - Round Tubing	GE-8C housing weld to front and rear tube	\$ 0,38	cm	5,8			\$ 2,20
Weld	Sheets lower to front and rear tube	\$ 0,15	cm	10,1			\$ 1,52
Weld	Sheets rear and front weld to sheet lower	\$ 0,15	cm	8,7			\$ 1,31
Weld - Round Tubing	Adaptors tube weld to tubes	\$ 0,38	cm	32			\$ 12,16
Hand - Start Only		\$ 0,12	unit	1			\$ 0,12
Assemble, 1 kg, Interference	GE-8C spherical bearing to GE-8C housing	\$ 0,19	unit	1	NOT USE		\$ 0,19
Brush Apply		\$ 0,02	cm^2	2,55			\$ 0,05
Assemble, 1 kg, Interference	Retaining ring into GE-8C housing	\$ 0,19	unit	1	NOT USE		\$ 0,19
Assemble, 1 kg, Line-on-Line	Nuts to rod ends	\$ 0,13	unit	2	NOT USE		\$ 0,25
Hand - Start Only	Rod ends and nuts	\$ 0,12	unit	2			\$ 0,24
Assemble, 1 kg, Line-on-Line	Rod ends with nuts to adaptors tube	\$ 0,13	unit	2	NOT USE		\$ 0,25
Ratchet <= 6.35 mm	Tighten nuts to adaptors tube	\$ 0,50	unit	2	NOT USE		\$ 1,00
Anodize		\$ -	unit	1			\$ -
Hand - Start Only	Bolts, washers and nuts connect A-arm to frame holder	\$ 0,12	unit	2			\$ 0,24
Assemble, 1 kg, Line-on-Line	Upper A-arms connected to frame holders with bolts	\$ 0,13	unit	2	NOT USE		\$ 0,25
Ratchet <= 6.35 mm	Tighten bolts and nuts on frame holders	\$ 0,50	unit	2	NOT USE		\$ 1,00
Hand - Start Only	Pushrod connected to A-arm with bolts and nuts	\$ 0,12	unit	1			\$ 0,12
Assemble, 1 kg, Line-on-Line	Connect pushrod to A-arm with bolt and nut	\$ 0,13	unit	1	NOT USE		\$ 0,13
Ratchet <= 6.35 mm	Tighten bolt and nut on pushrod	\$ 0,50	unit	1	NOT USE		\$ 0,50
<b>Sub Total</b>							<b>\$ 24,83</b>

Obrázek 5-4 – Tabulka procesů zhotovených na dané podsestavě

Další vyhodnocení je z hlediska procesů, kterých je zapotřebí při kompletní výrobě a montáži samotné podsestavy. Znázornění tabulky procesů nalezneme v Obrázek 5-4. Do procesů se započítává nařezání polotovarů na požadovaný rozměr, příprava konců trubek pro svaření či pouhé dotažení šroubu nástrčným klíčem. V prvním sloupci je název daného procesu, který se vykonává. Ve druhém sloupci se nachází popis jednotlivých procesů. Tento sloupec slouží pro upřesnění procesu a přiřazení k částem, kterých se tento proces týká. Dalším sloupcem je cena jednotlivých úkonů. Dále je zde sloupec s jednotkami procesů. Buď je jednotka bezrozměrná (např. sestavit jednu sestavu), anebo má svou hodnotu [mm<sup>3</sup>], která je použita především pro zadání úběru materiálu při obrábění. Koeficient se využívá především u obrábění, kdy např. vynásobí hodnotu z hlediska materiálu. Např. hliník má hodnotu 1 a titan má hodnotu podstatně vyšší. Jako poslední se zde nachází celková cena procesů. Ta zahrnuje pouze procesy a nejsou zde ohodnoceny ceny polotovarů ani spojovací materiály.

Fastener	Use	UnitCost	Size1	Unit1	Size2	Unit2	Quantity	Sub Total
Bolt, Grade 32.9	For pushrod	\$ 0,04	5 mm		12 mm		1	\$ 0,04
Bolt, Grade 32.9	For AM-6T to frame holder	\$ 0,06	5 mm		25 mm		2	\$ 0,12
Nut, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,02	5 mm				3	\$ 0,07
Nut, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,03	6 mm				2	\$ 0,06
Washer, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,01	0 unit				6	\$ 0,06
Retaining Ring, Internal		\$ 0,07	17 mm				1	\$ 0,07
							<b>Sub Total</b>	<b>\$ 0,42</b>
Tooling	Use	UnitCost	Unit	Quantity	PVF	Fraction/Included	Sub Total	
Welds		\$ 300,00	per ft	6	3000	1	\$ 1,00	
							<b>Sub Total</b>	<b>\$ 1,00</b>

Obrázek 5-5 – Tabulka použitých spojovacích materiálů a nástrojů na dané sestavě

Poslední dvě tabulky se vztahují ke spojovacím materiálům a nástrojům. Ve spojovacích materiálech lze nalézt různé druhy šroubů, matic, podložek, nýtů či pojistných kroužků. Jejich cena je zde ohodnocena dle jejich pevnostních tříd, průměru a jejich délky. Dále se vynásobí počtem kusů vyskytujících se na dané podsestavě. Mezi nástroje jsou započteny převážně operace obsahující drahé nástroje pro potřebu svařování či laminaci. Celkové ceny těchto dvou tabulek mají několika násobně menší hodnotu, než je hodnota materiálů či procesů.

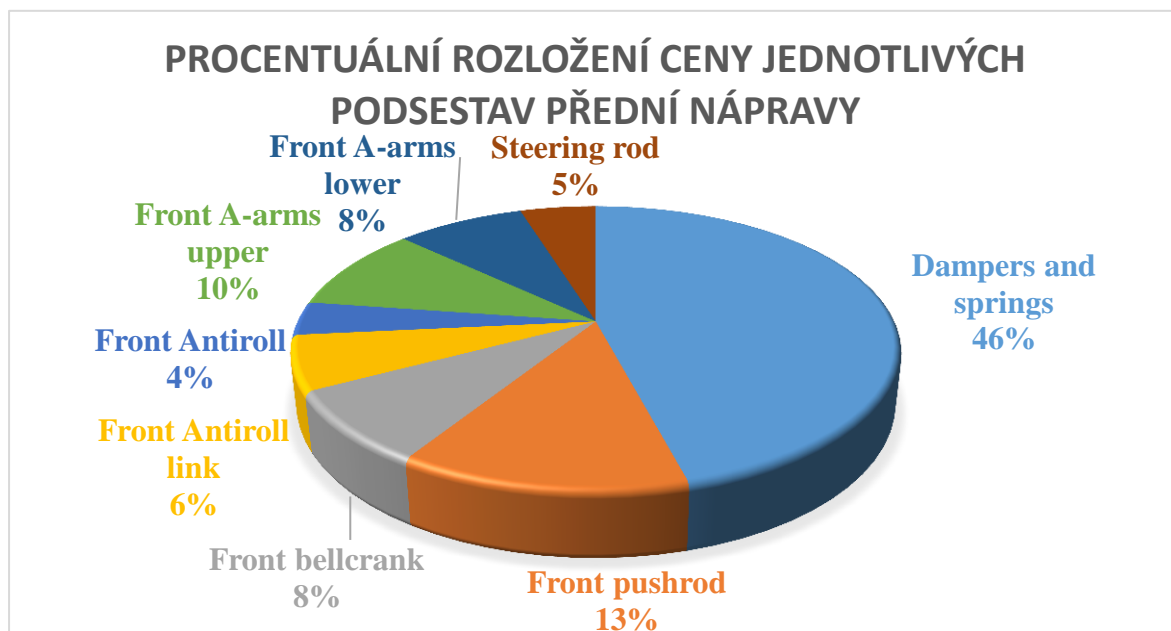
## 5.2 Zhodnocení výrobních nákladů

Všechny výrobní a spojovací materiály, procesy a nástroje byly vyhodnoceny pro celou přední nápravu vozu UWB05. Tyto hodnoty byly zaneseny do tabulky, a pro přehlednost zobrazeny v grafu, který vyznačuje, jaké je cenové rozložení jednotlivých podsestav vůči celku. Hodnoty jsou dále porovnány s loňským vozem UWB04.

Tabulka 5-1 – Celkové cenové zhodnocení přední nápravy vozu UWB05

		Ceny [€]							Celková cena
UWB05		Parts	Material	Processes	Fasteners	Tooling	Cena sestavy	Multi.	
A7001	Dampers and springs	28,15	420	10,2	0	0	458,35	2	<b>916,7</b>
A7002	Front pushrod	127,06	0,15	3,79	0,15	0	131,15	2	<b>262,3</b>
A7003	Front bellcrank	66,47	11,94	3,61	0,56	0	82,58	2	<b>165,16</b>
A7004	Front Antiroll link	44,33	13,9	3,21	0,6	0	62,04	2	<b>124,08</b>
A7005	Front Antiroll	32,17	0	5,4	0,59	0	38,16	2	<b>76,32</b>
A7006	Front A-arms upper	49,7	20,67	24,83	0,42	1	96,62	2	<b>193,24</b>
A7007	Front A-arms lower	39	20,67	21,26	0,34	0,67	81,94	2	<b>163,88</b>
A6001	Steering rod	30,27	6,23	11,7	0,21	0	48,41	2	<b>96,82</b>
									<b>1998,5</b>

Celková cena přední nápravy je necelých 2000 €. Obrovská část této částky je tvořena tlumiči, které cenově několika násobně převyšují ostatní podsestavy. Druhá nejvyšší výrobní cena je u podsestavy push-rod. Zde je vyšší cena dána použitím kompozitní trubky z uhlíkových vláken, která je však velmi znatelná při snížení hmotnosti podsestavy. Nejnižší cena je u stabilizátoru, který zde nemá žádné drahé materiály ani drahé operace na výrobu. Procentuální rozložení ceny je přehledně znázorněno na Graf 5-2.



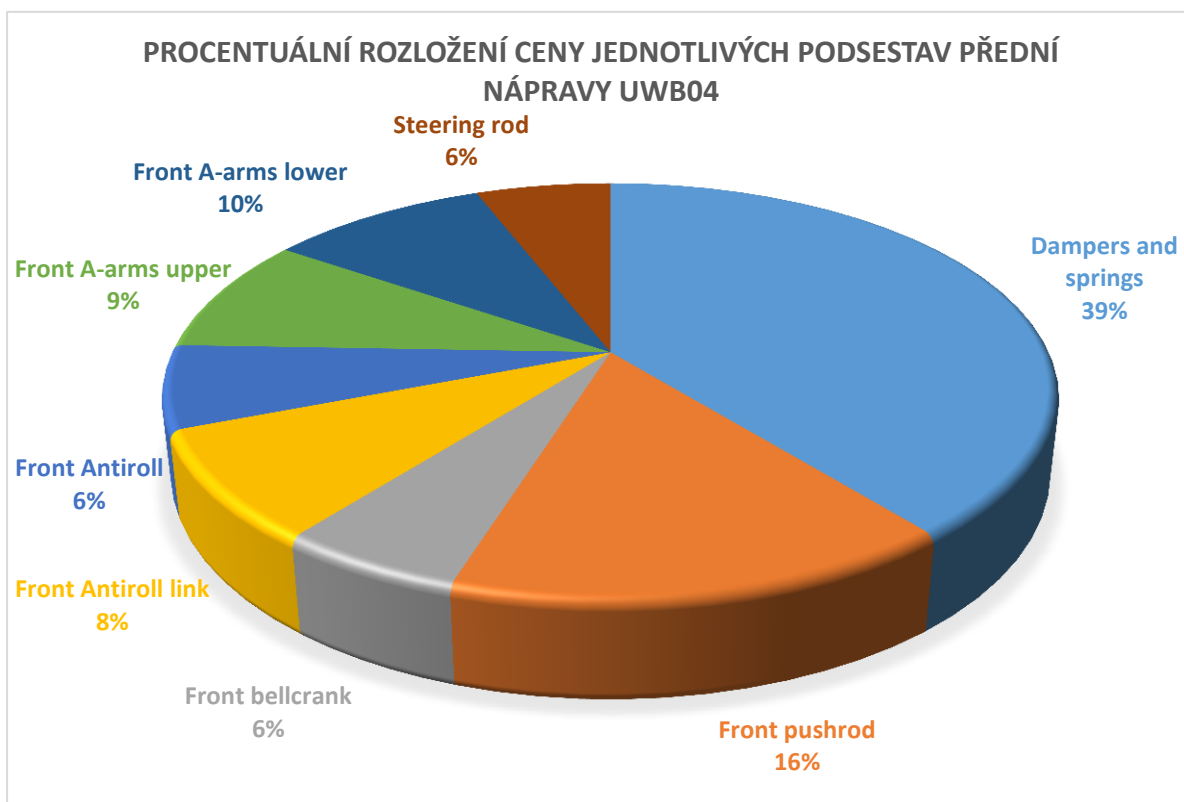
Graf 5-2 – Procentuální rozložení ceny jednotlivých podsestav přední nápravy vozu UWB05

V Tabulka 5-2 je cenově vyhodnocen vůz UWB04 z minulého roku. Je zde patrné, že celková cena vozu UWB04 je oproti vozu UWB05 téměř o 40 \$ dražší. Z hlediska ceny je na tom tedy vůz UWB05 o 2% lépe. A to i z hlediska maximální snahy o úsporu materiálu.

**Tabulka 5-2 – Celkové cenové zhodnocení přední nápravy vozu UWB04**

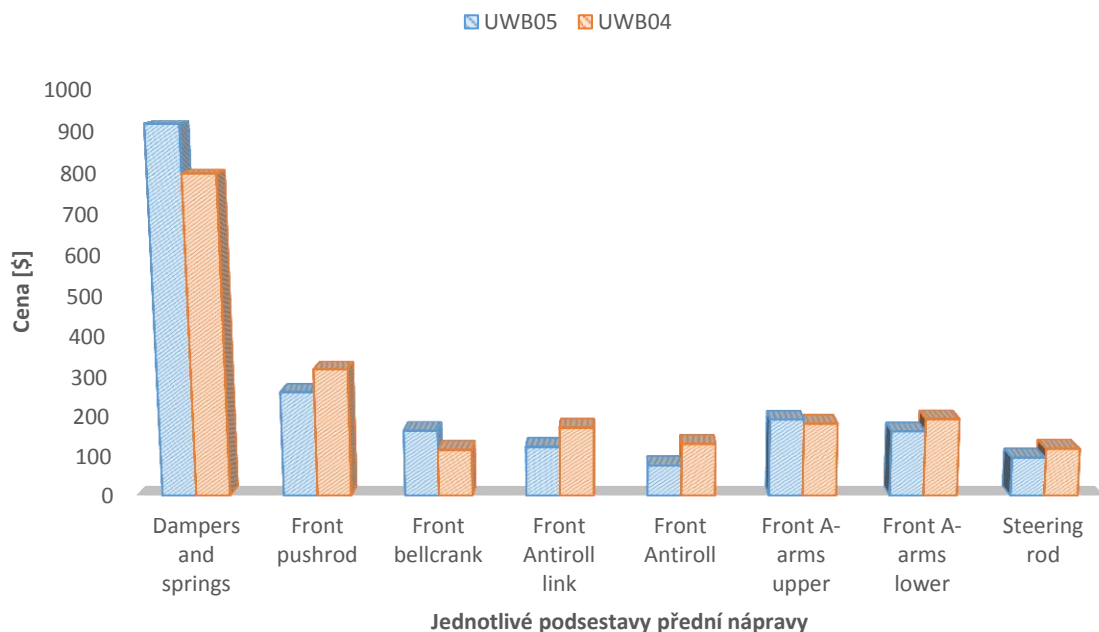
UWB04		Ceny [€]							Celková cena
		Parts	Material	Processes	Fasteners	Tooling	Cena sestavy	Multi.	
A7001	Dampers and springs	0	395	4	0,06	0	399,06	2	<b>798,12</b>
A7002	Front pushrod	152,68	0	6,64	0,52	0	159,84	2	<b>319,68</b>
A7003	Front bellcrank	46,68	0	11,47	0,39	0	58,54	2	<b>117,08</b>
A7004	Front Antiroll link	80,22	3,88	2,37	0,06	0	86,53	2	<b>173,06</b>
A7005	Front Antiroll	62,66	0	3,2	0,06	0	65,92	2	<b>131,84</b>
A7006	Front A-arms upper	72,27	0	18,63	0	0,67	91,57	2	<b>183,14</b>
A7007	Front A-arms lower	72,36	0	24,08	0	1	97,44	2	<b>194,88</b>
A6001	Steering rod	52,54	0	6,8	0,52	0	59,86	2	<b>119,72</b>
									<b>2037,52</b>

Na Graf 5-3 pod textem je opět vidět procentuální rozložení ceny vozu UWB04 z minulého roku. Převyšuje zde taktéž cena tlumičů a pružin nad ostatními podsestavami.



**Graf 5-3 – Procentuální rozložení ceny jednotlivých podsestav přední nápravy vozu UWB04**

## CENOVÉ SROVNÁNÍ PŘEDNÍ NÁPRAVY VOZŮ UWB04 A UWB05



**Graf 5-4 – Cenové srovnání přední nápravy vozu UWB04 a UWB05**

Graf 5-4 zobrazuje porovnání letošního vozu UWB05 a vozu z minulého roku UWB04. Na voze UWB05 je podsestava tlumiče a pružin o něco dražší. To je z toho důvodu, že jsou zde na tlumiči dvě pružiny oddělené podložkou. Přední push-rod je zde levnější díky zkrácení své délky. Tím došlo k ušetření drahé trubky z uhlíkových vláken. Vahadlo má oproti loňskému modelu vyšší cenu. To je dáno jeho složitější výrobou z hlediska obrábění. V loňském roce byla navíc výroba usnadněna tím, že bylo vahadlo rozděleno na tři součásti a poté svařeno dohromady.

Celkové náklady se tedy podařily snížit o necelých 40 \$ při splnění hlavního cíle práce, kterým bylo snížení hmotnosti přední nápravy při zachování dostatečné tuhosti.

## 6 ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na návrh přední nápravy formulového vozu UWB05. V první řadě byla provedena analýza předchozích řešení vozů UWB02-04 s detailním rozbohem hmotností jednotlivých částí. Tato analýza byla výchozím stavem pro návrh snížení hmotnosti předního zavěšení vozu UWB05.

Nejnižší hmotnost předního zavěšení byla u vozu UWB4, a to 5,2 [kg]. Pro pevnostní návrh zavěšení byly stanoveny zátěžné stavy zavěšení. Zátěžné stavy byly stanoveny podle dynamické simulace vozu v programu MSC Adams/Car. Pro dynamickou analýzu byly zajištěny vstupní parametry. Kinematika vozu UWB04 byla převzata od kolegy, který se zabývá vývojem kinematiky vozu. Výška těžiště byla stanovena experimentálním měřením.

Dynamická simulace byla vyhodnocena pro dva jízdní stavy, a to pro brzdění a brzdění v zatáčce, při kterých dochází k největšímu dynamickému zatížení přední nápravy. Výsledné hodnoty zátěžných stavů byly znázorněny v Tabulka 3-4. Maximální hodnota zatížení byla stanovena u spodního A-ramena v předním uchycovacím bodě, a to 6290 [N] při simulaci brzdění ze 100 [km/h] rychlosti až do zastavení.

Dále bylo provedeno zvýšení tuhosti pružin. Na voze UWB05 byla použita sada dvou sériově řazených pružin, které zároveň zajišťují splnění pravidel a požadavek na dostatečnou tuhost nápravy s ohledem na zlepšení jízdních parametrů vozidla.

Pro výpočet stabilizátoru, tyče řízení, předního push-rodu a vahadla byly převzaty maximální síly z tenzometrického měření sil na voze UWB04. Tyto síly byly měřeny při různých dynamických zátěžných stavech simulujících jednotlivé dynamické disciplíny v závodech Formula Student. Osová hodnota síly v push-rodu byla stanovena na hodnotu 3000 [N], osová hodnota síly pro tyč řízení byla naměřena 2500 [N] a osová hodnota v táhlu stabilizátoru byla stanovena na 1500 [N]. Pro výpočet svarového spoje A-ramen bylo použito maximální zatížení vyhodnoceného dynamickou analýzou MSC Adams/Car, toto zatížení mělo hodnotu 6 290 [N] při brzdění jak již bylo popsáno výše.

Pro přední nápravu bylo zvoleno koncepční uložení tlumičů v horní části vozu ovládané pomocí vahadla a push-rodu. Oboustranný nůž stabilizátoru je umístěn mezi tlumiči a je připojen pomocí táhla stabilizátoru přímo k vahadlu. Vahadlo bylo navrženo jako obráběná součást ze slitiny hliníku EN AW 7075-T6 s převodovým poměrem 1:1. Push-rod a táhlo stabilizátoru byly zkonstruovány pomocí uhlíkové trubky s vlepými inserty z hliníkové slitiny s kloubovými hlavicemi. Sestava stabilizátoru byla navržena z několika částí, a to z bříty stabilizátoru, levého a pravého držáku, základny a dvou kluzných pouzder. Pro břit stabilizátoru byla použita vysokopevnostní slitina oceli 51CrV4. Pro ostatní navržené komponenty stabilizátoru byla použita totožná slitina hliníku jako pro vahadlo. Pro dolní a horní rameno byly použity trubky ze slitiny oceli 25CrMo4. Součástí sestavy A-ramen byly inserty pro svařování a domek sférického ložiska.

Výpočet stabilizátoru byl proveden pomocí metody konečných prvků v softwaru Siemens/NX. Výpočet stabilizátoru byl vytvořen pro dvě mezní varianty na natočení bříty stabilizátoru. Pro korektnost výpočtu bylo definováno několik kontaktů mezi jednotlivými součástmi sestavy stabilizátoru. V obou variantách nebylo překročeno dovolené napětí, to je vidět v Tabulka 4-4 resp. Tabulka 4-5. Maximální redukované napětí dle metody HMH pro břit stabilizátoru bylo spočteno na hodnotu 1169 [MPa]. Nůž

byl navržen z ocelové slitiny 51CrV4, která má mez kluzu 1600 [MPa], viz Tabulka 4-1. Pro výpočet vahadla bylo použito několik kontaktů, které simulovaly připojení push-rodu a tlumiče s vymezovacími podložkami. Hodnota maximálního redukovaného napětí dle HMM činila 360 [MPa]. Jelikož je vahadlo zkonstruováno z hliníkové slitiny (viz Tabulka 4-2), redukované napětí vychází nižší než je hodnota dovoleného napětí. Push-rod a táhlo stabilizátoru bylo navrženo z uhlíkové trubky a lepených insertů, proto byl kontrolován lepený spoj, který byl vytvořen pomocí lepidla Loctite EA 9466, které dovoluje maximální napětí ve smyku 17 [MPa], viz Tabulka 4-6. Analytickým výpočtem lepeného spoje bylo stanoveno maximální napětí ve smyku 5,97 [MPa] pro push-rod a 4,54 [MPa] pro táhlo stabilizátoru. Řídící tyč byla zkonstruována pomocí svarového spojení trubky a adaptorů sférických ložisek. Z toho důvodu byl proveden výpočet smykového napětí svaru, který měl hodnotu 41,4 [MPa]. S ohledem na dovolené napětí svaru (viz Kapitola 4.4.1), je svarový spoj vyhovující. Pro výpočet horního a spodního A-ramena přední nápravy byl použit výstup z programu MSC Adams/Car. Výpočet smykového napětí svarového spoje měl hodnotu 104 [MPa]. Jelikož je pro trubku řídicí tyče použit totožný materiál, lze použít stejnou hodnotu dovoleného napětí jako v předešlém případě. Svarový spoj tedy vyhovuje.

Hmotnost předního zavěšení byla stanovena na hodnotu 4,1 [kg]. Což je vůči vozu UWB04 úspora hmotnosti o 21% (1,1 [kg]). Největší úspora hmotnosti přední nápravy byla na sestavě vahadla a stabilizátoru. Tyto součásti byly odlehčeny o více jak 50%.

Na závěr bylo provedeno nacenění přední nápravy dle výrobních tabulkových hodnot celé sestavy dle pravidel Formula Student. Výsledná cena sestavy byla navíc snížena o 2% (40 \$). Nová sestava UWB05 je sice lehčí a má méně součástí, ale je pracnější na výrobu, proto je rozdíl cen obou vozů minimální.

Tato diplomová práce splnila svůj cíl, snížení celkové hmotnosti přední nápravy vozu Formula Student. Potenciál dalšího odlehčování hmotnosti přední nápravy na budoucích vozích UWB by mělo směřovat k nahrazení svařovaných A-ramen z ocelových slitin za trubky z kompozitních materiálů. Tyto použité materiály nadále mohou snižovat hmotnost dané sestavy.



## 7 POUŽITÁ LITERATURA

### 7.1 Knižní publikace

[1] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN isbn80-239-0026-9.

### 7.2 Publikace na internetu

[2] Formula Student - ka-raceing.de. *Home - Engineered Excitement - ka-raceing.de* [online]. Dostupné z: <https://www.ka-raceing.de/en/about-us/formula-student.html>

[3] [online]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/Rennstall.Esslingen/photos/a.1199176880138505.1073741880.128578937198310/1199208286802031/?type=3&theater>

[4] *Formula Student Germany: fs-germany.org* [online]. Copyright ©4 [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: [https://www.formulastudent.de/fileadmin/user\\_upload/all/2018/rules/FS-Rules\\_2018\\_V1.0.pdf](https://www.formulastudent.de/fileadmin/user_upload/all/2018/rules/FS-Rules_2018_V1.0.pdf)

[5] SKOVAJSA, M. *Návrh a optimalizace podvozku formule SAE [diplomová práce]*. Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta strojní, 2011

[6] *Bolzano | Úvod* [online]. Copyright ©j [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: [https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP\\_%20Tycova\\_ocel/EN\\_10083/MOP\\_vlastnosti\\_42CrMo4.pdf](https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10083/MOP_vlastnosti_42CrMo4.pdf)

[7] *Prodej hliníku a hliníkových slitin | Alcom Alval* [online]. Copyright © [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <http://www.hlinik.cz/media/files/product/item/files-16/desky%207075.pdf>

[8] Kluzná pouzdra - PCMF 060808 E. [online]. Copyright © Autorská práva [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/plain-bearings/bushings-thrust-washers-strips/table-bushings/index.html?designation=PCMF%20060808%20E>

[9] *Document Moved* [online]. Copyright ©D [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <http://tds.henkel.com/tds5/Studio/ShowPDF/EA%209466-CS?pid=EA%209466&format=MTR&subformat=REAC&language=CS&plant=WERCS>

[10] [online]. Dostupné z: <https://cad.aurorabearing.com/item/commercial-industrial-units-metric-rod-ends/gh-strength-alloy-precision-ptfe-liners-available-/am-m6>

[11] Radial spherical plain bearings - GE 6 C. [online]. Copyright © Copyright [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <http://www.skf.com/my/products/bearings-units-housings/plain-bearings/general/radial-spherical-plain/index.html?designation=GE%206%20C>

[12] Radial spherical plain bearings - GE 8 C. [online]. Copyright © Copyright [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <http://www.skf.com/my/products/bearings-units->

[housings/plain-bearings/general/radial-spherical-plain/index.html?designation=GE%208%20C](https://www.skf.com/sg/products/bearings-units-housings/plain/plain/index.html?designation=GE%208%20C)

[13] Rod ends with a male thread - SAKAC 6 M. [online]. Copyright © Copyright [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <http://www.skf.com/sg/products/bearings-units-housings/plain-bearings/general/male-thread/index.html?designation=SAKAC%206%20M>

[14] Šroub s osazením a vnitřním šestihranem h8 ISO ≈7379 Ocel Pravý Bez PU 012.9 (M5)6X20 značky Fabory | Fabory Web Shop. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2017 Fabory [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <https://www.fabory.com/cs/spojovaci-material/produkty-s-vnitrim-sestihranem/sroub-s-osazenim-a-vnitrim-sestihranem-h8-iso-7379-ocel-pravy-bez-pu-012-9-m5-6x20/p/07117050020>

[15] Samojistné šestihrané matice s nekovovou vložkou ISO 10511 metrické ISO 10511 Ocel Pravý Pozinkované 04 M5 značky Fabory | Fabory Web Shop. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2017 Fabory [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <https://www.fabory.com/cs/spojovaci-material/matice-nytovaci-matice-a-zavitove-vlozky/samojistne-sestihranne-matice-s-nekovovou-vlozkou-iso-10511-metricke-iso-10511-ocel-pravy-pozinkovane-04-m5/p/12301050001>

[16] Západočeská univerzita v Plzni [online]. Copyright © [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <https://zcu.cz/export/sites/zcu/pracoviste/vyd/online/Obecne-strojni-casti-1.pdf>

## 8 SENAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2-1 – Schématické znázornění nezávislého lichoběžníkového zavěšení [1].....	12
Obrázek 2-2 – Přenos síly z kola na tlumič pomocí tlačné tyče [5] .....	13
Obrázek 2-3 – Přenos síly z kola na tlumič pomocí tažné tyče [3] .....	13
Obrázek 2-4 – Přenos síly z kola přímo na tlumič [3].....	14
Obrázek 2-5 – Přední zavěšení nápravy týmu Rennstall Esslingen se třemi tlumiči [3].....	14
Obrázek 2-6 – Přední náprava na voze UWB02 .....	15
Obrázek 2-7 – Přední náprava na voze UWB03 .....	17
Obrázek 2-8 – Přední náprava na voze UWB04 .....	19
Obrázek 3-1 – Formule UWB04 při měření výšky těžiště .....	27
Obrázek 3-2 – Ukázka z měření těžiště na voze UWB04 .....	28
Obrázek 3-3 – Model vozu UWB04 se souřadným systémem v softwaru Adams/Car .....	31
Obrázek 3-4 – Zobrazení "bushingů", které jsou vyhodnocovány pro různé jízdní zatížení na přední nápravě .....	32
Obrázek 3-5 – Render modelu tlumiče s tlačnými pružinami .....	38
Obrázek 4-1 – Zobrazující jednotlivé podestavy předního zavěšení .....	40
Obrázek 4-2 – Sestava stabilizátoru a tlumičů uchycených k držáku, který je přivařen k rámu formule .....	41
Obrázek 4-3 – Přední stabilizátor – tvrdé nastavení stabilizátoru .....	42
Obrázek 4-4 – Přední stabilizátor – měkké nastavení stabilizátoru.....	42
Obrázek 4-5 – Stabilizátor – barevně odlišený dle použitých materiálů.....	43
Obrázek 4-6 – Břit stabilizátoru rozdělen na více částí.....	44
Obrázek 4-7 – Nasíťovaný model stabilizátoru s barevným odlišením sítě pro různé druhy materiálů.....	45
Obrázek 4-8 – Použití funkce Mesh control pro zjemnění sítě v určitých oblastech .....	45
Obrázek 4-9 – Propojení 1D růžice s 3D sítí kroužku kloubové hlavice .....	45
Obrázek 4-10 – Kontakty mezi jednotlivými díly stabilizátoru, podrobnější popis kontaktů viz Tabulka 4-3.....	46
Obrázek 4-11 – Uživatelsky definovaný constrain dle kartézských souřadnic .....	47
Obrázek 4-12 – Constrain pinned na vrchním pouzdře .....	47
Obrázek 4-13 – Uživatelsky definovaný constrain použitý na otvory základny .....	48
Obrázek 4-14 – Funkce Bolt Connection pro simulování vazby předepnutým spojením šroubem .....	48
Obrázek 4-15 – Obrázek stabilizátoru s vyznačeným místem pro simulaci předepnutého spoje .....	49
Obrázek 4-16 – Síla od táhla stabilizátoru.....	49
Obrázek 4-17 – Výsledky celkového posunutí [mm] pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení .....	50
Obrázek 4-18 – Výsledky redukováného napětí břitu dle metody HMM (Von-Mises) [MPa] pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení .....	50
Obrázek 4-19 – Výsledky redukováného napětí držáku břitu dle metody HMM (Von-Mises) [MPa] pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení.....	51
Obrázek 4-20 Výsledky sil působících [N] v kontaktech pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení .....	52
Obrázek 4-21 – Výsledky tlaků [MPa] působící v kontaktech pro variantu 1 – stabilizátor v měkkém nastavení .....	52
Obrázek 4-22 – Výsledky deformace [mm] pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení	53

Obrázek 4-23 – Výsledky redukovaného napětí dle metody HMM (Von-Mises) [MPa] pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení.....	53
Obrázek 4-24 – Výsledky redukovaného napětí držáku břitu dle metody HMM (Von-Mises) [MPa] pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení .....	54
Obrázek 4-25 – Výsledky sil [N] působících v kontaktech pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení.....	54
Obrázek 4-26 – Výsledky tlaků [MPa] působící v kontaktech pro variantu 2 – stabilizátor v tvrdém nastavení.....	55
Obrázek 4-27 – Symetrický řez sestavou vahadla se sférickými ložisky, distančními podložkami a šrouby.....	56
Obrázek 4-28 – Výsledky deformace [mm] předního vahadla vozu UWB05 .....	57
Obrázek 4-29 – Výsledky redukovaného napětí [MPa] předního vahadla vozu UWB05.....	58
Obrázek 4-30 – Výsledky sil [N] působících v kontaktech předního vahadla vozu UWB05 ..	58
Obrázek 4-31 – Výsledky tlaku [MPa] působícího v kontaktech předního vahadla vozu UWB05 .....	59
Obrázek 4-32 – Sestava Push-rodu – přední nápravy vozu UWB05 .....	60
Obrázek 4-33 – Adaptor GE-6C, na kterém je naznačený jemný závit .....	61
Obrázek 4-34 – Sestava řídicí tyče – přední nápravy vozu UWB05.....	62
Obrázek 4-35 – Sestava spodního A-ramena – přední nápravy vozu UWB05 .....	63
Obrázek 4-36 – Sestava táhla stabilizátoru – přední nápravy vozu UWB05 .....	64
Obrázek 4-37 – Sestava horního A-ramena – přední nápravy vozu UWB05 .....	65
Obrázek 4-38 – Graf hmotnostního zastoupení jednotlivých podsestav vůči celku přední nápravy na voze UWB05 [2018] .....	67
Obrázek 5-1 – Shrnutí jednotlivých podsestav na voze UWB05 .....	68
Obrázek 5-2 – Tabulka podsestavy s použitými součástmi, jejich cenami a jejich množstvím .....	69
Obrázek 5-3 – Tabulka materiálů a kupovaných součástí dané podsestavy.....	70
Obrázek 5-4 – Tabulka procesů zhotovených na dané podsestavě .....	70
Obrázek 5-5 – Tabulka použitých spojovacích materiálů a nástrojů na dané sestavě.....	71

## 9 SEZNAM GRAFŮ

Graf 2-1 – Rozdělení bodů jednotlivých disciplín v soutěži Formula Student [2].....	11
Graf 2-2 – Hmotnostní zastoupení jednotlivých podsestav vůči celku přední nápravy na voze UWB02 [2012] .....	16
Graf 2-3 – Hmotnostní zastoupení jednotlivých podsestav vůči celku přední nápravy na voze UWB03 [2016] .....	18
Graf 2-4 – Hmotnostní zastoupení jednotlivých podsestav vůči celku přední nápravy na voze UWB04 [2017] .....	20
Graf 2-5 – Hmotnosti jednotlivých podsestav na vozech UWB02-04 .....	21
Graf 2-6 – Hmotnosti předních náprav na jednotlivých generacích vozů UWB02-04 .....	22
Graf 3-1 – Porovnání změn odklonu kol závislého na klopení karosérie u vozů UWB04 a UWB05 .....	24
Graf 3-2 – Porovnání změn odklonu kol závislého na zdvihu kola vozů UWB04 a UWB05 .....	24
Graf 3-3 – Porovnání změn sbíhavosti kol závislého na zdvihu kola vozů UWB04 a UWB05 .....	25
Graf 3-4 – Porovnání změn sbíhavosti kol závislého na klopení karosérie vozů UWB04 a UWB05 .....	25
Graf 3-5 – Porovnání rozchodu kol závislého na klopení karosérie vozů UWB04 a UWB05 .....	26
Graf 3-6 – Porovnání rozchodu kol závislého na zdvihu kola vozů UWB04 a UWB05 .....	26
Graf 3-7 – Závislosti síly na čase bodu 3 (bkl_lca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.1 .....	33
Graf 3-8 – Závislosti síly na čase bodu 4 (bkl_lca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.1 .....	34
Graf 3-9 – Závislosti síly na čase bodu 1 (bkl_uca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.1 .....	34
Graf 3-10 – Závislosti síly na čase bodu 2 (bkl_uca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.1 .....	35
Graf 3-11 – Závislosti síly na čase bodu 3 (bkl_lca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.2 .....	35
Graf 3-12 – Závislosti síly na čase bodu 4 (bkl_lca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.2 .....	36
Graf 3-13 – Závislosti síly na čase bodu 1 (bkl_uca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.2 .....	37
Graf 3-14 – Závislosti síly na čase bodu 2 (bkl_uca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 1.2 .....	37
Graf 3-15 – Zatížení v závislosti na deformaci pro různé kombinace pružin č. 1.....	39
Graf 3-16 – Zatížení v závislosti na deformaci pro různé kombinace pružin č. 2.....	39
Graf 4-1 – Rozdíly hmotností vozu UWB04 a nynějšího vozu UWB05 .....	66
Graf 5-1 – Náklady jednotlivých sestav u vozu UWB05 .....	68
Graf 5-2 – Procentuální rozložení ceny jednotlivých podsestav přední nápravy vozu UWB05 .....	72
Graf 5-3 – Procentuální rozložení ceny jednotlivých podsestav přední nápravy vozu UWB04 .....	73
Graf 5-4 – Cenové srovnání přední nápravy vozu UWB04 a UWB05 .....	74
Graf 10-1 - Síly závislé na čase bodu 1 (bkl_uca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.1 .....	87
Graf 10-2 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_uca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.1 .....	87

Graf 10-3 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_lca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.1	88
Graf 10-4 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_lca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.1	88
Graf 10-5 - Síly závislé na čase bodu 1 (bkl_uca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.2	89
Graf 10-6 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_uca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.2	89
Graf 10-7 --Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_lca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.2	90
Graf 10-8 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_lca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.2	90
Graf 10-9 - Síly závislé na čase bodu 1 (bkl_uca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.1	91
Graf 10-10 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_uca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.1	91
Graf 10-11 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_lca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.1	92
Graf 10-12 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_lca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.1	92
Graf 10-13 - Síly závislé na čase bodu 1 (bkl_uca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.2	93
Graf 10-14 -- Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_uca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.2	93
Graf 10-15 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_lca_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.2	94
Graf 10-16 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl_lca_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.2	94

## 10 PŘÍLOHY

PŘÍLOHA č. 1	83
PŘÍLOHA č. 2	86
PŘÍLOHA č. 3	95
PŘÍLOHA č. 4	97
PŘÍLOHA č. 5	99
PŘÍLOHA č. 6	101
PŘÍLOHA č. 7	104
PŘÍLOHA č. 8	107
PŘÍLOHA č. 9	111

## PŘÍLOHA č. 1

### **Výpočet výšky těžiště s řidičem**



Výpočet ideální polohy příčného těžiště s řidičem:

$$T_{př} = \frac{\left(\frac{m_d * \bar{s}}{2} + (m_v + m_{ř}) * \left(\frac{z + r_p}{2}\right)\right)}{m_v + m_d + m_{ř}}$$

$$T_{př} = \frac{\left(\frac{68 * 1372,5}{2} + (233 + 77) * \left(\frac{35 + 1220}{2}\right)\right)}{233 + 68 + 77} = \mathbf{652,42 \text{ mm}}$$

Výpočet výšky těžiště s řidičem:

Hodnoty do vzorce jsou převzaty z Tabulky č. 8.

Výpočet naklonění – vlevo:

$$\alpha_{v1} = \frac{(1267 + 1261)}{1372,5} = 1,17 \text{ rad}$$

Tan (úhel) vlevo s řidičem:

$$\tan_{v1} = \text{tg}(\alpha_{v1}) = 2,36$$

Výpočet naklonění – vpravo:

$$\alpha_{p1} = \frac{(1261 + 1254)}{1372,5} = 1,15 \text{ rad}$$

Tan (úhel) vpravo s řidičem:

$$\tan_{p1} = \text{tg}(\alpha_{p1}) = 2,28$$

Poměr naklonění = vlevo = vpravo:

$$P_{n1} = \frac{\tan_{v1}}{\tan_{p1}} = \frac{2,36}{2,28} = 1,03$$

Boční přírůstek:

$$B_{p1} = \frac{(P_{n1} * T_{př}) - T_{př}}{1 + P_{n1}} = \frac{(1,03 * 652,42) - 652,42}{1 + 1,03} = 10,76$$

Výška těžiště celku (vůz + deska) – vlevo:

$$T1_{cl} = \frac{T_{př} + B_{p1}}{\tan_{l1}} = \frac{652,42 + 10,76}{2,36} = 280,62$$

Výška těžiště celku (vůz + deska) – vpravo:

$$T1_{cp} = \frac{T_{př} + B_{p1}}{\tan_{p1}} = \frac{652,42 + 10,76}{2,28} = 280,62$$

Výška těžiště vozu s řidičem – vlevo:

$$\begin{aligned} T1_{vř-l} &= \frac{\left(T1_{cp} * (m_d + m_{ř} + m_v) - m_d * \frac{v}{2}\right)}{(m_v + m_{ř})} - v = \\ &= \frac{\left(280,62 * (68 + 77 + 233) - 68 * \frac{38}{2}\right)}{(233 + 77)} - 38 = 300,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

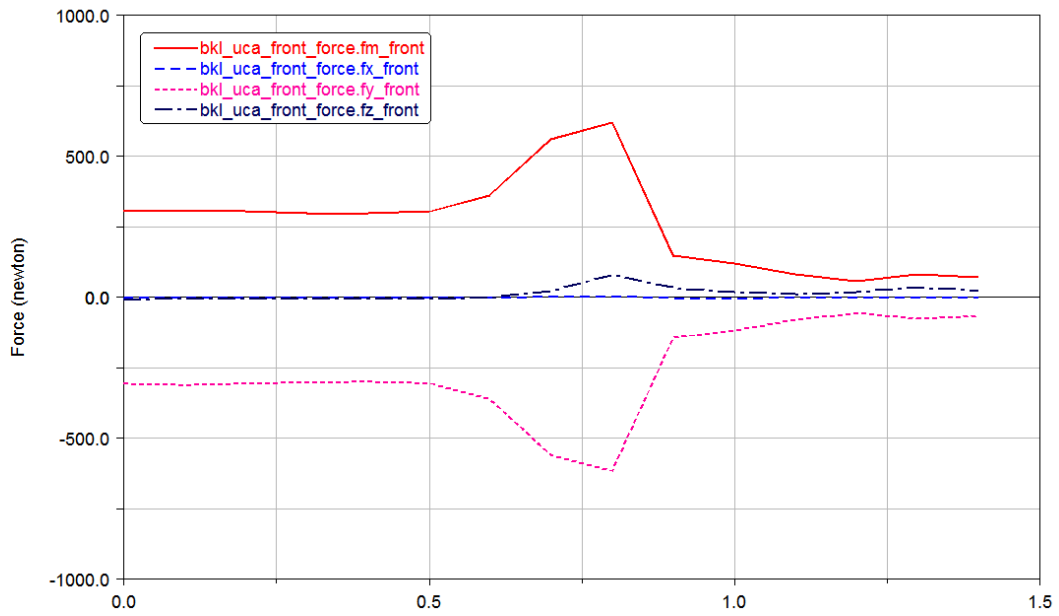
Výška těžiště vozu s řidičem – vpravo:

$$\begin{aligned} T1_{vř-p} &= \frac{\left(T1_{cp} * (m_d + m_{ř} + m_v) - m_d * \frac{v}{2}\right)}{(m_v + m_{ř})} - v = \\ &= \frac{\left(280,62 * (68 + 77 + 233) - 68 * \frac{38}{2}\right)}{(233 + 77)} - 38 = 300,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

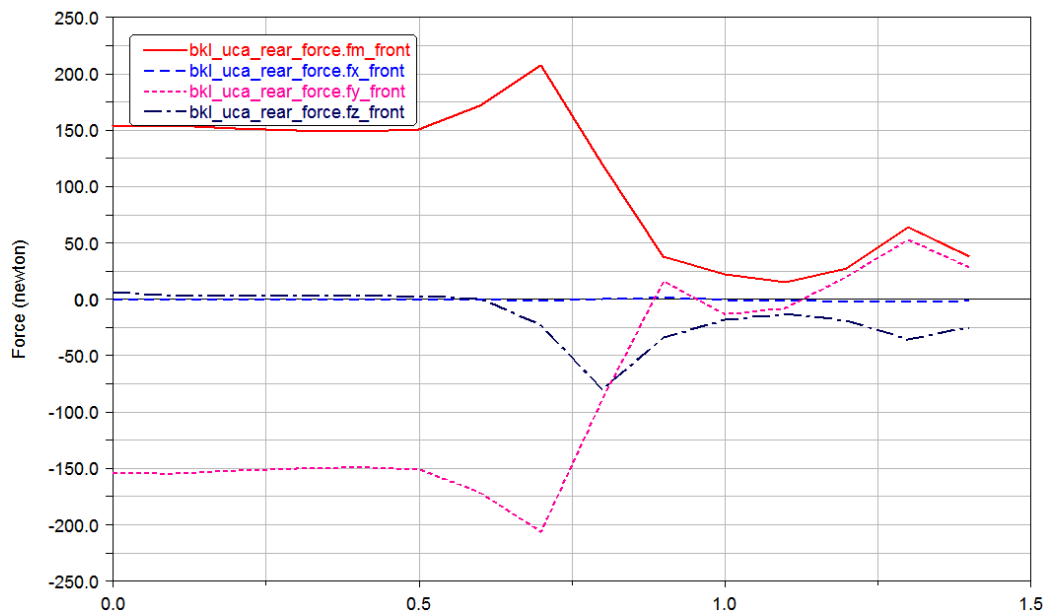
## PŘÍLOHA č. 2

### **Grafy vyhodnocení zátěžných stavů 2.1; 2,2;3,1 a 3,2**

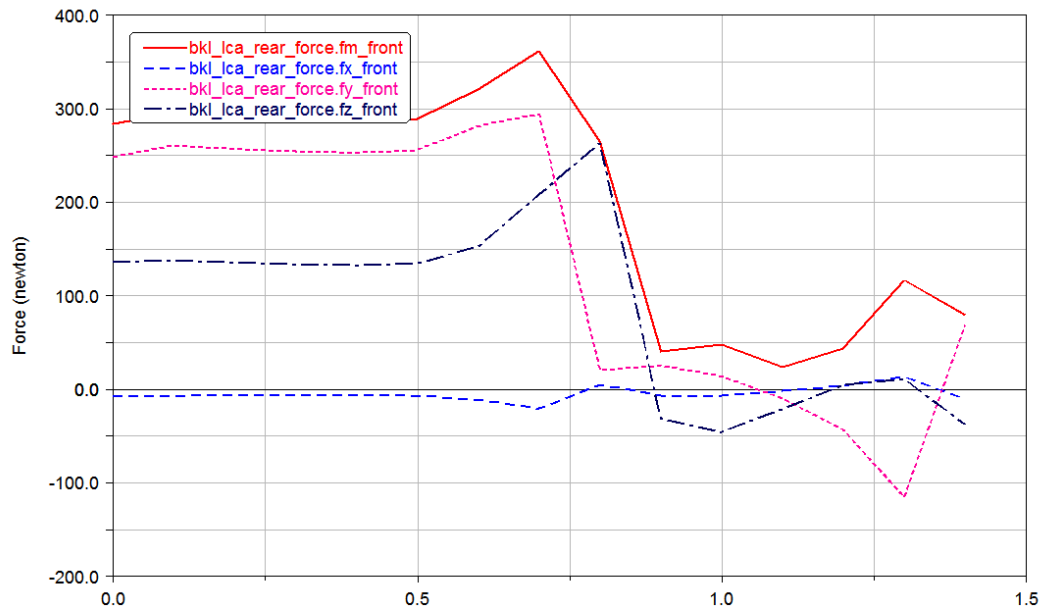
### Zatížení 2.1



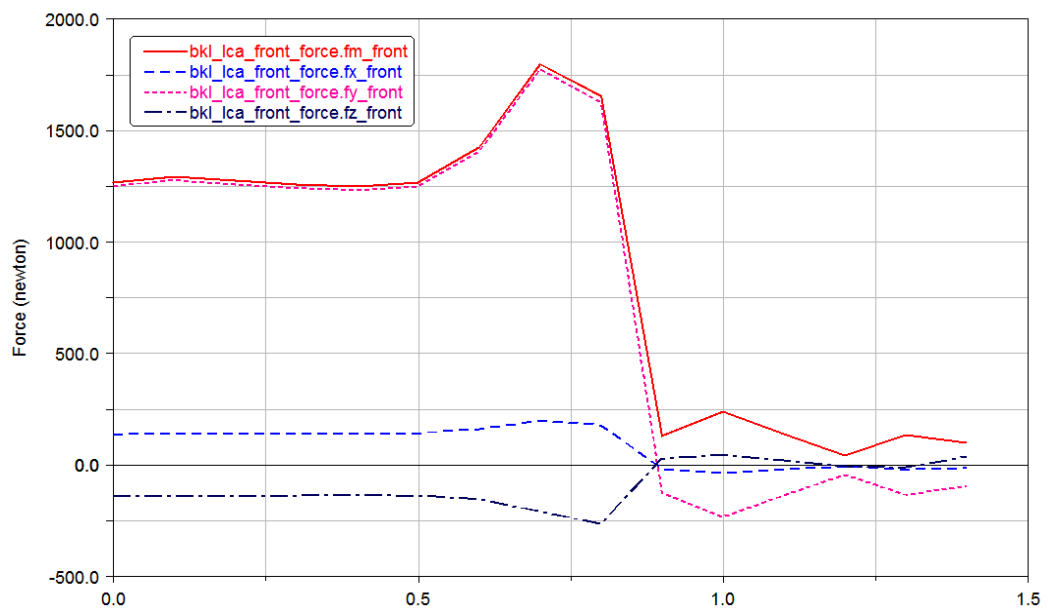
Graf 10-1 - Síly závislé na čase bodu 1 (bkl\_uca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.1



Graf 10-2 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_uca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.1

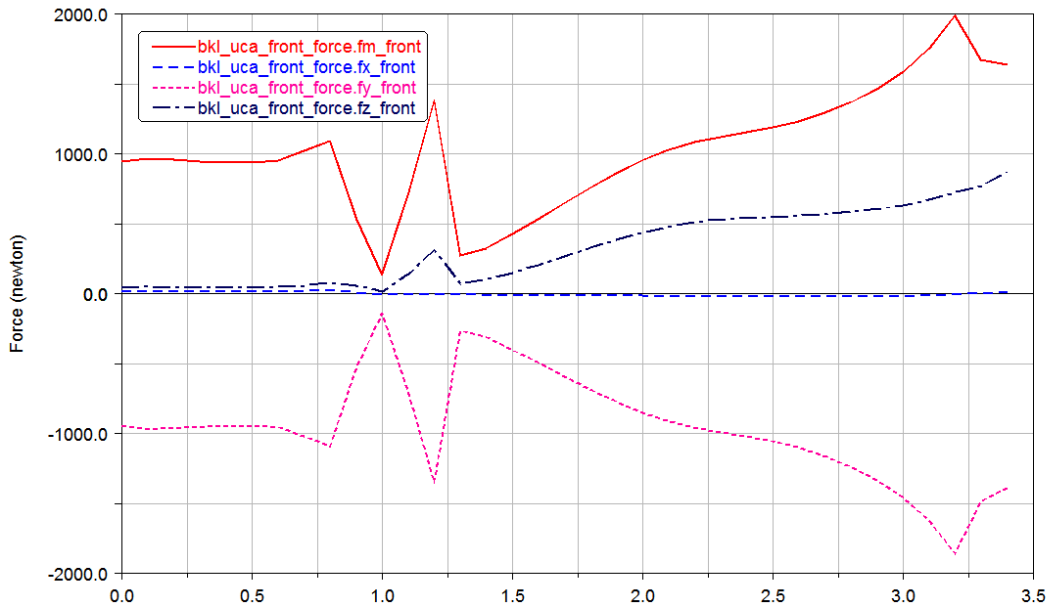


Graf 10-3 -Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_lca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.1

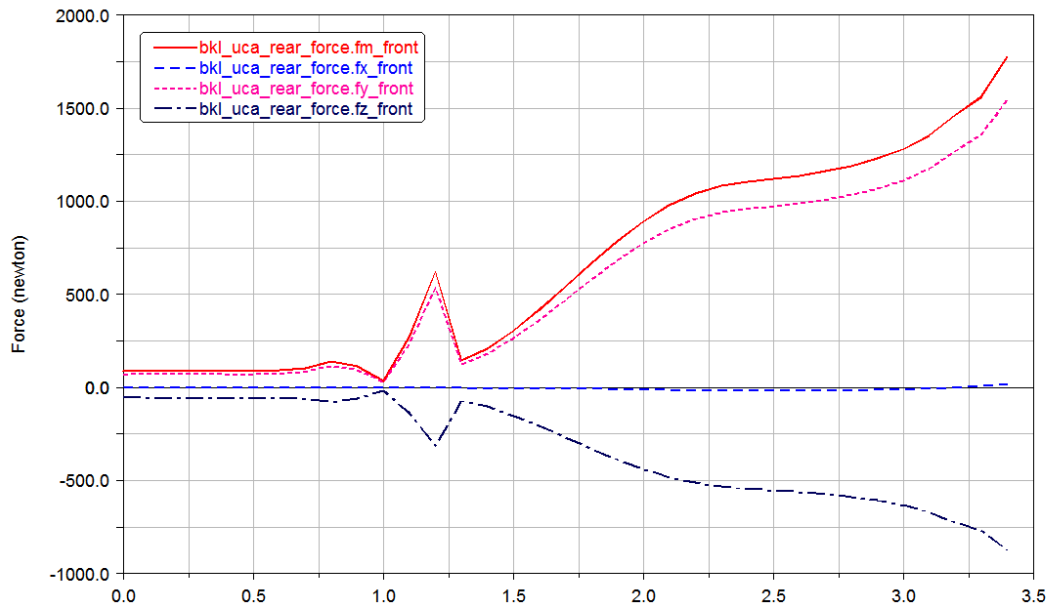


Graf 10-4 -Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_lca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.1

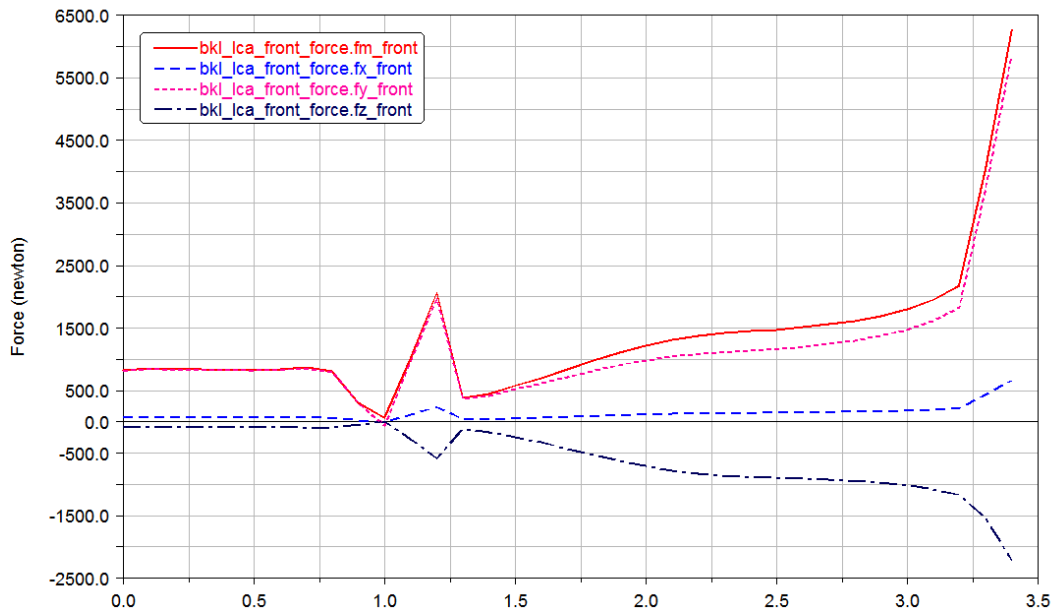
## Zatížení 2.2



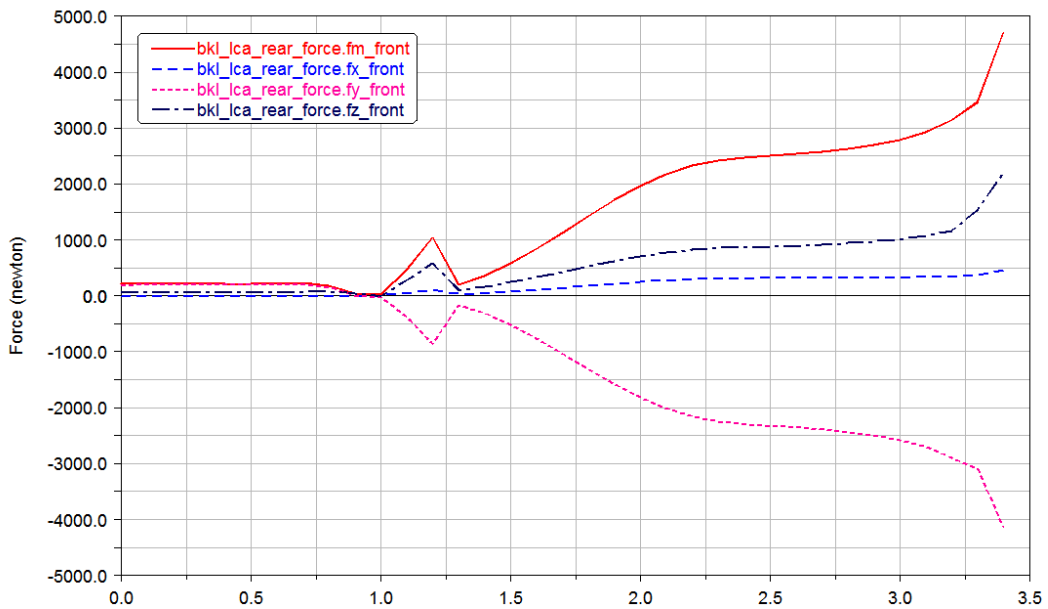
Graf 10-5 - Síly závislé na čase bodu 1 (bkl\_uca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.2



Graf 10-6 - Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_uca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.2



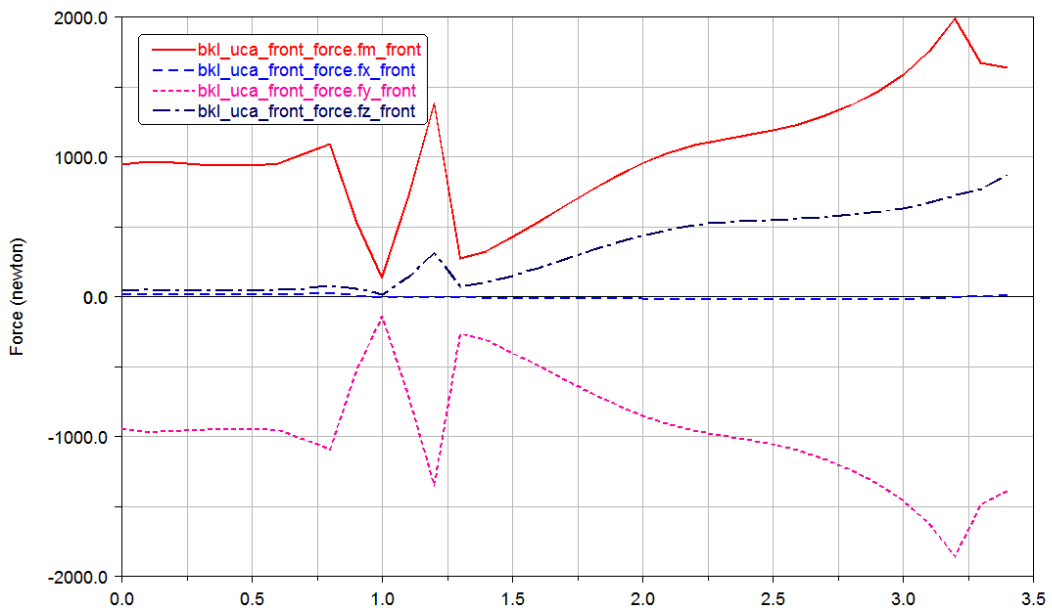
Graf 10-7 --Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_lca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.2



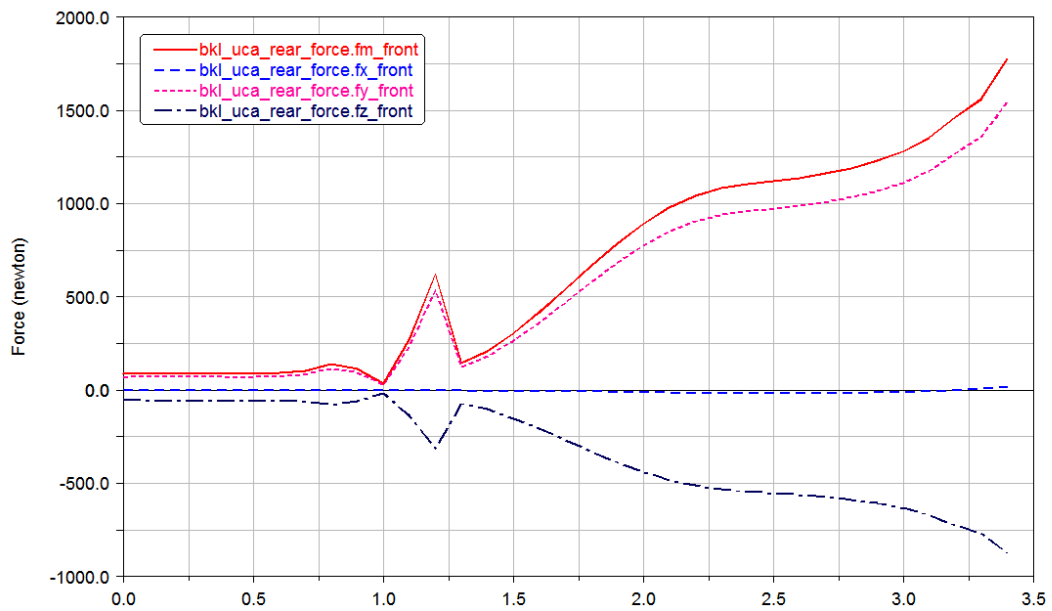
Graf 10-8 -Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_lca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 2.2



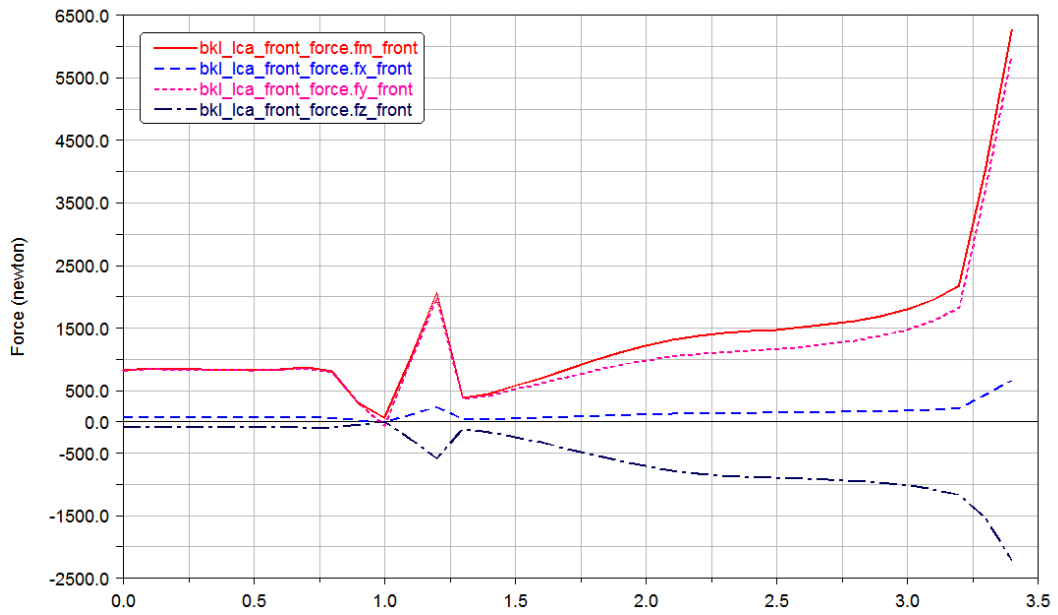
### Zatížení 3.1



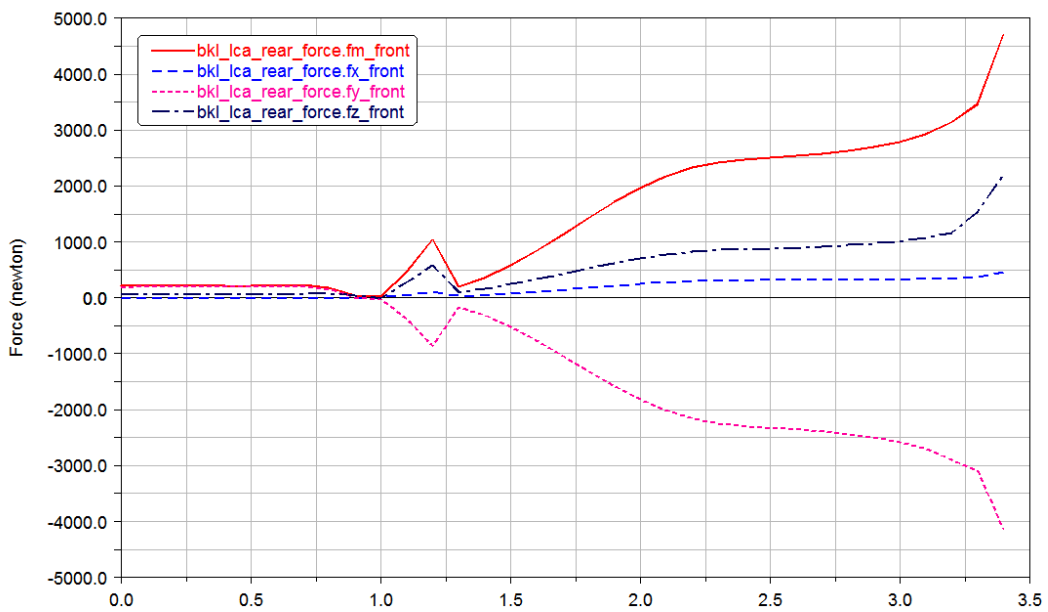
Graf 10-9 - Síly závislé na čase bodu 1 (`bkl_uca_front`) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.1



Graf 10-10 - Síly závislé na čase bodu 2 (`bkl_uca_rear`) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.1

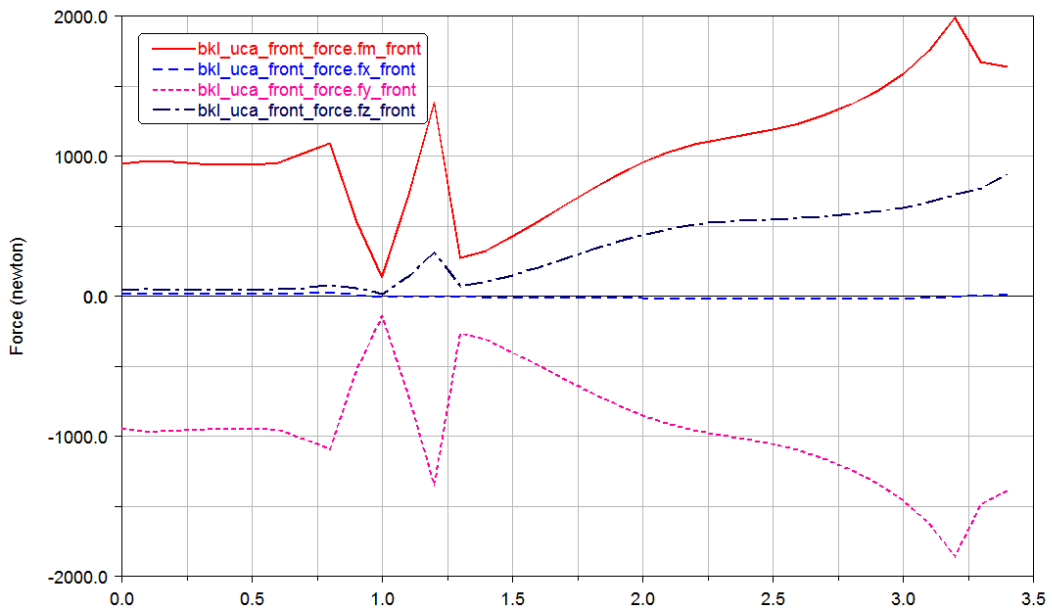


Graf 10-11 -Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_lca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.1

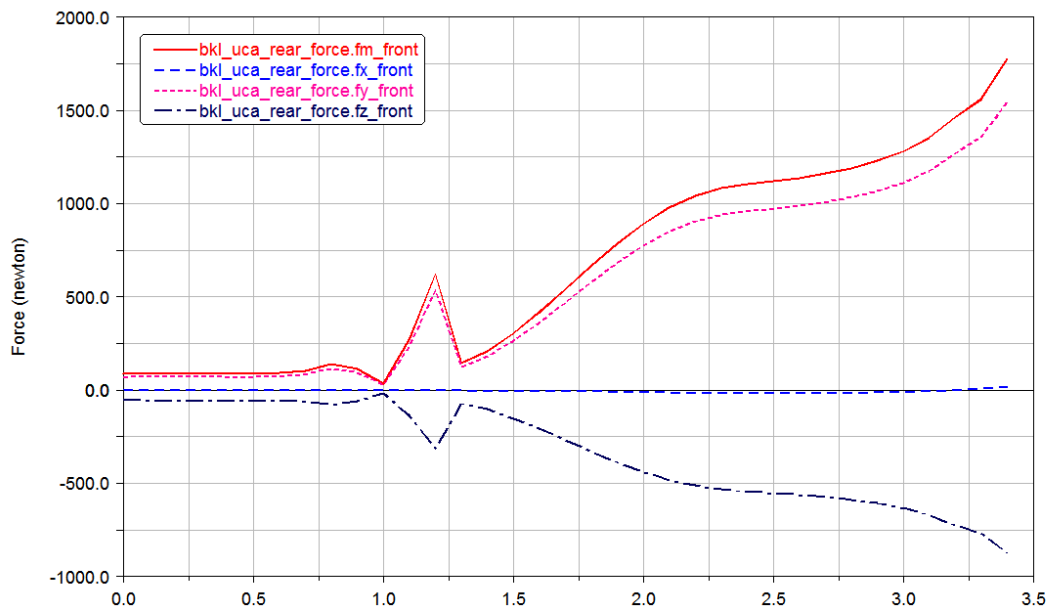


Graf 10-12 -Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_lca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.1

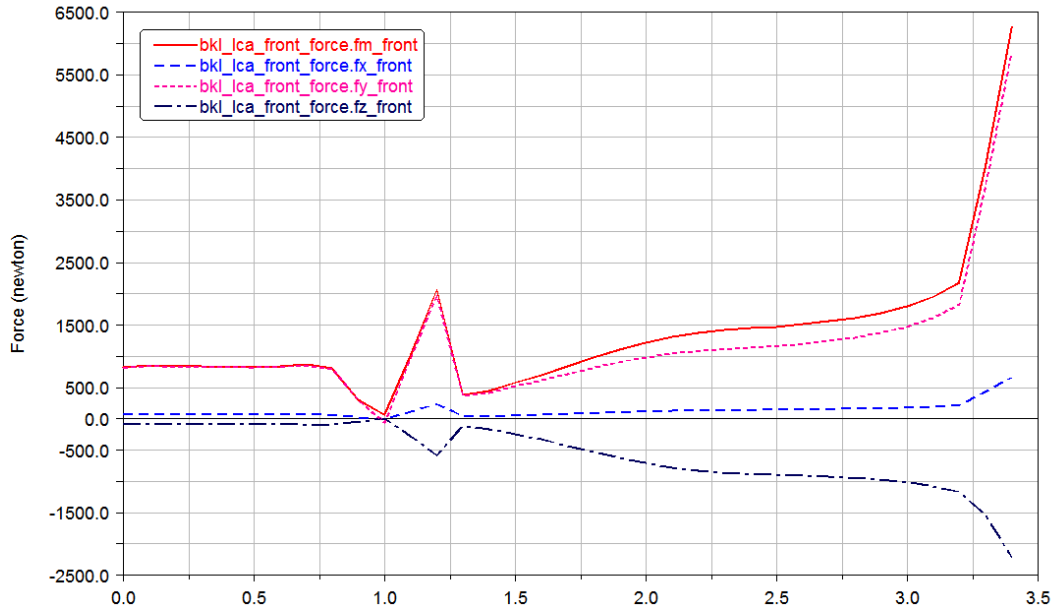
### Zatížení 3.2



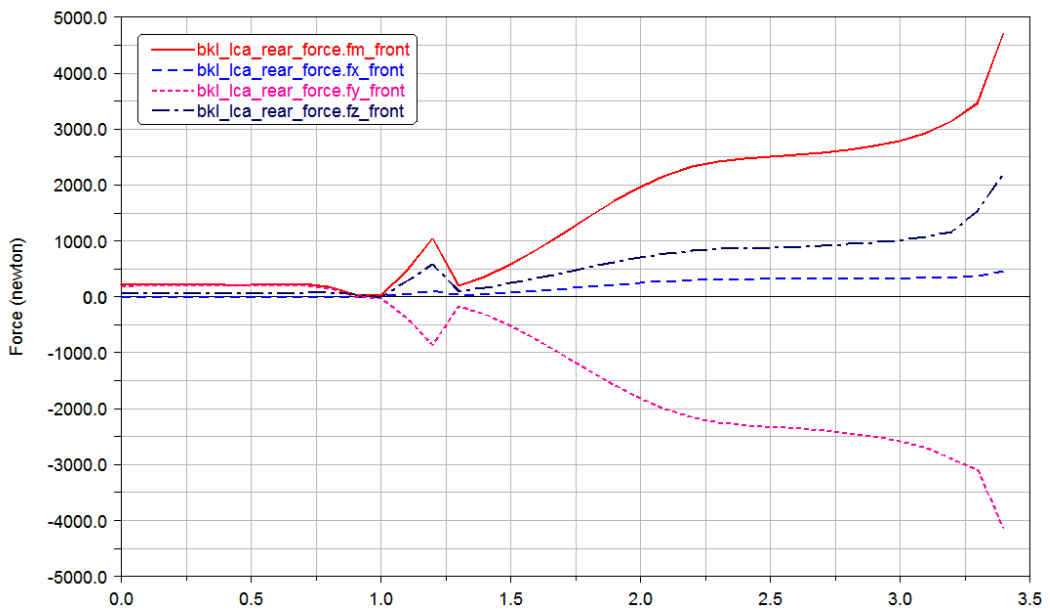
Graf 10-13 - Síly závislé na čase bodu 1 (bkl\_uca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.2



Graf 10-14 -- Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_uca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.2



Graf 10-15 -Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_lca\_front) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.2



Graf 10-16 -Síly závislé na čase bodu 2 (bkl\_lca\_rear) (Tabulka 3-3) při zátěžném stavu 3.2

## **PŘÍLOHA č. 3**

**Materiálový list a diagramy tepelného zpracování [6]**

Přehled vlastností oceli 42CrMo4 ( 42CrMoS4 )										1.7225 (1.7227)						
Druh oceli	Nizkolegovaná ušlechtilá chrom - molybdenová ocel k zušlechťování															
TDP	ČSN EN 10083-3: 2007															
Dřívější označení	42CrMo4 ( 42CrMoS4 ) podle ČSN EN 10083-1: 1991+A1: 1996; 42CrMo4 ( 42CrMoS4 ) podle DIN 17200, 15 142 podle ČSN															
Použití	Ocel s vyšší prokalitelností pro výše namáhané strojní díly. Po zakalení dosahuje tvrdosti přibližně 58 HRC. Do průměru 100 mm lze po zušlechťení docílit pevnosti nad 1000 MPa při ještě dostatečné houževnatosti. Není náchylná k popouštění křehkosti. Kali se do méně razantního kalicího prostředí, poněvadž je náchylná ke vzniku kalicích trhlin v místech s vrubovým účinkem nebo povrchových vad. V kaleném stavu dobře odolává opotřebení. Patří k nejčastěji používaným oceli k zušlechťování.															
Chemické složení v hmot. % (rozbor tavby)	C	Si max.	Mn	P max.	S max. <sup>1)</sup>	Cr	Mo	Ni	V							
	0,38 – 0,45	max. 0,40	0,60 – 0,90	max. 0,025	max. 0,035	0,90 – 1,20	0,15 – 0,30	-	-							
Složení hotového výrobku <sup>2)</sup>	0,36 – 0,47	max. 0,43	0,56 – 0,94	max. 0,030	max. 0,040	0,85 – 1,25	0,12 – 0,33	-	-							
Mechanické vlastnosti v zušlechťeném stavu. <sup>3)</sup>	Průměr mm		R <sub>e</sub> min. MPa		R <sub>m</sub> MPa		A min. %		Z min. %		KV min. J					
	d ≤ 16		900		1100 - 1300		10		40		-					
	16 < d ≤ 40		750		1000 - 1200		11		45		35					
	40 < d ≤ 100		650		900 - 1100		12		50		35					
	100 < d ≤ 160		550		800 - 950		13		50		35					
	160 < d ≤ 250		500		750 - 900		14		55		35					
Maximální hodnoty tvrdosti pro stav :	Zpracováno na stříhatelnost				Žháno na měkko				Povrchově kaleno (tvrdost povrchu)							
	HB max. 255				HB max. 241				HRC min. 53							
Prokalitelnost <sup>4)</sup>	Vzdálenost od plochy kaleného čela zkušební tělesa v mm															
	Tvrdost v HRC															
	<sup>5)</sup> Mez, 1,5 3 5 7 9 11 13 15 20 25 30 35 40 45 50															
	+H	max.	61	61	61	60	60	59	59	58	56	53	51	48	47	45
		min.	53	53	52	51	49	43	40	37	34	32	31	30	30	29
	+HH	max.	61	61	61	60	60	59	59	58	56	53	51	48	47	45
		min.	56	56	55	54	52	48	46	44	41	39	38	36	35	34
	+HL	max.	58	58	58	57	56	54	53	51	49	46	44	42	41	40
		min.	53	53	52	51	49	43	40	37	34	32	31	30	30	29
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Popouštěcí křivka (referenční vzorek průměr 30 mm)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Křivky prokalitelnosti</p> </div> </div>															
<b>Technologické vlastnosti</b>																
Tváření za tepla	Doporučené rozmezí teplot pro tváření za tepla : 1100 až 850 °C															
Teplné zpracování	Normalizační žhání °C	Žhání na měkko °C	Isotermické žhání °C	Teplota kalení °C	Kalicí prostředí	Teplota popouštění °C	Zkouška kalení čela °C									
	850 až 880	680 až 720	800 až 900 670 - 3 hod.	820 až 860	olej nebo voda	540 až 680	850 ± 5									
	Uvedené podmínky jsou doporučeny s výjimkou zkoušky kalení čela (zkouška prokal.). Jako kalicí prostředí se s ohledem na náchylnost ke kalicím trhlinám doporučují syntetické polymery a olej. K docílení rovnoměrných hodnot po zušlechťení u větších průměrů (zejména kovových) přispívá normalizační žhání před zušlechťením. Body přeměny : A <sub>c1</sub> = 745°C, A <sub>c3</sub> = 790°C, M <sub>s</sub> = 300°C															
Obrobitelnost	Obrábí se ve stavu žháném na měkko. Při nižších pevnostech lze obrábět i ve stavu zušlechťeném. Zlepšenou obrobitelnost vykazuje ocel 42CrMoS4 se zvýšeným obsahem S. Díly, které se zušlechťují na vyšší pevnost se nejprve předhrubují ve stavu žháném a dokončí po zušlechťení.															
Stříhatelnost	Pro docílení tvrdosti vhodné pro stříhání se ocel žhává nebo řízeně vychlazuje.															
<sup>1)</sup> obsah síry u oceli 42CrMoS4 je 0,020 až 0,040 % s dovolenou odchylkou v hotovém výrobku ± 0,005 %. <sup>2)</sup> u jedné tavby smí být překročena horní nebo spodní hranice rozmezí, ale nikoliv obě současně. <sup>3)</sup> uvedené hodnoty musí být dosažitelné po odpovídajícím tepelném zpracování (zušlechťení) též u oceli dodávané ve stavu po válcování nebo ve stavu měkce žháném. Prokazují se na referenčním vzorku odpovídajícího průměru. Zkušební tělesa pro stanovení mechanických hodnot musí být odebrána v souladu s předpisem normy TDP. R <sub>e</sub> – mez kluzu, R <sub>m</sub> – pevnost v tahu, A – tažnost ( počáteční délka L <sub>0</sub> = 5,65 · √S <sub>0</sub> ), Z – kontrakce, KV – nárazová práce, zkušební těleso ISO s V-vrubem (průměr ze tří naměřených hodnot, z nichž žádná nesmí být menší než 70% minimální střední hodnoty). <sup>4)</sup> pro ocel objednanou bez požadavků na prokalitelnost jsou hodnoty prokalitelnosti pouze informativní. <sup>5)</sup> +H – normální hodnoty pro celý pás prokalitelnosti, +HH - zúžený pás prokalitelnosti směrem k horní hranici, +HL – zúžený pás prokalitelnosti směrem ke spodní hranici.																

## **PŘÍLOHA č. 4**

**Materiálový list výrobce hliníku EN AW 7075 T65 [7]**



# Desky

dle EN AW-7075.T651 [AlZn5,5MgCu]; EN 573-3; EN 485-1,-2,-3

Slitina	Stav mechanických vlastností	Tloušťka [mm]	Teoretická váha [kg/m <sup>2</sup> ]	Tol. tl. [mm]	Mez pevnosti v tahu Rm min. [MPa]	Mez kluzu Rp 0,2 min. [MPa]	Ťažnost A50 mm min. [%]	Poloměr ohybu 90°	HB – typická hodnota	Svažitelnost
7075	T651	7,00	19,95	+/-0,40	540	460	8	12,0t	160	ne
7075	T651	8,00	22,80	+/-0,40	540	460	8	12,0t	160	ne
7075	T651	10,00	28,50	+/-0,50	540	460	8	12,0t	160	ne
7075	T651	12,00	34,20	+/-0,60	540	460	6	12,0t	160	ne
7075	T651	15,00	42,75	+/-0,60	540	470	6		161	ne
7075	T651	16,00	45,60	+/-0,70	540	470	6		161	ne
7075	T651	20,00	57,00	+/-0,70	540	470	6		161	ne
7075	T651	25,00	71,25	+/-0,75	530	460	5		161	ne
7075	T651	30,00	85,50	+/-0,75	530	460	5		158	ne
7075	T651	35,00	99,75	+/-0,85	530	460	5		158	ne
7075	T651	40,00	114,00	+/-0,85	530	460	5		158	ne
7075	T651	45,00	128,25	+/-1,00	530	460	5		158	ne
7075	T651	50,00	142,50	+/-1,00	525	440	4		158	ne
7075	T651	55,00	156,75	+/-1,20	525	440	4		155	ne
7075	T651	60,00	171,00	+/-1,20	495	420	4		155	ne
7075	T651	63,00	179,55	+/-1,50	495	420	4		147	ne
7075	T651	65,00	185,25	+/-1,50	495	420	4		147	ne
7075	T651	70,00	199,50	+/-1,50	495	420	4		147	ne
7075	T651	75,00	213,75	+/-1,50	495	420	4		147	ne
7075	T651	80,00	228,00	+/-1,50	490	390	4		147	ne
7075	T651	90,00	256,50	+/-1,80	460	360	3		144	ne
7075	T651	100,00	285,00	+/-1,80	410	300	2		135	ne
7075	T651	110,00	313,50	+/-2,20	410	300	2		119	ne
7075	T651	120,00	342,00	+/-2,20	360	260	2		119	ne
7075	T651	130,00	370,50	+/-2,20	360	260	2		104	ne
7075	T651	140,00	399,00	+/-2,20	360	260	2		104	ne
7075	T651	150,00	427,50	+/-2,20	360	240	1		104	ne
7075	T651	160,00	456,00	+/-2,60	360	240	1		neuvádí se	ne
7075	T651	180,00	513,00	+/-2,60	360	240	1		neuvádí se	ne

Formáty desek: 1020x2020 mm, 1270x2520 mm, 1520x3020 mm.

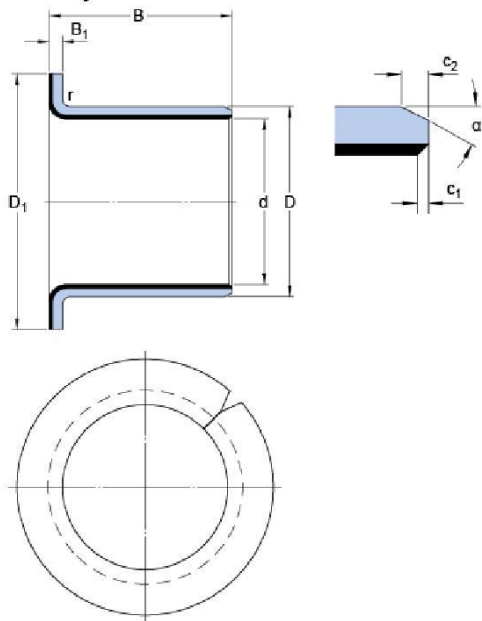
## **PŘÍLOHA č. 5**

**Katalogový list produktu – Kluzné pouzdro PCMF-060808E [8]**

**SKF**

## PCMF 060808 E

### Rozměry



d	6	mm
D	8	mm
B	8	mm
D <sub>1</sub>	12	mm
B <sub>1</sub>	1	mm
c <sub>1</sub>	min. 0.1	mm
c <sub>1</sub>	max. 0.7	mm
c <sub>2</sub>	min. 0.2	mm
c <sub>2</sub>	max. 1	mm
α	±8 20	°
r	max. 1	mm

### Doporučená uložení

Tolerance hřídele	f7
Tolerance tělesa	H7

### Data výpočtu

Základní dynamická únosnost – radiální směr	C	2.9	kN
Základní statická únosnost – radiální směr	C <sub>0</sub>	9	kN
Základní dynamická únosnost – axiální směr	C <sub>a</sub>	2.75	kN
Základní statická únosnost – axiální směr	C <sub>0a</sub>	8.65	kN
Součinitel měrného dynamického zatížení	K	80	N/mm <sup>2</sup>
Součinitel měrného statického zatížení	K <sub>0</sub>	250	N/mm <sup>2</sup>
Součinitel závislý na materiálu a typu ložiska	K <sub>M</sub>	480	
Přípustná kluzná rychlost	v	min. 0	m/s
Přípustná kluzná rychlost	v	max. 2	m/s
Součinitel tření	μ	min. 0.03	
Součinitel tření	μ	max. 0.25	

### Hmotnost

Hmotnost pouzdra	0.0019	kg
------------------	--------	----

## **PŘÍLOHA č. 6**

**Katalogový list k produktu – lepidlo Loctite EA 9466 [9]**



Technický list

## LOCTITE® EA 9466™

Původní název LOCTITE® Hysol® 9466™  
září 2014

### Popis výrobku

LOCTITE® EA 9466™ má následující vlastnosti:

<b>Technologie</b>	Epoxid
Chemický typ	Epoxid
Vzhled (Pryskyřice)	Bílá matná pasta
Vzhled (Tvrdivlo)	Bílá průhledná kapalina
Vzhled (Smíchaný)	Našedlá matná pasta
Složky	Dvousložkový
Viskozita	Střední
Mísicí poměr objemový pryskyřice : tvrdidlo	2 : 1
Mísicí poměr hmotnostní pryskyřice : tvrdidlo	100 : 50
<b>Vytvrzení</b>	Po zamíchání při pokojové teplotě
<b>Aplikace</b>	Lepení

LOCTITE® EA 9466™ je houževnaté průmyslové epoxidové lepidlo s prodlouženou dobou zpracovatelnosti. Pokud jsou jeho dvě složky promíchány, epoxid vytvrzuje při pokojové teplotě na houževnatou, našedlou hmotu, která má vysokou odolnost vůči loupání a velkou pevnost ve smyku. Plně vytvrzený epoxid je odolný vůči širokému spektru chemikálií a rozpouštědel a slouží rovněž jako výborný elektrický izolátor. LOCTITE® EA 9466™ poskytuje vynikající pevnost lepeného spoje na široké škále plastů a kovů. Typické aplikace zahrnují běžné průmyslové lepení, kde se požaduje prodloužená doba zpracovatelnosti pro správné nastavení či přestavení součástí během sestavování.

### TYPICKÉ VLASTNOSTI NEVYTVRZENÉHO MATERIÁLU

#### Pryskyřice:

Měrná hmotnost při 25 °C	1,0
Bod vzplanutí - viz Bezpečnostní list	
Viskozita, Brookfield - RVT, 25 °C, mPa·s (cP):	
Vřetenno 6, rychlost 20 ot/min.	15 000 až 50 000

#### Tvrdivlo:

Měrná hmotnost při 25 °C	1,0
Bod vzplanutí - viz Bezpečnostní list	
Viskozita, Brookfield - RVT, 25 °C, mPa·s (cP):	
Vřetenno 5, rychlost 50 ot/min.	25 000 až 60 000

#### Smíchaný produkt:

Doba zpracovatelnosti, minut	60
------------------------------	----

### PROVOZNÍ VLASTNOSTI PŘI VYTVRZOVÁNÍ

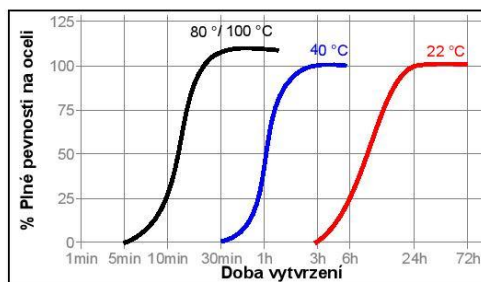
#### Doba fixace

Doba fixace je definována jako čas potřebný k získání pevnosti ve smyku 0,1 N/mm<sup>2</sup>.

Doba fixace, ISO 4587, minut:	
Ocel (otryskaná)	180

#### Rychlost vytvrzení dle času a teploty

Rychlost vytvrzení závisí na okolní teplotě, zvýšení teploty je možné využít k urychlení vytvrzení. Graf níže ukazuje závislost pevnosti ve smyku na čase při různých teplotách na zkušebních vzorcích z otryskané oceli, zkušeno v souladu s ISO 4587.



### TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Vytvrzeno po dobu 7 dní 22 °C, 1,2 mm silný film

#### Fyzikální vlastnosti:

Teplota skelného přechodu, ASTM E 1640, °C	62
Tvrdoost Shore, ISO 868, Tvrdoměr typu D	60
Prodloužení, ISO 527-3, %	3
Pevnost v tahu ASTM D 882	N/mm <sup>2</sup> 32
	(psi) (4 640)
Modul pružnosti v tahu, ISO 527-3	N/mm <sup>2</sup> 1 718
	(psi) (249 110)

#### Elektrické vlastnosti:

Dielektrická pevnost, ASTM D 149, kV/mm	30
---	----



TL LOCTITE® EA 9466™, září 2014

#### TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU

##### Adhezivní vlastnosti

Vytvrzeno po dobu 5 dní 22 °C

Pevnost ve smyku, ISO 4587:

Ocel (otryskaná)	N/mm <sup>2</sup>	37,0
	(psi)	(5 365)
Hliník (obroušený)	N/mm <sup>2</sup>	26,0
	(psi)	(3 770)
Hliník (eloxovaný)	N/mm <sup>2</sup>	17,9
	(psi)	(2 595)
Ocel s galvanickou úpravou (Žárově zinkovaná)	N/mm <sup>2</sup>	8,5
	(psi)	(1 230)
Nerezová ocel	N/mm <sup>2</sup>	23,0
	(psi)	(3 335)
Polykarbonát	N/mm <sup>2</sup>	5,3
	(psi)	(765)
Nylon	N/mm <sup>2</sup>	1,6
	(psi)	(230)
Dřevo (Jedle)	N/mm <sup>2</sup>	11,3
	(psi)	(1 635)
Sklolaminát	N/mm <sup>2</sup>	5,0
	(psi)	(725)
ABS	N/mm <sup>2</sup>	4,7
	(psi)	(680)

180° Pevnost v loupání, ISO 8510-2:

Ocel (otryskaná)	N/mm	8,0
	(lb/in)	(45,5)

Pevnost v tahu, ISO 6922:

Ocelový čep (otryskaná) na Sodné sklo	N/mm <sup>2</sup>	43,2
	(psi)	(6 260)

Pevnost při nárazu ASTM D 950, J/m<sup>2</sup> :

Ocel (otryskaná)	5,8
------------------	-----

#### TYPICKÁ ODOLNOST VŮČI PROSTŘEDÍ

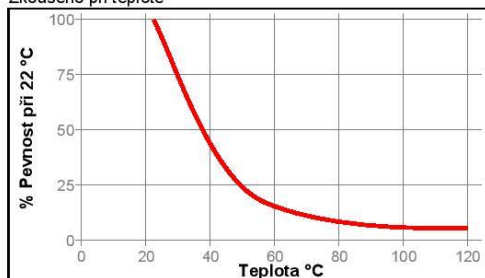
Vytvrzeno po dobu 5 dní 22 °C

Pevnost ve smyku, ISO 4587:

Ocel (otryskaná)

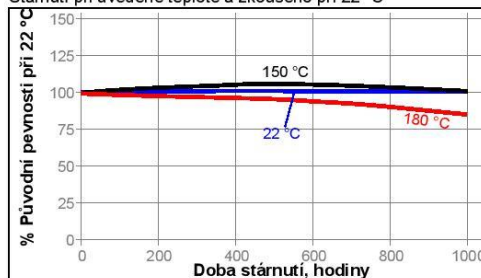
#### Pevnost za tepla

Zkoušeno při teplotě



#### Stárnutí za tepla

Stárnutí při uvedené teplotě a zkoušeno při 22 °C



#### Odolnost proti chemikáliím a rozpouštědům

Stárnutí při uvedených podmínkách a zkoušeno při 22 °C.

Prostředí	°C	% původní pevnosti	
		500 h	1000 h
Motorový olej (10W-30)	87	135	145
Bezolovnatý benzín	22	95	125
Voda/glykol 50/50	87	75	75
Slaná mlha	22	---	80
98% RV	40	85	90
Kondenzující vlhkost	49	---	90
Voda	22	---	90
Aceton	22	75	90
Isopropanol	22	90	100

Pevnost v tahu, ISO 6922, % původní pevnosti:

Ocelový čep (otryskaná) na Sodné sklo:

Prostředí	°C	% původní pevnosti	
		500 h	1000 h
98% RV	40	90	90

#### VŠEOBECNÉ INFORMACE

Informace pro bezpečné zacházení s tímto produktem najdete v Bezpečnostním listě (BL).

Tento produkt se nedoporučuje používat v čistě kyslíkových nebo na kyslík bohatých systémech a neměly by se používat k těsnění chlóru či jiných silně oxidačních materiálů.

Tam kde se používají vodní roztoky pro čištění povrchů před lepením je důležité zkontrolovat kompatibilitu mycího roztoku a produktu. V některých případech mohou vodní roztoky nepříznivě ovlivnit vytvrzování a vlastnosti produktu.

#### Pokyny pro použití

- Pro co nejlepší výsledek lepení by měly být povrchy čisté a odmaštěné.
- Pro vysokopevnostní konstrukční spoje je třeba odstranit znečištění z lepených povrchů, jako je například lak, zoxidovaná vrstva, oleje, prach, separační činidla a další možná znečištění.
- Balení v dvojkartuši:** Při použití vložte jednoduše dvojkartuši do aplikační pistole a dotlačte píst pistole do

Henkel Americas  
+860.571.5100

Henkel Europe  
+49.89.9268.0

Henkel Asia Pacific  
+81.45.758.1810

Pro získání přímého spojení na Vaše místní obchodní či technické oddělení navštivte:  
[www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)

## **PŘÍLOHA č. 7**

**Katalogový list produktu – kloubové hlavice – Aurora AM-M6T  
[10]**

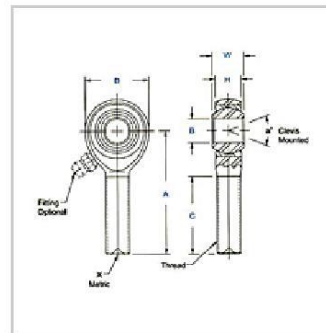




**Aurora Bearing Company**  
901 Aucutt Rd.  
Montgomery, IL 60538  
Phone: 630.859.2030 • Fax: 630.859.0971  
Email: [customersupport@aurorabearing.com](mailto:customersupport@aurorabearing.com) • Website: [www.aurorabearing.com](http://www.aurorabearing.com)

**Item # AM-M6, AM-M & AB-M Series Male Rod Ends - Metric, High Strength Alloy - Precision - (PTFE Liners Available)**

- Body - Alloy steel, heat treated, protective coated for corrosion resistance.
- Ball - Alloy steel, heat treated, hard chrome plated.
- Race - Alloy steel, heat treated, protective coated for corrosion resistance.
- Grease Fittings available for sizes -M5 and up. Units are supplied without grease fittings. When a grease fitting is required, specify by adding suffix "Z" or "F". Ex.: AM-M5Z = Zerk Type Fitting AM-M5F = Flush Type Fitting.
- Load ratings apply only to rod ends without grease fittings.



[+ more](#)

[Specifications](#) | [AM-M & AB-M Note](#)

Specifications	
Thread Type	Right Hand
Thread Configuration	Male
B - Ball Bore	6.000 mm
W - Ball Width	9.00 mm
H - Head Width	7.00 mm
A - Base to Center	36.00 mm
D - Head Diameter	19.00 mm
Ball Diameter	12.70 mm
C - Thread Length	22.00 mm
Thread Size	M6 x 1.0

<b>Thread Class</b>	-6g
<b>a<sub>1</sub> - Misalignment Angle Clevis Mounted</b>	13 °
<b>a<sub>3</sub> - Misalignment Angle Clevis Mounted</b>	23 °
<b>a<sub>4</sub> - Misalignment Angle Clevis Mounted</b>	57 °
<b>Ultimate Radial Static Load Capacity</b>	17,720 N
<b>Approximate Brg. Weight</b>	18 g
<b>Type of Lubrication</b>	None

AM-M & AB-M Note

For dimensional tolerances of listed features, see the PDF version of the catalog under the "View Product Catalogs" tab from the home page.

## **PŘÍLOHA č. 8**

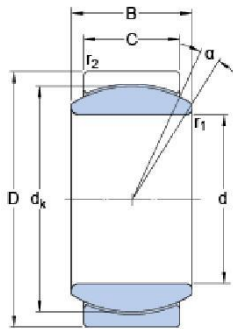
**Katalogový list produktu – SKF - sférická ložiska GE-6C [11]  
a GE-8C [12], kloubové hlavice SAKAC 6M [13]**

**SKF**

## GE 6 C

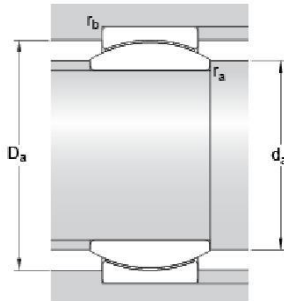
Lubricant	Maintenance free – dry lubrication
Design (sliding contact surface combination)	Steel/PTFE sintered bronze
Sealing solution	-

### Dimensions



d	6	mm
D	14	mm
B	6	mm
C	4	mm
$\alpha$	13	°
$d_k$	10	mm
$r_1$	min. 0.3	mm
$r_2$	min. 0.3	mm

### Abutment dimensions



$d_a$	min. 7.4	mm
$d_a$	max. 8	mm
$D_a$	min. 9.5	mm
$D_a$	max. 12.7	mm
$r_a$	max. 0.3	mm
$r_b$	max. 0.3	mm

### Calculation data

Basic dynamic load rating	C	3.6	kN
Basic static load rating	$C_0$	9	kN
Specific dynamic load factor	K	100	N/mm <sup>2</sup>
Specific static load factor	$K_0$	250	N/mm <sup>2</sup>
Material constant	$K_M$	1400	

### Mass

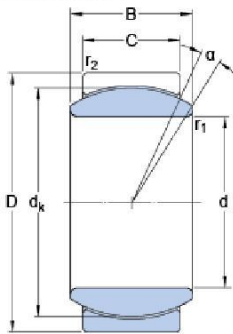
Mass plain bearing	0.004	kg
--------------------	-------	----

**SKF**

## GE 8 C

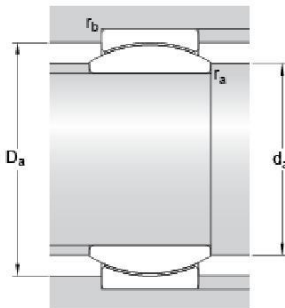
Lubricant	Maintenance free – dry lubrication
Design (sliding contact surface combination)	Steel/PTFE sintered bronze
Sealing solution	-

### Dimensions



d	8	mm
D	16	mm
B	8	mm
C	5	mm
$\alpha$	15	°
$d_k$	13	mm
$r_1$	min. 0.3	mm
$r_2$	min. 0.3	mm

### Abutment dimensions



$d_a$	min. 9.4	mm
$d_a$	max. 10.2	mm
$D_a$	min. 12.3	mm
$D_a$	max. 14.6	mm
$r_a$	max. 0.3	mm
$r_b$	max. 0.3	mm

### Calculation data

Basic dynamic load rating	C	5.85	kN
Basic static load rating	$C_0$	14.6	kN
Specific dynamic load factor	K	100	N/mm <sup>2</sup>
Specific static load factor	$K_0$	250	N/mm <sup>2</sup>
Material constant	$K_M$	1400	

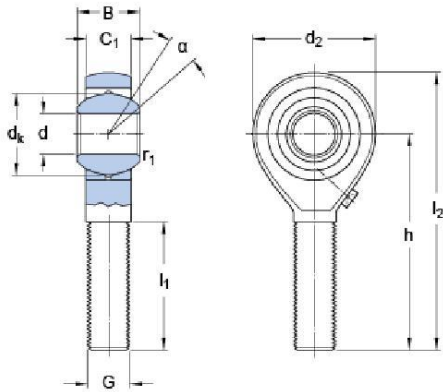
### Mass

Mass plain bearing	0.008	kg
--------------------	-------	----



## SAKAC 6 M

### Dimensions



d	6	mm
d <sub>2</sub>	max. 21	mm
B	9	mm
G	M 6	
C <sub>1</sub>	max. 7.5	mm
h	36	mm
α	13	°
d <sub>k</sub>	12.7	mm
l <sub>1</sub>	min. 21	mm
l <sub>2</sub>	max. 48	mm
r <sub>1</sub>	min. 0.3	mm

### Calculation data

Basic dynamic load rating	C	4.3	kN
Basic static load rating	C <sub>0</sub>	4.8	kN
Specific dynamic load factor	K	50	N/mm <sup>2</sup>
Material constant	K <sub>M</sub>	330	

### Mass

Mass rod end	0.02	kg
--------------	------	----

## **PŘÍLOHA č. 9**

**Katalogový list produktu – spojovací materiály firmy FABORY –  
Šrouby [11], Matice [11]**



07117050016

## Šroub s osazením a vnitřním šestihranem h8 ISO ≈7379 Ocel Pravý Bez PU 012.9 (M5)6X16



Objednací číslo	07117050016
Značka	Fabory
UBB kód	953351819396
UNSPSC kód	31161605
EAN kód	8715492066916
bal. 50	Bez přihlášení není možné objednat online

### Technické parametry

$d_s$	6
Délka (L)	16
Materiál (dlouhý název)	Ocel
Povrchová úprava	Bez PU
Průměr (d)	M5
Směr závitů	Pravý
Tvar hlavy	Se zaoblenou válcovou hlavou
Typ drážky	S vnitřním šestihranem
Třída	012.9
Závit	Metrický závit

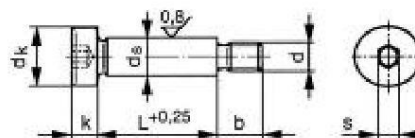
### Standards

ASME	≈B18.3.3M
BS	≈4168-7
ISO	≈7379

### Technická specifikace

b	9.5
$d_k$ (max.)	10.22
$d_s$ (jmen.)	6
k (max.)	4.5
P	0.80
s	3
Tolerance h8 (max.)	6

### Technický náčrt







07117060016

## Šroub s osazením a vnitřním šestihranem h8 ISO ≈7379 Ocel Pravý Bez PU 012.9 (M6)8X16



Objednací číslo	07117060016
Značka	Fabory
UBB kód	953351820105
UNSPSC kód	31161605
EAN kód	8715492066985
bal. 50	Bez přihlášení není možné objednat online

### Technické parametry

$d_s$	8
Délka (L)	16
Materiál (dlouhý název)	Ocel
Povrchová úprava	Bez PU
Průměr (d)	M6
Směr závitů	Pravý
Tvar hlavy	Se zaoblenou válcovou hlavou
Typ drážky	S vnitřním šestihranem
Třída	012.9
Závit	Metrický závit

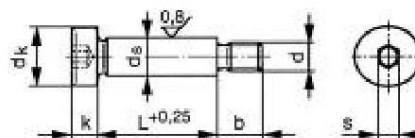
### Standards

ASME	≈B18.3.3M
BS	≈4168-7
ISO	≈7379

### Technická specifikace

b	11
$d_k$ (max.)	13.27
$d_s$ (jmen.)	8
k (max.)	5.5
P	1
s	4
Tolerance h8 (max.)	8

### Technický náčrt





12510050001



### Matice šestihranná pojistná s nekovovou vložkou ISO 7040 ISO 7040 Ocel Pravý Pozinkované 8 M5

Objednací číslo	12510050001
Značka	Fabory
UBB kód	500650978884
UNSPSC kód	31162400
EAN kód	8717077312418
bal. 200	Bez přihlášení není možné objednat online

#### Technické parametry

Materiál (dlouhý název)	Ocel
Povrchová úprava	Pozinkované
Průměr (d)	M5
Směr závitů	Pravý
Typ drážky	S vnějším šestihranem
Třída	8
Závit	Metrický závit

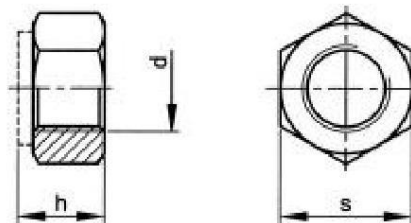
#### Standards

DIN	6924
ISO	7040

#### Technická specifikace

h (max.)	6.8
P	0.80
s	8

#### Technický náčrt





12510060001



### Matice šestihranná pojistná s nekovovou vložkou ISO 7040 ISO 7040 Ocel Pravý Pozinkované 8 M6

Objednáací číslo	12510060001
Značka	Fabory
UBB kód	500650978967
UNSPSC kód	31162400
EAN kód	8717077312425
bal. 100	Bez přihlášení není možné objednat online

#### Technické parametry

Materiál (dlouhý název)	Ocel
Povrchová úprava	Pozinkované
Průměr (d)	M6
Směr závitů	Pravý
Typ drážky	S vnějším šestihranem
Třída	8
Závit	Metrický závit

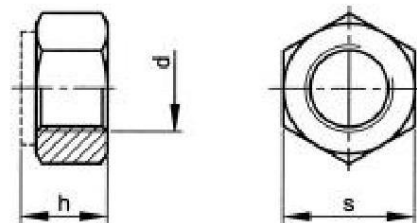
#### Standards

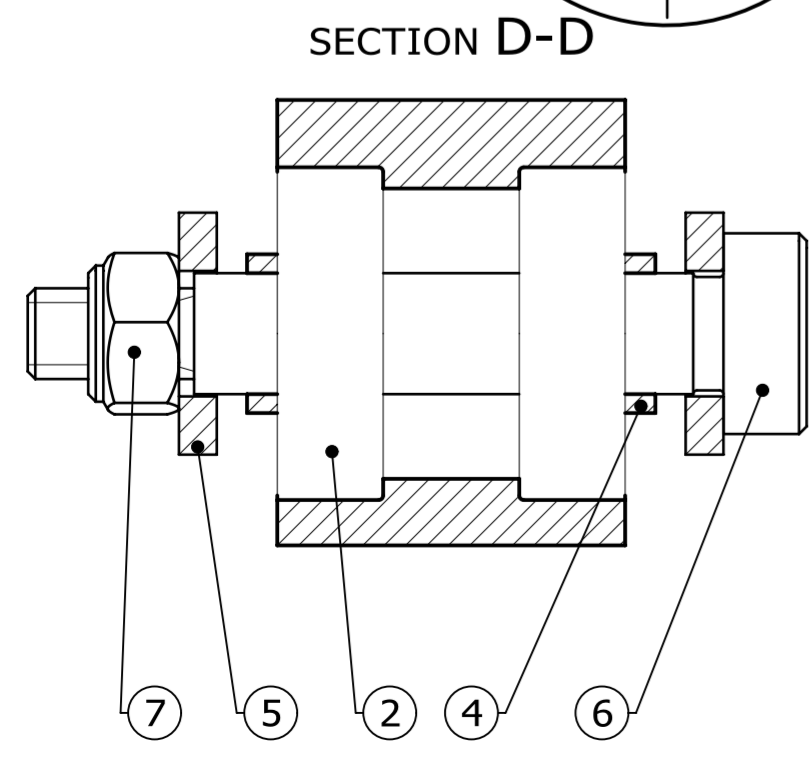
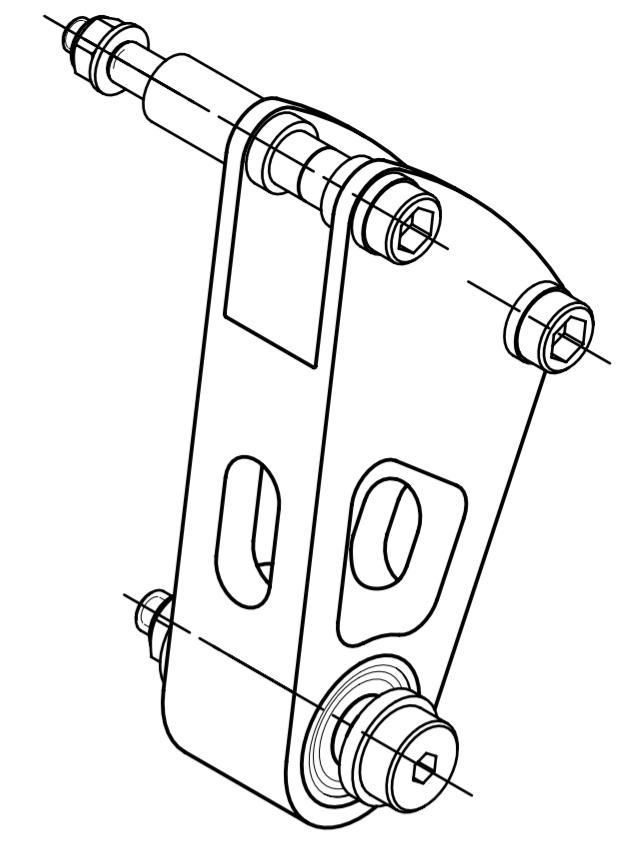
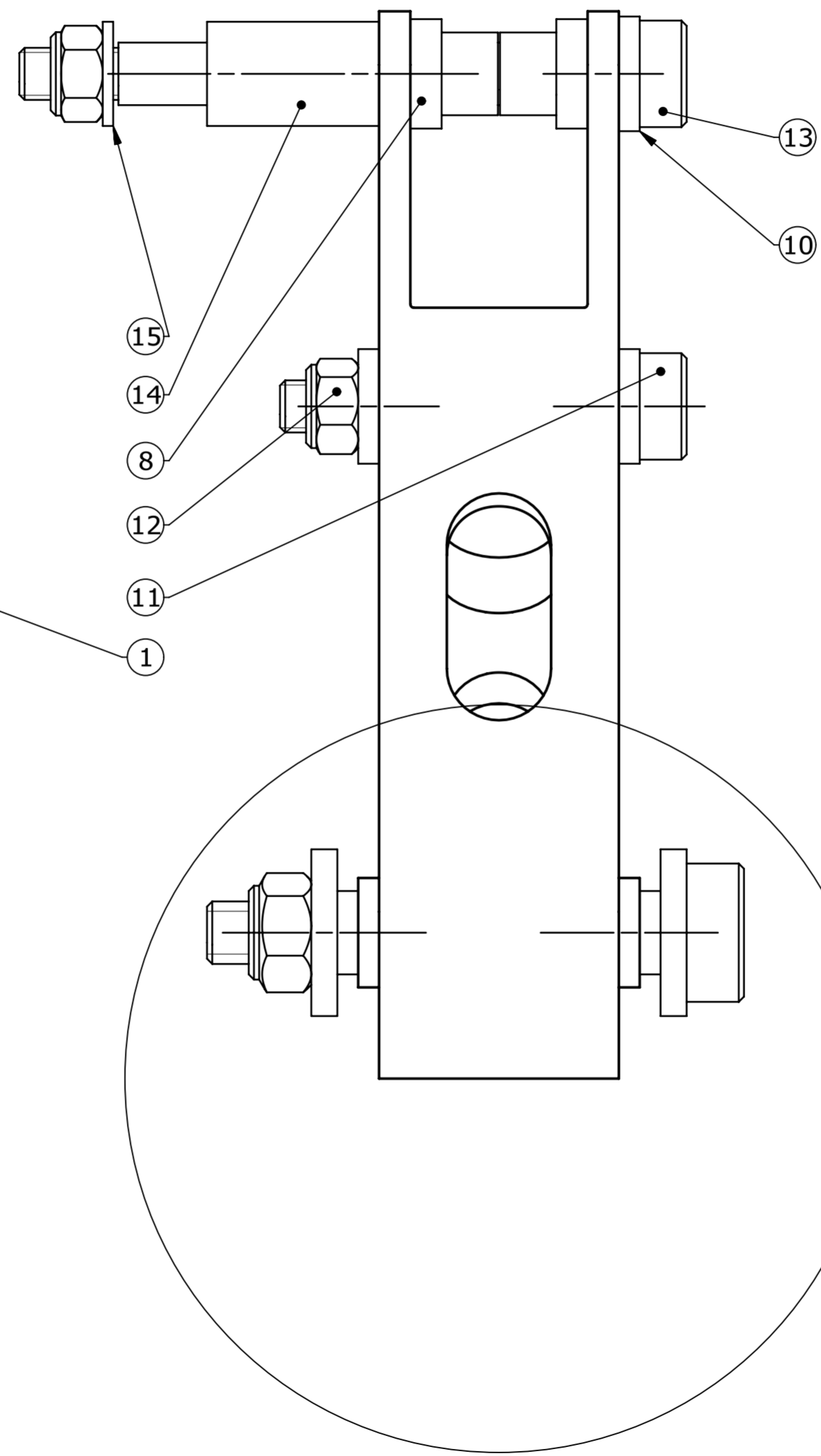
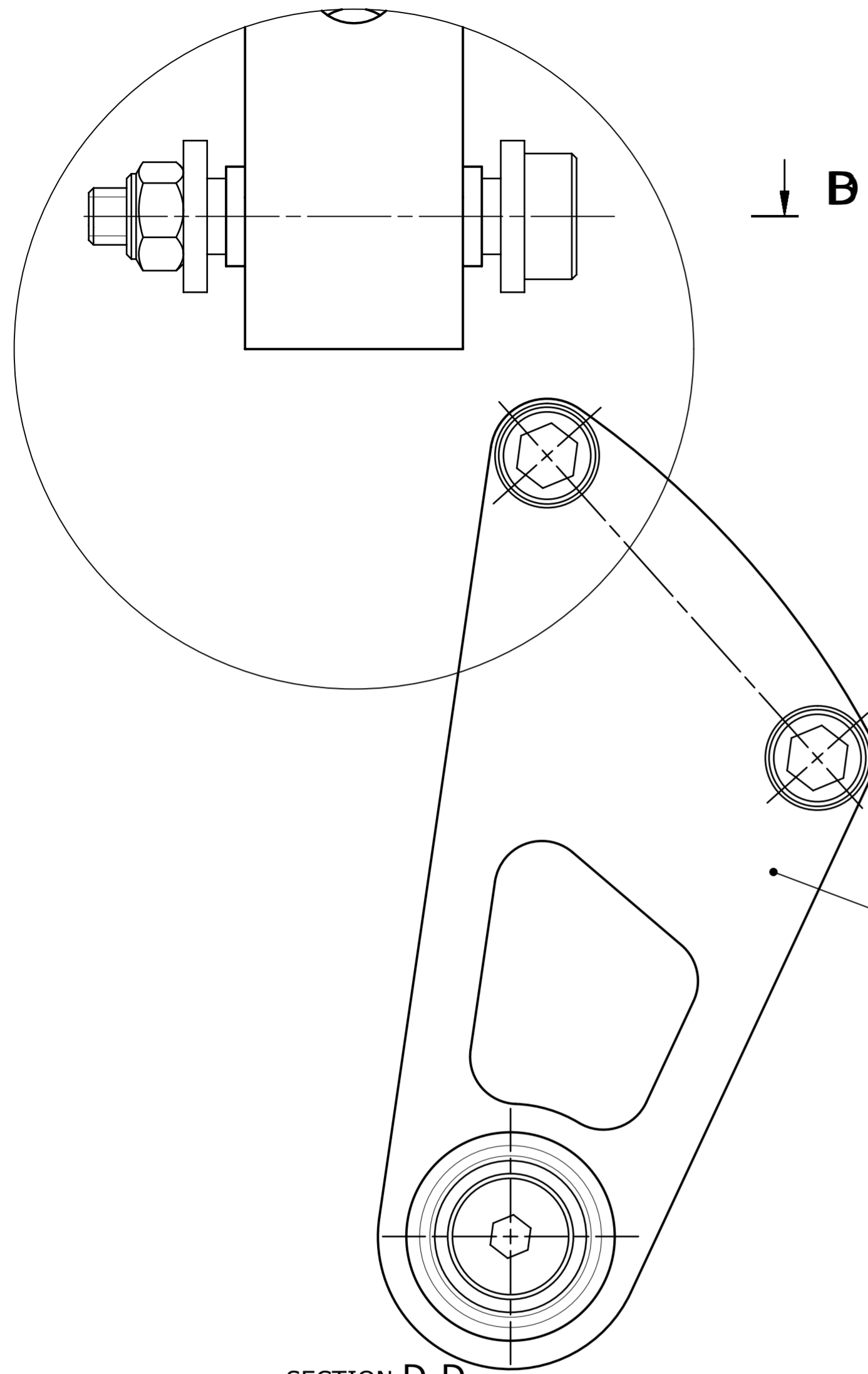
DIN	6924
ISO	7040

#### Technická specifikace

h (max.)	8
P	1
s	10

#### Technický náčrt

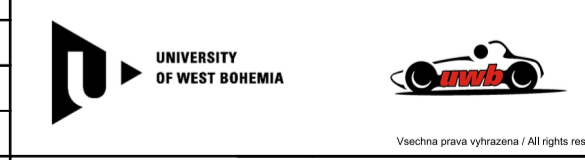




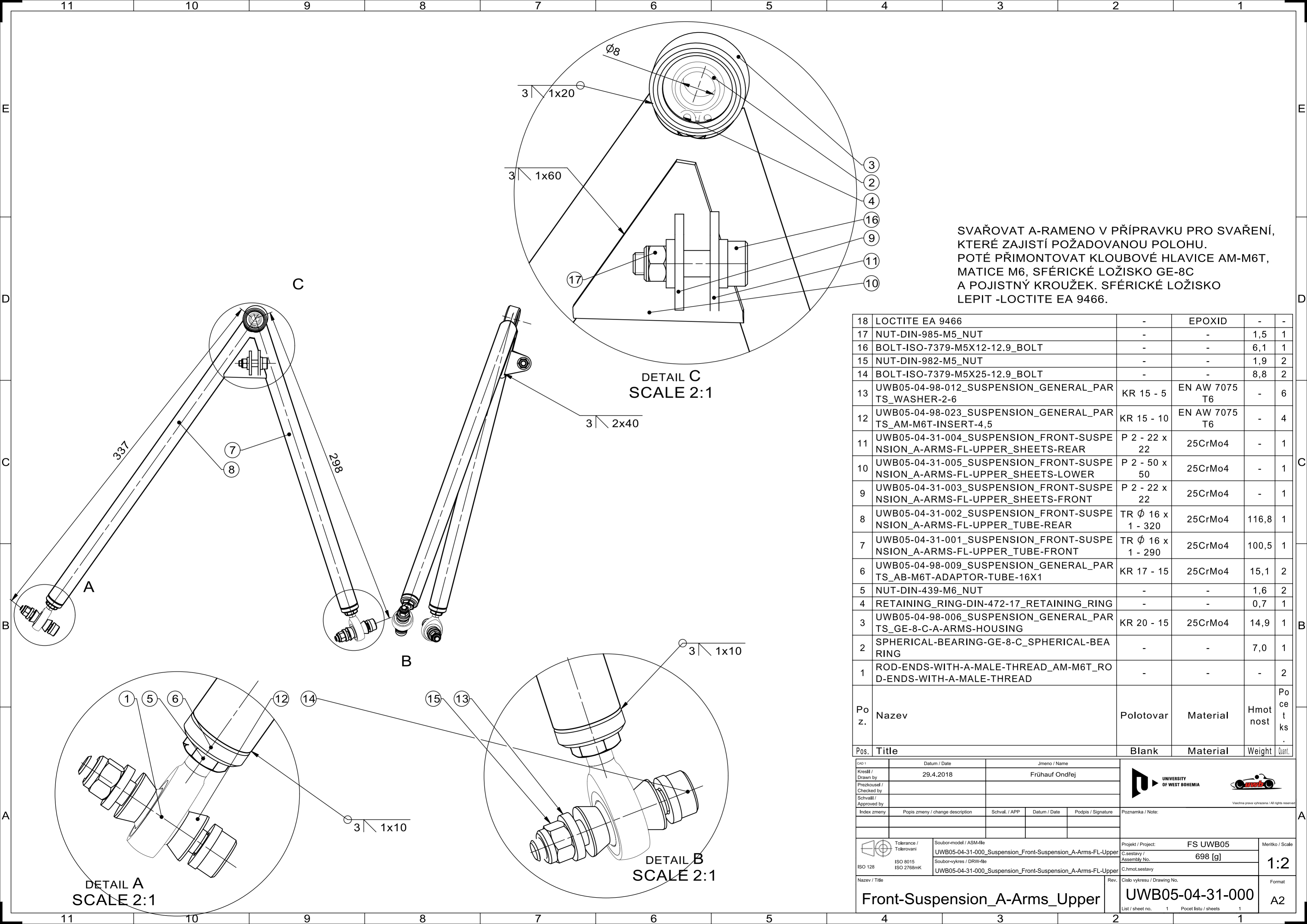
KULIČKOVÁ LOŽISKA DO UWB05-04-20-001 LEPIT.  
 PLOCHY LEPENÝCH SPOJŮ PŘED NALEPENÍM OČISTIT - LOCTITE SF 7061.  
 POSTUP LEPENÍ VIZ. LOCTITE EA 9466.

Pos.	Title	Blank	Material	Weight	Quant.
16	LEPIDLO LOCTITE EA 9466	-	EPOXID	-	-
15	WASHER-DIN-126-M5_WASHER	-	-	-	1
14	UWB05-04-20-004_SUSPENSION_FRONT-SUSPENSION_BELL-CRANK_ANTI-ROLL-DISTANCE	φ15 - 20	EN AW 7075 T6	-	1
13	BOLT-ISO-7379-M5X50-12.9_BOLT	-	-	14,5	1
12	NUT-DIN-985-M5_NUT	-	-	1,5	2
11	BOLT-ISO-7379-M5X25-12.9_BOLT	-	-	8,8	1
10	UWB05-04-98-012_SUSPENSION_GENERAL_PARTS_WASHER-2-6	φ11 - 5	EN AW 7075 T6	-	3
9	UWB05-04-98-020_SUSPENSION_GENERAL_PARTS_GE-6-C-INSERT-5_5	φ 15 - 10	EN AW 7075 T6	2,3	2
8	UWB05-04-98-030_SUSPENSION_GENERAL_PARTS_DAMPER-INSERT-BELL-CRANK	φ 15 - 15	32CrV4	-	2
7	NUT-DIN-985-M6_NUT	-	-	2,8	1
6	BOLT-ISO-7379-M6X35-12.9_BOLT	-	-	21,6	1
5	UWB05-04-98-011_SUSPENSION_GENERAL_PARTS_WASHER-2,5-8	φ 16 - 5	EN AW 7075 T6	-	2
4	UWB05-04-20-003_SUSPENSION_FRONT-SUSPENSION_BELL-CRANK_SPACER-RING-OUTER	φ 15 - 5	EN AW 7075 T6	0,6	2
3	UWB05-04-20-002_SUSPENSION_FRONT-SUSPENSION_BELL-CRANK_SPACER-RING	φ 15 - 15	EN AW 7075 T6	2,6	1
2	BEARING-608-2RSL_BEARING	-	-	11,8	2
1	UWB05-04-20-001_SUSPENSION_FRONT-SUSPENSION_BELL-CRANK_LEVER-TRIANGLE	P25 - 110 x 65	EN AW 7075 T6	85,0	1
Poz.	Nazev	Polotovar	Material	Hmotnost	Pocet ks.

Pos.	Title	Blank	Material	Weight	Quant.
CAD 1 Datum / Date 29.3.2018 Jmeno / Name Frühauf Ondřej Kreslil / Drawn by Prezkontrol / Checked by Schválil / Approved by Index zmeny / change description Schval. / APP Datum / Date Podpis / Signature		Poznamka / Note:			
Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK Soubor-model / ASM-file UWB05-04-20-000_Suspension_Front-Suspension_Bell-crank Soubor-vykres / DRW-file UWB05-04-20-000_Suspension_Front-Suspension_Bell-crank		Projekt / Project: FS UWB05 C.sestavy / Assembly No. 214 [g]		Meritko / Scale 2:1 (5:1)	
Nazev / Title Front-Suspension_Bell-crank		Rev. Císlo vykresu / Drawing No. UWB05-04-20-000		Format A2	
List / sheet no. 1		Pocet listu / sheets 1		1	







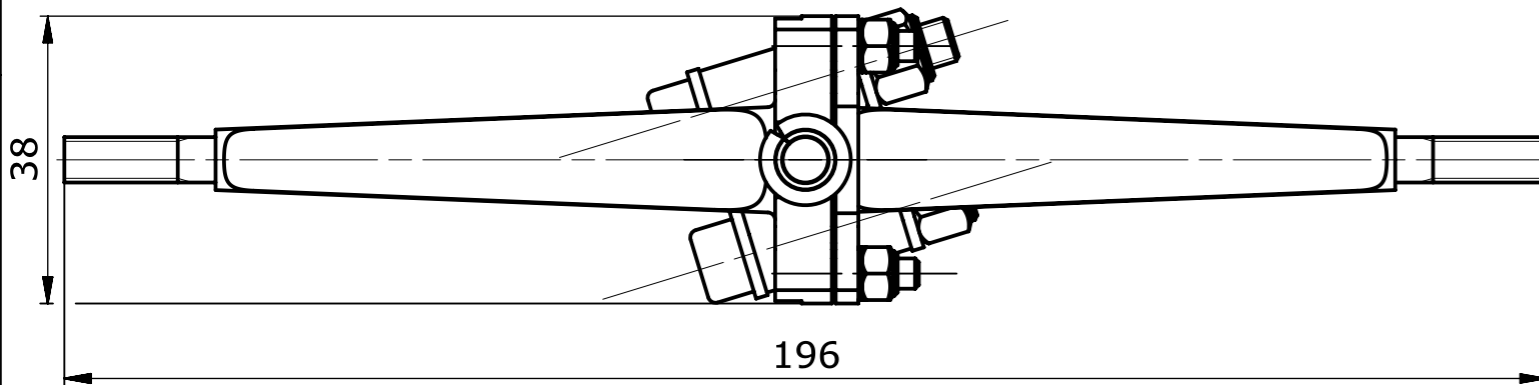
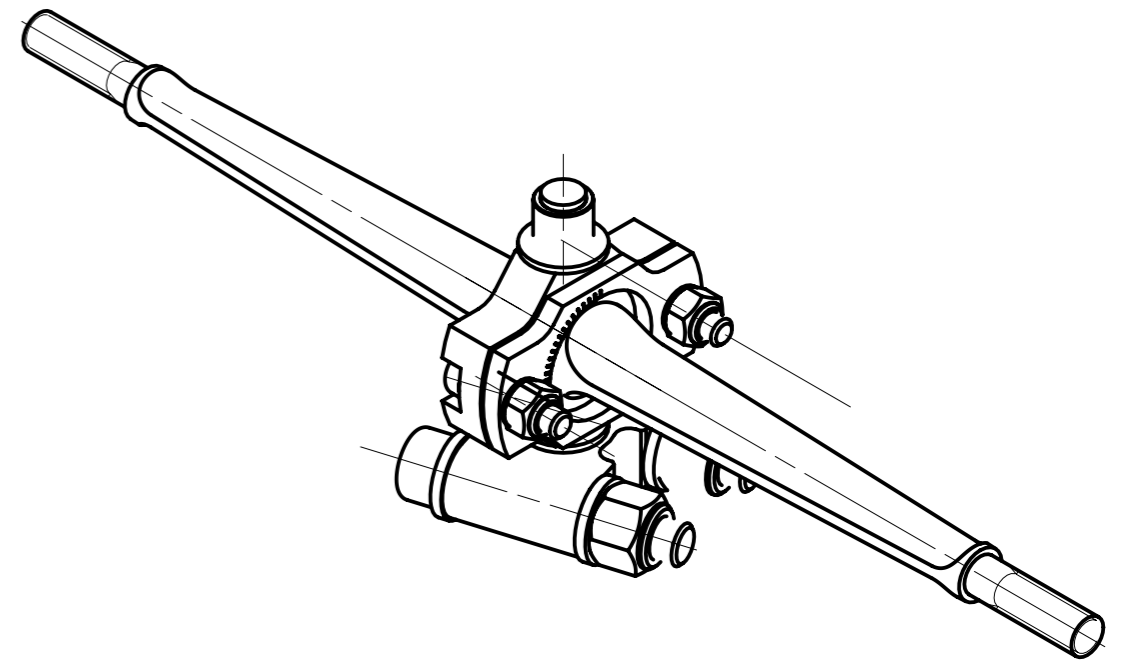
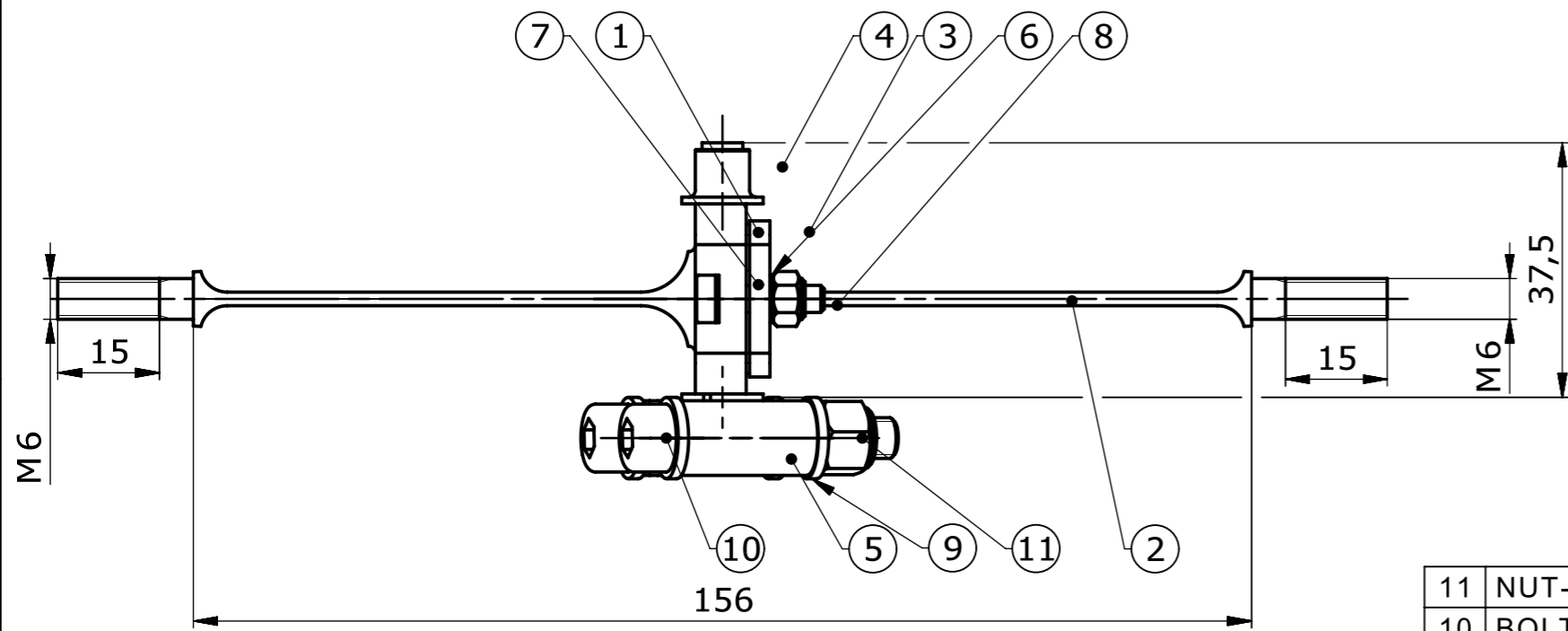
SVAŘOVAT A-RAMENO V PŘÍPRAVKU PRO SVAŘENÍ,  
 KTERÉ ZAJISTÍ POŽADOVANOU POLOHU.  
 POTÉ PŘIMONTOVAT KLOUBOVÉ HLAVICE AM-M6T,  
 MATICE M6, SFÉRICKÉ LOŽISKO GE-8C  
 A POJISTNÝ KROUŽEK. SFÉRICKÉ LOŽISKO  
 LEPIT -LOCTITE EA 9466.

Pos.	Title	Blank	Material	Weight	Quant.
18	LOCTITE EA 9466	-	EPOXID	-	-
17	NUT-DIN-985-M5_NUT	-	-	1,5	1
16	BOLT-ISO-7379-M5X12-12.9_BOLT	-	-	6,1	1
15	NUT-DIN-982-M5_NUT	-	-	1,9	2
14	BOLT-ISO-7379-M5X25-12.9_BOLT	-	-	8,8	2
13	UWB05-04-98-012_SUSPENSION_GENERAL_P ARTS_WASHER-2-6	KR 15 - 5	EN AW 7075 T6	-	6
12	UWB05-04-98-023_SUSPENSION_GENERAL_P ARTS_AM-M6T-INSERT-4,5	KR 15 - 10	EN AW 7075 T6	-	4
11	UWB05-04-31-004_SUSPENSION_FRONT-SUSPE NSION_A-ARMS-FL-UPPER_SHEETS-REAR	P 2 - 22 x 22	25CrMo4	-	1
10	UWB05-04-31-005_SUSPENSION_FRONT-SUSPE NSION_A-ARMS-FL-UPPER_SHEETS-LOWER	P 2 - 50 x 50	25CrMo4	-	1
9	UWB05-04-31-003_SUSPENSION_FRONT-SUSPE NSION_A-ARMS-FL-UPPER_SHEETS-FRONT	P 2 - 22 x 22	25CrMo4	-	1
8	UWB05-04-31-002_SUSPENSION_FRONT-SUSPE NSION_A-ARMS-FL-UPPER_TUBE-REAR	TR $\phi$ 16 x 1 - 320	25CrMo4	116,8	1
7	UWB05-04-31-001_SUSPENSION_FRONT-SUSPE NSION_A-ARMS-FL-UPPER_TUBE-FRONT	TR $\phi$ 16 x 1 - 290	25CrMo4	100,5	1
6	UWB05-04-98-009_SUSPENSION_GENERAL_P ARTS_AB-M6T-ADAPTOR-TUBE-16X1	KR 17 - 15	25CrMo4	15,1	2
5	NUT-DIN-439-M6_NUT	-	-	1,6	2
4	RETAINING_RING-DIN-472-17_RETAINING_RING	-	-	0,7	1
3	UWB05-04-98-006_SUSPENSION_GENERAL_P ARTS_GE-8-C-A-ARMS-HOUSING	KR 20 - 15	25CrMo4	14,9	1
2	SPHERICAL-BEARING-GE-8-C_SPHERICAL-BEA RING	-	-	7,0	1
1	ROD-ENDS-WITH-A-MALE-THREAD_AM-M6T_RO D-ENDS-WITH-A-MALE-THREAD	-	-	-	2

Pos.	Title	Blank	Material	Weight	Quant.
	Nazev	Polotovar	Material	Hmotnost	Pocet ks




  

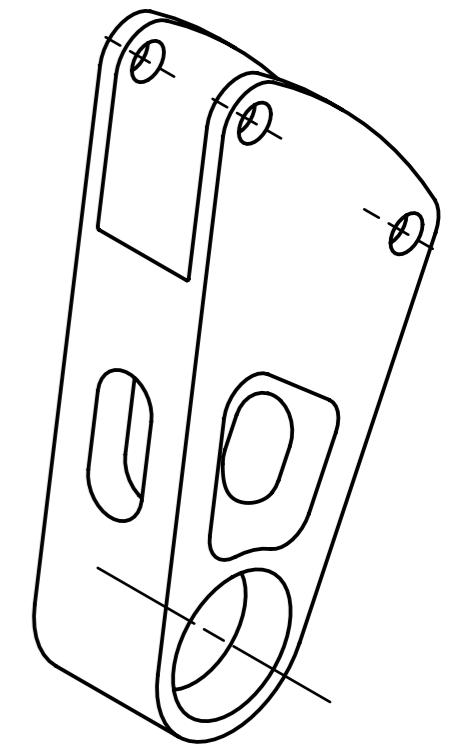
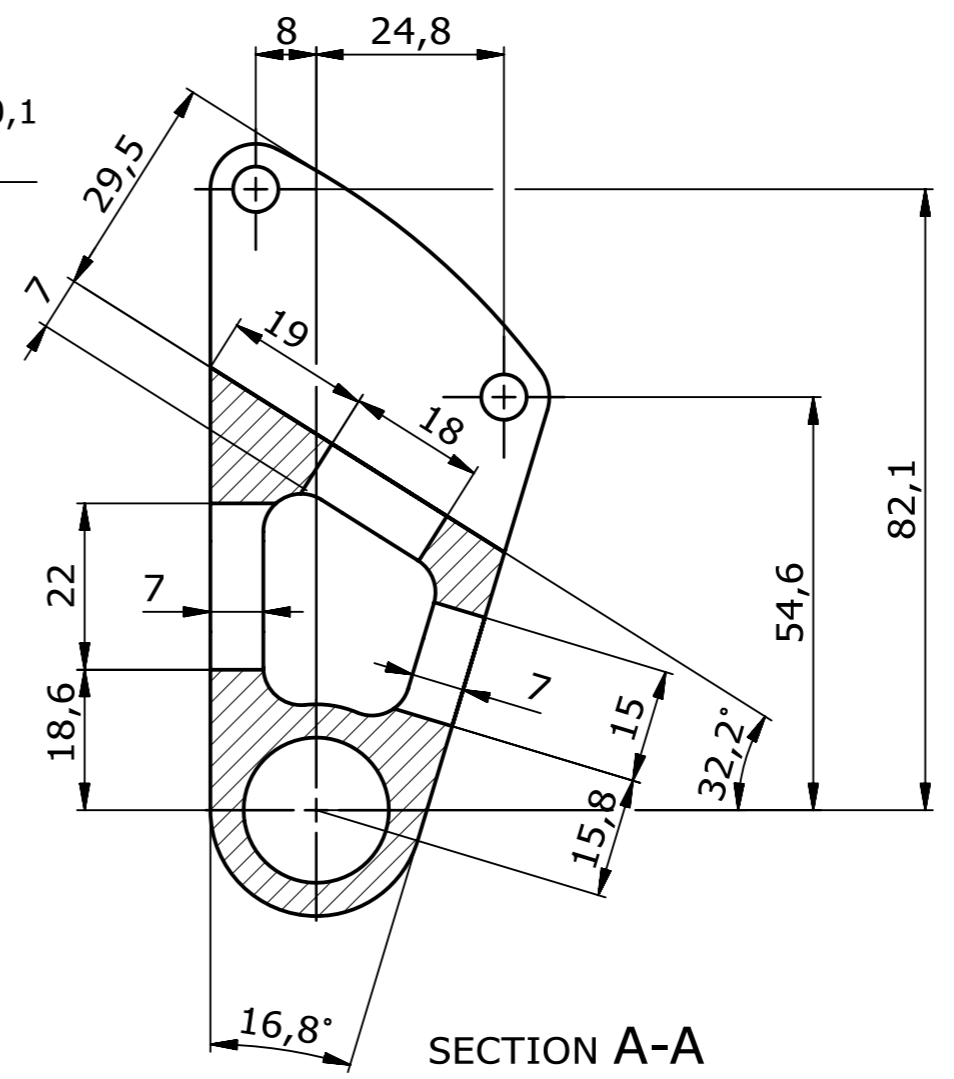
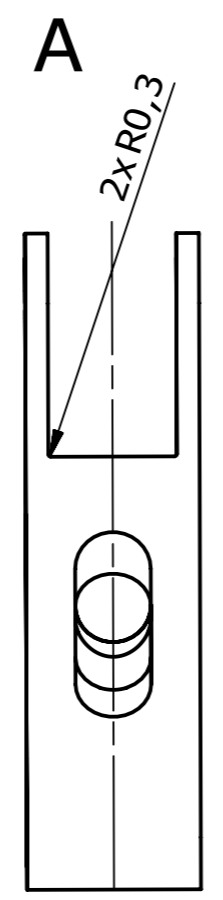
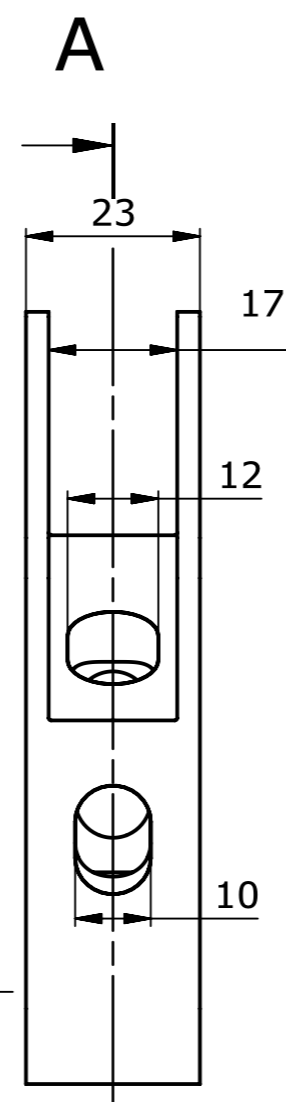
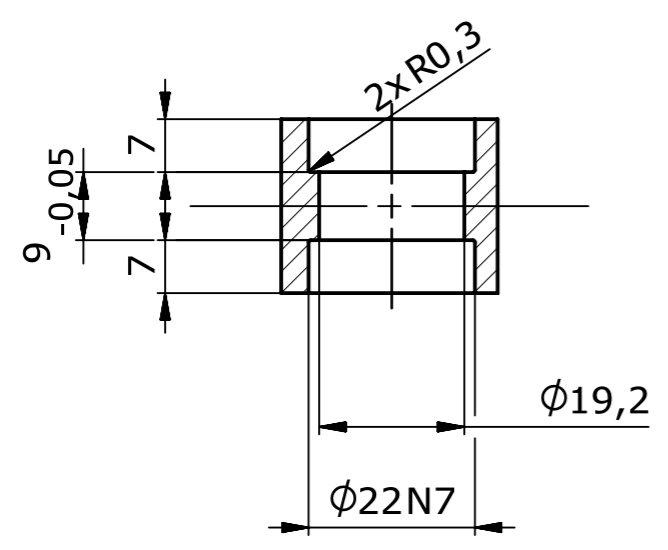
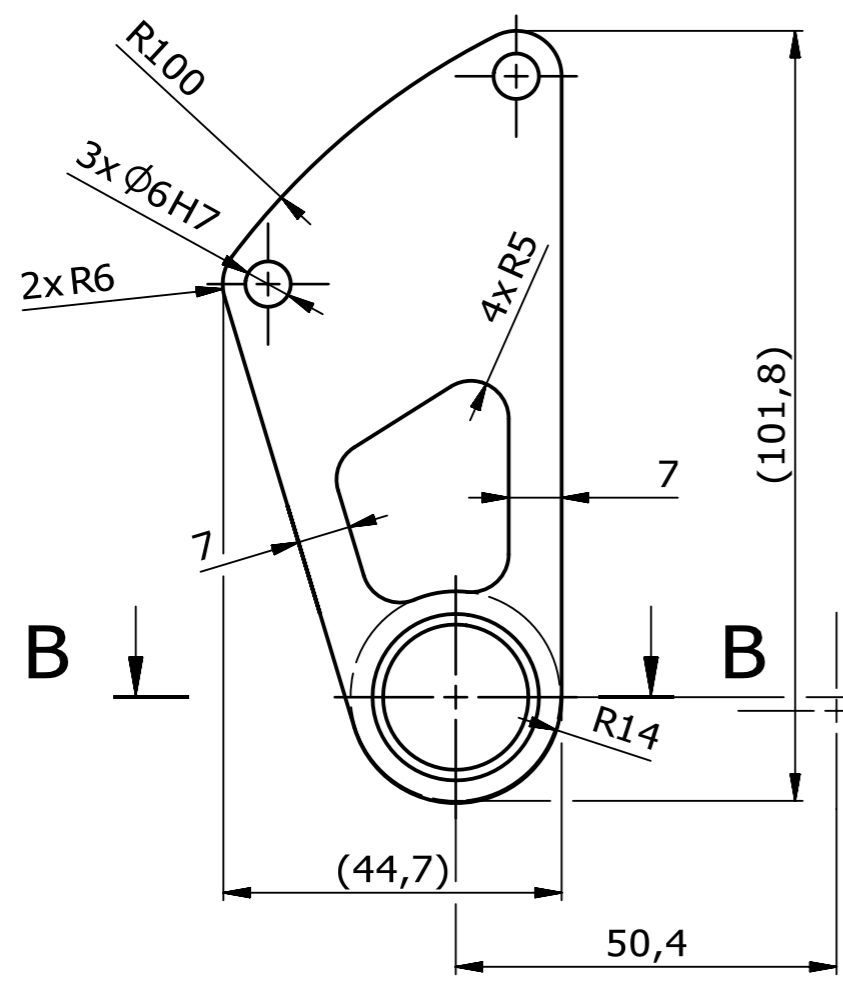
Datum / Date		Jmeno / Name	
29.4.2018		Frühaufl Ondřej	
Kreslí / Drawn by		Frühaufl Ondřej	
Schválil / Checked by			
Index zmeny		Popis zmeny / change description	Schval. / APP
		Datum / Date	Podpis / Signature
		Poznámka / Note:	
Tolerance / Tolerovani		Soubor-model / ASM-file	
ISO 128		UWB05-04-31-000_Suspension_Front-Suspension_A-Arms-FL-Upper	
ISO 8015		Soubor-vykres / DRW-file	
ISO 2768mK		UWB05-04-31-000_Suspension_Front-Suspension_A-Arms-FL-Upper	
		Projekt / Project:	FS UWB05
		C.sestavy / Assembly No.	698 [g]
		C.hmot.sestavy	
Nazev / Title		Císlo vykresu / Drawing No.	
Front-Suspension_A-Arms_Upper		Rev.	
		Císlo listu / sheet no.	1
		Pocet listu / sheets	1
		Meritko / Scale	1:2
		Format	A2



11	NUT-DIN-982-M6_NUT	-	-	3,9	2
10	BOLT-DIN-912-M6X35-12.9_BOLT	-	-	10,9	2
9	WASHER-DIN-126-M6_WASHER	-	-	-	4
8	NUT-DIN-982-M4_NUT	-	-	-	2
7	BOLT-DIN-7984-M4X16_BOLT	-	-	-	2
6	WASHER-DIN-433-M4_WAHER_SMALLER	-	-	-	4
5	UWB05-04-35-004_SUSPENSION_FRONT-SUSPE NSION_ANTI-ROLL_LOWER-HOUSING	P 15 - 35 x 30	EN AW 7075 T6	33,2	1
4	BEARING-PCMF-060808-E_BEARING	-	-	1,8	2
3	UWB05-04-35-003_SUSPENSION_FRONT-SUSPE NSION_ANTI-ROLL_PIVOT-HOUSING-WASHER	KR 40 - 5	EN AW 7075 T6	9,3	1
2	UWB05-04-35-001_SUSPENSION_FRONT-SUSPE NSION_ANTI-ROLL_BLADE	KR 25 - 200	51CrV4	62,8	1
1	UWB05-04-35-002_SUSPENSION_FRONT-SUSPE NSION_ANTI-ROLL_PIVOT-HOUSING	P15 - 55 x 55	EN AW 7075 T6	25,1	1

Pos.	Title	Blank	Material	Hmotnost [g]	Quant.
Poz.	Nazev	Polotovary	Material	Hmotnost	Pocet ks.

CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		  <small>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</small>	
Kreslil / Drawn by		29.4.2018		Frühauf Ondřej			
Prezkoušel / Checked by							
Schválil / Approved by							
Index zmeny		Popis zmeny / change description		Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK		Soubor-model / ASM-file UWB05-04-35-000_Suspension_Front-Suspension_Anti-roll Soubor-vykres / DRW-file UWB05-04-35-000_Suspension_Front-Suspension_Anti-roll		Projekt / Project: FS UWB05 C.sestavy / Assembly No. C.hmot.sestavy 384,9 [g]		Meritko / Scale <b>1:1</b>	
Nazev / Title <b>Front-Suspension_Anti-roll</b>				Rev. Cislo vykresu / Drawing No. <b>UWB05-04-35-000</b>		Format <b>A3</b>	
		List / sheet no. 1		Pocet listu / sheets 1			



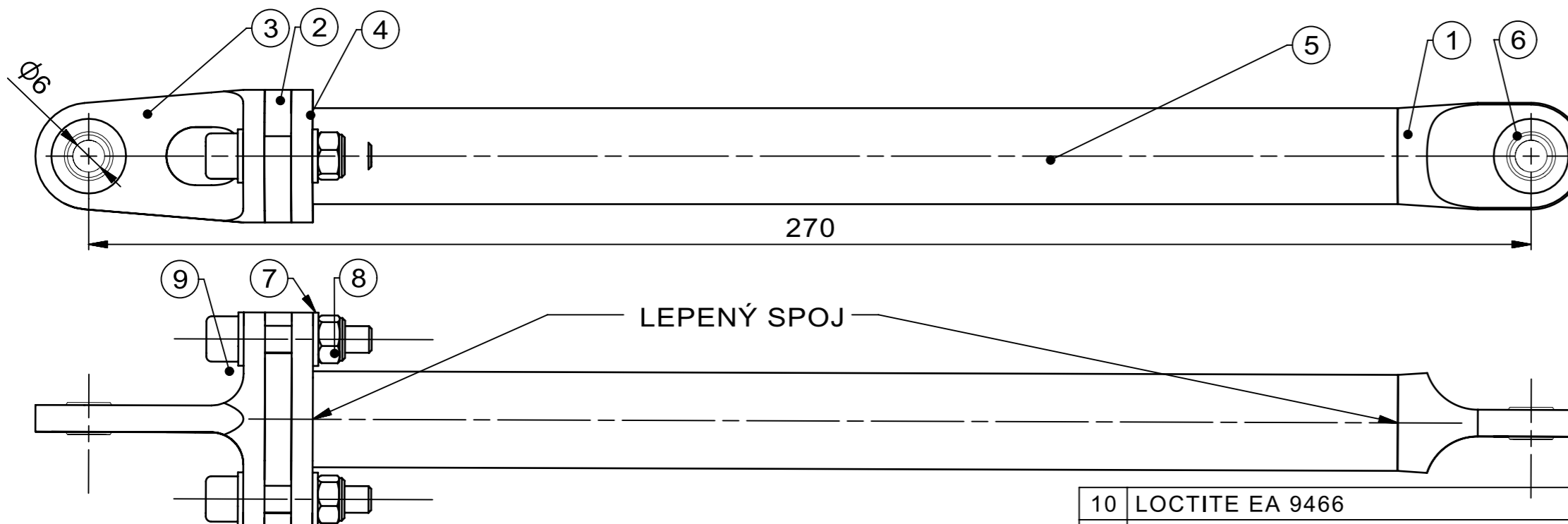
SRAZIT VŠECHNY HRANY 0,5x45°

$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

2	<input checked="" type="checkbox"/>	110x55	EN AW 7075 T6	0,079				
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name						
Kreslil / Drawn by	12.4.2017	Frühauf O.						
Prezkousel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:			
	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:	FS UWB05		Meritko / Scale	
ISO 128	ISO 8015 ISO 2768mK	UWB05-04-20-001_Suspension_Front-Suspension_Bell-crank_Lever-triangle		C.sestavy / Assembly No.			1:1	
Soubor-vykres / DRW-file			UWB05-04-20-001_Suspension_Front-Suspension_Bell-crank_Lever-triangle					
Nazev / Title				Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.		Format	
UWB05-04-20-001_Suspension_Front-suspension_Bell-crank_Lever-triangle_dwg					UWB05-04-20-001		A3	
				List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets	1	





Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved



PLOCHY LEPENÝCH SPOJŮ PŘED  
NALEPENÍM OČISTIT  
- LOCTITE SF 7061.  
POSTUP LEPENÍ  
VIZ. LOCTITE EA 9466.

10	LOCTITE EA 9466	-	EPOXID	-	-
9	BOLT-DIN-912-M5X25-12.9_BOLT	-	-	6,1	2
8	NUT-DIN-985-M5_NUT	-	-	1,5	2
7	WASHER-DIN-126-M5_WASHER	-	-		4
6	SPHERICAL-BEARING-GE-6-C_SPHERICAL-BEARING RING	-	-		2
5	UWB05-04-32-001_SUSPENSION_FRONT-SUSPENSION_PUSH-ROD_TUBE	KR 18x1 - 210	Carbon		1
4	UWB05-04-98-002_SUSPENSION_GENERAL_PARTS_GE-6-C-PUSHROD-ADAPTOR-FLANGE-TUBE	KR 45 - 50	EN AW 7075 T6	13,1	1
3	UWB05-04-98-001_SUSPENSION_GENERAL_PARTS_GE-6-C-PUSHROD-ADAPTOR-FLANGE	P30 - 50 x 45	EN AW 7075 T6	13,0	1
2	UWB05-04-98-010_SUSPENSION_GENERAL_PARTS_PUSHROD-DISTANCE-WASHER	P5 - 45 x 45	EN AW 7075 T6	5,2	1
1	UWB05-04-98-003_SUSPENSION_GENERAL_PARTS_GE-6-C-PUSHROD-ADAPTOR-TUBE	KR 25 - 80	EN AW 7075 T6		1
Poz.	Nazev	Polotovary	Material	Hmotnost	Pocet ks.
Pos.	Title	Blank	Material	Weight	Quant.

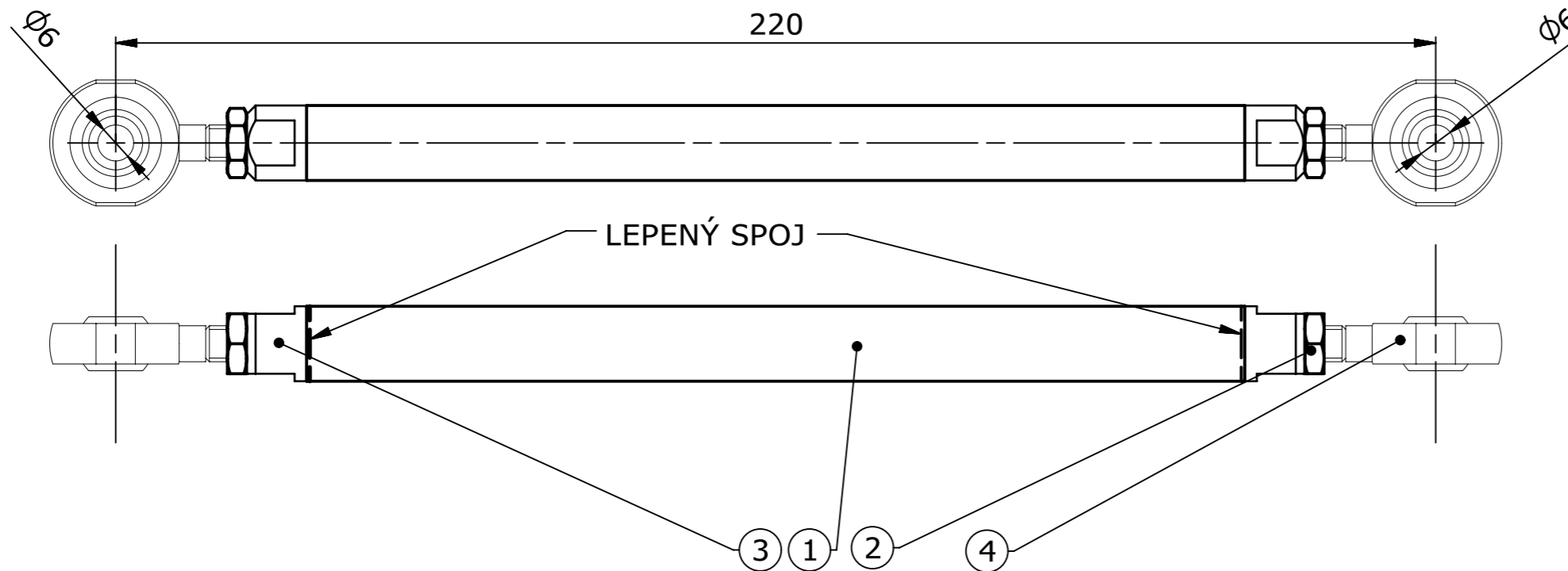
CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		  <p>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</p>
Kreslil / Drawn by		10.5.2018		Fruhauf Ondřej		
Prezkoušel / Checked by						
Schválil / Approved by						
Index zmeny		Popis zmeny / change description		Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature
Tolerance / Tolerovani		Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:		Meritko / Scale
ISO 8015		UWB05-04-32-000_Suspension_Front-Suspension_Push-rod_ASS_DRW		FS UWB05		
ISO 128		Soubor-vykres / DRW-file		C.sestavy / Assembly No.		1:1
ISO 2768mK		UWB05-04-32-000_Suspension_Front-Suspension_Push-rod_ASS_DRW		242 [g]		
Nazev / Title		Rev.		C.hmot.sestavy		Format
Front-Suspension-Push-Rod		1		UWB05-04-32-000		
				List / sheet no. 1		Pocet listu / sheets 1











PLOCHY LEPENÝCH SPOJŮ PŘED NALEPENÍM OČISTIT - LOCTITE SF 7061.  
POSTUP LEPENÍ VIZ. LOCTITE EA 9466.

Pos.	Title	Blank	Material	Weight	Quant.
5	LEPIDLO EA 9466	-	EPOXID	-	-
4	ROD-END-SAKAC-6-M_ROD-END	-	-	23,7	2
3	UWB05-04-98-008_SUSPENSION_GENERAL_PAR TS_SAKAC-6-M-ADAPTOR-TUBE	TR 15 - 60	EN AW 7075 T6	5,6	2
2	NUT-DIN-439-M6_NUT	-	-	1,6	2
1	UWB05-04-37-001_SUSPENSION_FRONT-SUSPE NSION_ANTI-ROLL_LINK_TUBE	TR 14x1 - 165	CARBON	54,1	1
Po z.	Nazev	Polotovary	Material	Hmot nost	Po ce t ks .

Pos.	Title	Blank	Material	Weight	Quant.
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			
Kreslil / Drawn by	29.4.2018	Frůhauf Ondřej			
Prezkoušel / Checked by					
Schválil / Approved by					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	
Tolerance / Tolerovani		Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project: FS UWB05	
ISO 128		UWB05-04-37-000_Suspension_Front-Suspension_Anti-roll_Link		C.sestavy / Assembly No.	
ISO 8015 ISO 2768mK		UWB05-04-37-000_Suspension_Front-Suspension_Anti-roll_Link		C.hmot.sestavy 212 [g]	
Nazev / Title		Rev.		Cislo vykresu / Drawing No.	
Front-Suspension_Anti-roll_Link				UWB05-04-37-000	
				List / sheet no. 1 Pocet listu / sheets 1	
				Meritko / Scale 1:1	
				Format A3	



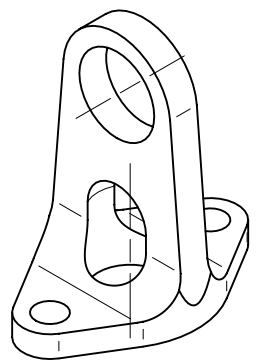
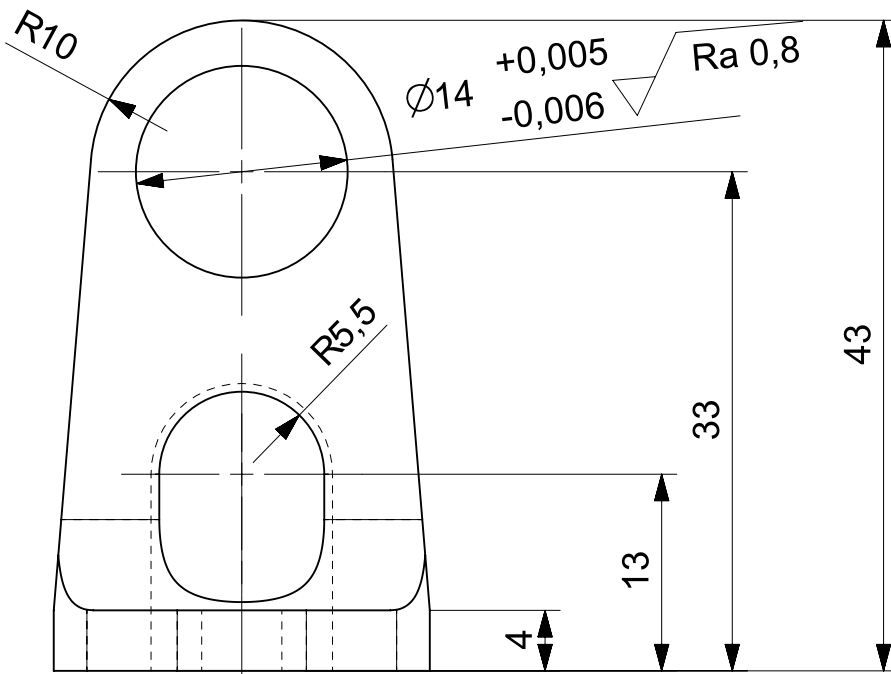
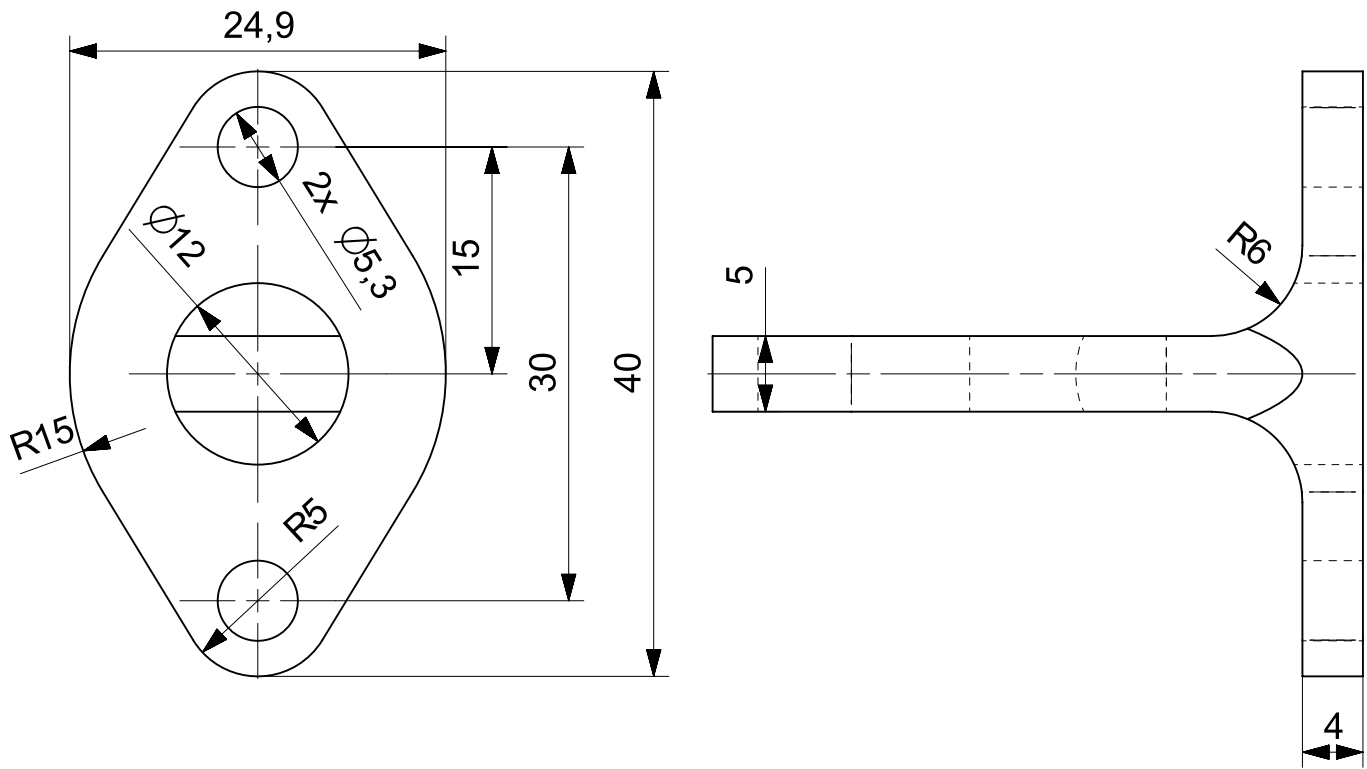
Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

4

3

2

1



Ra 3,2
 Ra 0,8

10	<input checked="" type="checkbox"/>	P30 - 50 x 45	AW 7075 - T6	0,013				
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	20.3.2017	Frühauf Ondřej		
Prezkousel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature

Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznámka / Note:

Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-04-98-001_Suspension_General_parts_GE-6-C-PushRod-Adaptor-Flange_DRW	Projekt / Project: FS UWB05	Meritko / Scale 2:1
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-04-98-001_Suspension_General_parts_GE-6-C-PushRod-Adaptor-Flange_DRW	C.sestavy / Assembly No.	
Nazev / Title <b>PushRod-Adaptor-Flange</b>		Rev. Cislo vykresu / Drawing No. <b>UWB05-04-98-001</b>	Format <b>A4</b>
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1

4

3

2

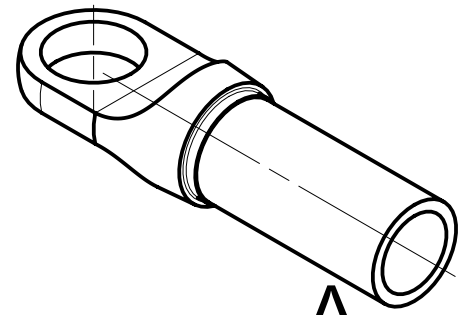
1

4

3

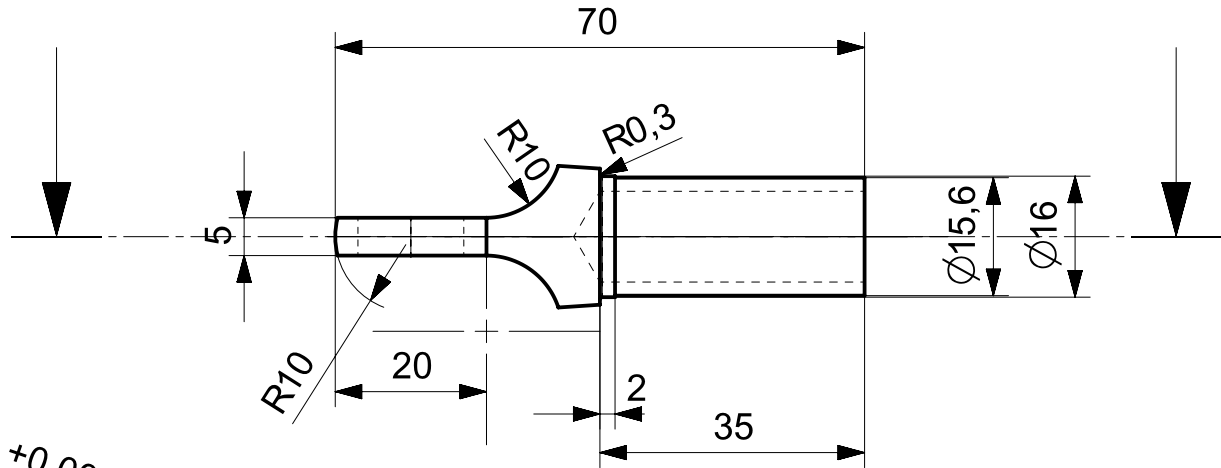
2

1



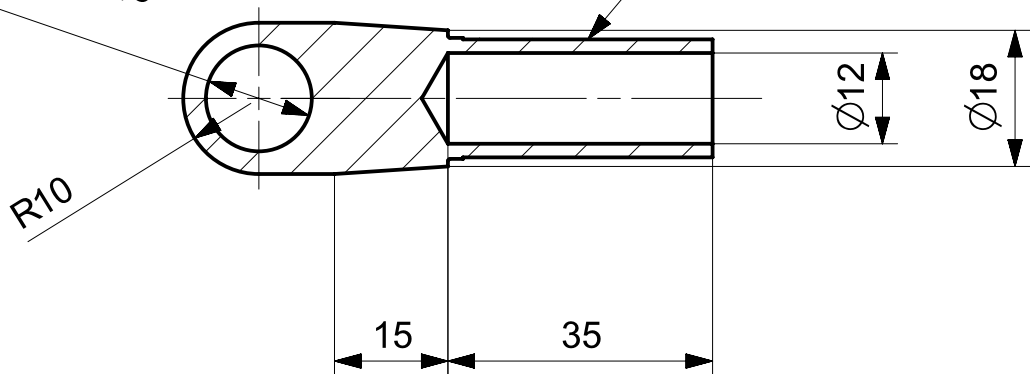
A

A






(1)

SECTION A-A



(1) ZDRSNIT POVRCH: ŘEZZAT DRÁŽKU ZÁVITOVÝM NOŽEM DO HLOUBKY 0,1 mm A STOUPÁNÍM 0,5 mm.

Ra 3,2

4	<input checked="" type="checkbox"/>	KR 25-80	AW 7075 T6		0,018			
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			  <small>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</small>			
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Frühauf Ondřej						
Prezkoušel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:			
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file			Projekt / Project:	FS UWB05	Meritko / Scale		
	Soubor-vykres / DRW-file			C.sestavy / Assembly No.		1:1		
Nazev / Title				Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.		Format	
GE-8-C-PushRod-Adaptor-Tube					UWB05-04-98-003		A4	
				List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets	1	

4

3

2

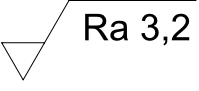
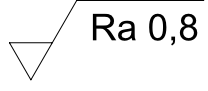
1

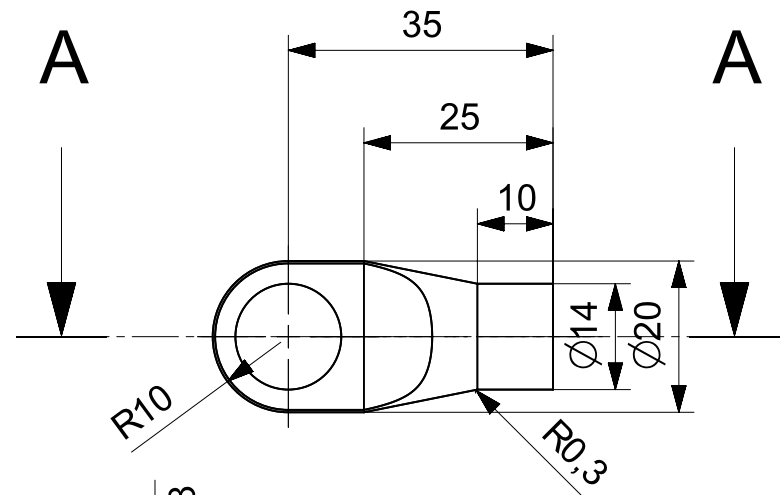
4

3

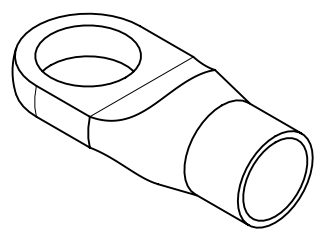
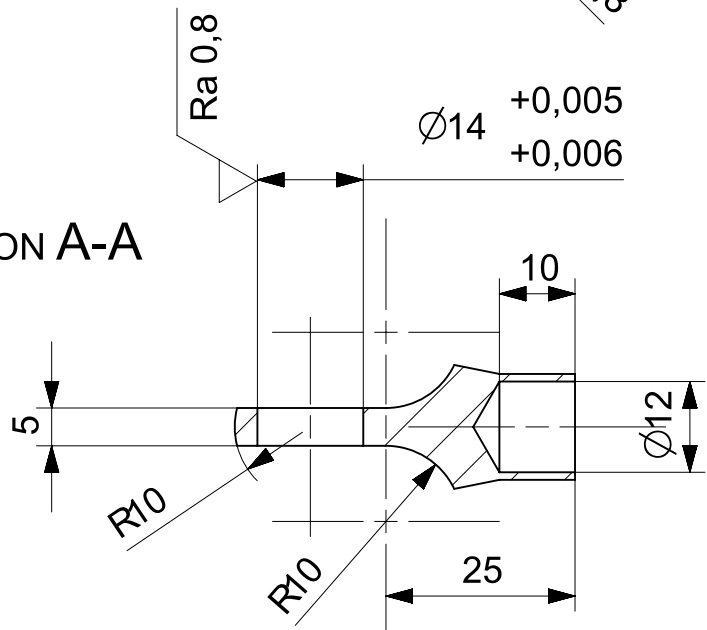
2


1

 Ra 3,2 (
  Ra 0,8
 )



## SECTION A-A




6		Ø 25 - 50	15 130		0,028			
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	19.3.2017	P. Papež		
Prezkousel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

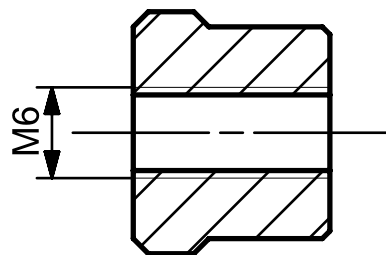
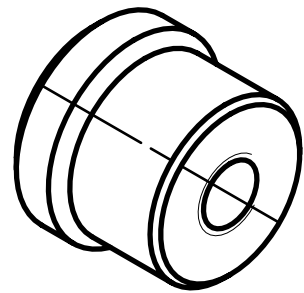
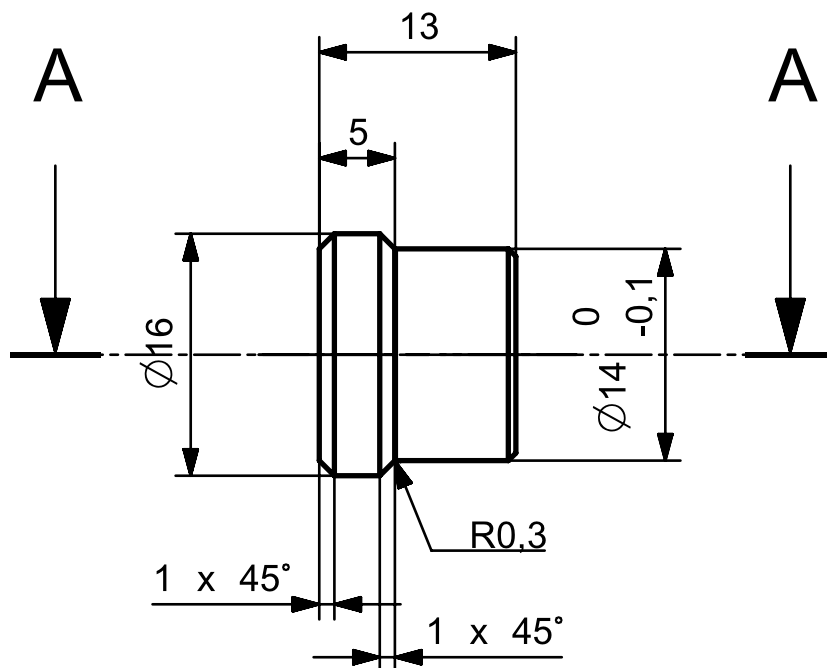
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale
	UWB05-04-98-004_Suspension_General_parts_GE-6-C-PushRod-Adaptor-Tube-Weld-on_DRW		
	Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No.	
	UWB05-04-98-004_Suspension_General_parts_GE-6-C-PushRod-Adaptor-Tube-Weld-on_DRW		
Nazev / Title	Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format
<b>GE6C PushRod Adaptor Tube Weld on</b>		<b>UWB05-04-98-004</b>	<b>A4</b>
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1

4

3

2

1



SECTION A-A

Ra 3,2

20		$\varnothing$ 20 - 15	25CrMo4		0,015			
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Frühauf Ondřej		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature

UNIVERSITY OF WEST BOHEMIA

**uwb**

Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznámka / Note:

	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	FS UWB05	Meritko / Scale
	ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No.		
Nazev / Title			Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format
AM-M6T-Adaptor-Tube-16x1				UWB05-04-98-009	A4
			List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets
				1	

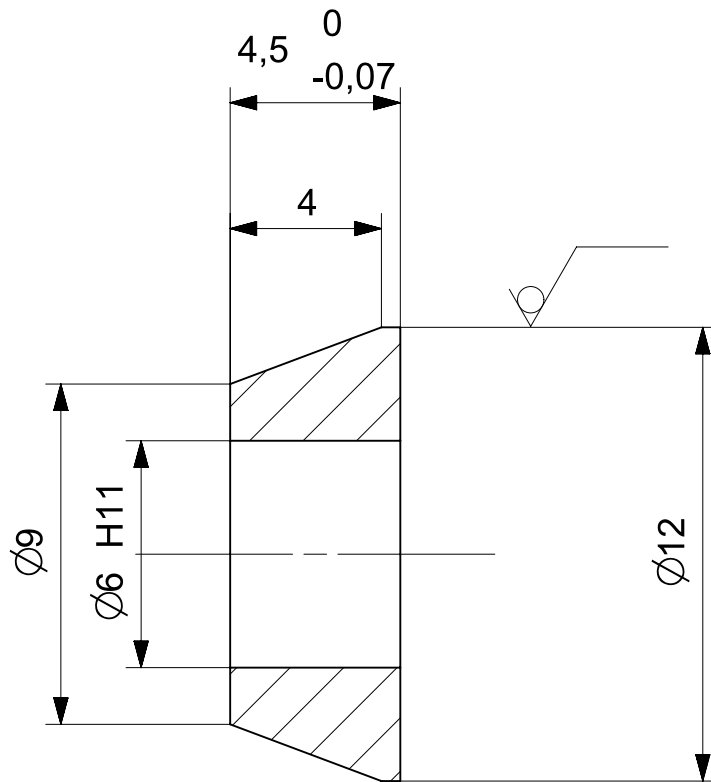


4

3

2

1



Ra 3,2

60

Ø 15 - 10

EN-AW 7075 T6

0,001

Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Ondřej Frühauf		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature



UNIVERSITY  
OF WEST BOHEMIA



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznámka / Note:

 ISO 128 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-04-98-023_Suspension_General_parts_AM-M6T-Insert-4,5_DRW	Projekt / Project: FS UWB05	Meritko / Scale 5:1
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-04-98-023_Suspension_General_parts_AM-M6T-Insert-4,5_DRW	C.sestavy / Assembly No.	
Nazev / Title <b>AM M6T Insert 4,5</b>		Rev.	Cislo vykresu / Drawing No. <b>UWB05-04-98-023</b>
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1
		Format <b>A4</b>	

4

3

2

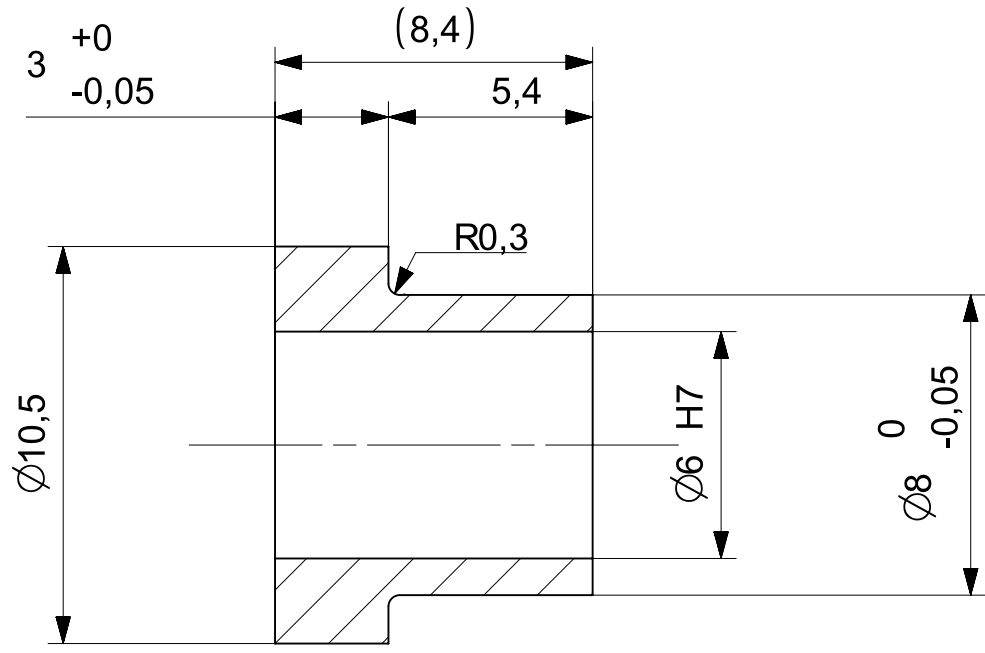
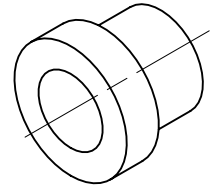
1


4

3



2


1



 Ra 3,2

10		∅ 15 - 10	115CrV3		0,003			
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			  <p>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</p>
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Ondřej Frühauf			
Prezkoušel / Checked by					
Schválil / Approved by					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:

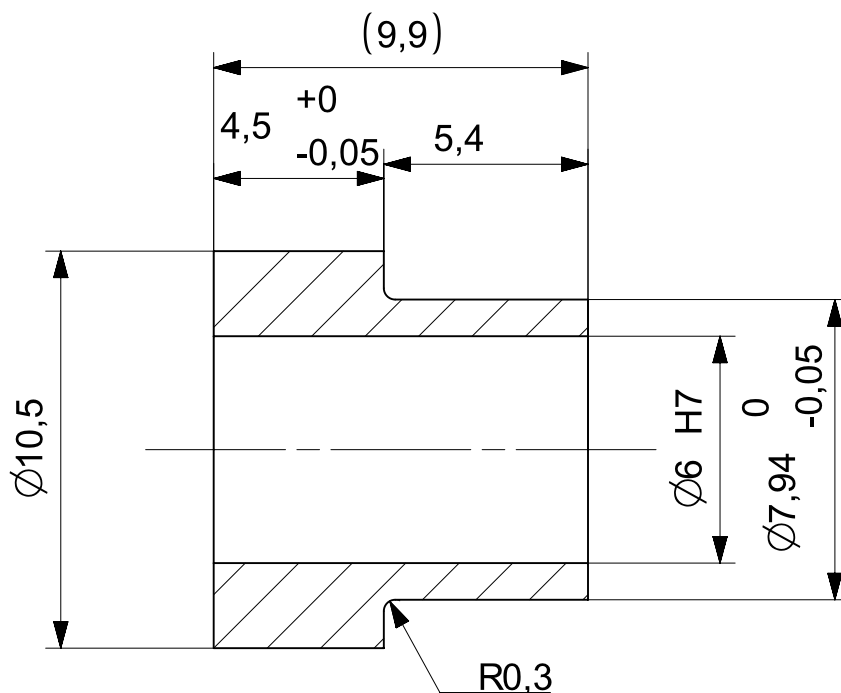
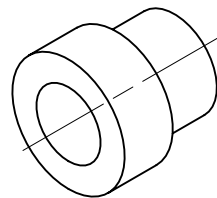
 <p>ISO 128 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK</p>	Soubor-model / ASM-file UWB05-04-98-030_Suspension_General_parts_Damper-Insert-Bell-crank_DRW	Projekt / Project: FS UWB05	Meritko / Scale 5:1
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-04-98-030_Suspension_General_parts_Damper-Insert-Bell-crank_DRW	C.sestavy / Assembly No.	
Nazev / Title <b>Damper insert bell crank</b>		Rev.	Cislo vykresu / Drawing No. <b>UWB05-04-98-030</b>
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1
		Format <b>A4</b>	

4

3

2

1



$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

10		$\varnothing 15 - 15$	115CrV3					
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

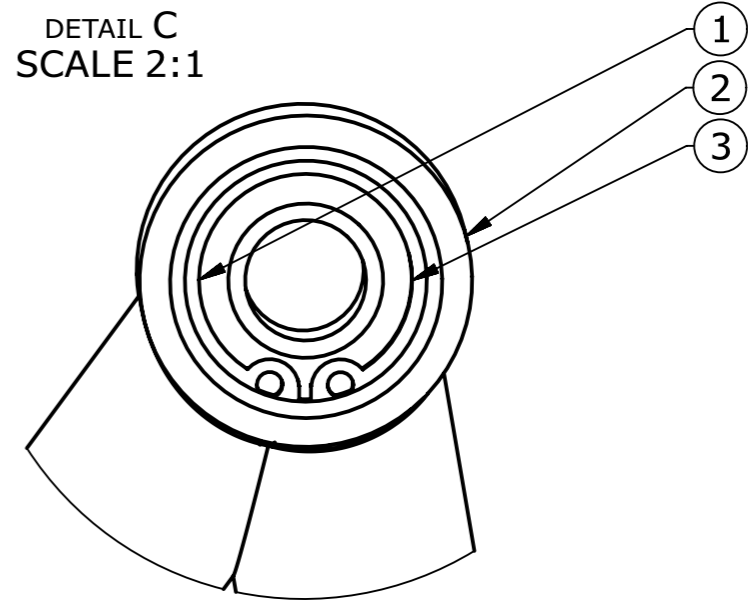
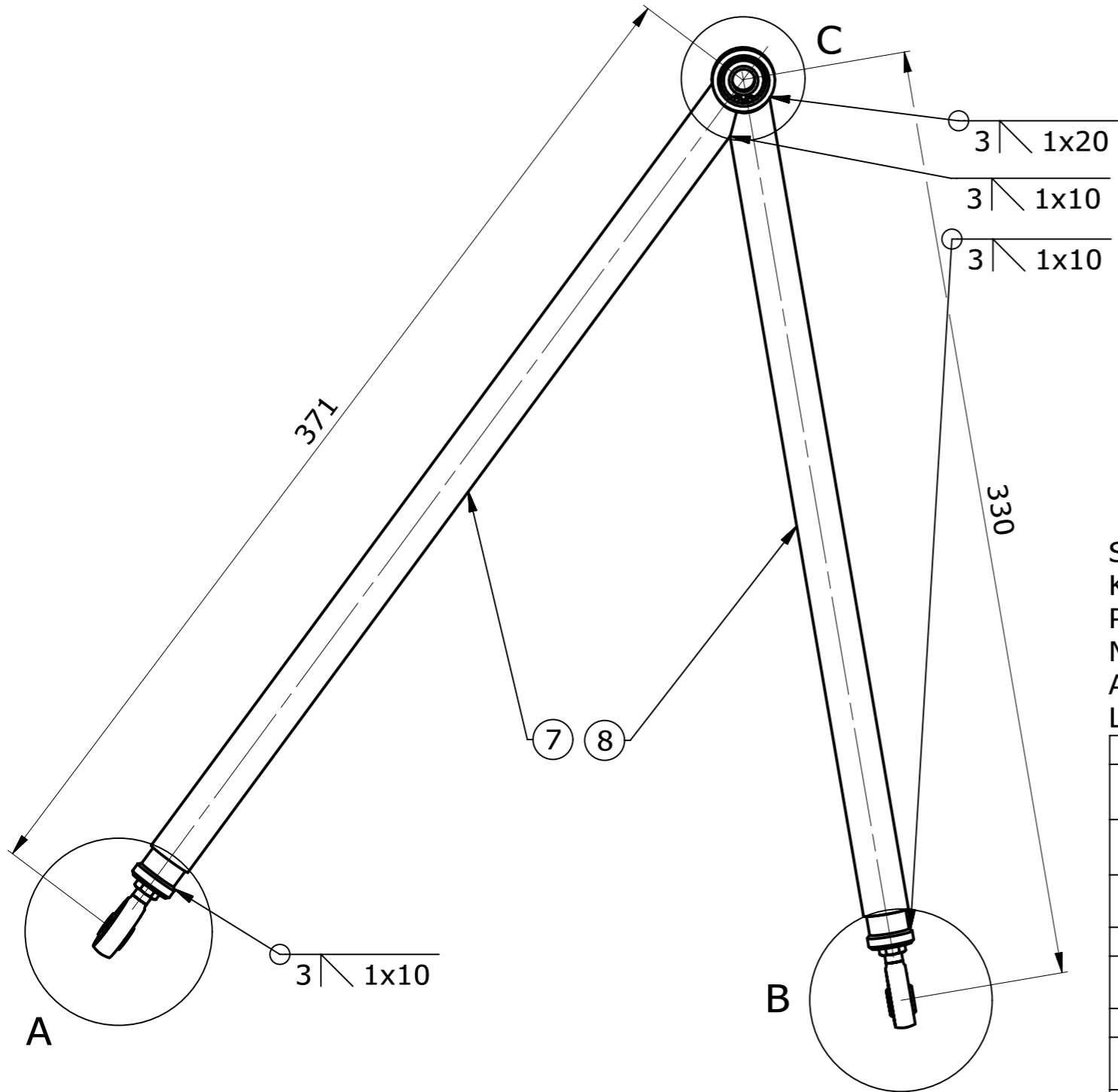
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Ondřej Frühauf		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

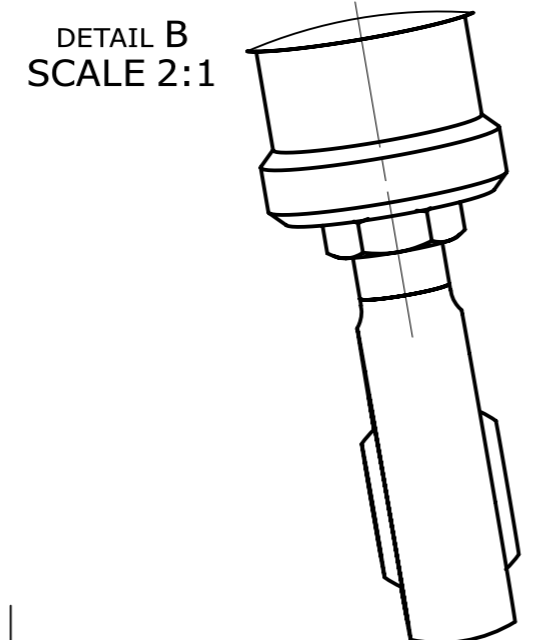
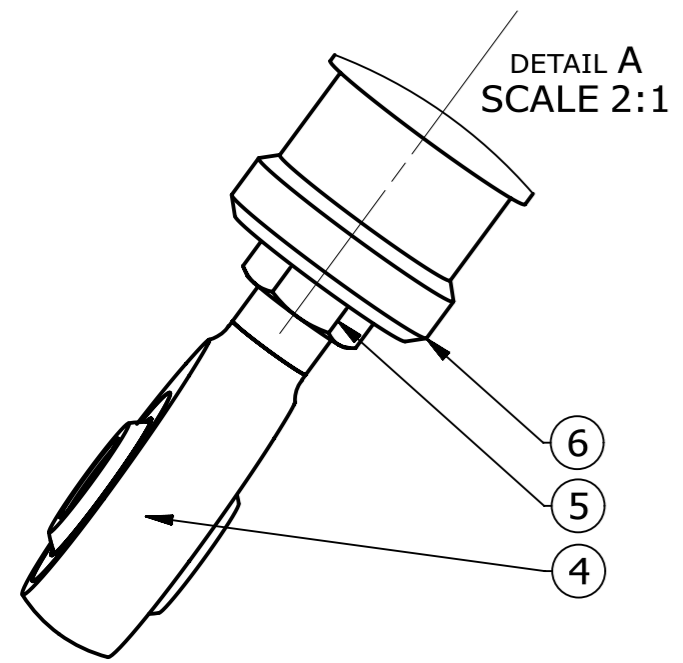
Poznámka / Note:



 ISO 128 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-04-98-031_Suspension_General_parts_Damper-Insert-Frame_DRW	Projekt / Project: FS UWB05	Meritko / Scale 5:1
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-04-98-031_Suspension_General_parts_Damper-Insert-Frame_DRW	C.sestavy / Assembly No.	
Nazev / Title <b>Damper insert frame</b>		Rev. Cislo vykresu / Drawing No. <b>UWB05-04-98-031</b>	Format <b>A4</b>
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1



SVAŘOVAT A-RAMENO V PŘÍPRAVKU PRO SVAŘENÍ, KTERÉ ZAJISTÍ POŽADOVANOU POLOHU. POTÉ PŘIMONTOVAT KLOUBOVÉ HLAVICE AM-M6T, MATICE M6, SFÉRICKÉ LOŽISKO GE-8C A POJISTNÝ KROUŽEK. SFÉRICKÉ LOŽISKO LEPIT -LOCTITE EA 9466.

Pos.	Title	Blank	Material	Weight	Quant.
9	LOCTITE EA 9466	-	EPOXID	-	-
8	UWB05-04-30-001_0	TR $\phi$ 16 x 1 - 310	25CrMo4	105,6	1
7	UWB05-04-30-002_SUSPENSION_FRONT-SUSPENSION_A-ARMS-FL-LOWER_TUBE-REAR	TR $\phi$ 16 x 1 - 360	25CrMo4	124,5	1
6	UWB05-04-98-009_SUSPENSION_GENERAL_PARTS_AB-M6T-ADAPTOR-TUBE-16X1	KR 17 - 15	25CrMo4	15,1	2
5	NUT-DIN-439-M5_NUT	-	-	0,8	2
4	ROD-ENDS-WITH-A-MALE-THREAD_AM-M6T_ROD-ENDS-WITH-A-MALE-THREAD	-	-	0,020	2
3	RETAINING_RING-DIN-472-17_RETAINING_RING	-	-	0,7	1
2	UWB05-04-98-006_SUSPENSION_GENERAL_PARTS_GE-8-C-A-ARMS-HOUSING	KR 20 - 15	25CrMo4	14,9	1
1	SPHERICAL-BEARING-GE-8-C_SPHERICAL-BEARING	-	-	7,0	1
Poz.	Nazev	Polotovar	Material	Hmotnost	Pocet ks.
Pos.	Title	Blank	Material	Weight	Quant.



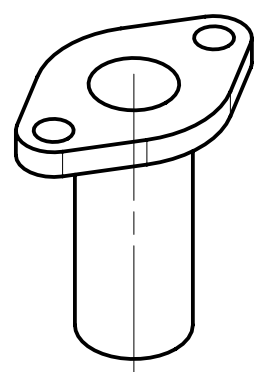
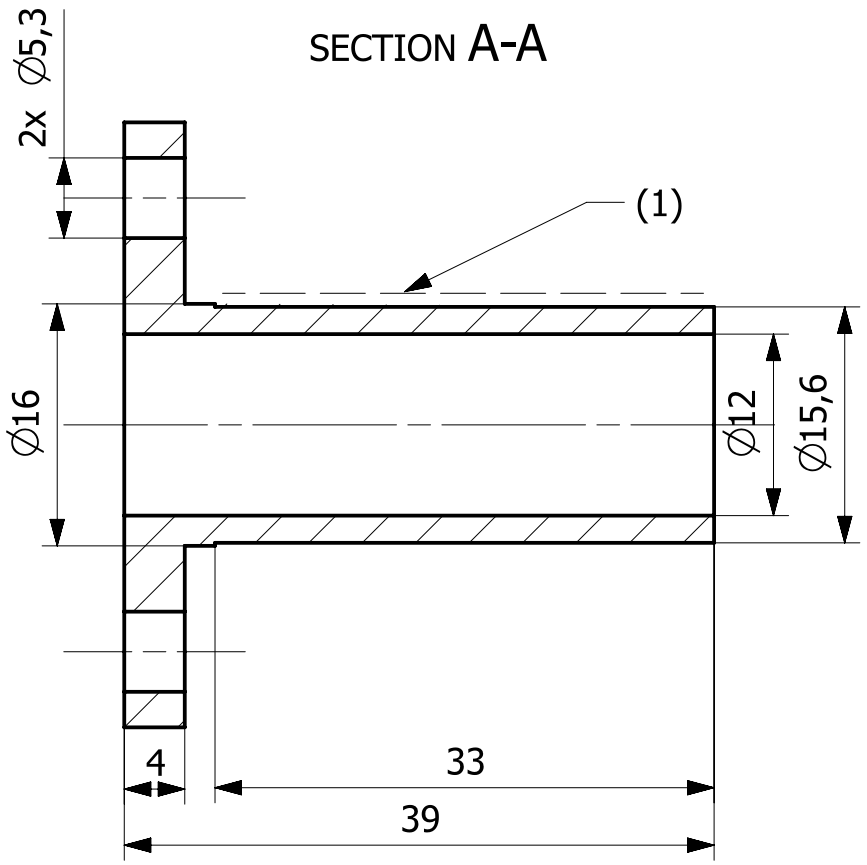
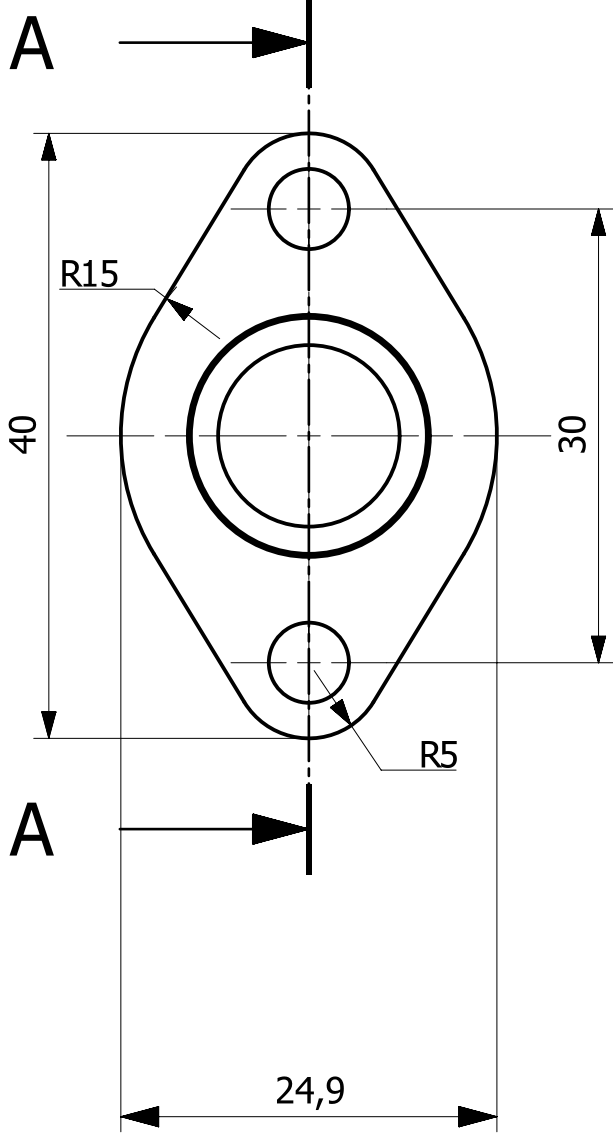
CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		  <p>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</p>	
Kreslil / Drawn by		15.4.2018		Frühauf Ondřej			
Prezkoušel / Checked by							
Schválil / Approved by							
Index zmeny		Popis zmeny / change description		Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:
Tolerance / Tolerovani		Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:		Meritko / Scale	
ISO 8015		UWB05-04-30-000_Suspension_Front-Suspension_A-Arms-FL-Lower		FS UWB05		1:2	
ISO 2768mK		Soubor-vykres / DRW-file		C.sestavy / Assembly No.			
ISO 128		UWB05-04-30-000_Suspension_Front-Suspension_A-Arms-FL-Lower		C.hmot.sestavy		268,6	
Nazev / Title		Rev.		Cislo vykresu / Drawing No.		Format	
Front-Suspension_A-Arms_Lower				UWB05-04-30-000		A3	
		List / sheet no.		Pocet listu / sheets			
		1		1			

4

3

2

1




(1) ZDRSNIT POVRCH: ŘEZAT DRÁŽKU ZÁVITOVÝM NOŽEM DO HLOUBKY 0,1 mm SE STOUPÁNÍM 0,5 mm.


✓ Ra 3.2

4	<input checked="" type="checkbox"/>	KR 45-50	AW 7075 T6	0,013				
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Frühauf Ondřej		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature




UNIVERSITY OF WEST BOHEMIA



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznamka / Note:

 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-04-98-002_Suspension_General_parts_PushRod-Adaptor-Flange-Tube_DRW	Projekt / Project: FS UWB05	Meritko / Scale
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-04-98-002_Suspension_General_parts_PushRod-Adaptor-Flange-Tube_DRW	C.sestavy / Assembly No.	2:1
Nazev / Title <b>PushRod-Adaptor-Flange-tube</b>		Rev. Cislo vykresu / Drawing No. <b>UWB05-04-98-002</b>	Format <b>A4</b>
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1

4

3

2

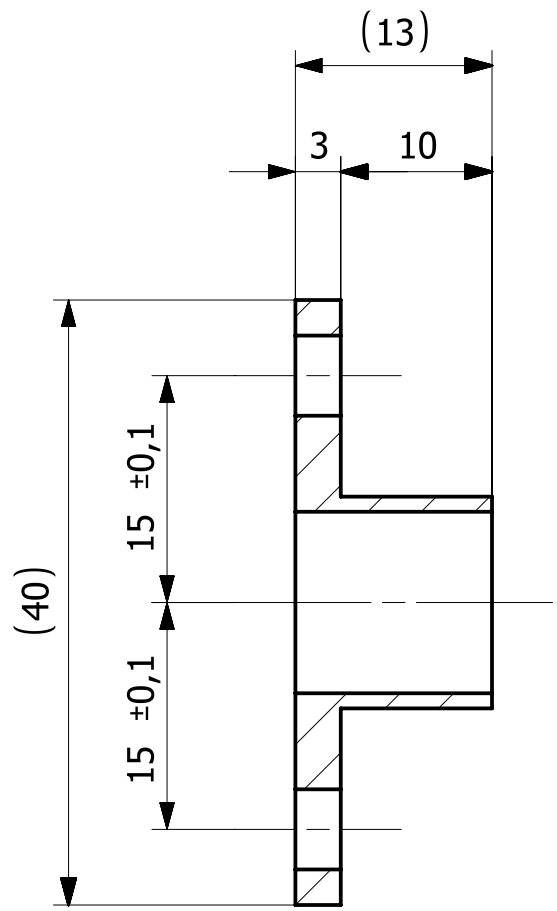
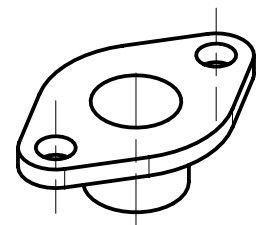
1

4

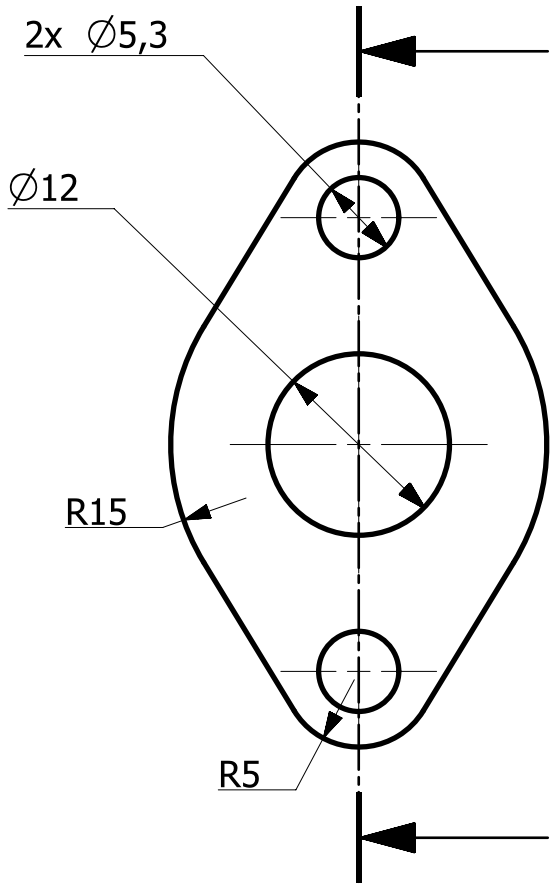
3

2

1



SECTION A-A



Ra 3,2

4		Ø 45 - 20	25CrMo4		0,015			
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Frühauf Ondřej		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature

Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

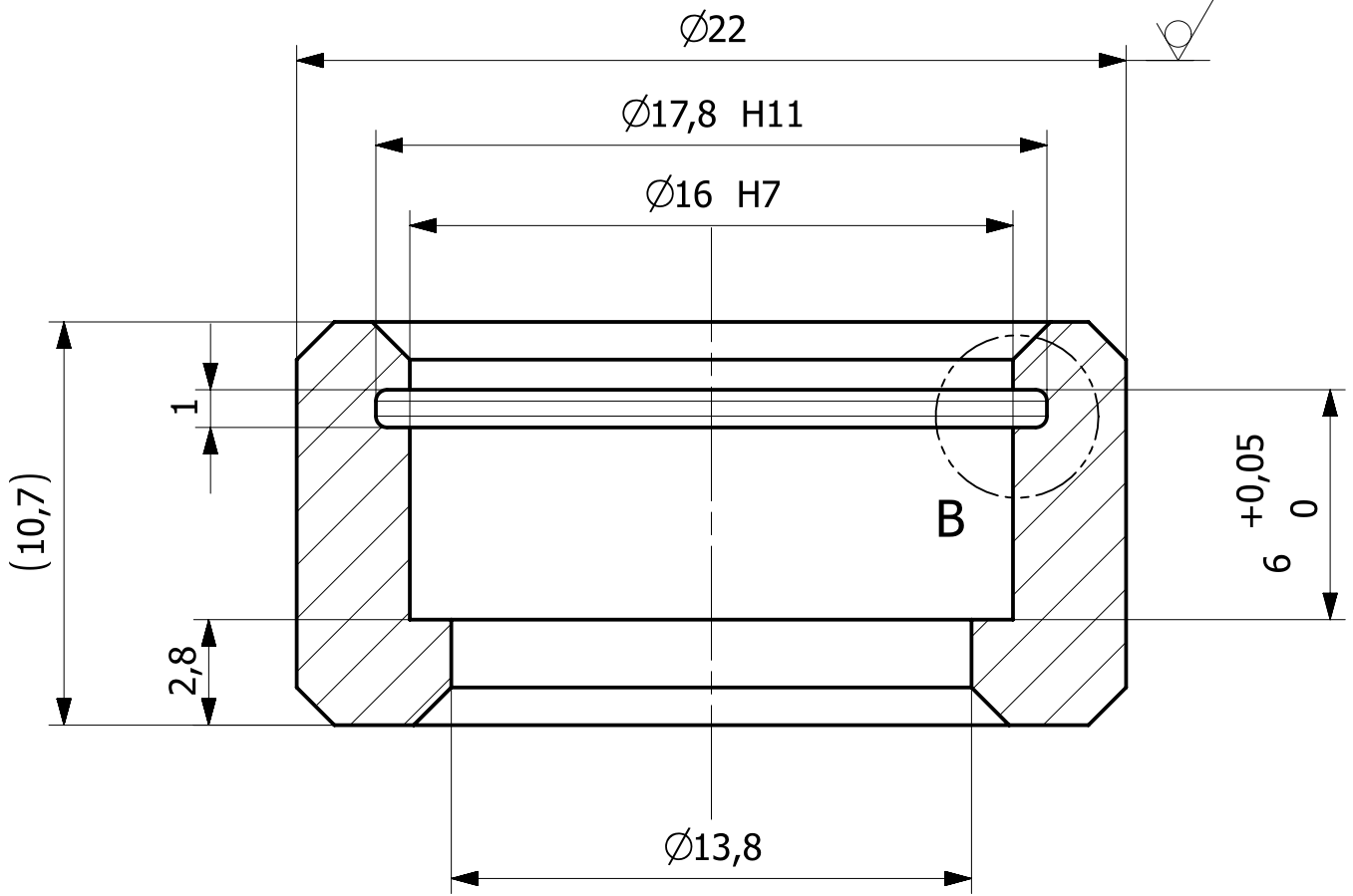
Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-04-98-005_Suspension_General_parts_GE-6-C-PushRod-Adaptor-Flange-Tube-Weld-on	Projekt / Project: FS UWB05	Meritko / Scale <b>2:1</b>
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-04-98-005_Suspension_General_parts_GE-6-C-PushRod-Adaptor-Flange-Tube-Weld-on	C.sestavy / Assembly No.	
Nazev / Title <b>PushRod-Adaptor-Tube-Weld-on</b>		Rev. Cislo vykresu / Drawing No. <b>UWB05-04-98-005</b>	Format <b>A4</b>
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1

4

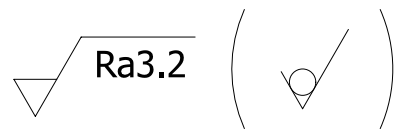
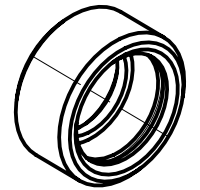
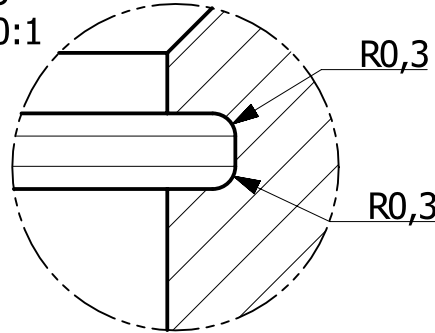
3

2




1



DETAIL B  
SCALE 10:1



Vnější a vnitřní hrany zkosit 1 x 45°

10	Ø25 - 15		25CrMo4		0,015				
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.	
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.	
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			  <p>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</p>				
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Frühauf Ondřej							
Prezkoušel / Checked by									
Schválil / Approved by									
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:				
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file			Projekt / Project:		FS UWB05		Meritko / Scale	
	UWB05-04-98-006_Suspension_General_parts_GE-8-C-A-Arms-Housing_DRW			C.sestavy / Assembly No.				2:1	
Soubor-vykres / DRW-file				Rev.		Cislo vykresu / Drawing No.		Format	
UWB05-04-98-006_Suspension_General_parts_GE-8-C-A-Arms-Housing_DRW						JWB05-04-98-006		A4	
Nazev / Title				List / sheet no.		Pocet listu / sheets			
GE-8E HOUSING UPPER				1		1			

4

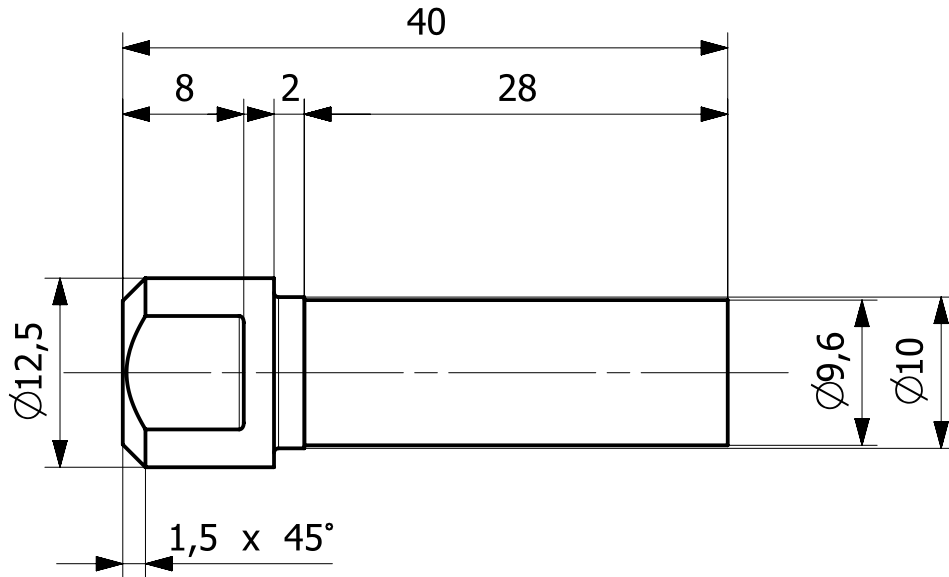
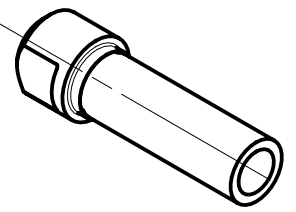
3

2

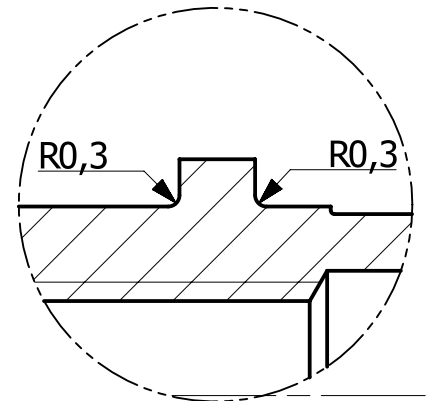
1

A

A



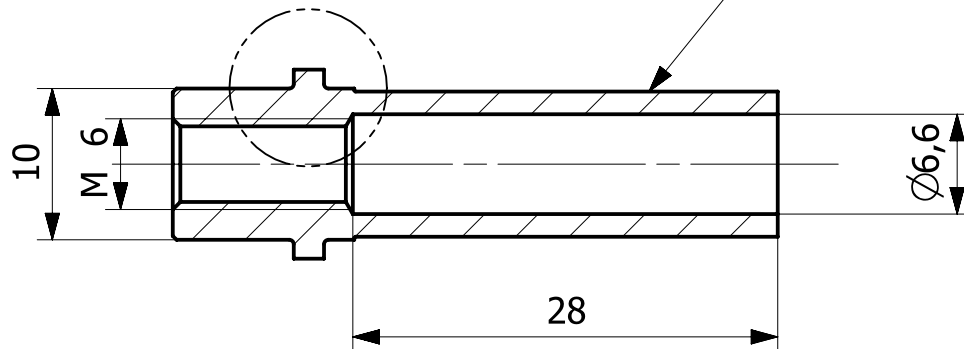
DETAIL B  
SCALE 5:1



B

SECTION A-A

1



(1) ŘEZAT DRÁŽKU ZÁVITOVÝM NOŽEM  
DO HLOUBKY 0,1 mm A STOUPÁNÍM 0,5mm  
NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 0,5x45°

Ra 3,2

10		∅ 12 - 50	EN AW 7075 T6		0,005			
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Frühauf Ondřej		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature



UNIVERSITY  
OF WEST BOHEMIA



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznamka / Note:

 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-04-98-008_Suspension_General_parts_SAKAC-6-M-Adaptor-Tube_DRW	Projekt / Project: FS UWB05	Meritko / Scale
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-04-98-008_Suspension_General_parts_SAKAC-6-M-Adaptor-Tube_DRW	C.sestavy / Assembly No.	2:1
Nazev / Title <b>SAKAC-6-M-Adaptor-Tube</b>		Rev. Cislo vykresu / Drawing No. <b>UWB05-04-98-008</b>	Format <b>A4</b>
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1

4

3

2

1



4

3

2

1

D

D

C

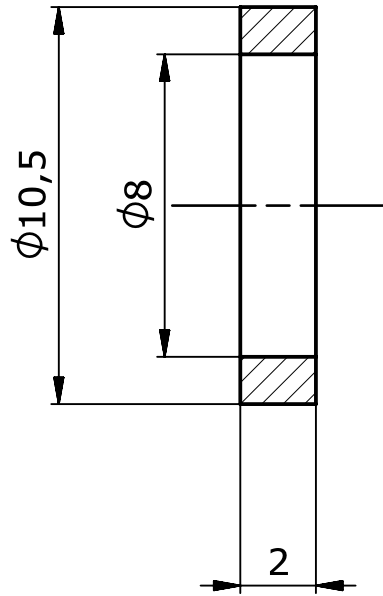
C

B

B

A

A



8		TR $\phi$ 12x5-5	EN AW 7075 T6					
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			Poznámka / Note:
Kreslil / Drawn by	12.4.2018	Frühauf Ondřej			
Prezkoušel / Checked by					
Schválil / Approved by					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	

Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

ISO 128	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale
	ISO 8015 ISO 2768mK	UWB05-04-20-003_Suspension_Front-Suspension_Bell-crank_Spacer-Ring-Outer	FS UWB05	
		Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No.	1:1
		UWB05-04-20-003_Suspension_Front-Suspension_Bell-crank_Spacer-Ring-Outer		
Nazev / Title			Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.
Suspension_Front-Suspension_Bell-crank_Spacer-Ring-Outer				UWB05-04-20-003
			List / sheet no.	Format
			1	A4
			Pocet listu / sheets	1

4

3

2

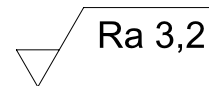
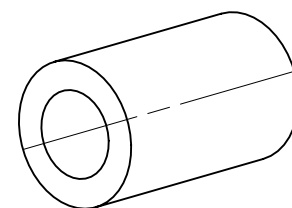
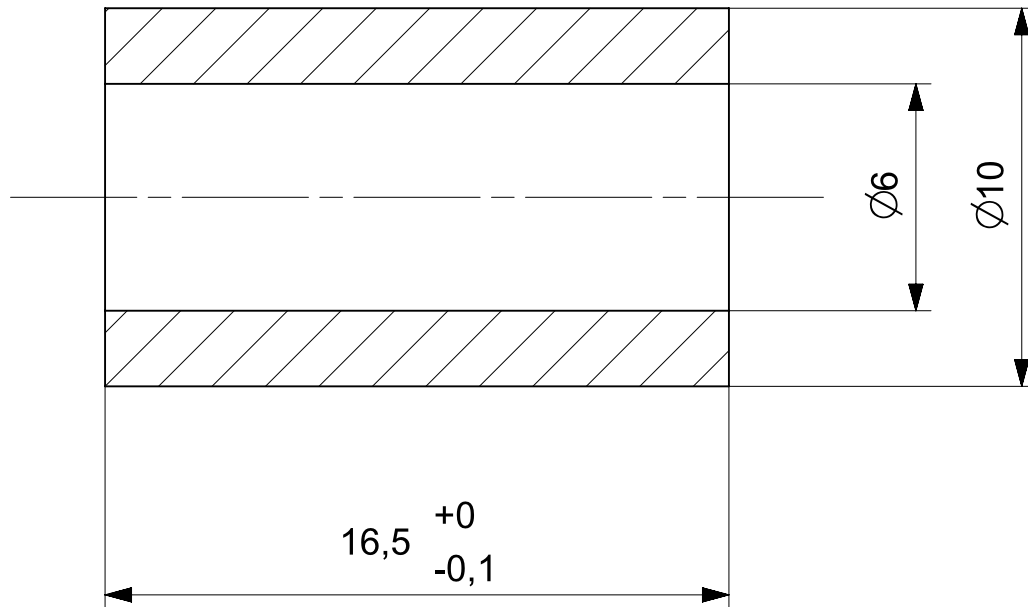
1

4

3

2

1


 Ra 3,2


2	<input checked="" type="checkbox"/>	TR $\varnothing$ 12x2 - 20	EN AW 7075 T6					
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved			
Kreslil / Drawn by		Frühauf Ondřej						
Prezkousel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:			
Tolerance / Tolervani	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:			FS - UWB05		Meritko / Scale	
ISO 128	UWB05-04-20-004_Suspension_Front-Suspension_Bell-crank_Anti-roll-distance_DRW	C.sestavy / Assembly No.					5:1	
ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-vykres / DRW-file	Cislo vykresu / Drawing No.					Format	
UWB05-04-20-004_Suspension_Front-Suspension_Bell-crank_Anti-roll-distance_DRW		UWB05-04-20-004					A4	
Nazev / Title				Rev.	List / sheet no. 1			Pocet listu / sheets 1
Suspension_Front-Suspension_Bell-crank_Anti-roll-distance					1			1

4

3

2

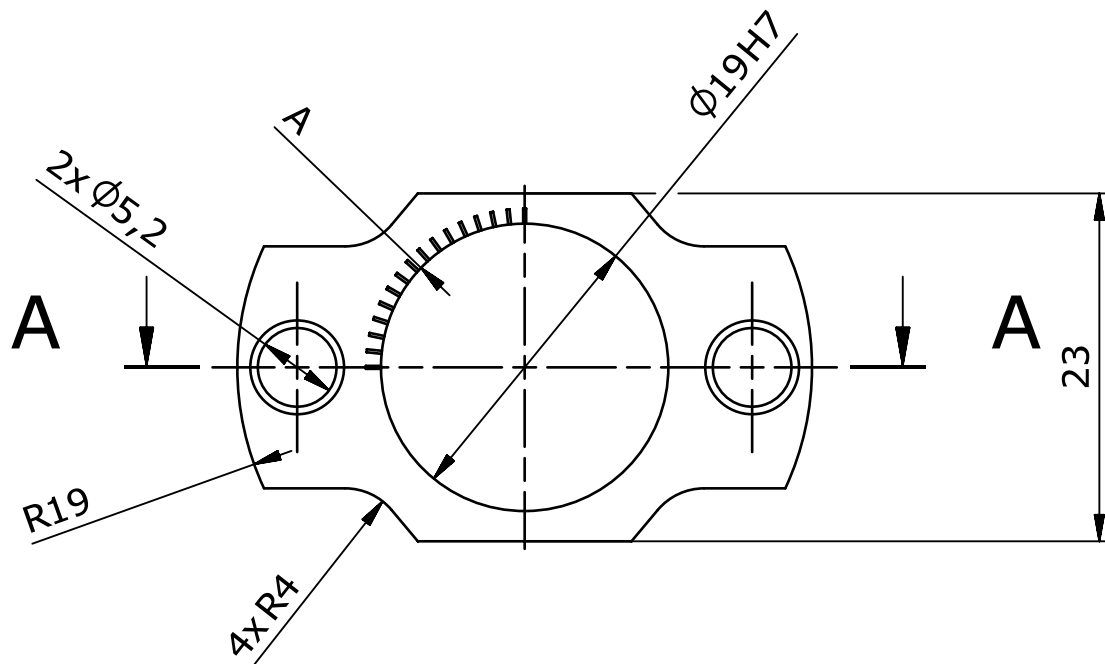
1

4

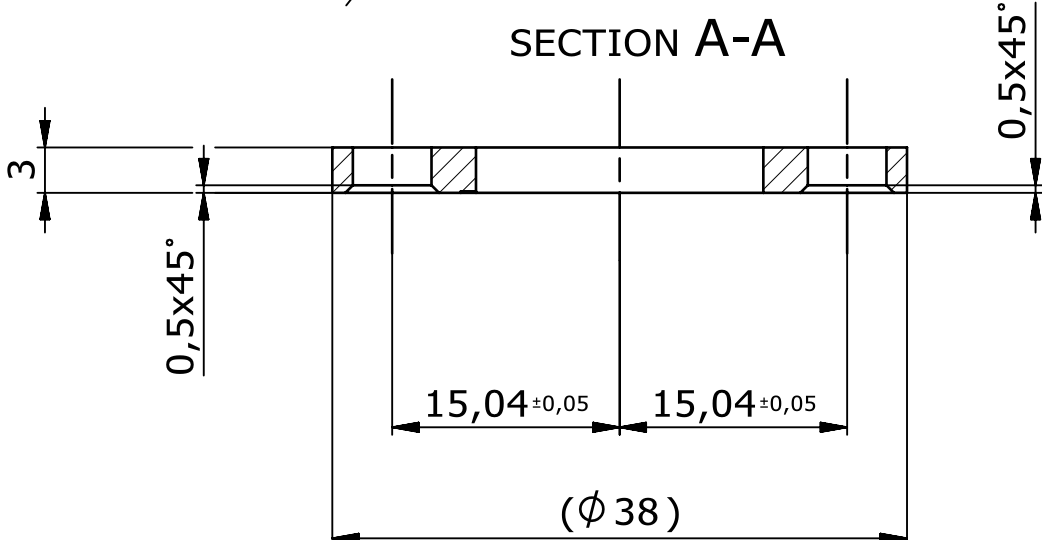
3

2

1



## SECTION A-A



NÉKOTOVANÉ ROZMĚRY DLE CAD DAT.  
(A)-DRÁŽKY ZNAČIT LASEREM PO 5°.

Ra 3,2

1		KR 40 - 5						
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved			
Kreslil / Drawn by	29.4.2018	Frühauf Ondřej						
Prezkousel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:			

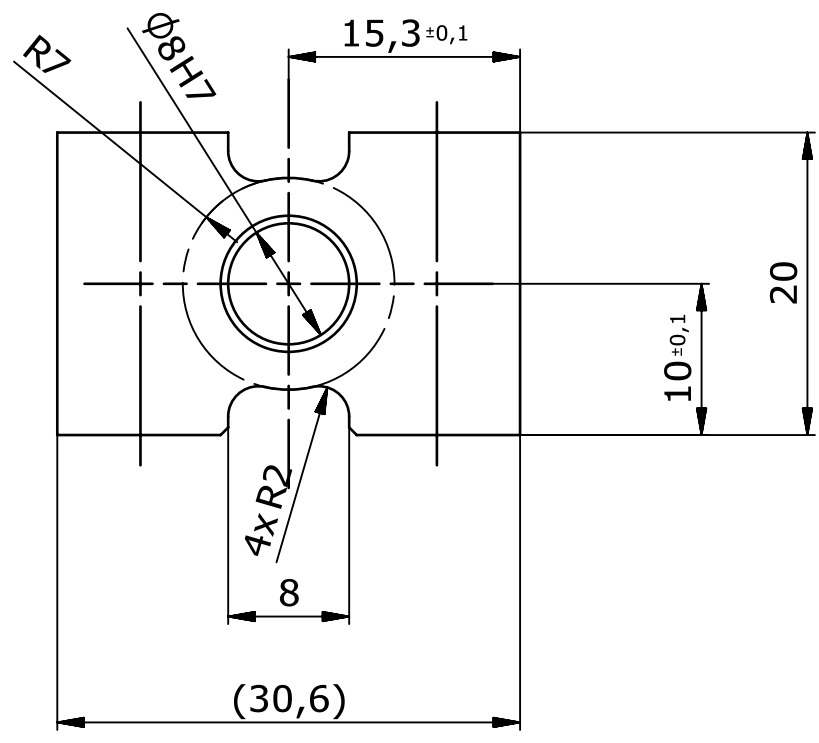
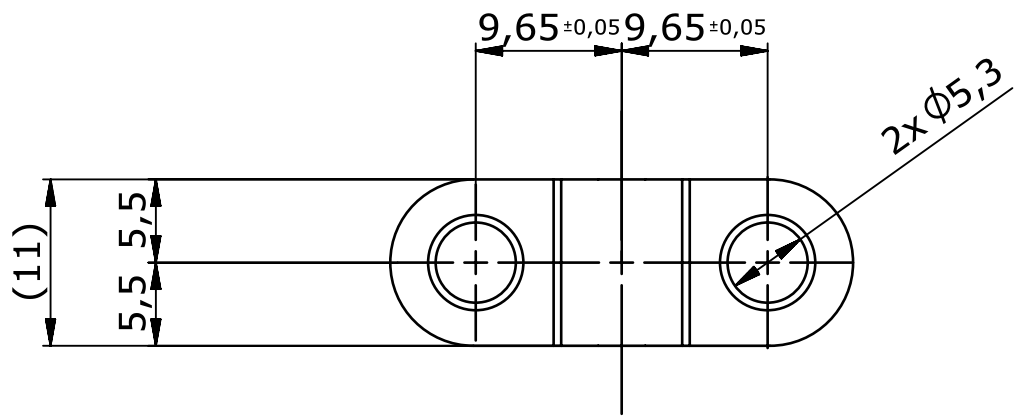
ISO 128	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale	
	ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-vykres / DRW-file	FS UWB05		
Nazev / Title		Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format	
Anti-roll_Pivot-housing-washer			UWB05-04-35-003		
		List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets	1

4

3

2

1



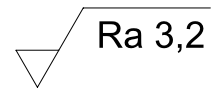
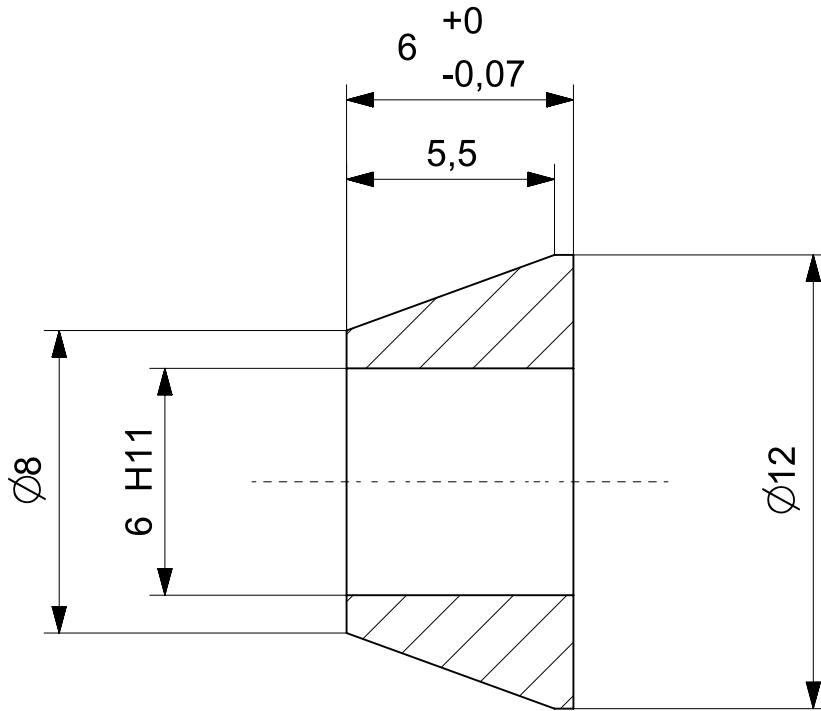
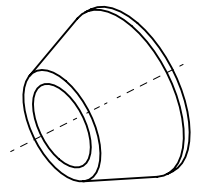
DÍRY  $\phi 5,3$  A  $\phi 8$  ZRAZIT HRANY 1x45°  
NEKOTOVANÉ ROZMĚRY DLE CAD DAT.

Ra 3,2

1	<input checked="" type="checkbox"/>	P 15 - 35 x 30	EN AW 7075 T6					
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			Poznámka / Note:
Kreslil / Drawn by	29.4.2018	Frühauf Ondřej			
Prezkoušel / Checked by					
Schválil / Approved by					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	

ISO 128	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale	
	ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-vykres / DRW-file	FS UWB05		
Nazev / Title		Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format	
Anti-roll_Lower-housing			UWB05-04-35-004		
		List / sheet no.	3	Pocet listu / sheets	3



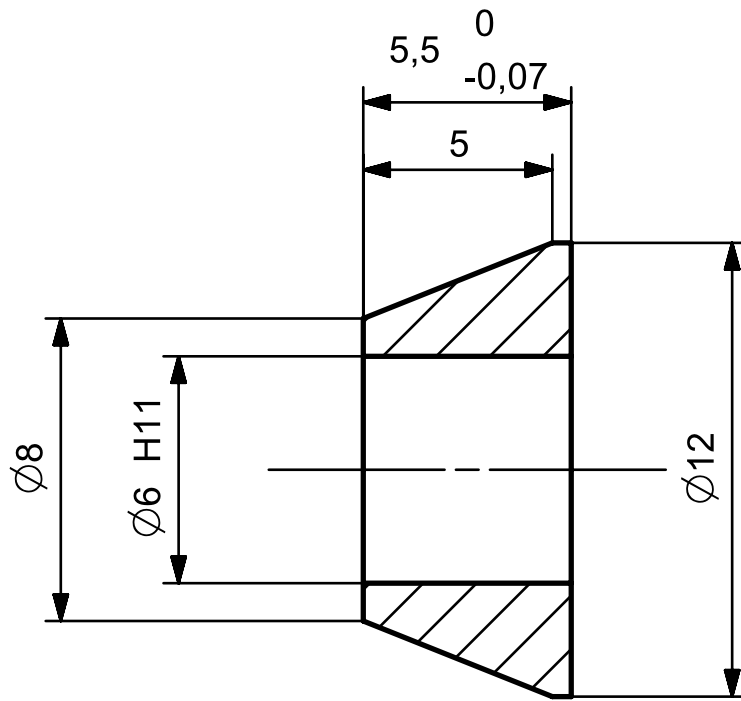
15		$\varnothing$ 15 - 10	EN AW 7075 T6					
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved			
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Frühauf Ondřej						
Prezkoušel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature				
Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:			FS UWB05	Meritko / Scale		
ISO 128	ISO 8015 ISO 2768mK	UWB05-04-98-019_Suspension_General_parts_GE-6-C-Insert-6_DRW			C.sestavy / Assembly No.			5:1
Soubor-vykres / DRW-file				Cislo vykresu / Drawing No.				Format
UWB05-04-98-019_Suspension_General_parts_GE-6-C-Insert-6_DRW				UWB05-04-98-019				A4
Nazev / Title				Rev.				
GE-6-C-Insert-6								
				List / sheet no. 1				Pocet listu / sheets 1

4

3

2

1



$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

20

 $\varnothing$  15-10

EN-AW 7075 T6

Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			Poznámka / Note:
Kreslil / Drawn by	20.3.2018	Ondřej Frühauf			
Prezkoušel / Checked by					
Schválil / Approved by					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	

Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

ISO 128	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	FS UWB05	Meritko / Scale
	ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No.	5:1	
Nazev / Title			Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format
GE-6C-Insert 5,5				UWB04-04-98-020	A4
			List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets
				1	

4

3

2

1