

# Konstrukční řešení manipulačního vozíku

Bc. František Michalík

---

Diplomová práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. František Michalík**  
Osobní číslo: **T13500**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukční řešení manipulačního vozíku**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše k problematice konstrukce manipulačního zařízení.
2. Návrh manipulačního vozíku pro přemísťování kovacího lisu včetně návrhu hydraulického zvedacího zařízení a prvků pro připojení.
3. Zpracování 3D sestavy manipulačního vozíku.
4. Provedení konečně-prvkové analýzy navrženého řešení.
5. Ekonomické zhodnocení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Dle vedoucího diplomové práce.**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**30. ledna 2015**

Termín odevzdání diplomové práce:

**13. května 2015**

Ve Zlíně dne 30. ledna 2015

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Bc. Michalík František

Obor: Konstrukce technologických zařízení

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

11.5.2015



---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá konstrukcí manipulačního vozíku pro Kovárnu VIVA a.s. Tento vozík bude sloužit pro přesun kovacího lisu mezi kovacími linkami. Samotný konstrukční návrh je prováděn dle platných mezinárodních, evropských a českých technických norem. Součástí práce je i návrh prvků rychlého připojení pro okamžité zapojení linky do provozu. V poslední části je rozebráno ekonomické zhodnocení v porovnání původního stavu a aktuálního stavu.

Klíčová slova: vozík, transport, kovárna, lis, konstrukce

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the construction forklift truck for forging shop VIVA. This truck will be used to move between the forging press and forging lines. The actual constructional design is performed in accordance with applicable International, European and Czech technical standards. The work also includes design elements fast connection for immediate involvement of the line in operation. In the last section we discuss the economic evaluation compared with the original condition and current status.

Keywords: Truck, Transport, Forging shop, Press, Construction

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Děkuji Ing. Ondřejovi Bílkovi Ph.D., Ing. Františkovi Tomečkovi, Ing. Janě Knedlové a Jiřímu Linkovi za jejich odborné rady a pomoc, které byly využity při vypracování této diplomové práce.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 MANIPULAČNÍ VOZÍKY</b> .....	<b>13</b>
1.1 PRINCIP MANIPULAČNÍCH VOZÍKŮ .....	13
1.2 TYPY VOZÍKŮ .....	13
1.2.1 Speciální manipulační vozíky .....	14
1.3 OBLASTI POUŽITÍ.....	14
<b>2 KOVÁNÍ</b> .....	<b>15</b>
2.1 VOLNÉ KOVÁNÍ .....	17
2.2 ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ .....	18
2.2.1 Padací buchary .....	19
2.2.2 Vřetenové lisy .....	19
2.2.3 Svislé kovací lisy.....	19
2.2.4 Kolenové lisy .....	19
<b>3 ČÁSTI MANIPULAČNÍHO VOZÍKU A JEJICH KONTROLA</b> .....	<b>20</b>
3.1 NORMALIZOVANÉ PROFILY .....	20
3.2 PRŮMYSLOVÁ KOLA .....	22
3.3 SPOJE .....	24
3.3.1 Šroubové spoje .....	24
3.3.2 Svarové spoje .....	27
<b>4 METODA KONEČNÝCH PRVKŮ</b> .....	<b>32</b>
4.1 VYUŽITÍM FEM.....	32
4.2 PRINCIP FEM .....	33
4.3 ROZDÍL MEZI ANALYTICKOU A NUMERICKOU METODOU .....	34
4.4 ZÁKLADNÍ VELIČINY OBECNÉ PRUŽNOSTI.....	35
4.4.1 Rovnice rovnováhy .....	35
4.4.2 Geometrické rovnice .....	35
4.4.3 Konstituční vztahy .....	36
4.5 PŘESNOST ÚLOH ŘEŠENÝCH METODOU FEM.....	36
4.6 REDUKOVANÉ NAPĚTÍ A EKVIVALENTNÍ NAPĚTÍ.....	38
<b>5 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE</b> .....	<b>40</b>
5.1 KONSTRUKČNÍ HLEDISKO .....	40
5.1.1 Dědičnost.....	41
5.1.2 Simplifikace .....	41
5.1.3 Typizace .....	42
5.1.4 Unifikace .....	42
5.1.5 Normalizace .....	42
5.2 TECHNOLOGICKÉ HLEDISKO .....	43
5.2.1 Materiál součástí .....	43
5.2.2 Nástroj .....	44
5.2.3 Stroj .....	44
5.2.4 Výrobní postup.....	45



5.3	EKONOMICKÉ HLEDISKO .....	45
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>KOVÁRNA VIVA .....</b>	<b>48</b>
6.1	HISTORIE FIRMY .....	48
6.2	VÝROBA .....	50
6.2.1	Výrobní linky kovací.....	50
6.2.2	Kalibrace .....	50
6.2.3	Dělení materiálu .....	50
6.2.4	Tepelné zpracování .....	50
6.2.5	Obrábění výkovků .....	50
6.2.6	Povrchové úpravy výkovků.....	50
6.2.7	Finální inspekce .....	51
6.2.8	Expedice .....	51
6.3	SORTIMENT .....	51
6.3.1	Automobily .....	51
6.3.2	Vysoko zdvižné vozíky .....	51
6.3.3	Hydraulika .....	52
6.3.4	Další produkty .....	52
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE MANIPULAČNÍHO VOZÍKU .....</b>	<b>53</b>
7.1	CÍLE ŘEŠENÍ .....	53
7.1.1	Ekonomické.....	53
7.1.2	Personální .....	53
7.1.3	Flexibilita .....	53
7.1.4	Možnosti jiného využití.....	53
7.2	KOVACÍ LIS .....	54
7.3	PODLAHA .....	54
7.4	ZPRACOVÁNÍ MODELU .....	55
7.4.1	Volba materiálů .....	57
7.4.1.1	Obdélníková trubka.....	57
7.4.1.2	Plechý.....	58
7.4.1.3	Spojovací prvky .....	58
7.4.1.4	Materiál na výrobu hřídelí .....	59
7.5	POPTÁVKA MATERIÁLU .....	60
7.5.1	Hutní materiál.....	60
7.5.2	Kola o vysoké nosnosti .....	60
7.5.3	Spojovací a upínací prvky .....	62
7.6	VOLBA ULOŽENÍ JEDNOTLIVÝCH NÁPRAV .....	63
7.6.1	Zadní náprava.....	63
7.6.2	Přední náprava.....	63
7.7	ŠROUBOVÉ SPOJE.....	63
7.8	SVAROVÉ SPOJE.....	64
7.9	VÝPOČET HŘÍDELE .....	65
7.9.1	Přední hřídel - vnitřní statické účinky .....	65
7.9.2	Zadní hřídel .....	68

7.10	VÝPOČET POTŘEBNÉ SÍLY NA POSUNUTÍ VOZÍKU .....	71
7.11	ANALÝZA METODOU KONEČNÝCH PRVKŮ .....	72
7.11.1	Zadní hřídel .....	72
7.11.2	Přední hřídel .....	77
7.11.3	Oje .....	90
7.11.4	Sestava.....	95
7.12	BEZPEČNOSTNÍ PRVKY MANIPULAČNÍHO VOZÍKU .....	101
<b>8</b>	<b>PRVKY PRO PŘEMÍSTĚNÍ KOVACÍHO LISU .....</b>	<b>102</b>
8.1	ZVEDÁNÍ KOVACÍHO LISU .....	102
8.2	POMOCNÉ PRVKY NA KOVACÍM LISU KVŮLI ZVEDÁNÍ.....	102
8.3	PRVKY RYCHLÉHO PŘIPOJENÍ LISU.....	103
8.4	KOTVENÍ LISU .....	103
<b>9</b>	<b>EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>104</b>
9.1	PŮVODNÍ STAV .....	104
9.2	NOVÝ STAV .....	104
9.3	CELKOVÉ ZHODNOCENÍ .....	104
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>106</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>107</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>109</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>112</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>116</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>118</b>

## ÚVOD

Současná doba nás nutí hledat způsoby, kde ušetřit náklady a tím zvýšit efektivnost a zisk. Bez tohoto aspektu bychom nemohli na trhu uspět a prosadit se. Zlínská firma Kovárna VIVA a.s., která patří mezi největší tuzemské kovárny, tuto problematiku řeší, aby nezůstala pozadu oproti konkurenci. Specializuje se na výrobu zápustkových výkovků z legovaných, uhlíkových a konstrukčních ocelí.

V tomto smyslu byla i zadána diplomová práce na téma Konstrukční řešení manipulačního vozíku. Prvním aspektem zadání této práce bylo vyřešení problematiky transportu kovacího lisu mezi kovacími linkami dle potřeby výroby. V současné podobě byla potřeba externí firma. Tyto práce jsou proto velice nákladné a časově náročné. Hlavním cílem této práce je zrychlit a zlevnit tuto operaci za použití vlastních prostředků.

V teoretické části diplomové práce bude probrána teoretická problematika návrhu v kapitolách ocelové konstrukce, manipulační vozíky, kování a pružnost pevnost. Naopak v praktické části se bude rozebírat už samotná problematika návrhu manipulačního zařízení. Tato část je rozdělena do bodů Kovárna VIVA a.s., konstrukce manipulačního vozíku, prvky pro přemístění kovacího lisu a ekonomické zhodnocení.

Diplomová práce bude postupovat dle platných mezinárodních, evropských a českých norem včetně značení materiálů a konstrukčních postupů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 MANIPULAČNÍ VOZÍKY

Jako prostředky pro manipulaci s různými druhy nákladu na dílně, skladu či provozu jsou nejvíce rozšířeny manipulační vozíky.

### 1.1 Princip manipulačních vozíků

Manipulační vozíky nám nejčastěji slouží pro dopravení určitého nákladu z místa A do místa B. Tento náklad je specifický podle vozíku, pro kterou operaci je určený. Využití nachází od lehké kancelářské práce až po těžké průmyslové provozy v extrémních podmínkách.

### 1.2 Typy vozíků

V průmyslové či jiné sféře se v hojné míře využívá manipulačních vozíků pro zefektivnění procesu práce. Tyto vozíky jsou vyráběny v různých provedeních a velikostech přímo pro účel jejich použití.

Můžeme je rozdělit do skupin:

- ruční
- s pohonem
- přívěsné



Obr. 1 Typy manipulačních vozíků [13]

### 1.2.1 Speciální manipulační vozíky

Speciální manipulační vozíky bývají konstruovány přímo pro operaci, pro kterou jsou určeny. Proto se jejich výrobou a vývojem spojený se samostatným sestavením zabývají firmy, které se přímo na tuto problematiku zaměřují.



*Obr. 2 Speciální manipulační vozík č.1 [14]*



*Obr. 3 Speciální manipulační vozík č.2 [14]*

### 1.3 Oblasti použití

Oblast využití manipulačních vozíků je velmi široká. Dalo by se dokonce říct, že uplatnění najdou bezmála ve všech průmyslových odvětvích.

## 2 KOVÁNÍ

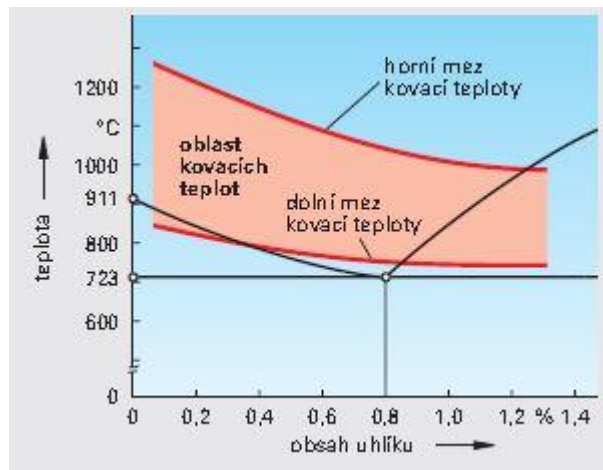
Kování zařazujeme do kategorie těžkého průmyslu. Zaměřuje se na zpracování hlavně ocelí a hliníku, při procesu, kdy na materiál působí teplo a tlak. První zmínky o zpracování železa se datují v období okolo tří tisíc let před Kristem. [1]



*Obr. 4 Kovárenství [15]*

Kování spadá do kategorie tváření. Během tohoto procesu vlivem vnějších sil se materiál vlivem deformace objemově přemísťuje bez porušení soudržnosti. Výstupem pak jsou polotovary v hutní výrobě, hotové výrobky nebo postupují k dalšímu zpracování. V programu sériové výroby se využívá metod přesného objemového tváření. Tato metoda nám zajišťuje požadovanou jakost výrobku, který se již nemusí dále zpracovávat.

Technologie tváření je rozdělena na tváření za tepla nebo tváření za studena. K lepšímu tváření musíme materiál před samotným tvářením ohřívat, abychom zmenšili tvářecí síly. Požadovaná teplota se nazývá kovací teplota a ohřevem na tuto teplotu snižujeme pevnost materiálu. [2]



Obr. 5 Oblast kovacích teplot [16]

Oblast kovacích teplot je námi požadovaná hodnota, které se snažíme dosáhnout. Tato teplota je pro každý materiál jiná, neboť je závislá na materiálu a jeho chemickém složení.

Základní dělení tváření můžeme rozdělit z více hledisek.

Podle charakteru:

- plošné
- objemové

Podle teploty:

- za tepla
- za studena
- za poloohřevu
- neúplného ohřevu

Podle metod:

- konvenční
- nekonvenční

Samotné kování rozdělujeme na:

- volné kování
- zápusťkové kování [4]

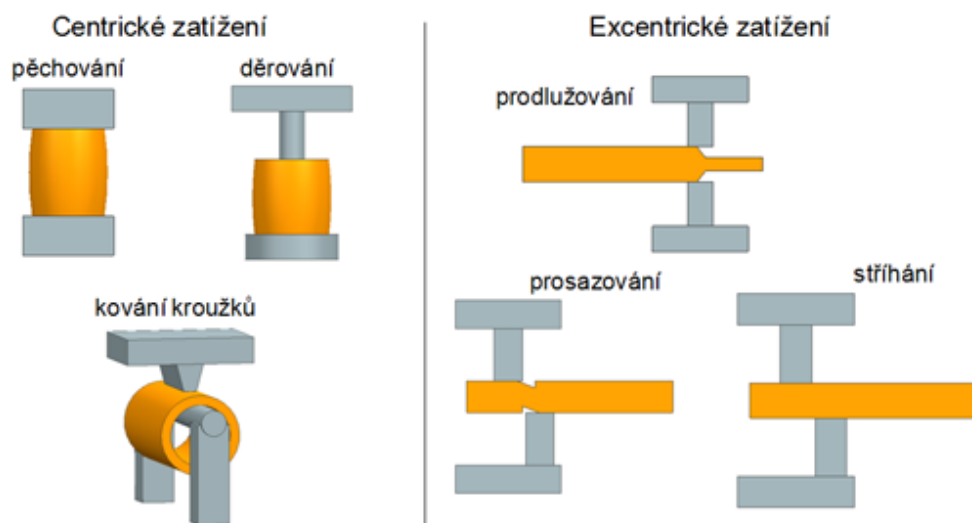


## 2.1 Volné kování

Při volném kování se materiál zpracovává převážně postupně za použití víceúčelových nástrojů a náradí. Rozděluje se dále na řadu dílčích operací, z nichž nejvýznamnější je pěchování. Při tomto procesu je zvětšován příčný průměr polotovaru na úkor jeho výšky. Další operací je prodlužování, jehož princip je opačný a kam patří i prodlužování a rozkování na trnu, osazování, prosazování a přesazování, děrování plným a dutým trnem, sekání. [4]

Hlavní části volného kování:

- kovadlina - plocha, na které se tváří materiál
- kladiva - existují ruční 1-2 kg nebo přitloukáci 4-12 kg. Mají obě strany zakaleny a obsah uhlíku je 0,7-1 %.
- kovářské kleště - používají se k uchycení materiálu a tlumení rázů [5]



*Příklad monitorování některých základních technologických operací pro volné kování na hydraulických lisech*

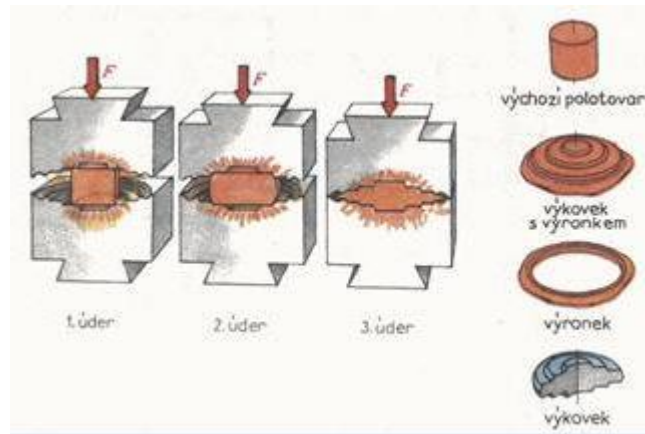
*Obr. 6 Volné kování [17]*

## 2.2 Zápustkové kování

Zápustkové kování tvoří rozsáhlý obor tváření. Je charakteristický řízeným tečením ohřátého kovu dle tvaru dutiny zápustky. Zápustkovým kovááním se vyrábí rozmanité tvarové výkovky v rozmezí hmotnosti od několika gramů do 300 kg.

Zápustkové kování se užívá především při velkém počtu tvarově stejných strojních součástí. Zápustka je zpravidla dvoudílný nástroj, v jehož spodní i vrchní části je vypracována dutina odpovídající tvaru výkovku. Materiál, jehož tvar byl přibližně předkovan do tvaru hotové součásti, vložíme do spodní poloviny zápustky. Silou vrchní zápustky dohotovíme výkovek. Přebytečný materiál je vytlačen do mezery mezi zápustkami. Tento přebytečný materiál nazýváme výronek. Po dokončení operace je výronek ostřížen protlačením výkovku otvorem střížnice.

Zápustka je v podstatě dvoudílná ocelová forma, v nichž ohřátý kov dutinu zápustky působení rázů nebo tlaku úplně zaplní. Je rozdělena dělicí rovinou tak, aby se výkovek mohl snadno vyjmout, přičemž horní díl zápustky je upevněn na beranu bucharu nebo lisu a dolní díl na šabotě bucharu nebo stole lisu.



Obr. 7 Zápustkové kování [18]

Při určování tvaru výkovku zpravidla nejdříve volíme polohu výronku, dále stanovíme přídatky na obrábění, velikost úkosů a zaoblení přechodů. Polohu dělicí roviny volíme tak, aby bylo zaručeno co nejlepší vyplňování jak spodní, tak vrchní dutiny formy. [2]

K zápusťkovému kování využíváme tyto stroje:

- Padací buchary
- Parovzdušné buchary
- Protiběžné buchary
- Vřetenové lisy
- Svislé kovací lisy
- Kolenové lisy [6]

### **2.2.1 Padací buchary**

Padací buchary jsou tvářecí stroje. Buchary přetváří výkovek pádem beranu, který padá volným pádem nebo zrychleně. V praxi se nejčastěji používá třecí pohon, kde řemen slouží jako spojovací a zdvihací člen. [6]

### **2.2.2 Vřetenové lisy**

Vřetenový lis je stroj určený pro děrování, ostříhování, ohýbání a rovnání za studena i za tepla, popřípadě zápusťkové kování. Síla se přenáší otáčením šroubového vřetena v matici pevně uložené v příčnicku rámu. Činnost vřetenového lisu je založena na přeměně kinetické energie setrvačnicku a beranu v deformační práci. [6]

### **2.2.3 Svislé kovací lisy**

U svislého kovacího lisu se přeměňuje rotační pohyb hřídele na přímočarý. Jsou určené pro zápusťkové kování a kalibrování různých výkovek za tepla. Tváření probíhá v několika zápusťkách, ve kterých složitost roste, a tak umožňuje rovnoměrné prokování tvarově náročných výkovek. Vyznačují se poměrně velkými zdvihy o konstantní výšce. Řadí se mezi univerzální stroje pro plošné tváření. [6]

### **2.2.4 Kolenové lisy**

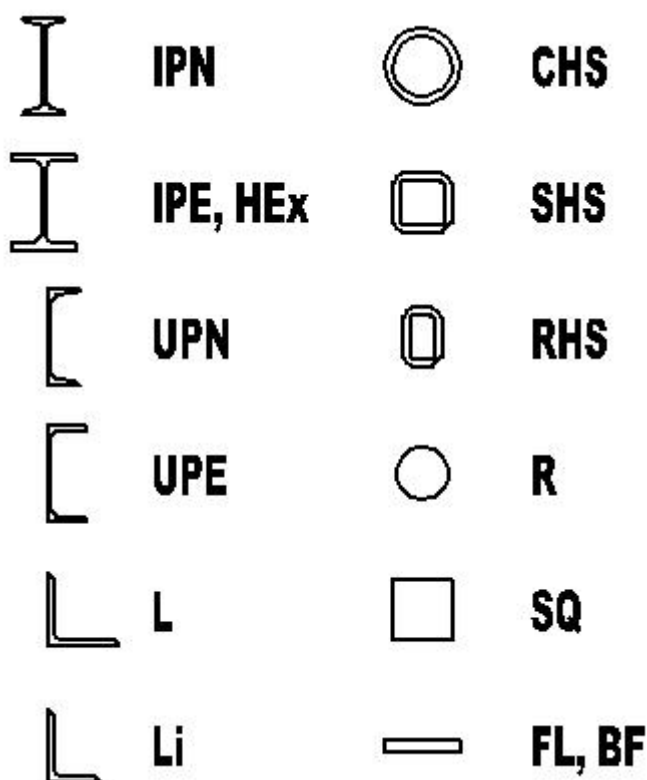
U kolenového kovacího lisu se přeměňuje rotační pohyb hřídele na přímočarý. Lisy mají konstantní zdvih a lze u nich přenastavit zdvih beranu. Používají se pro kalibrování, ražení, rovnání a protlačování. [6]

### 3 ČÁSTI MANIPULAČNÍHO VOZÍKU A JEJICH KONTROLA

V následujících kapitolách bude rozebrána teoretická část ohledně prvků nacházejících se na konstruovaném manipulačním vozíku.

#### 3.1 Normalizované profily

Normalizované profily můžeme zařadit do kategorie ocelové konstrukce. Tyto profily existují v mnoha variacích tvarů a rozměrů, které mají svůj specifický název. Mezi tyto profily řadíme:



Obr. 8 Normalizované profily [19]

Ocelové profily jsou charakterizovány materiálovými konstantami, jako jsou například:

Tab. 1 Materiálové konstanty ocelových profilů [7]

<b>Modul pružnosti</b>	$E = 210\,000 \text{ MPa}$
<b>Modul pružnosti ve smyku</b>	$G = 80\,700 \text{ MPa}$
<b>Koeficient tepelné roztažnosti</b>	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
<b>Objemová hmotnost</b>	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
<b>Poissonův součinitel</b>	$\nu = 0,3$

Tab. 2 Mez kluz a mez pevnosti ocelových profilů [7]

Značka ocelí podle ČSN EN 10027	Jmenovitá tloušťka prvku $t$ [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t < 100$ mm	
	$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$
<b>S 235</b>	235	360	215	340
<b>S 275</b>	275	430	255	410
<b>S 355</b>	355	510	335	490
<b>S 420</b>	420	500	390	500
<b>S 460</b>	460	530	430	530

### 3.2 Průmyslová kola

V dnešní době se již nachází na trhu mnoho průmyslových koleček, které svou konstrukcí a použitými materiály splňují ty nejpřísnější kritéria. Kolečka se vyrábějí zpravidla ve dvou provedeních:

- kola bez kladky
- kola s kladkou



Obr. 9 Průmyslová kola [20]

Kola s kladkou by se dále dala rozdělit na:

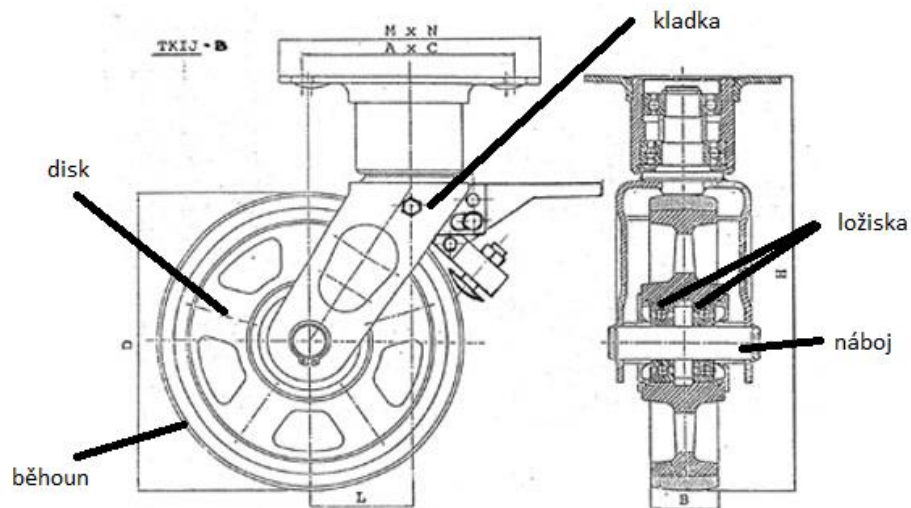
- kola s pevnou kladkou (pevná neotočná konstrukce)
- kola s otočnou kladkou (možný rotační pohyb díky ložisku upevněnému v kladkovém systému)
- kola s odpruženou kladkou



Obr. 10 Kola s kladkou [21]

Kola se skládají z jednotlivých částí, jako jsou například:

- disk s otvorem pro náboj
- běhoun
- ložiska
- kladka



Obr. 11 Části kola [21]

Z hlediska samotné konstrukce můžeme průmyslová kola rozdělit na:

- transportní
- přístrojová
- dušová
- paletová

Nejčastější materiály používané na běhoun jsou:

- ocel nebo litina
- polyamid, polypropylen nebo fenolová pryskyřice
- guma
- polyuretan

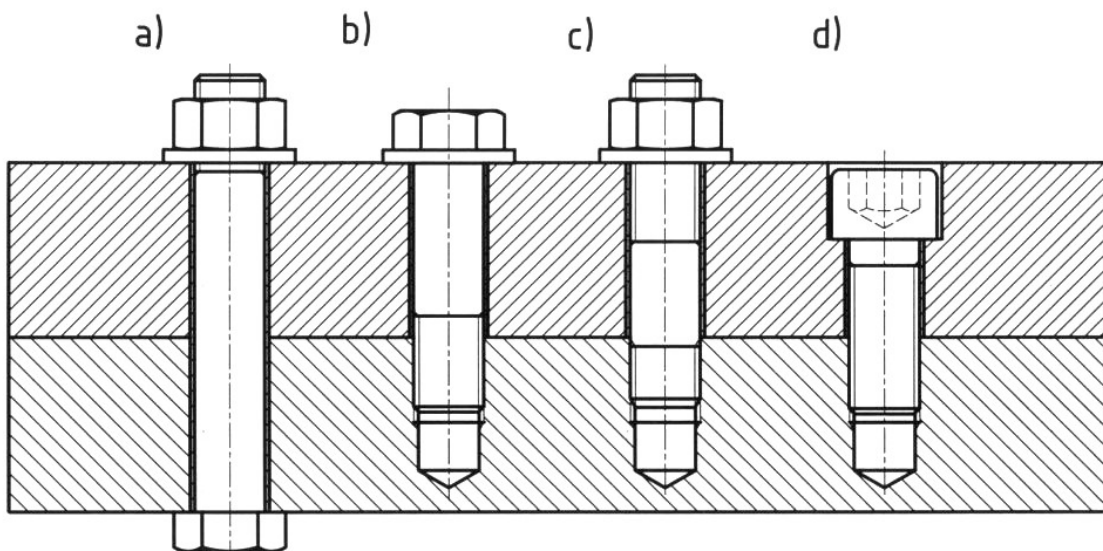
### 3.3 Spoje

Spoje patří mezi jednu z nejdůležitějších částí samotné konstrukce. Samotné spoje nám slouží ke spojování jedné či více částí do jednoho celku. Rozdělujeme je na:

- rozebíratelné
- nerozebíratelné [8]

#### 3.3.1 Šroubové spoje

Šrouby a šroubové spoje patří k nejvíce rozšířeným rozebíratelným spojům nejen ve strojírenství, ale také v řadě dalších oborů jako je elektrotechnika, stavebnictví, nábytkářský průmysl atd. Jejich charakteristickým konstrukčním prvkem je šroubová neboli závitová plocha, která realizuje bezprostřední spojení součástí. Šrouby a šroubové spojení se používají pro rozebíratelné spojení strojních součástí a pro přeměnu otáčivého pohybu v posuvný a naopak, případně také k přeměně krouticího momentu v osovou sílu. [8]



- a) Spojení šroubem s šestihrannou hlavou a maticí, průchozí díry v součástech mají vůli  
 b) Spojení šroubem s šestihrannou hlavou, šroub je zašroubován do spodní součásti, díra v horní součásti má vůli  
 c) Spojení závrtným šroubem a šestihrannou maticí, spodní část šroubu je zašroubovaná do součásti, horní prochází dírou v součásti s vůlí  
 d) Spojení válcovým šroubem s vnitřním šestihranem, hlava šroubu je zapuštěna pod úroveň horní plochy součásti.

Obr. 12 Šroubové spoje [22]

Závity u šroubů můžou být:

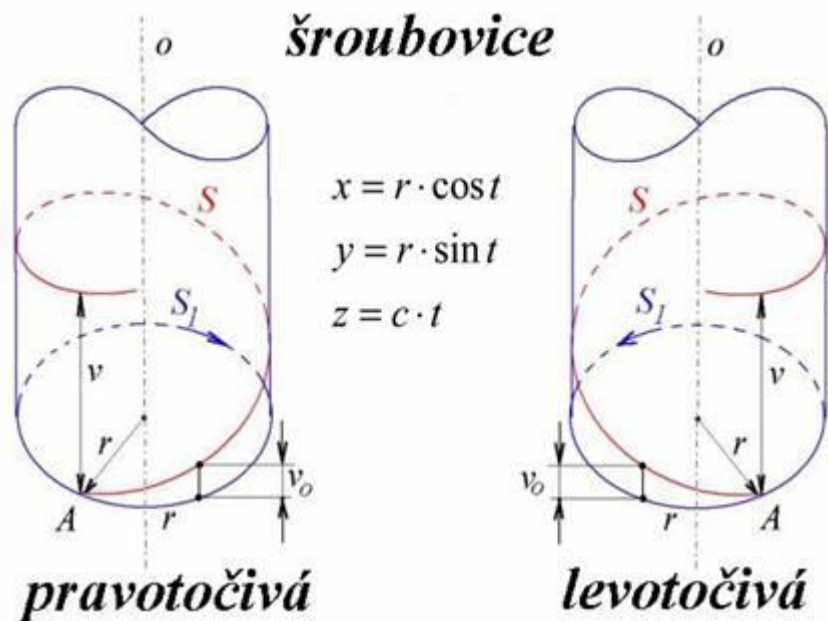
- jednochodé
- vícechodé



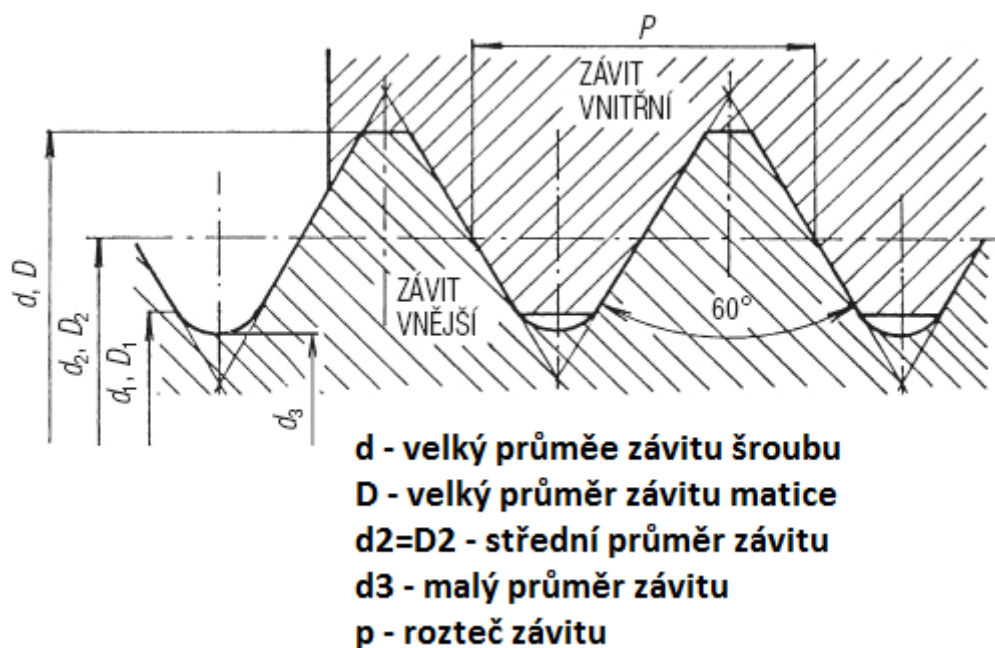
Základem závitové plochy je šroubovice, každý bod závitů, který se pohybuje nebo opisuje šroubovicí. Šroubovici tedy posouvá ve směru této osy.

Podle smyslu stoupání šroubovice závitů dělíme na:

- pravé
- levé [8]



Obr. 13 Šroubovice [23]



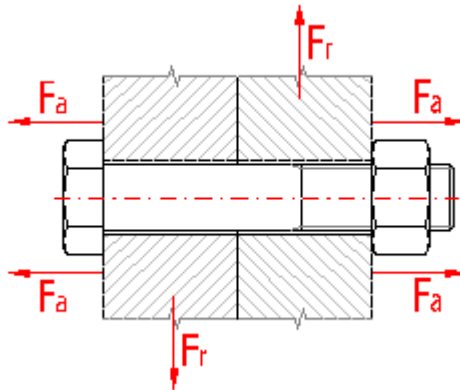
Obr. 14 Závít šroubu [24]

### Výpočet šroubových spojů

Z hlediska pevnostních výpočtů šroubů rozeznáváme dva typy namáhání:

- šroubové spoje namáhané v ose šroubu
- šroubové spoje namáhané kolmo k ose šroubu

Při v ose šroubu se šroub počítá na tah a otláčení v závitech matice. Šroub zatížený kolmo k ose se počítá na stříh a otláčení dřívku šroubu.



Obr. 15 Působení sil na šroubový spoj [25]

Při zatížení šroubu osovou silou si nejprve volíme materiál šroubu a matice, ze kterých následně zjistíme  $R_e$  z tabulek mechanických vlastností. Poté z tabulek zjistíme hodnotu dovoleného napětí. Vyhledané hodnoty následně vložíme do vzorce pro jmenovitý průřez  $A_s$ .

$$\rho = \frac{F}{A_s} \leq \rho_D \quad (1)$$

$$A_s = \frac{\pi}{s} \cdot \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 \quad (2)$$

$$A_j = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \quad (3)$$

V momentě, kdy známe jmenovitý průřez, vyhledáme v tabulkách nejbližší vyšší normalizovaný průřez šroubu a přiřadíme ke šroubu matici. Pokud je vložená matice normalizovaná dle normy ISO 4032 už se s ní nemusí nadále počítat. U nenormalizované matice se zjistí tlak v závitech dle tabulek a vypočítá se počet závitů  $Z$  na výšku matice  $m$  dle vzorce:

$$Z = \frac{F}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} \quad (4)$$

$$m = Z \cdot P \quad (5)$$

$P$  je stoupání závitu a

$$H_1 = \frac{(d - D_1)}{2} \quad (6)$$

Při zatížení silou kolmo na osu šroubu si zvolíme materiál a dovolené napětí ve střihu z tabulek. Vypočítáme průměr dříku šroubu podle vzorce:

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_s^2}{4}} \leq \tau_D \quad (7)$$

$$p = \frac{F}{s_{min} \cdot d_s} \leq p_D \quad (8)$$

Z výsledné hodnoty se v tabulkách vyhledá požadovaný průměr šroubu.

Z označení šroubu lze vyčíst jeho mechanické vlastnosti. První číslo je 1/100 meze pevnosti v MPa. Násobením obou čísel dostaneme 1/10 meze kluzu v MPa [8]

### 3.3.2 Svarové spoje

Svarové spoje jsou nerozebíratelná spojení a vyskytují se u mnoha strojních součástí a konstrukcí. Tyto spoje musí pracovat za nejrůznějších pracovních podmínek, při různých teplotách, různém časovém průběhu zatížení a při různých stavech napjatosti apod. Obecné zákonitosti určují závislosti mechanických vlastností materiálu na provozních podmínkách v dané součásti či konstrukci zůstávají pro svarový spoj stejné jako pro základní kov. Zároveň se však u svarových spojů uplatňují jejich zvláštnosti, především to, že kromě základního kovu se zde vyskytuje ovlivněné pásmo základního kovu a specifické pásmo svarového kovu, existuje jiný charakter rozdělení defektů ve svarech atd. [8]

#### Způsoby svařování

Dle způsobu, jakým se vytváří svařovaný spoj, se rozdělujeme svařování na:

- tavné
- tlakové

#### Tavné

U tavného svařování vznikne natavením povrchů spojovaných součástí a přídavného materiálu a po následném vychladnutí pevné spojení těchto částí v jeden celek. Přídavným materiálem je svařovací drát nebo elektroda. Správně provedený spoj vykazuje úzké přechodové pásmo o šířce 1,5 až 3 mm, vzniklé smíšením roztaveného základního a přídavného materiálu. Tento spoj poté vykazuje požadovanou pevnost.

Dle zdroje tepla je následně rozdělujeme na svařování:

- elektrickým obloukem
- plamenem
- plazmou
- elektronové
- atomové
- laserové

### Tlakové

Z různých způsobů tlakem se nejčastěji používá svařováním elektrickým odporem, které je představováno svařováním na tupo, bodovým, švovým a bradavkovým.










Mezi svařování tlakem také patří svařování třením, při kterém se využívá k ohřevu v místě spojení tepla vznikajícího při suchém tření.

### **Tavné svary**

Rozdělení jednotlivých druhů svarů vychází podle:

- tvaru průřezu a vzájemné polohy svařovaných součástí na svary tupé, lemové, koutové, děrové, žlábkové
- polohy svary ke směru působící síly na svary čelní, boční, šikmé [8]

#### ZÁKLADNÍ ZNAČKY SVARŮ DLE ČSN EN 22553

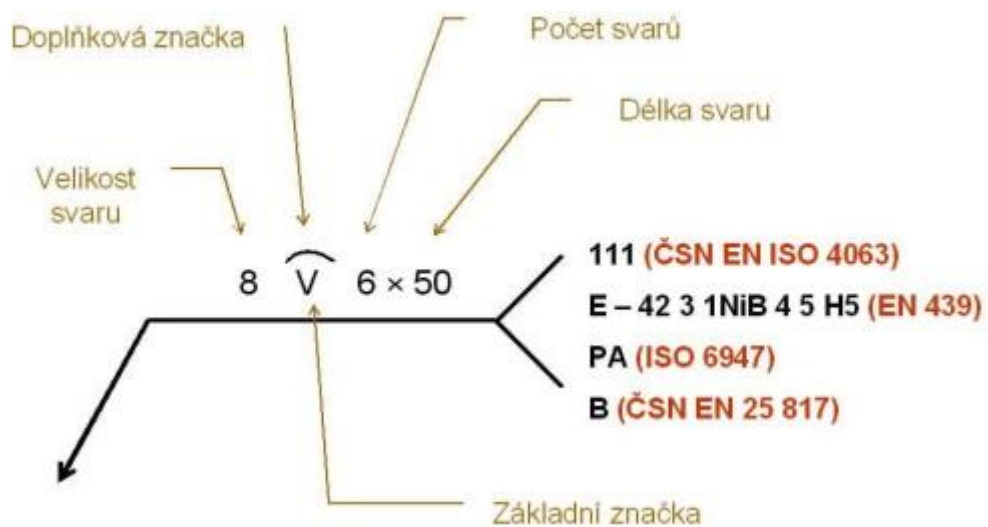
	Lemový svar		½ U - svar
	I - svar		Koutový svar
	V - svar		Děrový svar
	½ V - svar		Bodový svar
	Y - svar		Švový svar
	Y - svar		V-svar se strmým úkošem
	U - svar		½ V-svar se strmým úkošem

Obr. 16 Značení svarů I [26]

ZÁKLADNÍ ZNAČKY SVARŮ DLE ČSN EN 22553

	Čelní plochý svar	<b>Doplňující značky svaru</b>	
∩	Návary	<b>Tvar povrchu a kořene svaru</b>	
≡	Překlátovaný spoj	—	Plochý
∞	Sdrápkový spoj	⌒	Převýšený
∪	Oblý svar	⌒	Vydutý
∪	½ Oblý svar	∩	Opracované přechody
∩	W - svar	⌒	Opravená podložka
∩	UV - svar	⌒	Odnímatelná podložka
		⌒	Podložení svarem

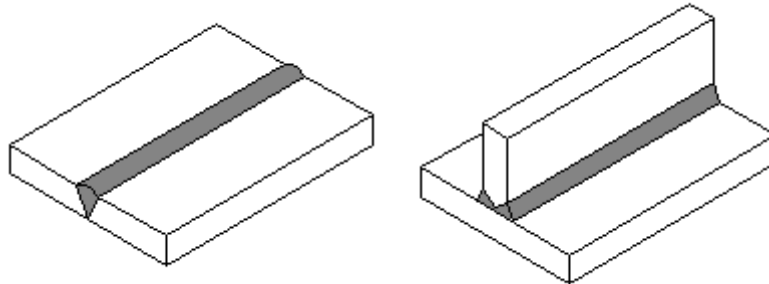
Obr. 17 Značení svarů 2 [26]



Obr. 18 Odkazová čára svarového spoje ve výkresové dokumentaci [26]

### Výpočet tupých svarů

Výpočet napjatosti v tupém svaru ve statickém zatížení se nijak neliší od výpočtu napjatosti v základním materiálu. Rozdíl je pouze ve stanovení dovoleného namáhání. [8]



Obr. 19 Tupé svary [27]

Výpočtový průřez svaru

$$S_v = l \cdot s \quad (9)$$

Ve svaru bude tahové napětí:

$$\rho_{\perp}^F = \frac{F}{l \cdot s} \leq \rho_{D,s} = \frac{\rho_D}{k_1} \quad (10)$$

Při výpočtu tupého svaru, který spojuje plechy nestejně tloušťky  $s_1$  a  $s_2$  je rozhodující tloušťka tenčího plechu.

Druhy namáhání svaru:

- Tah

$$\rho_{\perp}^{F_{\perp}} = \frac{F_{\perp}}{l \cdot s} \quad (11)$$

- Ohyb

$$\rho_{\perp}^{M_o} = \frac{M_o}{W_{os}} = \frac{F_{II} \left( \frac{h}{2} + \frac{h}{2} \right)}{\frac{1}{6} \cdot l^2 \cdot s} \quad (12)$$

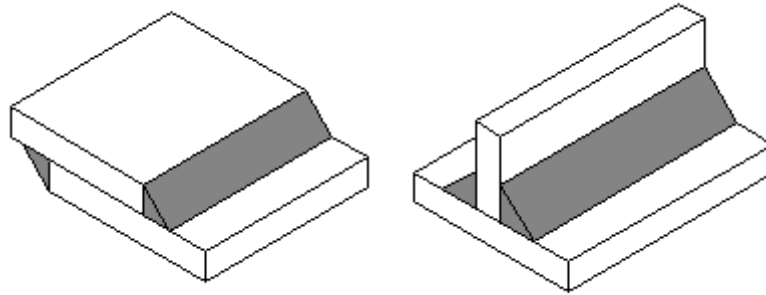
- Smyk

$$\tau_{II}^{F_{II}} = \frac{F_{II}}{l \cdot s} \quad (13)$$

$$\rho_{r,s} = \sqrt{\left( \frac{\rho_{\perp}^{F_{\perp}}}{k_1} + \frac{\rho_{\perp}^{M_o}}{k_0} \right)^2 + 3 \left( \frac{\tau_{II}^{F_{II}}}{k_2} \right)^2} \leq \rho_D \quad (14)$$

### Výpočet koutových svarů

Koutové svary se umísťují podél klínové hrany spojovaných dílců a jejich základním profilem je rovnoramenný pravoúhlý trojúhelník. Používají se obvykle jako nosné, silové svary pro spoje tvaru T, křížové spoje, rohové spoje a pro spojení přeplátované. Svařované součásti není potřeba tvarově upravovat. [8]



Obr. 20 Koutové svary [27]

Druhy namáhání ve svaru:

- Tah

$$\rho_{\perp} = \frac{F_z}{A_w} \quad (15)$$

- Ohyb

$$\rho_{\perp} = \frac{M \cdot r_y}{I_{wx}} \quad (16)$$

- Smyk

$$\tau_{\perp} = \tau_x = \frac{F_x}{A_w} \quad (17)$$

$$\tau_{II} = \tau_y = \frac{F_y}{A_w} \quad (18)$$

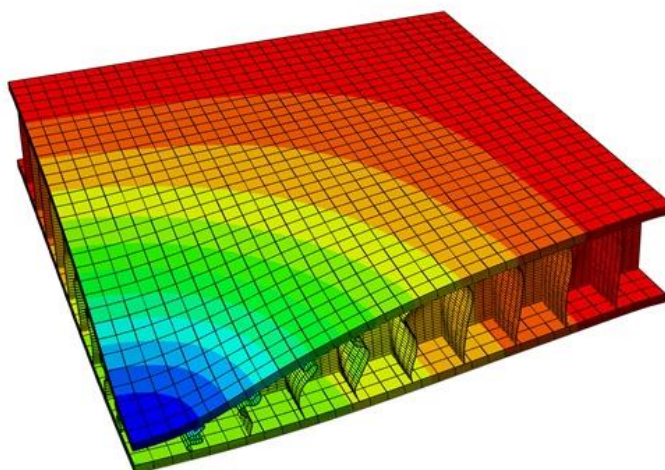
- Kroutícím moment

$$\tau_{\perp} = \tau_x = \frac{T \cdot r_y}{J_w} \quad (19)$$

$$\tau_{II} = \tau_y = \frac{T \cdot r_x}{J_w} \quad (20)$$

## 4 METODA KONEČNÝCH PRVKŮ

Metoda konečných prvků neboli Finite element metod (FEM) pro numerické řešení diferenciálních rovnic je moderní variantou klasických variačních metod. Vznikla v polovině 50. let minulého století s rozvojem výpočetní techniky. Byla určena pro potřeby výpočtů konstrukcí v leteckém, kosmickém, jaderném a vojenském průmyslu, odkud se také dostala do akademického prostředí a průmyslové praxe. [9]



Obr. 21 Metoda konečných prvků [11]

### 4.1 Využitím FEM

Dnes má FEM mezi periodickými operacemi jako jsou metoda sítí, Ritzova metoda, Galerkinova metoda, metoda hraničních prvků, metoda konečných objemů, atd. zcela dominantní postavení.

Využívá se pro řešení problémy pružnosti a dynamiky. Její variační formulace umožnila rozšíření na řešení proudění kapalin, plynů, vedení tepla, záření, elektromagnetismus, akustiku, piezoelektrické děje, mechaniku hornin atd. Metoda vychází z variačních principů.

V dnešní době je metoda konečných prvků samostatným oborem a obsahuje části:

- teoreticko - matematickou
- počítačovou
- inženýrskou - problémovou



V praxi se využívá množství komerčních systémů, jako jsou například:

- ANSYS
- ABAQUS
- Cosmos
- MSC software - Adams, Nastran, Patran, Marc [9]

## 4.2 Princip FEM

Základním stavebním kamenem je prvek konečných rozměrů. Vyžaduje se rozdělení řešené oblasti na konečný počet podoblastí neboli prvků. Z těchto podoblastí se vytvoří síť konečných prvků. Pro každý typ prvku je kromě dimenze a tvaru charakteristický počet a poloha uzlů. Uzly jsou body, v nichž hledáme neznámé parametry řešení. Hustota a topologie prvků sítě zásadně ovlivňuje kvalitu výsledků a potřebnou kapacitu pro řešení. [9]

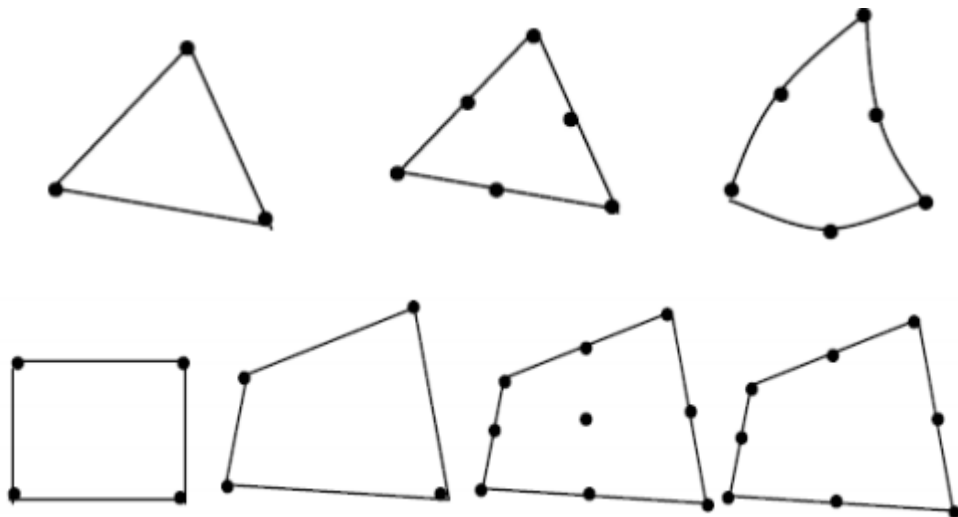
Rozdělení elementů dle použití pro diskretizace různých problémů:

- 1) 1 - Dimenzionální úlohy



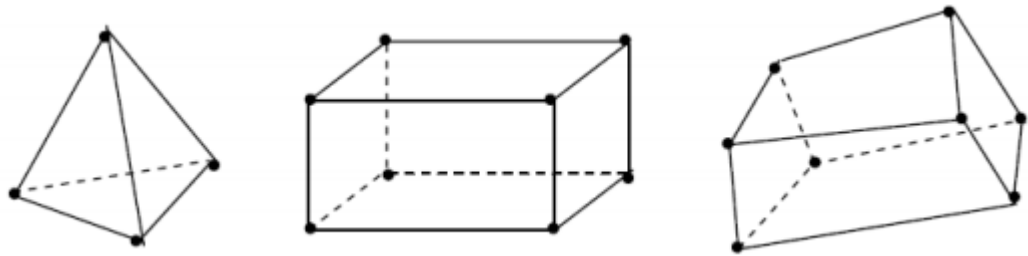
Obr. 22 1 – Dimenzionální úlohy [28]

- 2) 2 - Dimenzionální úlohy



Obr. 23 2 – Dimenzionální úlohy [28]

## 3) 3 - Dimenzionální úlohy



Obr. 24 3 – Dimenzionální úlohy [28]

Zásady FEM:

- při řešení je třeba rozdělit kontinuum na konečný počet podoblastí - diskretizace
- neznámé funkce představují spojité řešení problému, pak hledáme přibližně ve formě lineární kombinace předem vhodně zvolených funkcí a neznámých parametrů řešení
- z posuvů jsme schopni dále vypočítat konečné přetvoření a napětí ve všech uzlech sítě
- východiskem jsou variační principy mechaniky
- algoritmus FEM vede na řešení soustavy lineárních algebraických rovnic [9]

### 4.3 Rozdíl mezi analytickou a numerickou metodou

Výhodou analytických metod je, že výsledek řešení dosáhneme závislostí mezi vstupními a výstupními veličinami a to v nekonečně mnoho bodech na rozdíl od FEM, kde dostáváme výsledek v konečném počtu uzlů sítě. V případě jakékoliv změny parametrů je nutno úlohu řešit znovu.

Výhodou numerických hodnot je, že umožňuje řešit i problémy na složitějších tělesech oproti analytickému přístupu, kdy lze řešit jen tělesa elementární, která se jako strojní součásti vyskytují zcela výjimečně. Faktickým omezením je pouze kapacita dostupného hardwaru a časové nároky na výpočet. Výsledky se ovšem vztahují jen ke konkrétně zadanému případu, jakékoliv úpravy, optimalizace a podobně vyžadují opakování celého procesu řešení. [9]

## 4.4 Základní veličiny obecné pružnosti

V obecné prostorové statické úloze představují 15 neznámých funkcí proměnných  $x, y, z$ .

- 3 posuvy -  $u, v, w$
- 6 přetvoření -  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$
- 6 napětí -  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_x, \tau_y, \tau_z$

Tyto funkce jsou navzájem vázány systémem obecných rovnic pružnosti, které musí být splněny uvnitř řešené oblasti. Na hranici musí být pak splněny předepsané okrajové podmínky. [10]

### 4.4.1 Rovnice rovnováhy

Na rovnováhu elementárního vnitřního prvku působí kromě napětí také vnější objemová síla o složkách  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  [ $\text{N}\cdot\text{m}^{-3}$ ]. [10]

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + \sigma_x = 0 \quad (21)$$

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + \sigma_y = 0 \quad (22)$$

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \sigma_z = 0 \quad (23)$$

### 4.4.2 Geometrické rovnice

Geometrické rovnice slouží jako vazba mezi složkami posuvů a složkami přetvoření. Uvedené vzorce jsou určeny jenom pro malé deformace. [10]

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \quad (24)$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \quad (25)$$

$$\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \quad (26)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \quad (27)$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \quad (28)$$

$$\gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \quad (29)$$

#### 4.4.3 Konstituční vztahy

Konstituční vztahy nám vyjadřují vztah mezi deformací a napjatostí. Uvedené vzorce platí pro Hookovský materiál. [10]

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} \cdot [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)] \quad (30)$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} \cdot [\sigma_y - \mu(\sigma_x + \sigma_z)] \quad (31)$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} \cdot [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)] \quad (32)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G} \cdot \tau_{xy} \quad (33)$$

$$\gamma_{yz} = \frac{1}{G} \cdot \tau_{yz} \quad (34)$$

$$\gamma_{zx} = \frac{1}{G} \cdot \tau_{zx} \quad (35)$$

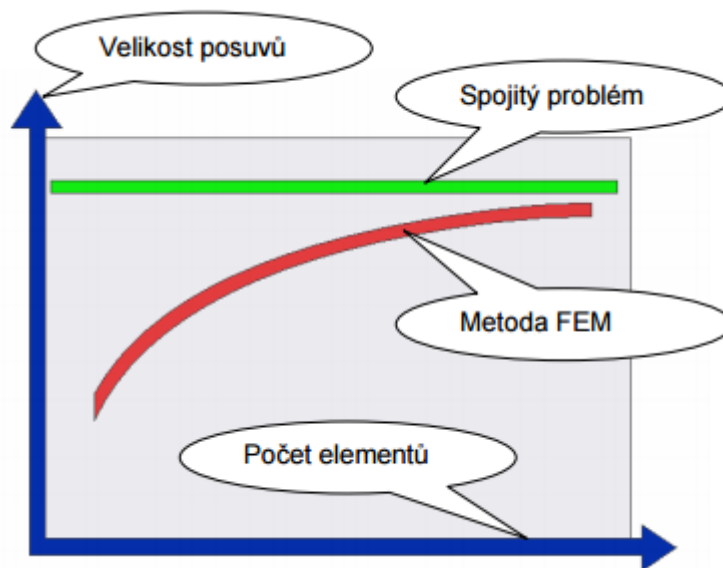
#### 4.5 Přesnost úloh řešených metodou FEM

Vztahy obecné pružnosti představují systém 15 rovnic, potlačující spolu s okrajovými podmínkami k určení 15 neznámých funkcí posuvů, přetvoření a napětí.

U numerických metod je u FEM zásadní požadavek na zhušťování sítě, aby výsledné řešení odpovídalo spojitému problému. Proto musí posuvy splňovat následující kritéria:

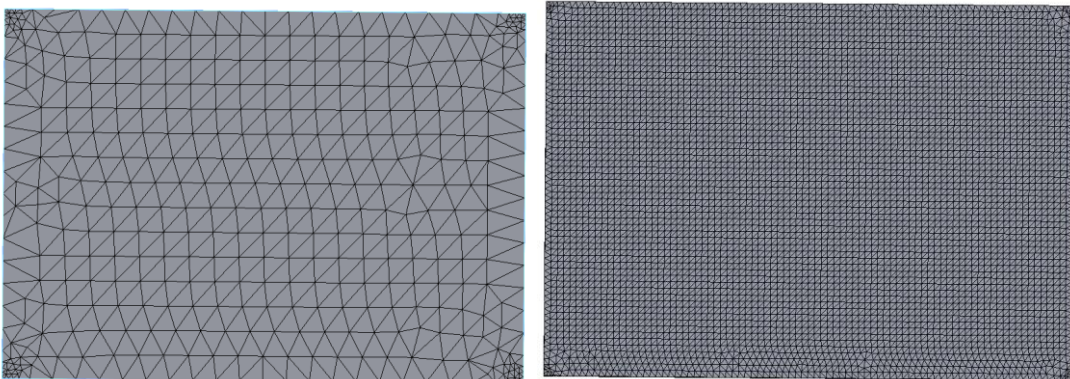
- na hranici mezi prvky i uvnitř prvku musí posuvy splňovat minimální požadavky spojitosti závislé na typu úlohy
- při posuvu prvku jako tuhého celku musí zůstat napětí i přetvoření nulové
- prvek musí být schopen přesně popsat stav konstantního přetvoření

Uživatel komerčního systému nemusí tyto kritéria ověřovat. Implementované prvky je totiž splňují.



Obr. 25 Přesnost metody konečných prvků [11]

Pro dosažení vypovídající schopnosti výpočtů v FEM je možné optimálně navrhnout síť elementů a nespokojit se hned s prvním dosaženým výsledkem. Dnes je možno po analýze chyby výsledků síť upravit a výpočet opakovat. Chybu výpočtu je možno snížit především zvyšováním počtu elementů. [9]



Obr. 26 Hustota sítě v metodě konečných prvků

## 4.6 Redukované napětí a ekvivalentní napětí

V případě kombinovaných namáhání, při kterých se vyskytuje současně normálové a tečné napětí, se postupně vyvíjely teorie v závislosti na použití určitého materiálu. [11]

- 1) Teorie maximálních normálových napětí - Lamé, Clapeyron, Maxwell - použití pro materiály, které mají stejné dovolené napětí v tahu a smyku

$$\sigma_{red} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left[\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2\right]} \quad (36)$$

- 2) Teorie největších poměrných deformací - Bach, St. Venant - použití pro materiály, u kterých platí  $\sigma_D / \tau_D = 1,3$  pro křehké materiály

$$\sigma_{red} = 0,35 \cdot \sigma \pm 0,65 \cdot \sqrt{(\sigma^2 + 4\tau^2)} \quad (37)$$

- 3) Teorie maximálních smykových napětí - Mohr, Guest, Coulomb - použití pro materiály, u kterých platí  $\sigma_D / \tau_D = 2$  pro houževnaté materiály

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma^2 + 4\tau^2)} \quad (38)$$

- 4) Teorie objemové hustoty energie - Beltram - použití pro houževnaté materiály

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\mu\sigma_1\sigma_2)} \quad (39)$$

- 5) Energetická teorie smykového napětí - von Mises. Tato teorie nejlépe vyhovuje výsledkům zkoušek pro houževnaté materiály a její algoritmus je přednastaven v metodě konečných prvků.

$$\sigma_{red} = \sqrt{[\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_B \tau)^2]} \quad (40)$$

$\alpha_B$  se nazývá Bachův opravný součinitel a platí následující:

$$\alpha_B = \frac{\sigma_D \text{ pro daný způsob zatížení}}{\sqrt{3} \cdot \tau_D \text{ pro daný způsob zatížení}} \quad (41)$$

Z tohoto poznání vychází i známý vzorec pro výpočet redukovaného momentu

$$M_{o_{red}} = \sqrt{[M_o^2 + 0,75 \cdot (\alpha_B \cdot M_k)^2]} \quad (42)$$

Ekvivalentní napětí

$$\sigma_{ekvivalentni} = 0,5 \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \quad (43)$$

## 5 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE

Technologičnost konstrukce v současné době prochází neustálými změnami v pojetí a přístupu k výrobě produktů. Chápeme ji jako takové řešení produktu, kdy optimálního výsledku, který jde na trh je dosaženo při vzájemném propojení hlediska konstrukčního, technologického a ekonomického.

Hledisko konstrukční:

- Bezpečnost
- Spolehlivost
- Provozní schopnost
- Dimenzování na dovolená namáhání
- Požadovaná životnost

Hledisko technologické:

- Optimálně zvolené polotovary
- Výrobní postupy
- Výrobní podmínky
- Kvalita
- Kontrola

Hledisko ekonomické:

- Celkové náklady na výrobu
- Cena výrobku
- Zisk [3]

### 5.1 Konstrukční hledisko

V této oblasti se plánuje z pohledu vlastní konstrukce, vzhledu, rozměrů, barvy, vlastností, provozuschopnosti, životnosti a spolehlivosti. Nelze přesně oddělit jednotlivé oblasti. Při navrhování produktu je nutná spolupráce všech tří oblastí. K návrhu se tedy vyjadřuje nejen konstruktér, ale i technolog, ekonomové, oddělení marketingu, nákup a další oddělení.



Konstruktor určuje základní rozměry a tvary produktů dle požadavků zákazníka. Všechny produkty musejí být dimenzovány v oblasti Hookova zákona, kde napětí je přímo úměrné prodloužení. Dimenzování se vždy provádí na tzv. dovolená namáhání, která jsou vždy menší, nežli maximální dovolená namáhání, a to při různých druzích namáhání:

- Tah, tlak, stříh  $\sigma \leq \sigma_D$
- Ohyb, krut, smyk  $\tau \leq \tau_D$

Tato dovolená namáhání vycházejí z předepsaného materiálu součásti, proto musí být konstruktor zároveň znalý v oblasti technologie a materiálů. Jedná-li se o strojní součásti, které slouží jako pojistné, např. proti překročení krouticího momentu, tak ty jsou dimenzovány za oblastí Hookova zákona, tj. na mez pevnosti. Pokud konstruktor není zcela přesvědčen o vhodnosti zvoleného materiálu, není na škodu se poradit přímo s technologem. Nevhodně zvolený materiál, případně tepelná zpracování můžou výrazně ovlivnit obrobiteľnost materiálu a tím i zvýšit výrobní náklady. [3]

### 5.1.1 Dědičnost

Pokud jsou v konstrukci použity některé díly nebo konstrukční celky, pak se přebírá i zavedená technologie. Odpadá tvorba nového technologického postupu a zavádění nové výroby. Docílí se tím snížení nákladů na technickou přípravu výroby, nástroje, popř. přípravky a zvýšení sériovosti výroby a tím se i snižují náklady.

Pokud se použijí u nové konstrukce stroje některé díly z konstrukce předchozí, aplikuje se na tyto díly již zavedená výroba. [3]

### 5.1.2 Simplifikace

Není tak složité navrhnout složitý výrobek, aby splňoval požadované parametry, ale je obtížné navrhnout jednoduchý výrobek, který bude tyto parametry splňovat. Jednoduché zásady technologičnosti konstrukce uvedené v jednotlivých bodech spadají také do celkové simplifikace konstrukce. Konstrukce strojírenského výrobku by měla mít malý počet součástí, které by byly jednoduché pouze s nezbytnými kvalitativně požadovanými parametry. Ta by měla být jednoduše smontovatelná a rozebíratelná, aby splňovala požadavky na opravy a údržbu popř. recyklovatelná.

U simplifikace jde o celkové zjednodušení konstrukce, snížení počtu dílů a zjednodušení dílů vstupujících do konstrukce. [3]

### 5.1.3 Typizace

Typizace se zaměřuje na výběr vhodných hmotných objektů. Jde v podstatě o odstranění různorodostí a montážních celků. Typizace výrobků nebo jejich součástí zmenšuje počet vyráběných typů výrobků nebo jejich částí. Tím se snižují náklady na technickou přípravu výroby, zvýší se sériovost vyráběných součástí a tím dojde ke snížení nákladů na výrobu určitého výrobku. Některé součásti jsou vyráběny ve speciálních podnicích též ve velkých sériích. Je vhodné, pokud to není na úkor užitných vlastností výrobku, využít tuto možnost, též se zřetelem na kvalitu těchto sériově vyráběných výrobků. [3]

### 5.1.4 Unifikace

Unifikace je zaměřena především na tvarové a rozměrové sjednocení hmotných objektů. Rovněž je třeba se držet standardizovaných geometrických charakteristik. S tím souvisí používané a sériově vyráběné nástroje. V případě, určité rozměrové nebo tvarové řady, které pak budou použity v dané konstrukci nebo jiných konstrukcích daného podniku.

Důležitá je unifikace rozměrů a tolerancí zejména u:

- Poloměrů
- Závitů
- Děř

S tím souvisí i počet různých druhů nástrojů potřebných při výrobě. Unifikace je možno zaměřit na skupiny nebo podskupiny součástek, na tvary a rozměry součástek, na unifikaci obráběných ploch, na druhy a rozměry používaných materiálů polotovarů apod. [3]

### 5.1.5 Normalizace

Normalizace je nejvyšším stupněm standardizace. Jednou ze základních zásad technologičnosti konstrukce je použití normalizovaných součástí a tvarů při konstrukci. Přináší to celkové snížení nákladů na výrobek z důsledku nákladů na výrobu normalizovaných součástí. Tyto jsou vyráběny velkosériově s nižšími výrobními náklady. Nelze opomenout skutečnost, že tyto výrobky jsou vyráběny specializovanými podniky, což zaručuje jejich vysokou kvalitu.

Použitím normalizovaných tvarů na součástkách se snižuje počet druhů nástrojů a měřidel, snižují se náklady na jejich objednávání, skladování apod.

Hledisko bezpečnosti a životnosti je upraveno zejména legislativními normami a výrobci jsou povinni se jimi řídit. Zvyšující se bezpečnost výrobků a jejich životnost může být i konkurenční výhodou při prodeji našich výrobků. Z hlediska životnosti jsou klíčovými oblastmi nejen výpočty dovolených a provozních namáhání, ale také metodika stanovení výrobních postupů, nástrojů a sledu jednotlivých operací. [3]

## 5.2 Technologické hledisko

Tato oblast je zaměřena na výrobu součástí. Prakticky a lidově lze říci, že musíme umět vyrobit to, co konstruktér navrhne. Vyrobit to musíme tak, aby produkt splňoval veškeré požadavky na něj kladené. V současnosti se klade zásadní význam na kvalitu součástí. Kvalitu ovlivňuje nejen konstrukční řešení, ale také celá technologie výroby.

V oblasti technologie se tedy zaměřujeme zejména na tyto oblasti:

- Materiál
- Nástroj
- Stroj
- Řezné podmínky
- Výrobní postup
- Tepelné zpracování
- Kontrola [3]

### 5.2.1 Materiál součástí

Použitý materiál součástí v technologické oblasti má zásadní význam na hledisko kvality a výrobních nákladů. Hlavním aspektem je chemické složení materiálu, tj. procentuální zastoupení jednotlivých chemických prvků v materiálu. Materiály s vyšším počtem legujících prvků mají sice vyšší vybrané mechanické vlastnosti, ale z hlediska zpracování těchto materiálů je nutné zvolit takové výrobní postupy, abychom dosáhli požadovaných jakostních parametrů.

S chemických složení materiálu souvisí i pojem obrobiteľnosť materiálu. Definuje se jako schopnosť materiálu byť obrábaný za určitých rezných podmínek. Tyto materiály rozdeľujeme do nasledujúcich skupín:

- Litiny
- Oceli
- Ťžké nežeľzné kovy a slitiny
- Lehké nežeľzné kovy a slitiny
- Plasty
- Přírodní nerostné hmoty
- Vrstvené hmoty
- Pryže
- Tvrzené litiny pro výrobu válců [3]

### 5.2.2 Nástroj

Nástroje v rámci výrobní technologie jsou významní činitelé dosahované jakosti obráběných ploch a výrobních nákladů. Nástroj odebírá přebytečný materiál z polotovaru třísky prostřednictvím břitu/ů.

Při volbě nástroje je důležité informace o tom:

- Jaký materiál budeme obrábět
- Množství odebíraného materiálu
- Výkon stroje a jeho tuhost
- Sériovost výroby
- Požadavky na přesnost výroby [3]

### 5.2.3 Stroj

Použitý stroj v rámci výroby také ovlivňuje dosahované jakostní parametry součásti a celkové výrobní náklady. Limitujícím faktorem stroje jsou zejména:

- Velikost
- Přesnost
- Výkon
- Stupeň automatizace
- Ovládání a obsluha [3]

### 5.2.4 Výrobní postup

Výrobní postup je jedním ze základních činitelů úspěšnosti výroby. Správný sled výrobních a technologických operací přidává výrobku hodnotu, přetváří jeho vzhled i charakter a z polotovaru tak přechází do finálního výrobku.

Výrobním postupem přesně stanovujeme:

- Druh polotovaru
- Počet kusů
- Přídavky na obrábění
- Nástroje
- Stroj
- Měřidla
- Přídavky
- Řezné podmínky
- Použití procesních a pomocných kapalin
- Sled jednotlivých operací
- Strojní časy
- Vedlejší časy
- Odpovědnost jednotlivých pracovníků za výrobní postupy
- Ostatní položky (název součásti, označení operací, číslo výkresů, obrobitelnost materiálů, atd.)

Podstatou výrobního postupu je stanovení pořadí a vlastností jednotlivých operací a pomocných činností tak, abychom co nejvíce snížili strojní a pomocné časy při současném zachování požadované jakosti výrobku. Nesprávný sled operací by mohl ovlivnit nejen délku výroby, ale také může ovlivnit životnost a provozuschopnost výrobku. [3]

### 5.3 Ekonomické hledisko

Ekonomika stále více zasahuje do plánování výroby, a to z hlediska optimalizace a racionalizace výroby. Je zásadní otázkou co vyrobit a za kolik. Ekonomická stránka je tedy důležitým faktorem úspěšnosti podniku na trhu s danými produkty prostřednictvím ceny za tyto výrobky.

Mnohé podniky mají tradiční pojetí při stanovení ceny za výrobek, a to podle následující formulace:

$$\text{Cena} = \text{Celkové náklady} + \text{Zisk}$$

Naopak v moderním pojetí stanovování ceny se cena tvoří ze zisku, který chceme získat a výrobních nákladů dle formulace:

$$\text{Zisk} = \text{Cena} - \text{Výrobní náklady}$$

Výsledný zisk je dán rozdílem ceny výrobku a nákladů na jeho vyrobení. Chceme-li zvyšovat zisk, musíme snižovat náklady výrobní. Tím zachováme cenu a zároveň zvyšujeme zisk. Tento krok je pozitivní ve vztahu ke konkurenci, neboť můžeme držet cenu neustále na stejné hladině a současně si zvyšujeme zisk. Toto je základní předpoklad úspěšnosti podniku ve vztahu k tvorbě zisku. [3]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 KOVÁRNA VIVA

Diplomová práce byla řešena pro Kovárnu Viva a.s. Tato společnost je přední česká průmyslová kovárna. Specializuje se na výrobu zápusťkových výkovků z legovaných, mikrolegovaných, uhlíkových a konstrukčních ocelí. Hmotnostní rozmezí výrobků je mezi 0,1 - 25 kg.



*Obr. 27 Logo Kovárny VIVA a.s.[12]*

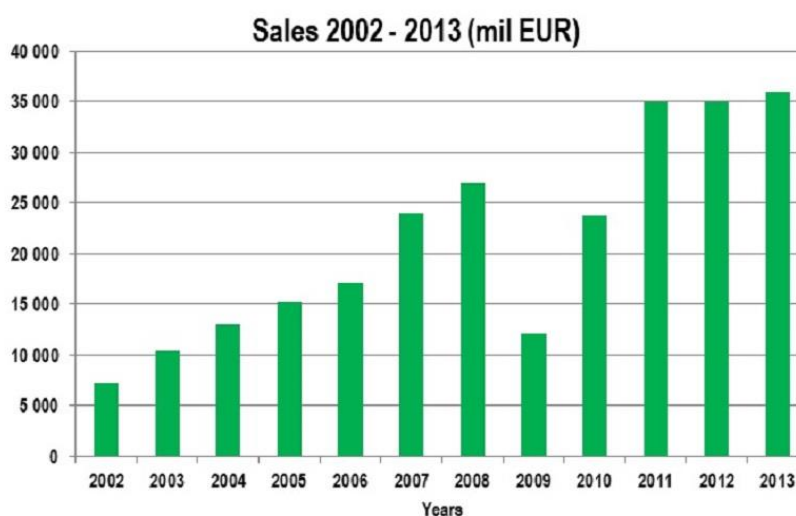
Svým zákazníkům, předním výrobcům z Evropské unie, poskytuje komplexní výrobní program pro zápusťkové výkovky, a to od návrhu konstrukce až po jeho finální zpracování, tj. chemicko-tepelné zpracování, obrábění výkovků, povrchové úpravy jako barvení, zinkování, niklování a logistické služby. Tyto výkovky se používají například v automobilech (převodovky, podvozkové díly, ...), hydraulice, zemědělství atd. Vyrábí také tzv. bezpečnostní díly. Celý proces výroby je důkladně kontrolován podle požadavků TS 16949 a ISO 14001. [12]

### 6.1 Historie firmy

- 1932 – vznik kovárny jako součást firmy Baťa
- 27.10.1992 – založení společnosti Kovárna Viva Zlín, firma má 36 zaměstnanců a 3 tvářecí linky
- 1993 – první zahraniční zákazník, CAD a CAM Unigraphics
- 1995 – první CNC v nástrojárně, 53 zaměstnanců, projekt PoclairHydraulics
- 1997 – certifikace firmy podle ČSN EN ISO 9002
- 1998 – projekt Linde



- 2000 – překročení hranice 100 zaměstnanců
- 2002 – projekt ZF BogeElastmetall, investice do linky s vřetenovým listem 2500 t
- 2003 – mechanizace výroby výkovků pro automotive, certifikace ČSN-EN ISO 9001 a 14001, založeno oddělení pro výzkum a vývoj
- 2004 – více než 150 zaměstnanců, investice do oblasti měření a kontroly, 3D přístroje, metalografická laboratoř, spektrometr, magnetoflux
- 2005 – linka s klikovým lisem 2500 t, vývoj nové generace výkovků pro Linde, projekt SCANIA
- 2007 – tvářecí linka 1000 t a 1600 t
- 2008 – druhá linka na kalení výrobků, druhá linka pro tváření výrobků s vřetenovým lisem 2500 t
- 2009 – ekonomická krize, 50% propad výroby
- 2010 – TRW projekt, investice do nové haly
- 2011 - 260 zaměstnanců, tvářecí linka 2500t
- 2012 - 20. výročí Kovárny VIVA od založení
- 2013 - vznik centrální dělírny hutního materiálu, vznik centrálního expedičního skladu
- 2014 - investice do tvářecí linky 4000t, 320 zaměstnanců [12]



Obr. 28 Tržby Kovárny VIVA a.s. [12]

## 6.2 Výroba

Firma vlastní moderní tvářecí linky se systémem kontroly během průběhu tváření každého výrobku. Pro ohřev materiálu se používají jen indukční ohřevy se stálou kontrolou teploty. [12]

### 6.2.1 Výrobní linky kovací

Svislé kovací lisy – 2\*1000 t, 3\*1600 t, 2\*2500 t

Vřetenové lisy – 3\*2500 t,

### 6.2.2 Kalibrace

Kolenové lisy – 1\*1000 t, 2\*400 t

### 6.2.3 Dělení materiálu

Kotoučové pily – 2\*Kasto speed

Pásové pily – 4\*Kasto

Nůžky – 2\*63 t, Caddy 140

### 6.2.4 Tepelné zpracování

Kalící průběžné linky QT – 2\*500, resp. 800 kg/h

Linky pro +N, +A, +FP, etc. – 1\*300 kg/h

Linky pro řízené chladnutí mikrolegovaných materiálů z dokovací teploty – náhrada QT

### 6.2.5 Obrábění výkovků

Obrábění výrobků je prováděno vlastními kapacitami, případně u osvědčených specializovaných dodavatelů.

### 6.2.6 Povrchové úpravy výkovků

Používají se všechny žádané úpravy povrchů výkovků – barvení, zinkování, galvanizace, ochrana fosfátováním a etc.

### 6.2.7 Finální inspekce

Každý výrobek je podroben finální inspekci dle dokumentace. Pro sériovou výrobu pro automobilový průmysl se používají speciální přípravky a automatizované třídící linky.

### 6.2.8 Expedice

Zajišťuje přepravu v obalech dle přání a specifikace zákazníka.

## 6.3 Sortiment

Kovárna Viva a.s. má výrobu zaměřenou na díly do automobilů, vysokozdvížných vozíků, hydrauliky a dalších součástí. [12]

### 6.3.1 Automobily



Obr. 29 Výkovky pro automobily [12]

### 6.3.2 Vysoko zdvižné vozíky



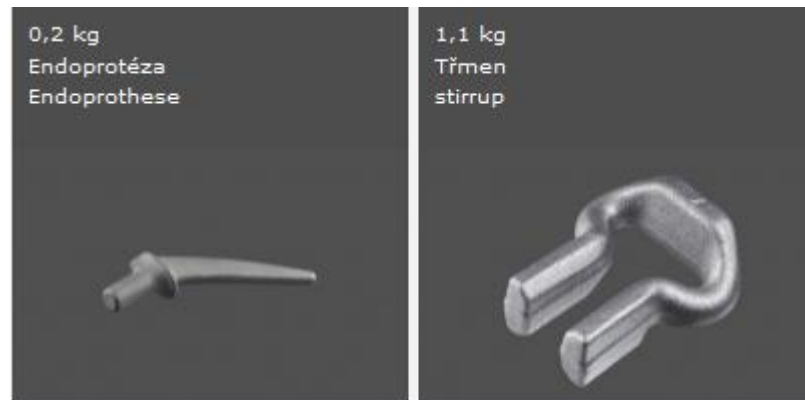
Obr. 30 Výkovky pro vysoko zdvižné vozíky [12]

### 6.3.3 Hydraulika



*Obr. 31 Výkovky pro hydraulické elementy [12]*

### 6.3.4 Další produkty



*Obr. 32 Další výkovkové produkty [12]*

## **7 KONSTRUKCE MANIPULAČNÍHO VOZÍKU**

Samotný konstrukční návrh byl prováděn dle platných mezinárodních, evropských a českých technických norem. Při stanovení designu byla provedena porada se zástupci firmy, při které se stanovili cíle návrhu.

### **7.1 Cíle řešení**

#### **7.1.1 Ekonomické**

Aktuální stav problematiky přemístění kovacího lisu je takový, že se k tomuto úkonu objednává externí firma. Paušál externí firmy je okolo 20 000Kč na den. Potenciální cena stanovená na sestavení manipulačního vozíku je 150 000Kč. Přemístění se provádí přibližně 2-3x ročně.

#### **7.1.2 Personální**

V aktuální stavu se využívají, jak pracovníci externí firmy, tak pracovníci strojní údržby kovárny. Po provedení nového řešení by tuto práci měli zvládnout 2 pracovníci strojní údržby za jednu směnu, která činí 8 pracovních hodin.

#### **7.1.3 Flexibilita**

Z hlediska toho, že manipulační vozík bude majetkem kovárny, tak bude neustále k dispozici. Nebude se muset dopředu zajišťovat potřebné věci provedené k přemístění lisu. Jedinou věcí je jen připojení tohoto vozíku k vysoko zdvižnému vozíku.

#### **7.1.4 Možnosti jiného využití**

Z hlediska jiného využití manipulačního vozíku je přeprava jiných nákladů z hlediska velikých rozměrů a vysoké nosnosti. Dále je také možnost zapůjčení jiným firmám v rámci dobrých vztahů či finanční kompenzace.

## 7.2 Kovací lis

Kovácí lis, který bude přesunován pomocí manipulačního vozíku je lis LE400.

Parametry lisu:

Tab. 3 Parametry lisu

<b>Rozměry základny</b>	3150 x 1620 mm
<b>Výška</b>	3365 mm
<b>Hmotnost</b>	28 300 kg
<b>Výkon elektromotoru</b>	30 kW
<b>Napětí</b>	3 x 380 V
<b>Tlakový vzduch</b>	1 x 0,4 - 0,6 MPa
<b>Jmenovitá tvářecí síla</b>	4 000 kN



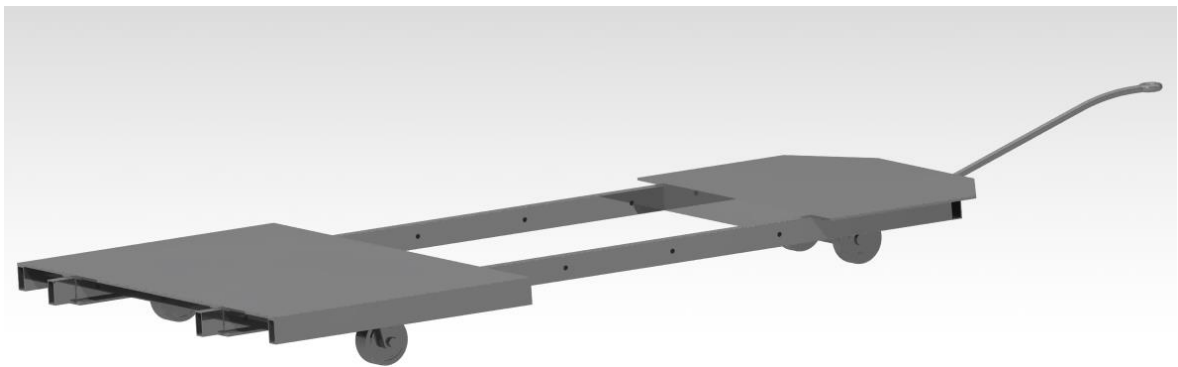
Obr. 33 Kovací lis ZTS LE 400

## 7.3 Podlaha

Podlaha ve výrobní hale je beton vyztužený ocelí o velké tloušťce z důvodů občasné manipulace se stroji. Podlaha je situována pro těžký provoz kovárny. Garantovaná nosnost podlahy je 8 tun / m<sup>2</sup> dle informací od stavebního úseku firmy Kovárna VIVA a.s.

## 7.4 Zpracování modelu

Po zadání této problematiky byla provedena porada s vedením Kovárny VIVA a.s., jak by si danou problematiku představovali řešit. Z toho bylo vyvozena předběžná podoba grafického návrhu manipulačního vozíku. Tento model byl sestrojen v programu CATIA V5R19. Z vymodelovaného modelu může být následně provedena analýza konečných prvků, či zpracování výkresů. V modelu bylo dbáno na použití normalizovaných profilů a dílů, pro co největší finanční úsporu.

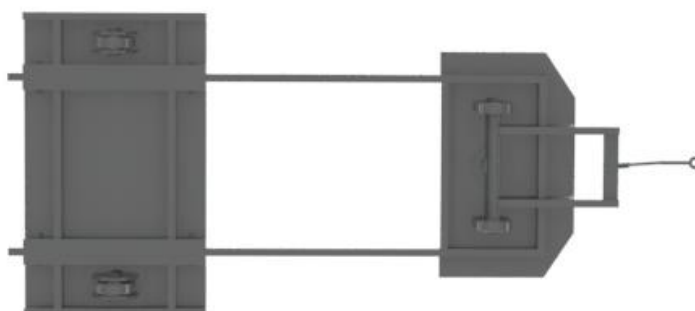


*Obr. 34 Prvotní návrh v programu CATIA*

Tento vozík by měl být dimenzován na zátěž o velikosti 28 tun. Součástí vozíku je i oje pro připojení k vysokozdviznému vozíku, který bude tento vozík táhnout. Předběžná celková hmotnost vozíku bude okolo 1 tuny.

V průběhu řešení návrhu byla provedena změna, při které byla stanovena maximální zátěž manipulačního vozíku na 40 tun z hlediska bezpečnosti a zjištěných dat z technické dokumentace kovacího lisu.

Bylo potřeba zpracovat nový model, který bude sestrojen z konstrukčních prvků o vyšší nosnosti, aby nové zatížení zvládl. Tento model byl již vytvořen v programu Siemens NX9 z důvodu, že momentálně mám s tímto softwarem více zkušeností. V tomto programu bude vytvořen samostatný model a následně zkreslena kompletní výkresová dokumentace. Analýza metodou konečných prvků bude vytvořena v program SOLIDWORKS.



*Obr. 35 Návrh k řešení vypracovaný v programu NX*

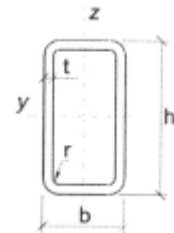


### 7.4.1 Volba materiálů

Veškeré materiály budou vybírány z ocelí, které jsou vhodné ke svařování a mají dostatečné technické parametry. Dále budou brány v úvahu, pro jakou konstrukční část vozíku budou použity a tím požadované vlastnosti.

#### 7.4.1.1 Obdélníková trubka

Jako hlavní prvek pro konstrukci manipulačního vozíku byl zvolen profil obdélníková trubka o rozměrech 100x50x6,3 mm.



Rozměry		Hmotnost G kg / m	Průřezové veličiny						
$h \times b$ mm	$t$ mm		A mm <sup>2</sup>	$A_m$ m <sup>2</sup> /m	$I_y$ mm <sup>4</sup>	$W_y$ mm <sup>3</sup>	$W_{pl,y}$ mm <sup>3</sup>	$i_y$ mm	$A_{vz}$ mm <sup>2</sup>
Násobitel					10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>		
50 × 30	2,9	3,30	421	0,153	0,132	5,29	6,70	17,7	263
50 × 30	4,0	4,39	559	0,150	0,165	6,60	8,59	17,2	349
50 × 30	5,0	5,28	673	0,147	0,187	7,49	10,0	16,7	421
60 × 40	2,9	4,22	537	0,193	0,258	8,59	10,6	21,9	322
60 × 40	4,0	5,64	719	0,190	0,328	10,9	13,8	21,4	431
60 × 40	5,0	6,85	873	0,187	0,381	12,7	16,4	20,9	524
70 × 40	4,0	6,27	799	0,210	0,485	13,9	17,6	24,6	508
70 × 40	5,0	7,64	973	0,207	0,568	16,2	21,0	24,1	619
70 × 40	6,3	9,26	1180	0,204	0,654	18,7	24,8	23,5	751
80 × 40	4,0	6,90	879	0,230	0,682	17,1	21,8	27,9	586
80 × 40	5,0	8,40	1070	0,227	0,803	20,1	26,1	27,4	713
80 × 40	6,3	10,28	1310	0,224	0,933	23,3	31,1	26,7	873
80 × 40	8,0	12,56	1600	0,219	1,06	26,5	36,5	25,8	1067
90 × 50	3,2	6,63	844	0,272	0,891	19,8	24,6	32,5	543
90 × 50	4,0	8,16	1040	0,270	1,07	23,8	29,8	32,1	669
90 × 50	5,0	9,97	1270	0,267	1,27	28,3	36,0	31,6	816
90 × 50	8,0	15,07	1920	0,259	1,74	38,6	51,4	30,1	1234
100 × 50	3,6	7,93	1010	0,291	1,28	25,6	32,1	35,5	673
100 × 50	4,0	8,79	1120	0,290	1,40	27,9	35,2	35,3	747
100 × 50	4,5	9,81	1250	0,288	1,53	30,7	39,0	35,1	833
100 × 50	5,0	10,75	1370	0,287	1,67	33,3	42,6	34,8	913
100 × 50	6,3	13,27	1690	0,284	1,97	39,4	51,3	34,2	1127
100 × 50	8,0	16,33	2080	0,279	2,30	46,0	61,4	33,3	1387
100 × 50	10,0	19,55	2490	0,274	2,59	51,8	71,2	32,2	1660

Obr. 36 Obdélníková trubka

Tento profil po vytvoření 3D modelu byl změřen a vycházející potřebná délka je 19,62 m.

Materiál, ze které je profil vyroben je nelegovaná ocel tvářená za studena jakosti S355JR (1.0039) dle ČSN EN 10219-1:2006.

Tab. 4 Vlastnosti materiálu S355JR

Základní charakteristiky	Vlastnosti	Harmonizované technické specifikace
Mez pevnosti v tahu	max. 510 MPa	EN 10219-1
Mez kluzu	min. 355 MPa	EN 10219-1
Tažnost	min. 17 %	EN 10219-1
Svařitelnost	CEV	EN 10219-1
Vhodnost k pozinkování	NPD	EN 10219-1
Rozměrová specifikace	NPD	EN 10219-2

#### 7.4.1.2 Plechy

Plechy budou použity o tloušťce 10mm, které budou děleny na požadované rozměry dle konstrukce vozíku.

Materiál, ze kterého je plech vyroben je ocel válcována za tepla dle jakosti S355MC (1.0976) dle EN 10149-2.

Tab. 5 Vlastnosti materiálu S355MC

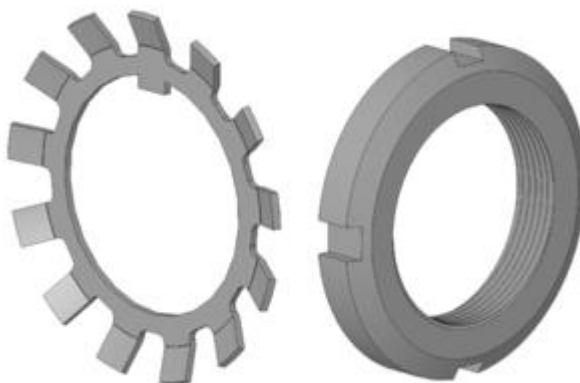
Základní charakteristiky	Vlastnosti	Harmonizované technické specifikace
Mez kluzu	min. 355 MPa	EN 10149-2
Tažnost	min. 19 %	EN 10149-2
Svařitelnost	CEV	EN 10149-2

#### 7.4.1.3 Spojovací prvky

Jako upínací prvky na upnutí vysokonosných kol na hřídeli byla zvolena kombinace pojistné podložky MB12 a upínací stahovací matice KM12. Pro konstrukci bude potřeba 6 kusů podložek a maticí.

Pro zavedení podložky na hřídel bude potřeba vyfrézovat drážku přes závity do hřídelí, na kterých budou sedět.

Oba tyto prvky konstrukce byly vymodelovány v programu Siemens NX9, dle normalizovaných rozměrů těchto součástí.



Obr. 37 Pojistná podložka, pojistná matice

#### 7.4.1.4 Materiál na výrobu hřídelí

Materiál na výrobu hřídelí byl volen dle vysokých nároků na pevnost, kvůli velkým tlakům, které na ně budou působit. Kvůli těmto vysokým požadavkům byl zvolen materiál oceli 30CrV9 (15 230).

#### Vlastnosti oceli 30CrV9

Jedná se o nízkolegovanou ocel s dobrou svařitelností a obrobitelností. Je vhodná k zušlechťování, povrchovému kalení, chemicko-tepelné zpracování a pro nitridování.

Tato ocel se doporučuje z hlediska použití na velmi namáhané zušlechtěné strojní součásti a na části nitridované. Vzhledem k vysoké prokalitelnosti se používá i pro velké výkovky.

Z hlediska chemického složení musí být obsah prvků v %: 0,3C, 2,3Cr, 0,15V

#### Mechanické charakteristiky oceli 30CrV9

Tab. 6 Vlastnosti 30CrV9

Označení	Popis	Jednotka
Rm	Nejmenší pevnost v tahu	780 MPa
Re	Nejmenší mez kluzu	635 MPa
As	Nejnižší tažnost	12 mm <sup>2</sup>
Kvmin	Nejmenší nárazová práce	16 J
Hvmax	Tvrдость podle VICKERSE	302
$\sigma_c$	Mez únavy při střídání tah-tlak	370 MPa
$\sigma_{co}$	Mez únavy při střídavém ohybu	450 MPa
$\tau_{ck}$	Mez únavy při střídavém krutu	265 MPa

Převod tvrdosti dle ASTM E 140 - 97, září 1999, Conversion for Non-Austenitic Steels:

302HV = 287HB, 302HV = 30HRC.

## 7.5 Poptávka materiálu

Dle zhotoveného předběžného modelu byl sestaven kusovník použitých dílů pro tuto problematiku. Poptáváno bylo několik firem dle jednotlivých komponentů manipulačního vozíku. Následné ocenění jednotlivých komponentů bude v ekonomickém zhodnocení publikováno vzhledem k celkovým stanoveným nákladům na zhotovení.

### 7.5.1 Hutní materiál

Tento kusovník se následně poslal firmě Feron a.s., která se zabývá prodejem hutního materiálu. Ta mi dle uvedeného kusovníku poslala oceněnou poptávku. Tento kusovník byl oceněn ještě na původní návrh, kde se počítal s menší únosností vozíku a kvůli tomu byly poptávány materiály o nižších požadavcích na konstrukci.

	Množství MJ	Cena za MJ	Sazba DPH %	Cena celkem bez DPH	Měna
<b>1 PLECH VÁLC.ZA TEPLA EN 10051(GK), EN 10025-2, zn. S235JRC+N</b> Rozměr: 10x1500x3000 Čís.položky: 214775H Termin: 31/10/2014 Základní MJ: KG	353,000 KG	14,200	21 %	5 012,60	CZK
<b>2 PROFIL DUTÝ SVAŘOVANÝ EN 10219, zn. S235JRH</b> Rozměr: 100x50x5 Čís.položky: 5T1013M Termin: 31/10/2014 Základní MJ: M 2X6M	12,000 M 129,600 KG	174,000	21 %	2 088,00	CZK
<b>3 TYČ TVAROVÁ IPE VÁLC. ZA TEPLA DIN 1025-5, EN 10025-2, zn. S235JR</b> Rozměr: 100 Čís.položky: 1F0613D Termin: 31/10/2014 Základní MJ: KG	30,000 KG	14,700	21 %	441,00	CZK
<b>4 DĚLENÍ TRUBEK, JÄCKLŮ DO 120 MM</b> Čís.položky: Z1TJ120 Termin: 31/10/2014 Základní MJ: KS	1,000 KS	40,000	21 %	40,00	CZK
<b>5 DĚLENÍ PROFILOVÉ OCELI I-U-L-T DO 100 MM</b> Čís.položky: Z1PR100 Termin: 31/10/2014 Základní MJ: KS	1,000 KS	30,000	21 %	30,00	CZK
<b>6 PROFIL TVÁŘENÝ ZA STUDENA TVARU U EN 10162, EN 10025-2, zn. S235JR</b> Rozměr: 100x50x5 Čís.položky: 6E0637G Termin: 31/10/2014 Základní MJ: KG 1X6M	43,000 KG	19,600	21 %	842,80	CZK
<b>7 DĚLENÍ TRUBEK, JÄCKLŮ DO 120 MM</b> Čís.položky: Z1TJ120 Termin: 31/10/2014 Základní MJ: KS	1,000 KS	40,000	21 %	40,00	CZK

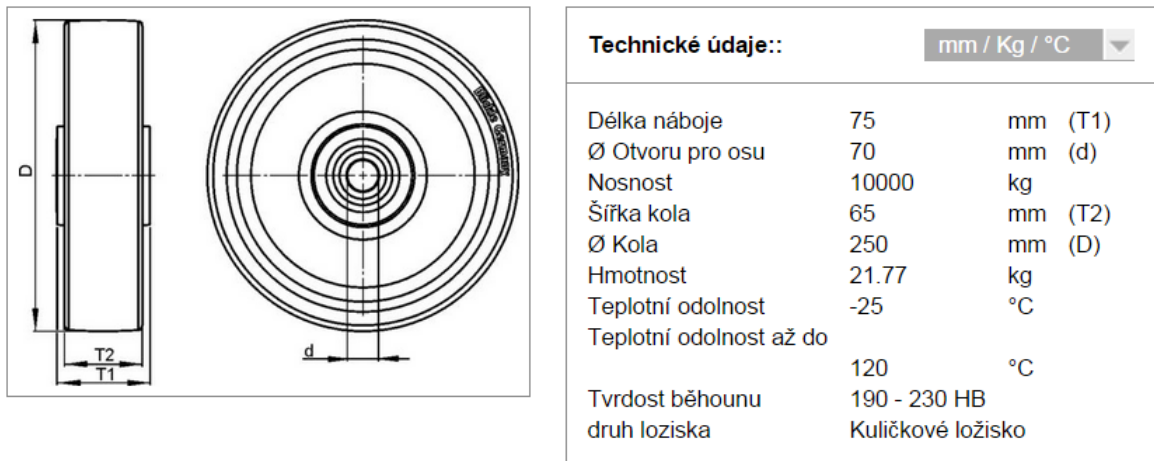
Obr. 38 Poptávkový list Feron a.s.

V nové verzi návrhu byl použit jen ocelový plech o tloušťce 10 mm a obdélníkovou trubku o rozměrech 100 x 50 x 6,3 mm.

### 7.5.2 Kola o vysoké nosnosti

Další poptávanou firmou byla firma, která se zabývá prodejem kol o vysoké nosnosti. Požadovaná nosnost na jedno kolo je 10 tun. Jedinou firmou prodávající tyto produkty v tu-

zemsku je společnost Blickle. Dle konfigurátoru výrobků bylo doporučeno použít typ kola SVS 250/70K. Toto kolo je soustruženo z ušlechtilé oceli, s lehce vypouklou pojezdovou plochou a lehce olejovaným povrchem. Má velmi nízký valivý a smykový odpor a díky tomu má lehký chod na hladkém povrchu. Jsou extrémně otěruvzdorné a mají vysokou statickou a dynamickou nosnost.

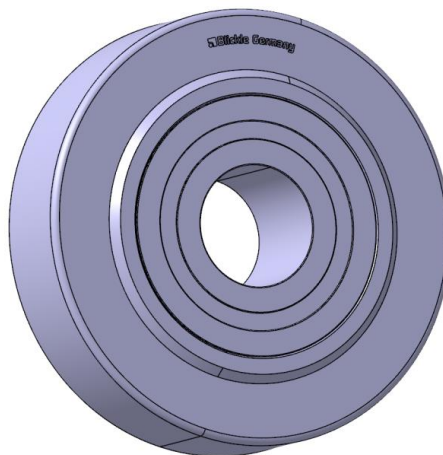


Obr. 39 Kolo Blickle parametry

Po telefonické komunikaci s obchodníkem firmy Blickle byla cena stanovena na 9053 Kč bez DPH. U konstrukce manipulačního vozíku budou potřeba 4 ks kol. Cena v tomto případě by byla 36 215Kč bez DPH.

Všechny kola by byla upevněna na náboji, který by v našem případě byla ocelová hřídel a zajištěny by byly pojistnou podložkou kombinovanou s upínací stahovací maticí.

Do 3D modelu v programu NX byl stažen již hotový model z knihovny na internetových stránkách výrobce.



Obr. 40 Kolo Blickle 3D model

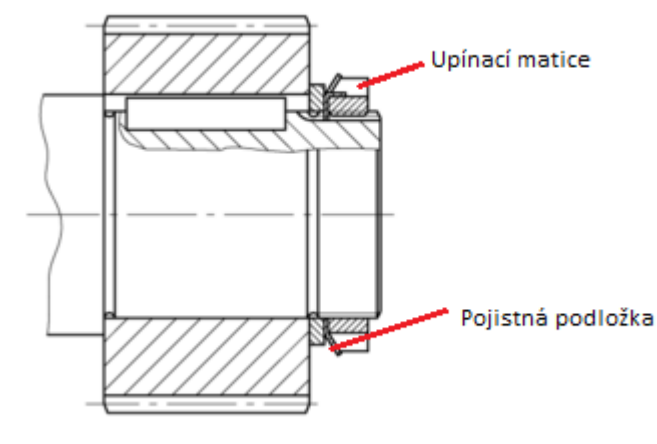
### 7.5.3 Spojovací a upínací prvky

Zde uvedené položky nebyly poptávány, jelikož se jedná o normalizované díly. Uvedené ceny vychází z ceníku firmy ZKL.

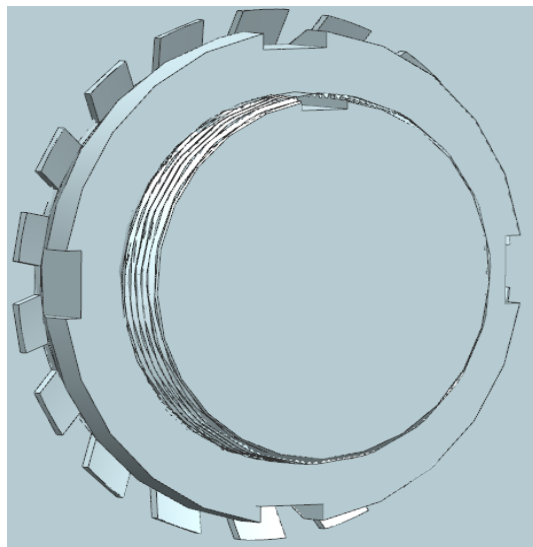
Pro spojovací prvky jsou použity pojistná podložka MB 12 a upínací matice MB 12.

Tab. 7 Ceník pojistné podložky a upínací matky

Položka	1 kus bez DPH	6 kusů bez DPH
MB 12	33,60 Kč	201,60 Kč
KM 12	31,30 Kč	187,70 Kč



Obr. 41 Ilustrační schéma namontované pojistné podložky a upínací matky



Obr. 42 Detail vymodelovaných upínacích elementů

## 7.6 Volba uložení jednotlivých náprav

### 7.6.1 Zadní náprava

Zadní náprava bude řešena ocelovým kolem SVS 250/70K, které bude upevněno na pevné kladce a náboji, který bude jištěný upínací maticí a pojistnou podložkou.. Celá konstrukce pevné kladky bude připevněna k nosné desce svarovým spojem.

### 7.6.2 Přední náprava

Bylo provedeno několik návrhů, které byly předloženy na poradě v Kovárně VIVA a.s. Z uvedených návrhů bylo jedno vybráno k dalšímu řešení. Výsledné řešení spočívá uložení hřídele ve vodícím pouzdře. Ve vodícím pouzdře jsou uložena axiální soudečková ložiska, na která dotlačí samotná hřídel. Výsledné uložení je zobrazeno ve výkresové dokumentaci.

## 7.7 Šroubové spoje

Kontrola šroubových spojů bude prováděna u šroubů, které spojují sestavu zadní plošiny k sestavě přední plošiny. Šrouby jsou v počtu 4 kusů, které jsou namáhány na stříh.

$F = 266\,666\text{ N}$ , šroub M30x200 ČSN EN ISO 4016 – 10.9,  $p_D$  dle ČSN EN ISO 898-1 je rovno  $0,6 \cdot R_m = 0,6 \cdot 1000 = 600\text{ MPa}$ ,  $\tau_D$  dle ČSN EN ISO 898 je rovno  $0,4 \cdot R_e = 0,4 \cdot 900 = 360\text{ MPa}$ ,  $s_{\min} = 6,3\text{ mm}$

### Výpočet na stříh

$$\tau_S = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_s^2}{4}} \leq \tau_D$$

$$\tau_S = \frac{\frac{66\,666,5}{4}}{\frac{\pi \cdot 30^2}{4}} \leq 360\text{ MPa}$$

$$\tau_S = 94,31 \leq 360\text{ MPa} \rightarrow \underline{\text{vyhovuje}}$$

### Výpočet na otláčení

$$p = \frac{F}{s_{\min} \cdot d_s} \leq p_D$$

$$p = \frac{66\,666,5}{6,3 \cdot 30} \leq 600\text{ MPa}$$

$$p = 176,36 \text{ MPa} \leq 600 \text{ MPa} \rightarrow \underline{\text{vyhovuje}}$$

## 7.8 Svarové spoje

### Koutový svar - čtvercová trubka

Tento svar se nachází na přední hřídeli. Tloušťka stěny trubky čtvercové trubky je 5 mm. Materiál hřídele 30Cr9V, kde  $\sigma_{dt} = 780 \text{ MPa}$  a u čtvercové trubky je materiál C45, kde  $\sigma_{dt} = 625 \text{ MPa}$ . Počítáme ze  $\sigma_{dt} = 625 \text{ MPa}$ .

$$a = 50 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$F = 40\,112 / 2 = 20\,056 \text{ N}$$

$$\sigma_{dt} = 625 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{20\,056}{4a \cdot 0,7t} = \frac{20\,056}{4 \cdot 50 \cdot 0,7 \cdot 5} = \underline{28,65 \text{ MPa}}$$

$$\tau_D = 0,65 \cdot \sigma_{Dt} = 0,65 \cdot 625 = \underline{406,25 \text{ MPa}}$$

$$\tau_V = 28,65 \leq 406,25 \rightarrow \underline{\text{vyhovuje}}$$

### Koutový svar - spojení předních hřídelí

Materiál hřídele 30Cr9V

$$\sigma_{dt} = 780 \text{ MPa}$$

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$F = 133\,333 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{133\,333}{\pi d \cdot 0,7t} = \frac{133\,333}{\pi \cdot 60 \cdot 0,7 \cdot 10} = \underline{101,051 \text{ MPa}}$$

$$\tau_D = 0,65 \cdot \sigma_{Dt} = 0,65 \cdot 780 = \underline{507 \text{ MPa}}$$

$$\tau_V = 101,051 \leq 507 \rightarrow \underline{\text{vyhovuje}}$$



**Koutový svar - připojení profilu pevné kladky k plechu kladky**

Materiál plech S355

$$\sigma_{dt} = 510 \text{ MPa}$$

$$a = 300 \text{ mm}$$

$$b = 20 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$F = 133\,333 / 2 = 66\,666,5 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{66\,666,5}{2(a+b) \cdot 0,7t} = \frac{66\,666,5}{2(300+20) \cdot 0,7 \cdot 10} = \underline{14,88 \text{ MPa}}$$

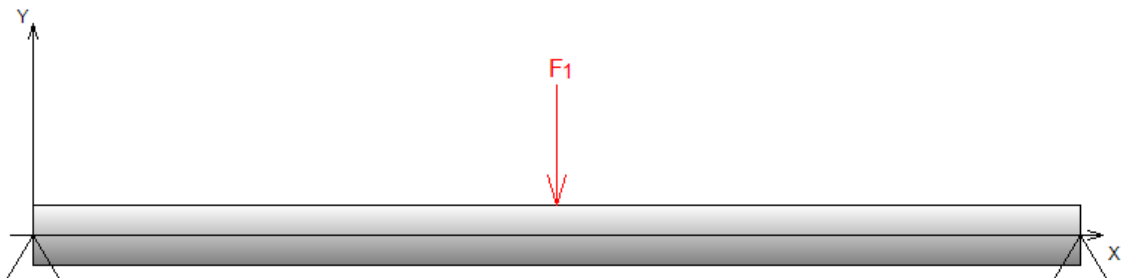
$$\tau_D = 0,65 \cdot \sigma_{Dt} = 0,65 \cdot 510 = \underline{331,5 \text{ MPa}}$$

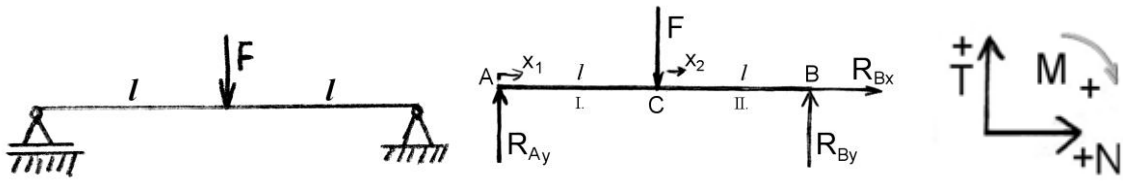
$$\tau_V = 14,88 \leq 331,5 \rightarrow \underline{\text{vyhovuje}}$$

Další svarové spoje nebudou kontrolovány z důvodu předimenzování. Spoje, které byly kontrolovány patří k těm nejvíce namáhaným z celé sestavy manipulačního vozíku.

**7.9 Výpočet hřídele****7.9.1 Přední hřídel - vnitřní statické účinky**Geometrie, zatížení:  $F = 133\,333 \text{ N}$ Průřez:  $J_Z = 2\,010\,619 \text{ mm}^4$ ,  $S = 7\,854 \text{ mm}^2$ ,  $d = 80 \text{ mm}$ ,  $L = 700 \text{ mm}$ ,  $l = 350 \text{ mm}$ Materiál: ocel - modul pružnosti  $E = 210\,000 \text{ MPa}$ , Poissonovo číslo  $\nu = 0,3$ ,

$$\sigma_{0dov} = 635 \text{ MPa}$$





Obr. 43 Schéma uložení přední hřídel

**Rovnice rovnováhy:**

$$\sum_i^n F_{i,x} = 0 \rightarrow R_{Bx} = 0$$

$$\sum_i^n F_{i,y} = 0 \rightarrow R_{Ay} - F + R_{By} = 0 \rightarrow R_{By} = F - R_{Ay} = F/2$$

$$\sum_i^n M_{i,B} = 0 \rightarrow R_{Ay}(l+l) - F \cdot l = 0 \rightarrow R_{Ay} = F/2$$

**Průběh \$M\_0\$ - metoda řezu:**

$$M_I(x_1) = R_{Ay} \cdot x_1 \quad \text{kde } x_1 \text{ náleží intervalu } \{0, l\}$$

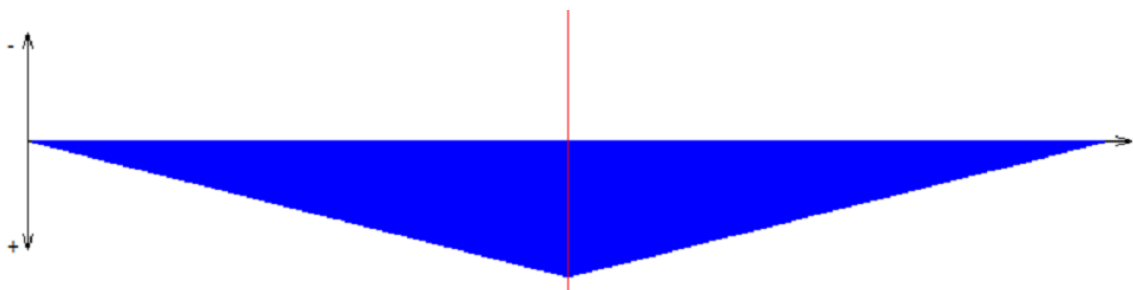
$$M_{II}(x_2) = R_{Ay}(l + x_2) - F \cdot x_2 \quad \text{kde } x_2 \text{ náleží intervalu } \{0, l\}$$

**Dosazení:**

$$M_I(x_1=0) = F/2 \cdot 0 = 0$$

$$M_I(x_1=l) = F/2 \cdot L/2 = Fl/4 = M_{0\max} = 23\,300 \text{ Nm}$$

$$M_{II}(x_2=l) = F/2(l+l) - F \cdot l = 0$$



Obr. 44 Ohybový moment přední hřídel

**Průběh příčných a osových sil:**

$$T_I(x_1) = R_{Ay} = F/2 = T_{\max} = 66\,665 \text{ N}$$

$$T_{II}(x_2) = R_{Ay} - F = F/2 - F = -F/2 = -66\,665 \text{ N}$$

$$N_I(x_1) = 0$$

$$N_{II}(x_2) = 0$$



Obr. 45 Příčné síly přední hřídel

**Průhyb nosníku**

$$Y_{\max} = \frac{Fl^3}{48EJ_z}$$

$$Y_{\max} = \frac{133\,333.700^3}{48.210\,000.2\,010\,619}$$

$$\underline{Y_{\max} = 2,25 \text{ mm}}$$



Obr. 46 Průhyb přední hřídel

**Kontrola na ohyb:**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = \frac{23\,300\,000}{\frac{\pi \cdot 80^3}{32}} \leq 635 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o = 463 \text{ MPa} \leq 635 \text{ MPa} \rightarrow \underline{\text{vyhovuje}}$$

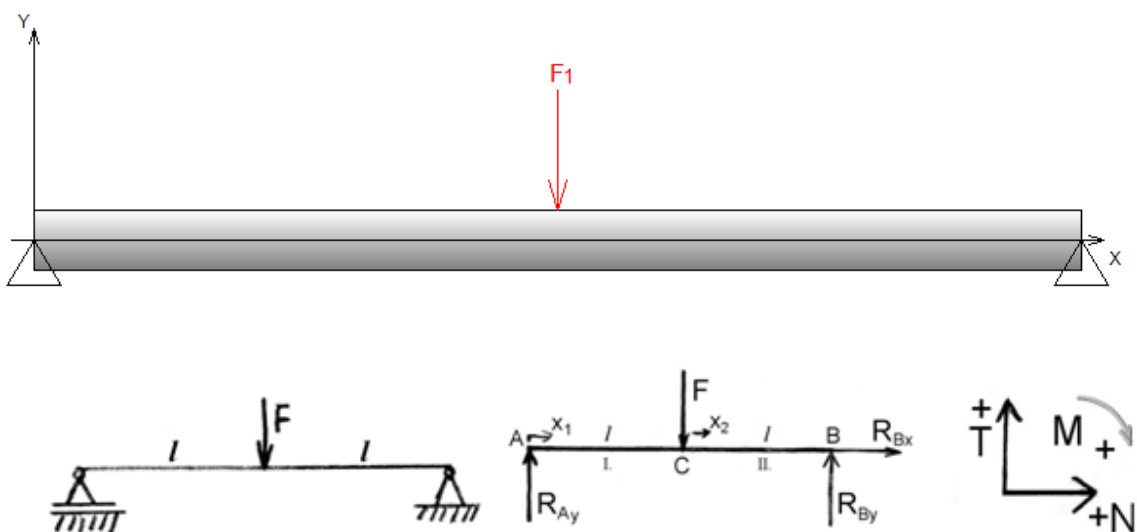
Provedený kontrolní výpočet na ohyb přední hřídele ukazuje, že navrhovaný model vyhovuje z hlediska dovoleného napětí na ohyb.

### 7.9.2 Zadní hřídel

Geometrie, zatížení:  $F = 133\,333 \text{ N}$

Průřez:  $J_Z = 1\,178\,588 \text{ mm}^4$ ,  $S = 15\,394 \text{ mm}^2$ ,  $d = 70 \text{ mm}$ ,  $L = 100 \text{ mm}$ ,  $l = 50 \text{ mm}$

Materiál: ocel - modul pružnosti  $E = 210\,000 \text{ MPa}$ , Poissonovo číslo  $\nu = 0,3$ ,  $\sigma_{dov} = 635 \text{ MPa}$



Obr. 47 Schéma uložení zadní hřídel

**Rovnice rovnováhy:**

$$\sum_i^n F_{i,x} = 0 \rightarrow R_{Bx} = 0$$

$$\sum_i^n F_{i,y} = 0 \rightarrow R_{Ay} - F + R_{By} = 0 \rightarrow R_{By} = F - R_{Ay} = F/2$$

$$\sum_i^n M_{i,B} = 0 \rightarrow R_{Ay}(l + l) - F \cdot l = 0 \rightarrow R_{Ay} = F/2$$

**Průběh  $M_0$  - metoda řezu:**

$$M_I(x_1) = R_{Ay} \cdot x_1 \quad \text{kde } x_1 \text{ náleží intervalu } \{ 0, l \}$$

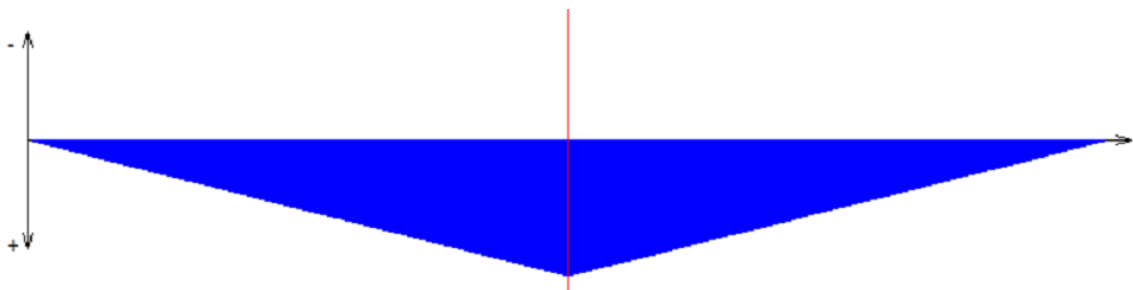
$$M_{II}(x_2) = R_{Ay}(l + x_2) - F \cdot x_2 \quad \text{kde } x_2 \text{ náleží intervalu } \{ 0, l \}$$

**Dosažení:**

$$M_I(x_1=0) = F/2 \cdot 0 = 0$$

$$M_I(x_1=l) = F/2 \cdot L/2 = Fl/4 = M_{0\max} = 3\,330 \text{ Nm}$$

$$M_{II}(x_2=l) = F/2(l + l) - F \cdot l = 0$$



*Obr. 48 Ohybový moment zadní hřídel*

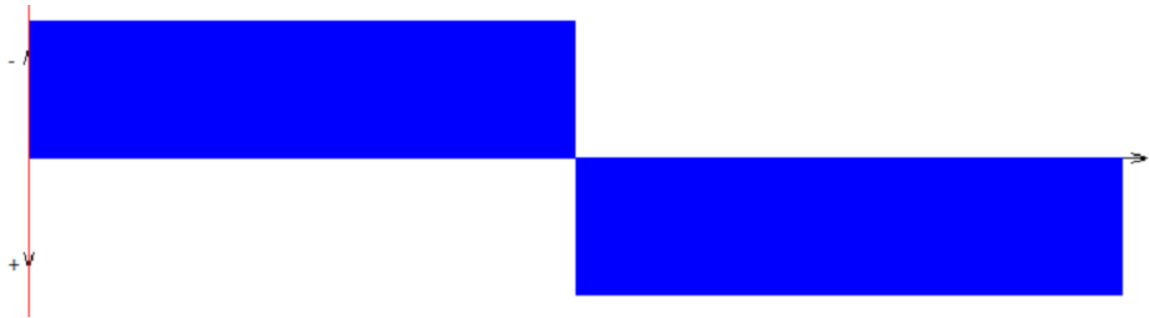
**Průběh příčných a osových sil:**

$$T_I(x_1) = R_{Ay} = F/2 = T_{\max} = 66\,665 \text{ N}$$

$$T_{II}(x_2) = R_{Ay} - F = F/2 - F = -F/2 = -66\,665 \text{ N}$$

$$N_I(x_1) = 0$$

$$N_{II}(x_2) = 0$$



Obr. 49 Příčné síly zadní hřídel

**Průhyb nosníku**

$$Y_{max} = \frac{Fl^3}{48EJ_z}$$

$$Y_{max} = \frac{133\,333 \cdot 100^3}{48 \cdot 210\,000 \cdot 1\,178\,588} = 0,011 \text{ mm}$$

$$\underline{Y_{max} = 2,25 \text{ mm}}$$



Obr. 50 Průhyb zadní hřídel

**Kontrola na ohyb:**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = \frac{3\,330\,000}{\frac{\pi \cdot 70^3}{32}} \leq 635 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o = 99 \text{ MPa} \leq 635 \text{ MPa} \rightarrow \underline{\text{vyhovuje}}$$

Provedený kontrolní výpočet na ohyb přední hřídele ukazuje, že navrhovaný model vyhovuje z hlediska dovoleného napětí na ohyb.

## 7.10 Výpočet potřebné síly na posunutí vozíku

Bude počítány dvě potřebné síly pro posunutí vozíku a to:

- Vozík plně zatížení  $m = 40$  t
- Vozík prázdný  $m = 1$  t

### Vozík plně zatížen

Vstupní data:

$m = 40$  t,  $f = 0,1$  (součinitel tření pro povrch ocel/ocel),  $r = 125$  mm (poloměr kola),  
 $\xi = 0,35$  ( součinitel valivého odporu guma / beton )

#### Tření

$$F_n = m \cdot g = 40\,000 \cdot 10 = 400\,000 \text{ N}$$

$$F_t = f \cdot F_n = 0,1 \cdot 400\,000 = \underline{40 \text{ kN}}$$

#### Valivý odpor

$$F_v = \xi \cdot \frac{F_n}{r} = 0,35 \cdot \frac{100\,000}{125} = 112 \text{ N} \cdot 4 \text{ kola} = \underline{448 \text{ N}}$$

#### Celková potřebná síla

$$F_c = F_t + F_v = 40\,000 + 448 = \underline{40\,448 \text{ N}}$$

Celková potřebná síla pro posun plně naloženého manipulačního vozíku je 40 448 N.

### Prázdný vozík

Vstupní data:

$m = 1$  t,  $f = 0,1$  (součinitel tření pro povrch ocel/ocel),  $r = 125$  mm ( poloměr kola),  
 $\xi = 0,35$  ( součinitel valivého odporu guma / beton )

#### Tření

$$F_n = m \cdot g = 1\,000 \cdot 10 = 10\,000 \text{ N}$$

$$F_t = f \cdot F_n = 0,1 \cdot 10\,000 = \underline{1 \text{ kN}}$$

Valivý odpor

$$F_v = \xi \cdot \frac{F_n}{r} = 0,35 \cdot \frac{100\,000}{125} = 112\,000 \cdot 4\,kola = \underline{448\,000\,N}$$

Celková potřebná síla

$$F_c = F_t + F_v = 40\,000 + 448 = \underline{1\,448\,000\,N}$$

Celková potřebná síla pro posun prázdného manipulačního vozíku je 1 448 N.

Tyto výpočty jsou jen orientační z důvodu nepřesného stanovení koeficientu tření a valivého odporu. Nepřesné stanovení koeficientů je způsobeno neurčitým povrchem podlahy v Kovárně VIVA a.s.. Nelze přesně proto určit hodnotu těchto koeficientů.

## 7.11 Analýza metodou konečných prvků

Z hodnot dodaných z poptávek materiálu v prvním návrhu byla provedena analýza metodou konečných prvků, zda dané prvky požadované zatížení vydrží. Tato analýza byla prováděna na konstrukci, která byla vytvořena na model. Tento krok byl proveden v programu SOLIDWORKS v modulu pro tvorbu mechanických analýz.

Model posuzován na analýzu nebyl úplný a byly posuzovány jen normalizované díly. Model byl zatěžován silou o velikosti 400kN, která byla rozložena do tří bodů. Tyto body jsou definovány uložením jednotlivých kol:

- Zadní náprava (2 body)
- Přední náprava (1 bod)

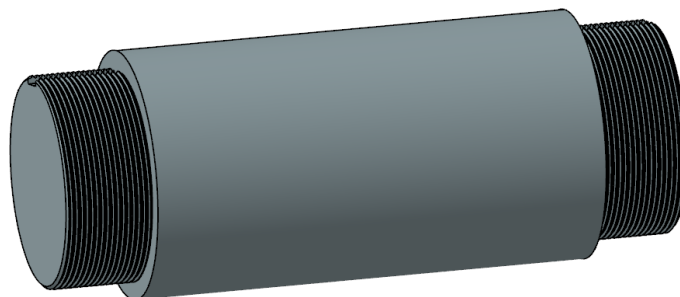
### 7.11.1 Zadní hřídel

Tab. 8 Zadní hřídel parametry

<b>HŘÍDEL ZADNÍ</b>	
Materiál:	30CrV9 ( 15 240)
Typ modelu:	Lineární elastický izotropní
Výchozí kritérium selhání:	neznámé
Mez kluzu:	635 Mpa
Mez pevnosti v tahu:	780 Mpa
Modul pružnosti:	210 000 Mpa
Poissonova konstanta:	0,3
Hustota:	7800 kg/m <sup>2</sup>
Modul pružnosti ve smyku:	81 000 Mpa



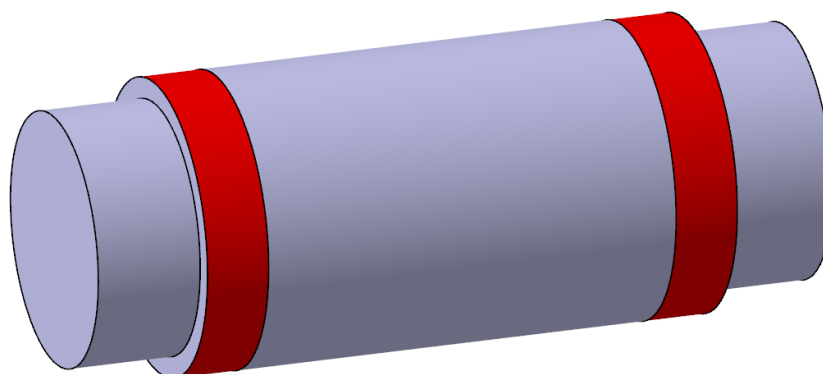
Součinitel tepelné roztažnosti:	$11 \cdot 10^{-6}/K$
---------------------------------	----------------------



Obr. 51 Model zadní hřídele

Tab. 9 Uchycení zadní hřídele

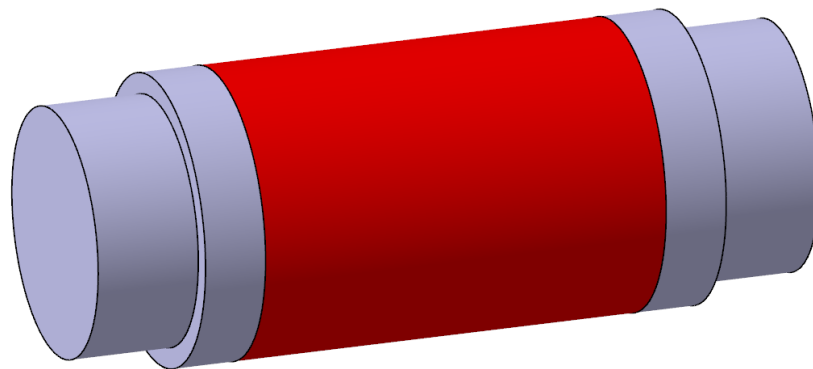
UCHYCENÍ HŘÍDELE	
Uložení:	Fixní
Entity:	2 válcové plochy
Typ:	Fixní geometrie



Obr. 52 Uchycení zadní hřídele

Tab. 10 Zatížení zadní hřídele

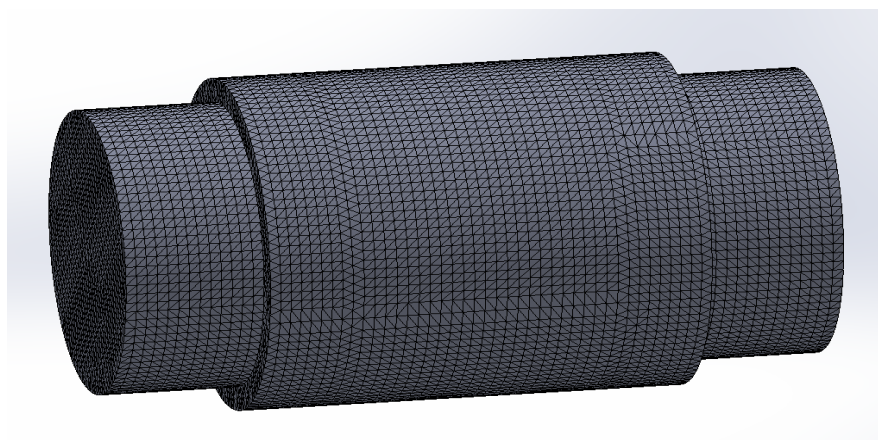
ZATÍŽENÍ HŘÍDELE				
Součásti	X	Y	Z	Výsledný
Reakční síla:	133 333 N	0 N	0 N	133 333 N
Reakční moment:	0 Nm	0 Nm	0 Nm	0 Nm



Obr. 53 Zatížení zadní hřídele

Tab. 11 Parametry sítě zadní hřídele

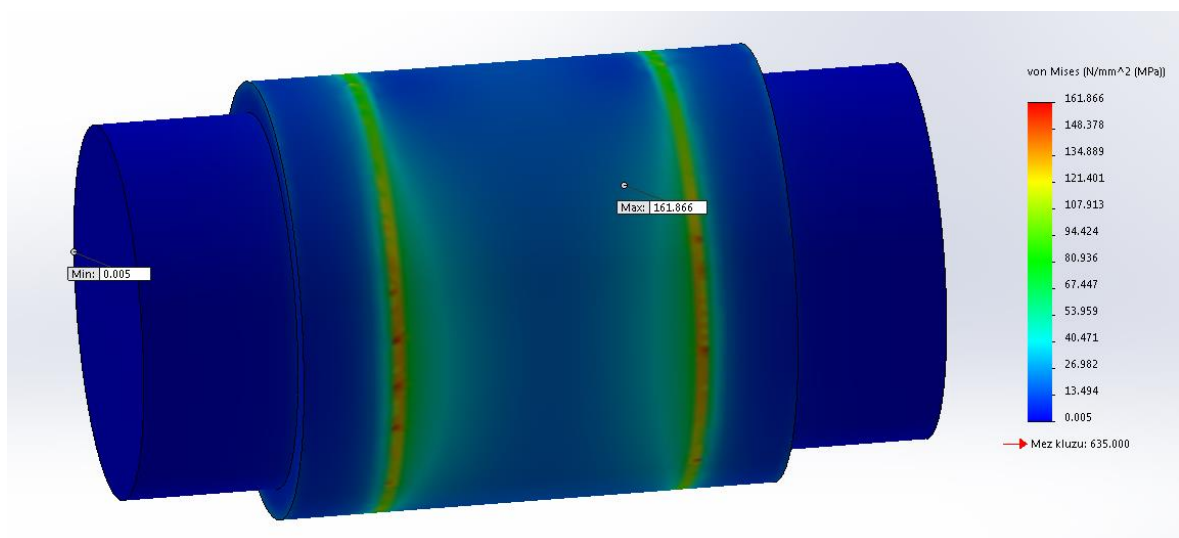
SÍŤOVÁNÍ	
Druh síťování:	Standardní síť
Jakobyho body:	4
Maximální velikost elementů:	0 mm
Minimální velikost elementů:	0 mm
Kvalita sítě:	Vysoká
Celkem uzlů:	285 905
Velikost elementu:	2 mm
Celkem elementů:	201 201
Max. poměr stran:	5,268
% elementů s poměrem stran <3	100
% elementů s poměrem stran >3	0
% deformovaných prvků (Jakobian)	0
Doba tvorby sítě:	0:00:05



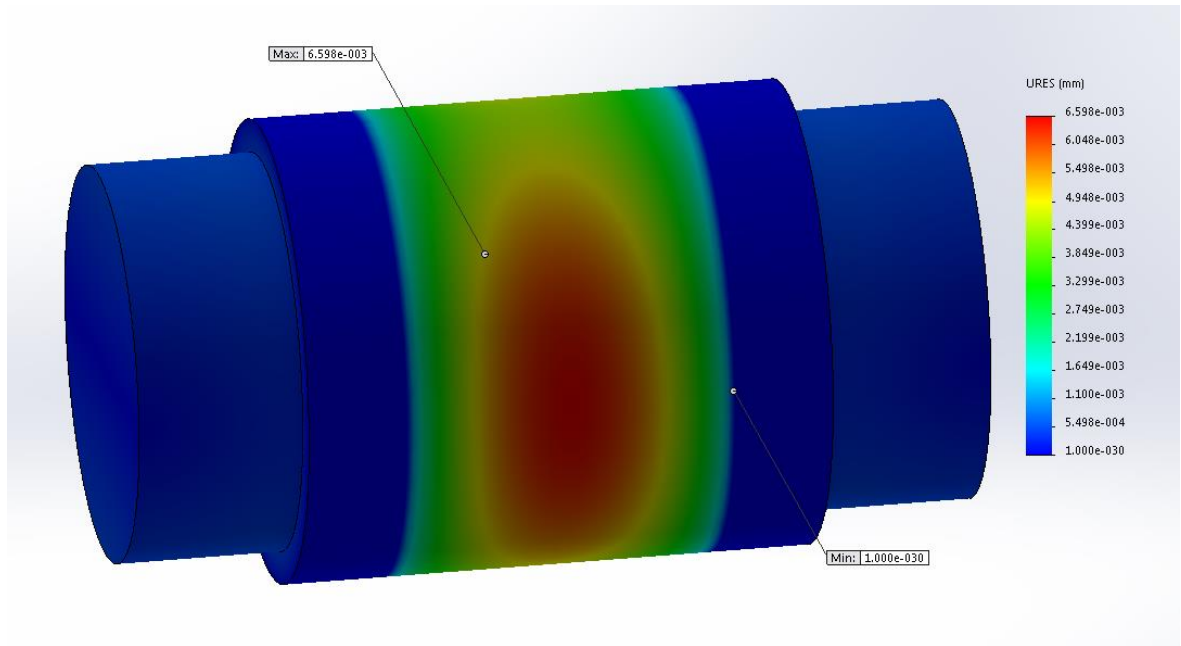
Obr. 54 Síťovaný model zadní hřídele

Tab. 12 Výsledky analýzy zadní hřídele

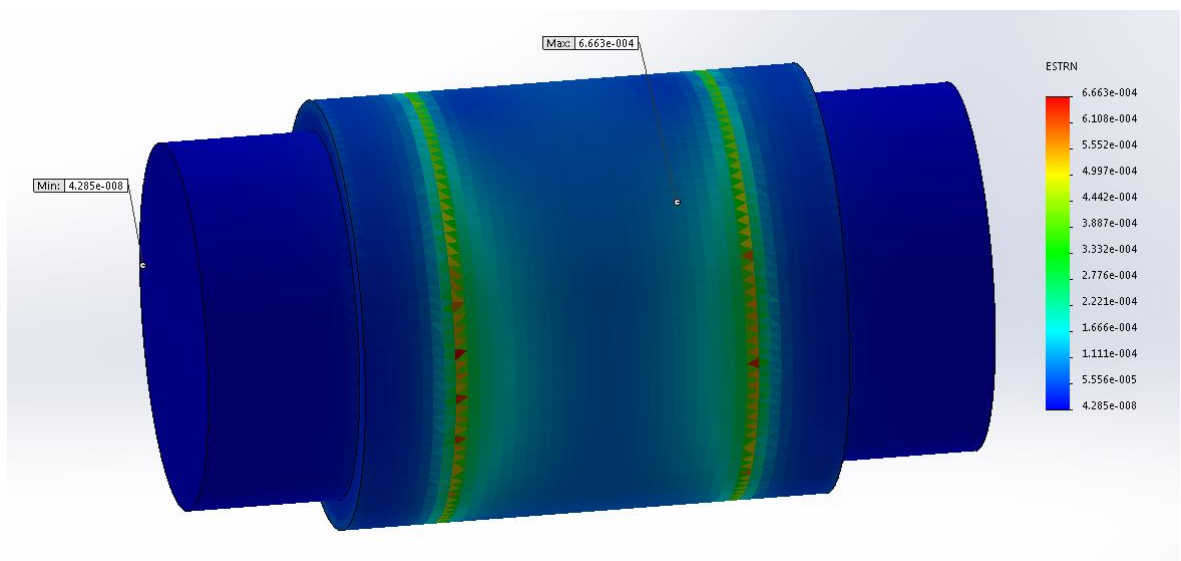
VÝSLEDKY ANALÝZY			
Název	Typ	Minimální	Maximální
Napětí	Von Mises	0,005 MPa	161,866 MPa
Posunutí	URES: Výsledné posunutí	1E-30 mm	0,006598 mm
Poměrná deformace	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	4,29E-08	6,66E-04
Koeficient bezpečnosti	automatický	3,923	1,16E+05



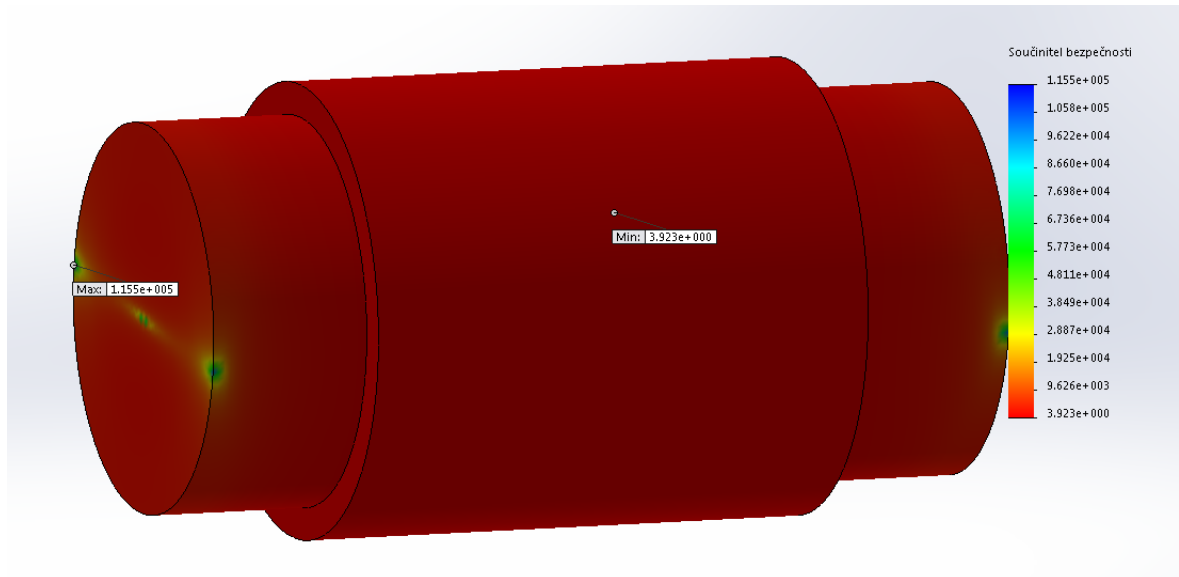
Obr. 55 Napětí Von Mises zadní hřídele



Obr. 56 Výsledné posunutí zadní hřídele



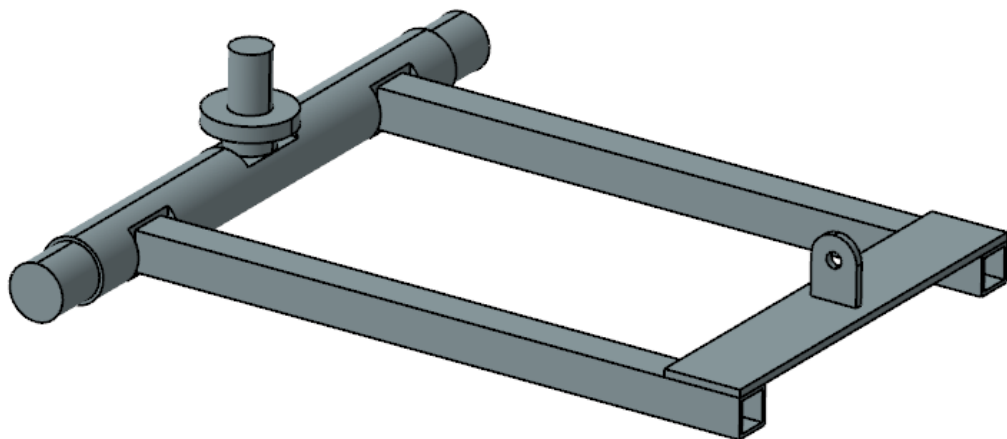
Obr. 57 Ekvivalentní poměrná deformace zadní hřídele



Obr. 58 Součinitel bezpečnosti zadní hřídele

Z analýzy metodou konečných prvků jsme zjistili, že daný návrh vyhovuje. Výsledné hodnoty, které byly spočteny programem SOLIDWORKS přes zatížení, které na hřídel působí na posuzovanou hřídel vychází ve výborných hodnotách, což můžeme posoudit z koeficientu bezpečnosti, který vychází minimální 3,923. Tyto hodnoty vychází na maximální zatížení 40 tun, ale maximální zatížení se uvažuje 28 300 kg.

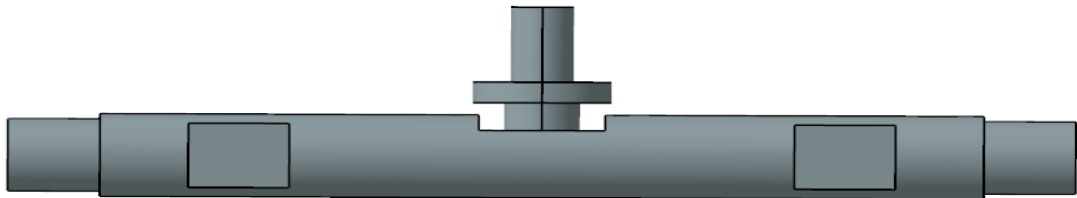
### 7.11.2 Přední hřídel



Obr. 59 Model přední hřídele s napojením

Tab. 13 Parametry přední hřídele

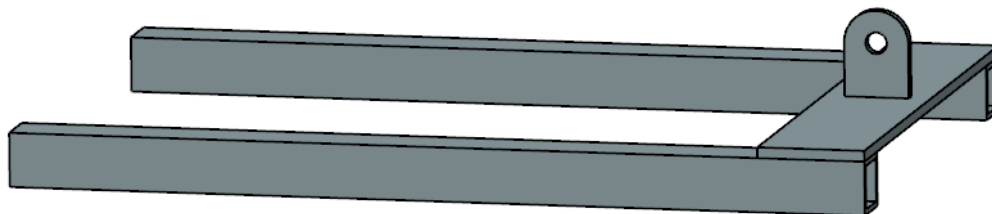
<b>HŘÍDEL PŘEDNÍ</b>	
Materiál:	30Cr9V ( 15 240)
Typ modelu:	Lineární elastický izotropní
Výchozí kritérium selhání:	neznámé
Mez kluzu:	635 MPa
Mez pevnosti v tahu:	780 MPa
Modul pružnosti:	210 000 MPa
Poissonova konstanta:	0,3
Hustota:	7800 kg/m <sup>2</sup>
Modul pružnosti ve smyku:	81 000 MPa
Součinitel tepelné roztažnosti:	11.10 <sup>-6</sup> /K



Obr. 60 Model přední hřídele

Tab. 14 Parametry připojení přední hřídele

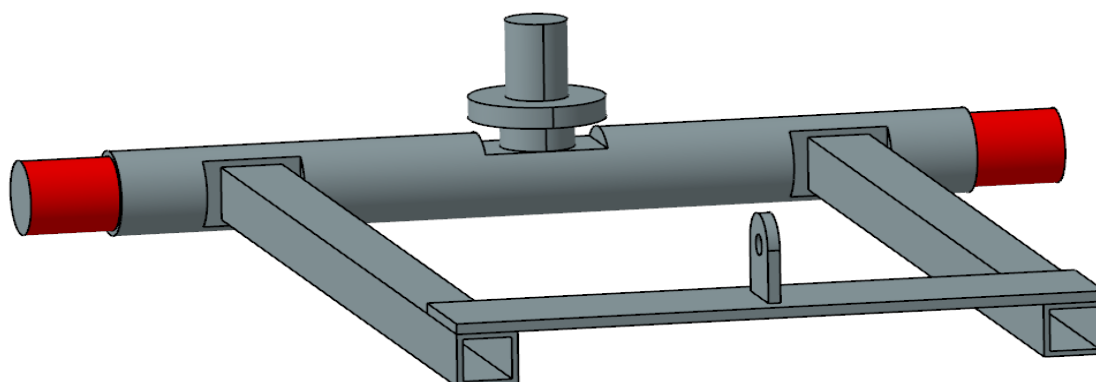
<b>PŘIPOJENÍ PŘEDNÍ HŘÍDELE</b>	
Materiál:	C45
Typ modelu:	Lineární elastický izotropní
Výchozí kritérium selhání:	neznámé
Mez kluzu:	530 MPa
Mez pevnosti v tahu:	625 MPa
Modul pružnosti:	210 000 MPa
Poissonova konstanta:	0,3
Hustota:	7850 kg/m <sup>2</sup>
Modul pružnosti ve smyku:	80 000 MPa
Součinitel tepelné roztažnosti:	11.10 <sup>-6</sup> /K



Obr. 61 Model přední hřídele

Tab. 15 Uchytení přední hřídele

UCHYCENÍ HŘÍDELE	
Uložení:	Fixní
Entity:	2 válcové plochy
Typ:	Fixní geometrie

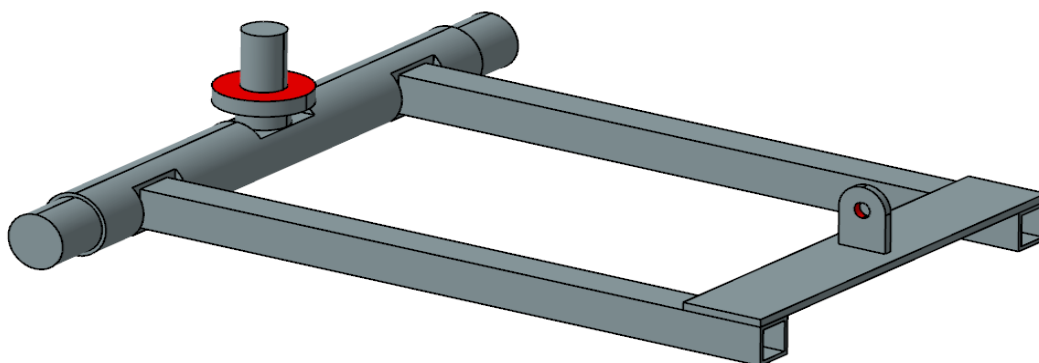


Tab. 16 Zatížení přední hřídele

ZATÍŽENÍ HŘÍDELE				
Součásti	X	Y	Z	Výsledný
Reakční síla:	133 333 N	0 N	0 N	133 333 N
Rakční moment:	0 Nm	0 Nm	0 Nm	0 Nm

Tab. 17 Zatížení připojení hřídele

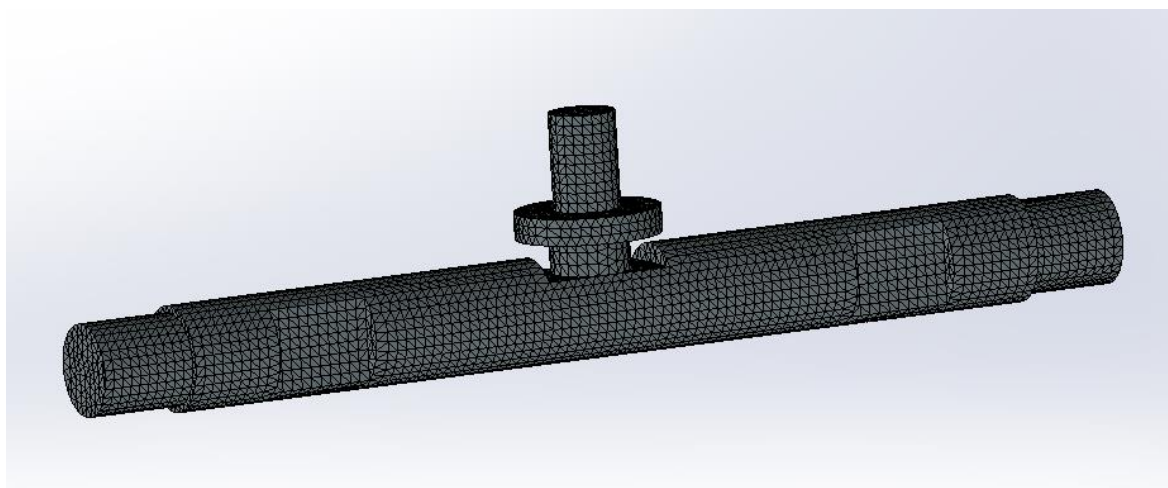
ZATÍŽENÍ DÍRY PRO PŘIPOJENÍ OJE				
Součásti	X	Y	Z	Výsledný
Reakční síla:	0 N	40 112 N	0 N	40 112 N
Rakční moment:	0 Nm	0 Nm	0 Nm	0 Nm



Obr. 62 Zatížení přední hřídele i s připojením

Tab. 18 Parametry sítě přední hřídele

SÍŤOVÁNÍ PŘEDNÍ HŘÍDELE	
Druh síťování:	Standardní síť
Jakobyho body:	4
Maximální velikost elementů:	0 mm
Minimální velikost elementů:	0 mm
Kvalita sítě:	Vysoká
Celkem uzlů:	87 103
Velikost elementu:	8 mm
Celkem elementů:	58 572
Max. poměr stran:	6,2095
% elementů s poměrem stran <3	99,9
% elementů s poměrem stran >3	0
% deformovaných prvků (Jakobian)	0
Doba tvorby sítě:	0:00:03

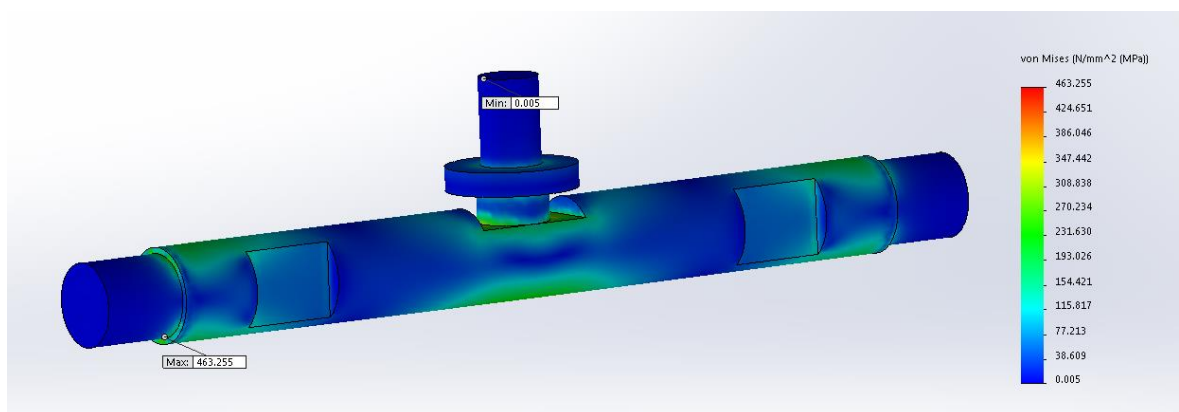


Obr. 63 Síťovaný model přední hřídele

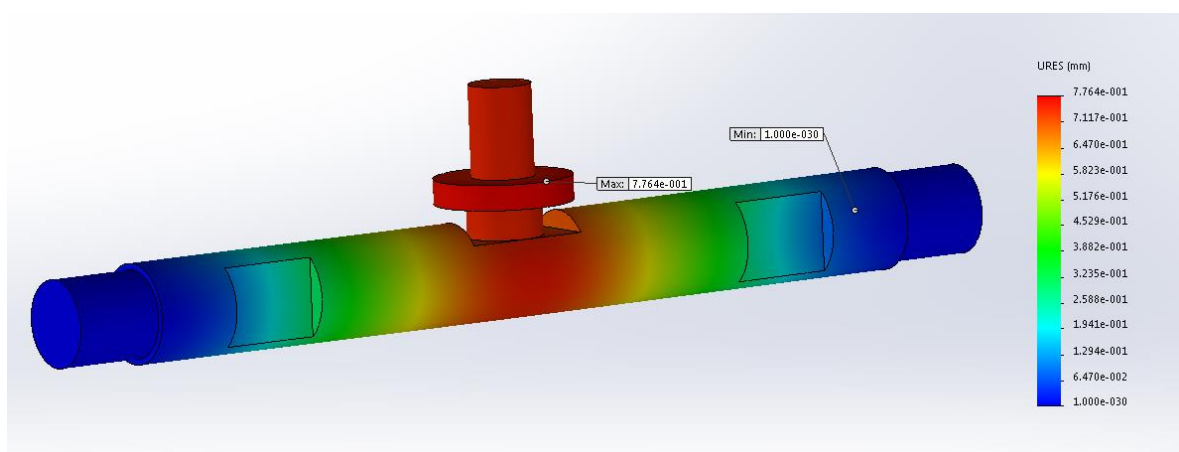


Tab. 19 Výsledky analýzy přední hřídele

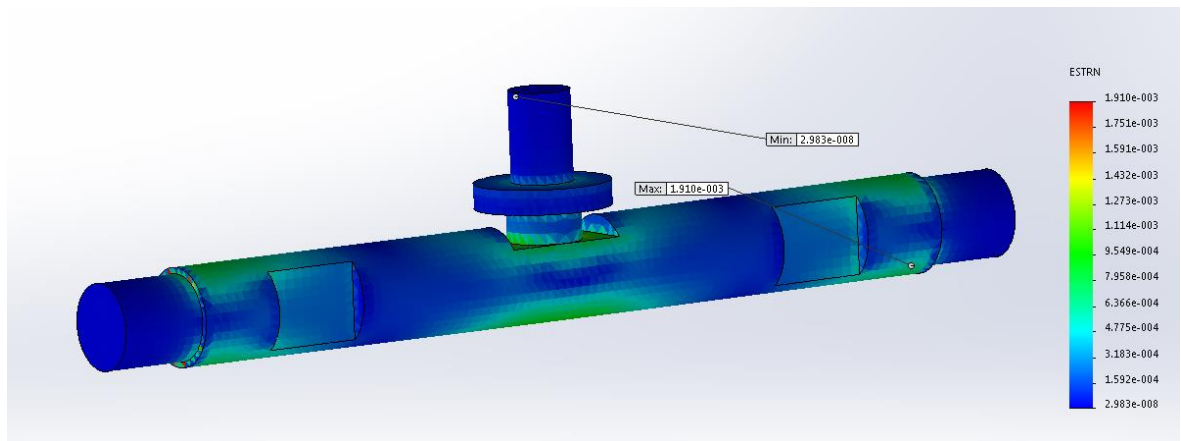
VÝSLEDKY ANALÝZY			
Název	Typ	Minimální	Maximální
Napětí	Von Mises	0,005 MPa	463,255 MPa
Posunutí	URES: Výsledné posunutí	1E-30 mm	0,764 mm
Poměrná deformace	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	2,983E-08	1,91E-03
Koeficient bezpečnosti	automatický	1,356	1,328E+05



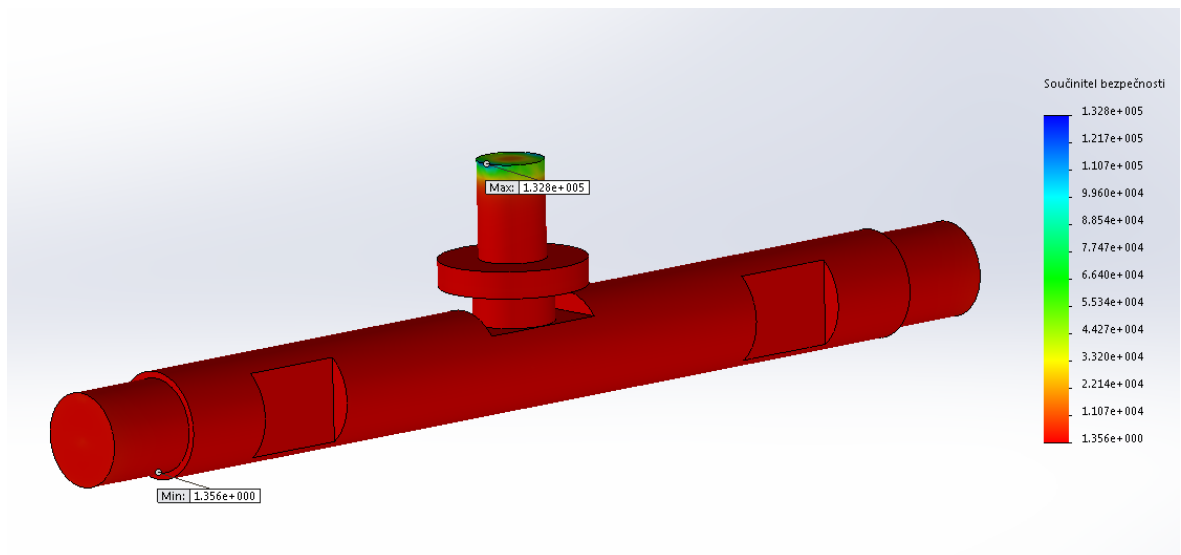
Obr. 64 Napětí Von Mises přední hřídele



Obr. 65 Výsledné posunutí přední hřídele



Obr. 66 Ekvivalentní poměrná deformace přední hřídele



Obr. 67 Koefficient bezpečnosti přední hřídele

Bylo provedeno kontrolní měření pro skutečné zatížení vozíku, které má hodnotu  $28\,300 / 3 = 94\,333$  N. Toto kontrolní měření bylo provedeno z důvodu hraničních hodnot během prvního měření. Kontrolní měření již dosahuje lepších výsledků.

Tab. 20 Výsledky analýzy 2 přední hřídele

<b>VÝSLEDKY ANALÝZY 2</b>			
<b>Název</b>	<b>Typ</b>	<b>Minimální</b>	<b>Maximální</b>
Napětí	Von Mises	0,003 MPa	324,278 MPa
Posunutí	URES: Výsledné posunutí	1E-30 mm	0,5434 mm
Poměrná deformace	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	2,088E-08	1,337E-03
Koeficient bezpečnosti	automatický	1,937	1,897E+05

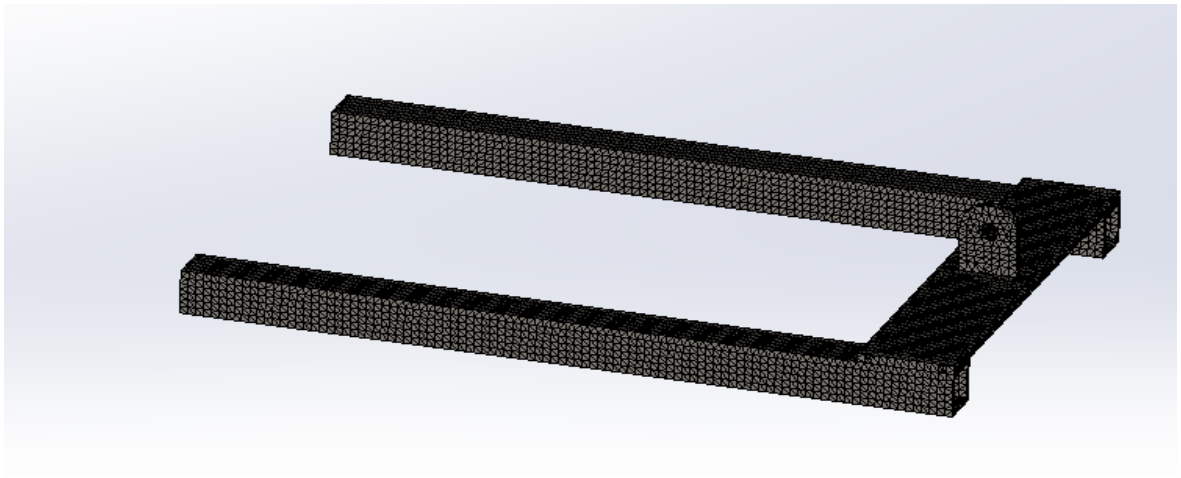
Z analýzy metodou konečných prvků jsme zjistili, že daný návrh vyhovuje. Výsledné hodnoty pro zatížení 40 tun vychází z hlediska koeficientu 1,356 dobře. Na skutečném uvažovaném zatížení vychází hodnoty o mnoho lépe, což můžeme vidět na zvýšeném koeficientu bezpečnosti 1,937.

Tab. 21 Parametry sítě přední hřídele

<b>SÍŤOVÁNÍ PŘIPOJENÍ PŘEDNÍ HŘÍDELE</b>	
Druh síťování:	Standardní síť
Jakobyho body:	4
Maximální velikost elementů:	0 mm
Minimální velikost elementů:	0 mm
Kvalita síť:	Vysoká
Celkem uzlů:	98 852
Velikost elementu:	8 mm
Celkem elementů:	50 051
Max. poměr stran:	6,9
% elementů s poměrem stran <3	99
% elementů s poměrem stran >3	0
% deformovaných prvků (Jakobian)	0
Doba tvorby sítě:	0:00:11

Tab. 22 Uchycení přední hřídele

<b>UCHYCENÍ PŘIPOJENÍ PŘEDNÍ HŘÍDELE</b>	
Uložení:	Fixní
Entity:	2 stykové plochy k přední hřídely
Typ:	Fixní geometrie

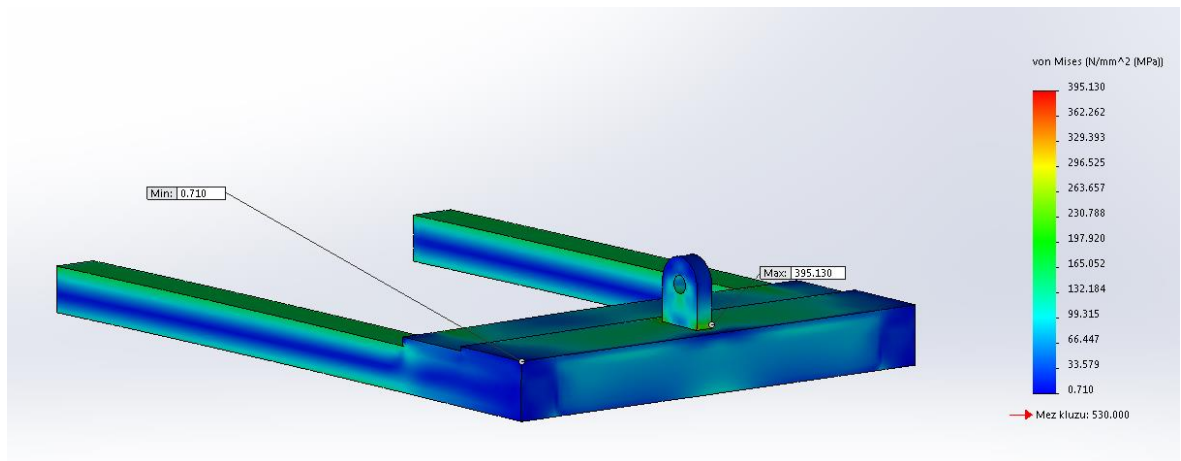


Obr. 68 Síťovaný model připojení přední hřídele

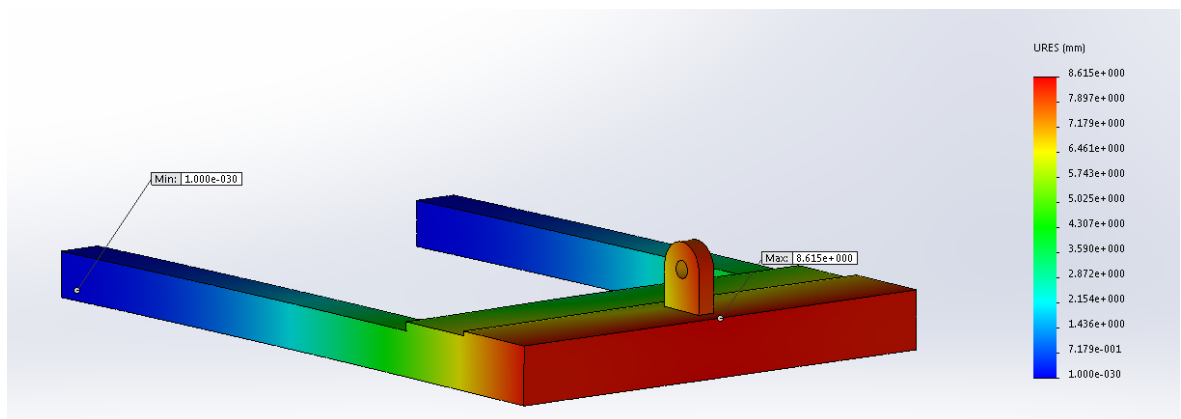
Tab. 23 Výsledky analýzy připojení přední hřídele

VÝSLEDKY ANALÝZY			
Název	Typ	Minimální	Maximální
Napětí	Von Mises	0,71 MPa	359,13 MPa
Posunutí	URES: Výsledné posunutí	1E-30 mm	8,615 mm
Poměrná deformace	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	3,625E-06	1,289E-03
Koeficient bezpečnosti	automatický	1,341	7,461E+02

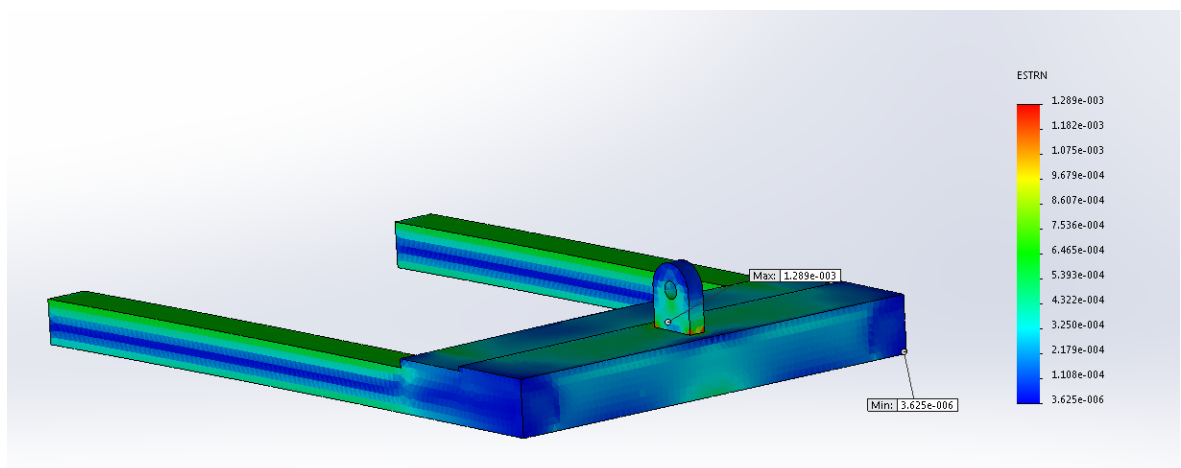
Po prvotních výpočtech byl nucena změna tvaru připojení uchycení připojení přední hřídele, což můžeme vidět posoudit od obr. 68 síťovaného modelu. Změna musela být provedena z důvodu nevyhovujících výsledků po předběžných analýzách metodou konečných prvků.



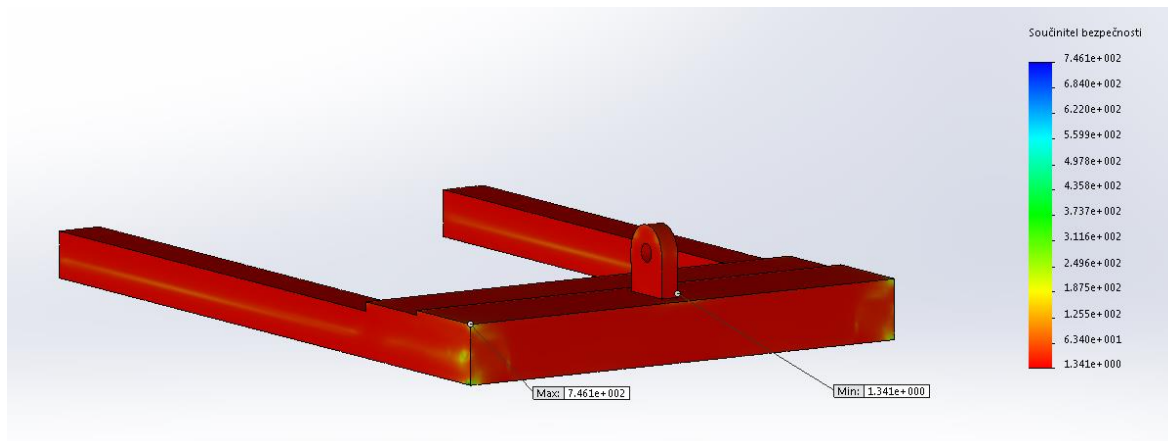
Obr. 69 Napětí Von Mises připojení přední hřídele



Obr. 70 Výsledné posunutí připojení přední hřídele



Obr. 71 Ekvivalentní poměrná deformace připojení přední hřídele



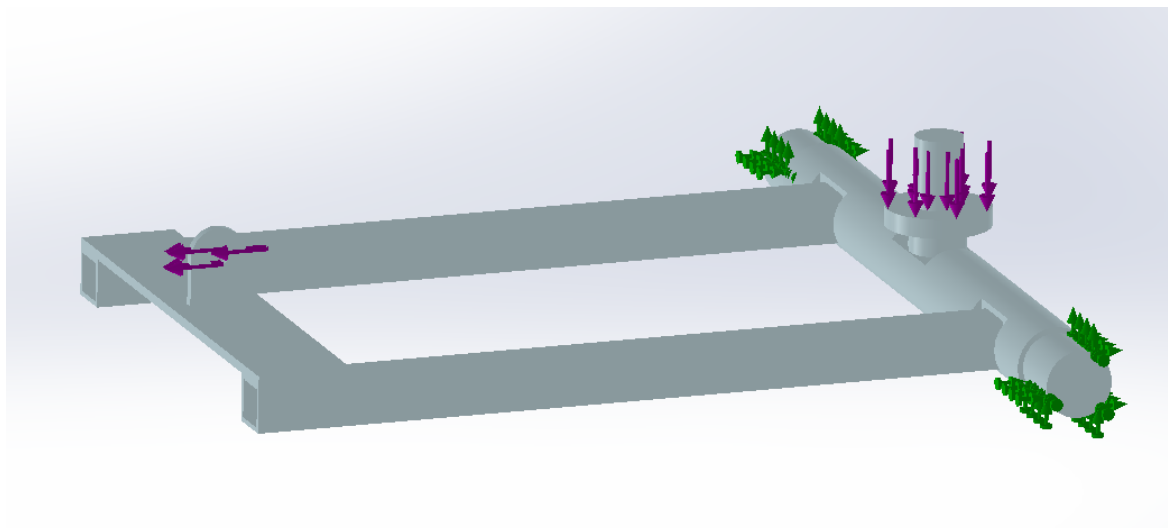
Obr. 72 Koeficient bezpečnosti připojení přední hřídele

Bylo provedeno kontrolní měření pro skutečné zatížení vozíku v tahu, které má hodnotu 28 078,4N. Tato hodnota vychází z výsledných hodnot tření a valivého odporu. Toto kontrolní měření bylo provedeno z důvodu hraničních hodnot během prvního měření. Kontrolní měření již dosahuje lepších výsledků.

Tab. 24 Výsledky analýzy 2 připojení přední hřídele

VÝSLEDKY ANALÝZY 2			
Název	Typ	Minimální	Maximální
Napětí	Von Mises	0,497 MPa	276,591 MPa
Posunutí	URES: Výsledné posunutí	1E-30 mm	6,03 mm
Poměrná deformace	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	2,538E-06	9,025E-04
Koeficient bezpečnosti	automatický	1,916	1,066E+03

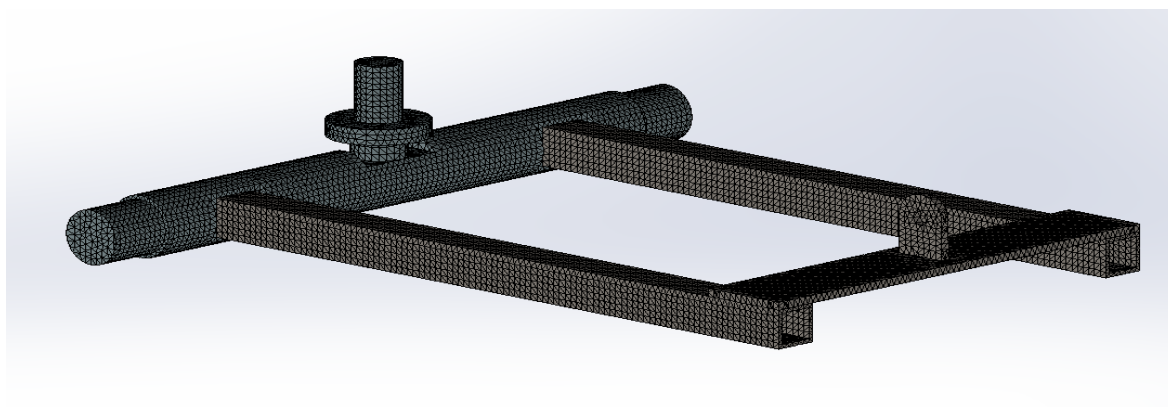
Z analýzy metodou konečných prvků jsme zjistili, že daný návrh vyhovuje. Výsledné hodnoty pro zatížení 40 tun vychází z hlediska koeficientu 1,341 dobře. Na skutečném uvažovaném zatížení vychází hodnoty o mnoho lépe, což můžeme vidět na zvýšeném koeficientu bezpečnosti 1,916.



Obr. 73 Schéma uchycení a působící síly na sestavu přední hřídele

Tab. 25 Parametry sítě přední hřídele

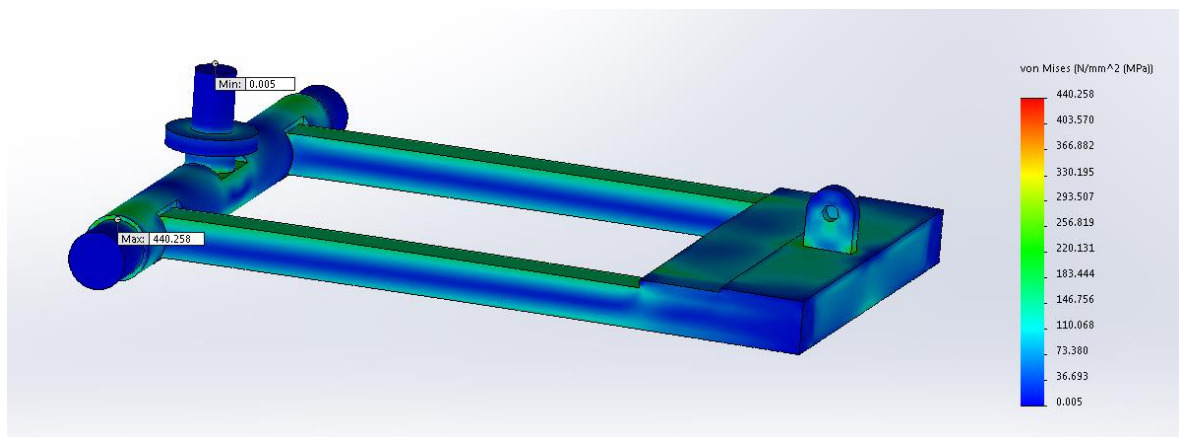
SÍŤOVÁNÍ PŘIPOJENÍ PŘEDNÍ HŘÍDELE KOMPLETNÍ	
Druh síťování:	Standardní síť
Jakobyho body:	4
Maximální velikost elementů:	0 mm
Minimální velikost elementů:	0 mm
Kvalita sítě:	Vysoká
Celkem uzlů:	180 067
Velikost elementu:	8 mm
Celkem elementů:	108 871
Max. poměr stran:	7,7774
% elementů s poměrem stran <3	99,3
% elementů s poměrem stran >3	0
% deformovaných prvků (Jakobian)	0
Doba tvorby sítě:	0:00:12



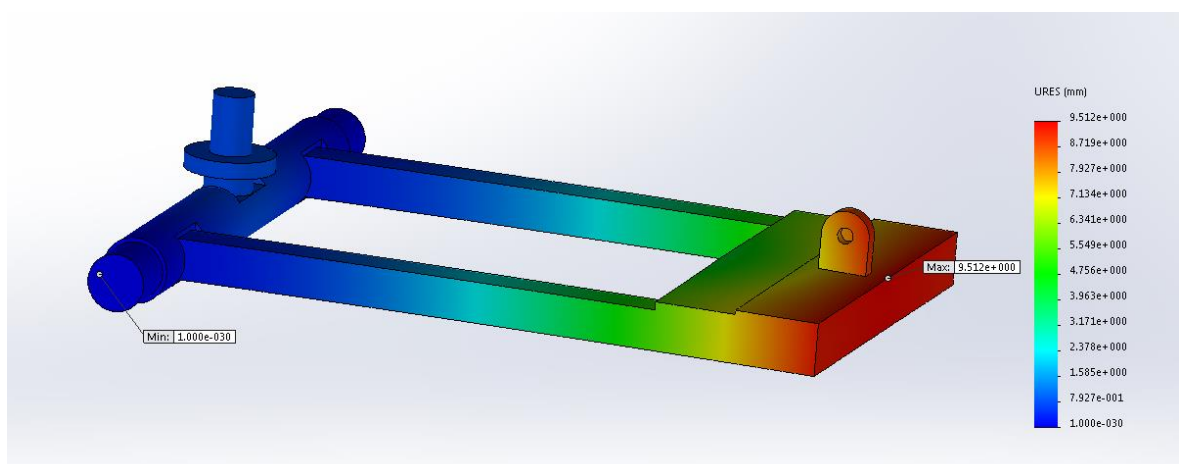
Obr. 74 Síťovaná sestava přední hřídele

Tab. 26 Výsledky analýzy sestavy přední hřídele

VÝSLEDKY ANALÝZY			
Název	Typ	Minimální	Maximální
Napětí	Von Mises	0,005 MPa	440,258 MPa
Posunutí	URES: Výsledné posunutí	1E-30 mm	9,512 mm
Poměrná deformace	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	2,502E-08	1,998E-03
Koeficient bezpečnosti	automatický	1,141	1,335E+05

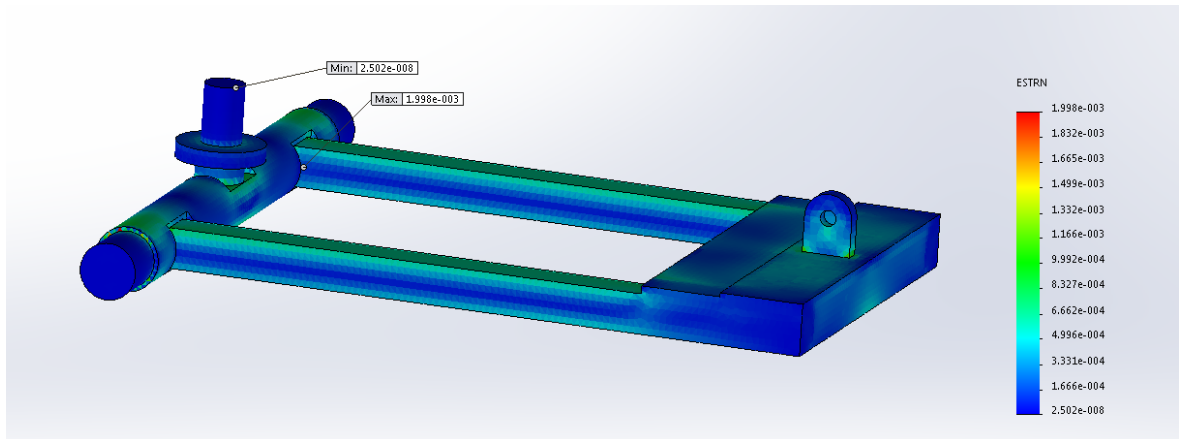


Obr. 75 Napětí Von Mises sestavy přední hřídele

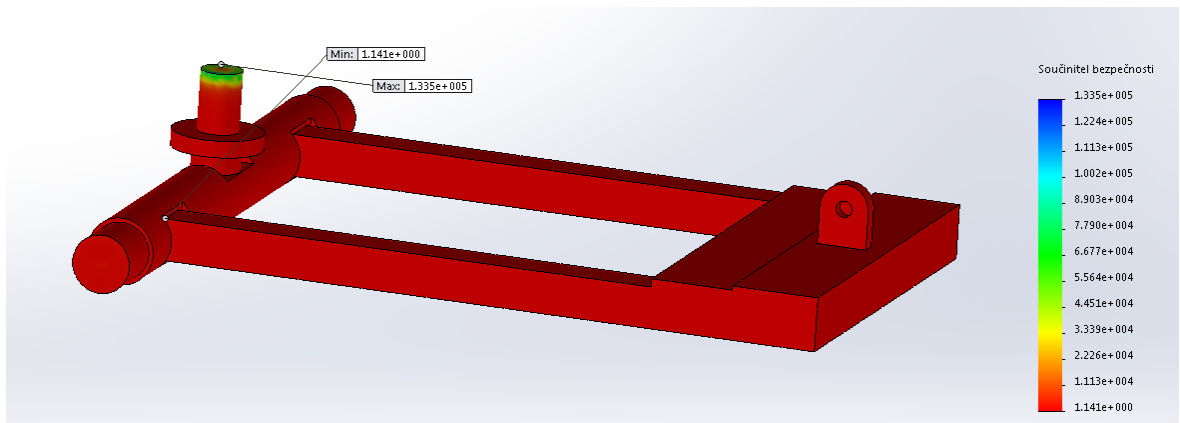


Obr. 76 Výsledné posunutí sestavy přední hřídele





Obr. 77 Ekvivalentní poměrná deformace sestavy přední hřídele



Obr. 78 Koeficient bezpečnosti sestavy přední hřídele

Tab. 27 Výsledky analýzy 2 sestavy přední hřídele

VÝSLEDKY ANALÝZY 2			
Název	Typ	Minimální	Maximální
Napětí	Von Mises	0,003 MPa	311,532 MPa
Posunutí	URES: Výsledné posunutí	1E-30 mm	6,66 mm
Poměrná deformace	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	1,715E-08	1,414E-03
Koeficient bezpečnosti	automatický	1,626	1,832E+05

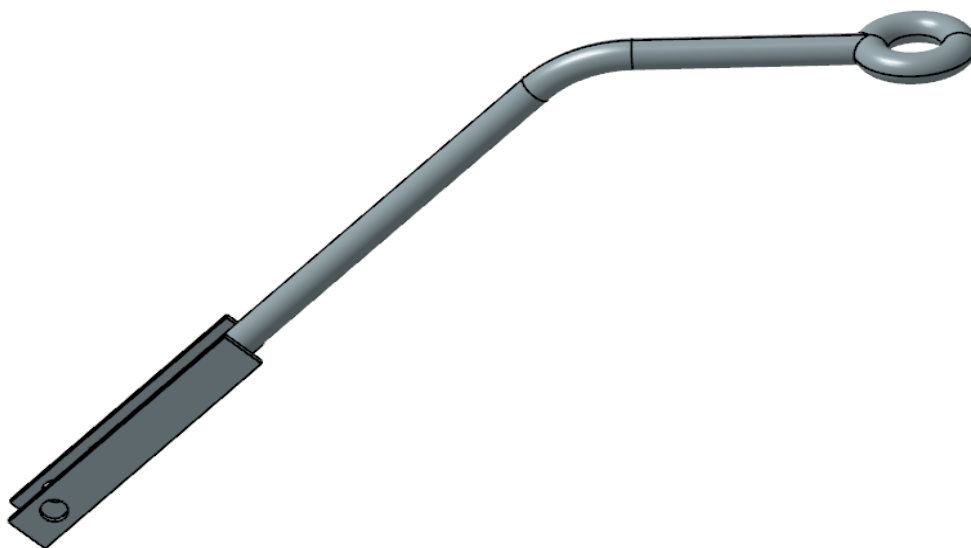
Z analýzy metodou konečných prvků jsme zjistili, že daný návrh vyhovuje. Výsledné hodnoty pro zatížení 40 tun vychází z hlediska koeficientu 1,141 co je v hraniční oblasti bez-

pečnosti, která se pohybuje na hodnotě 1,2. Na skutečném uvažovaném zatížení vychází hodnoty o mnoho lépe, což můžeme vidět na zvýšeném koeficientu bezpečnosti 1,626.

### 7.11.3 Oje

Tab. 28 Parametry oje

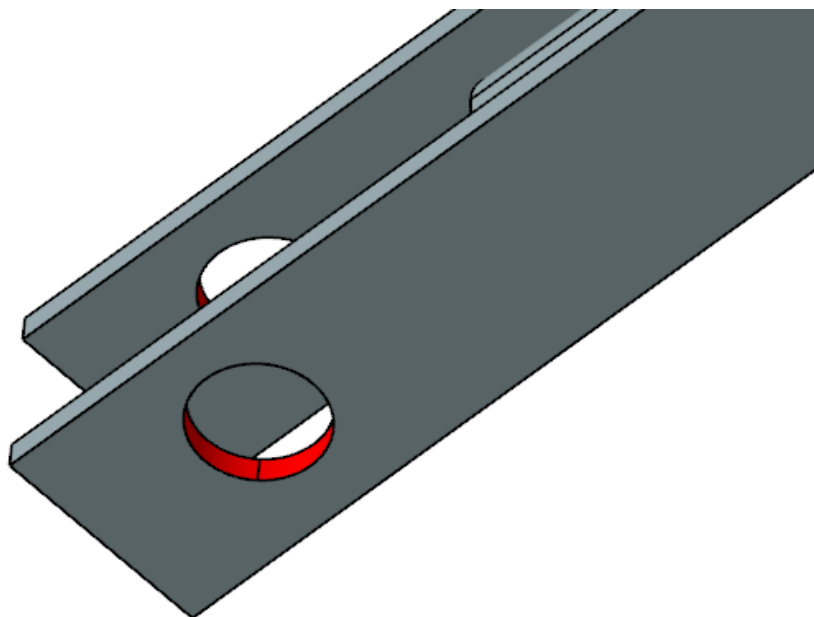
OJE	
Materiál:	C45
Typ modelu:	Lineární elastický izotropní
Výchozí kritérium selhání:	neznámé
Mez kluzu:	530 MPa
Mez pevnosti v tahu:	625 MPa
Modul pružnosti:	210 000 MPa
Poissonova konstanta:	0,3
Hustota:	7850 kg/m <sup>2</sup>
Modul pružnosti ve smyku:	80 000 MPa
Součinitel tepelné roztažnosti:	11.10 <sup>-6</sup> /K



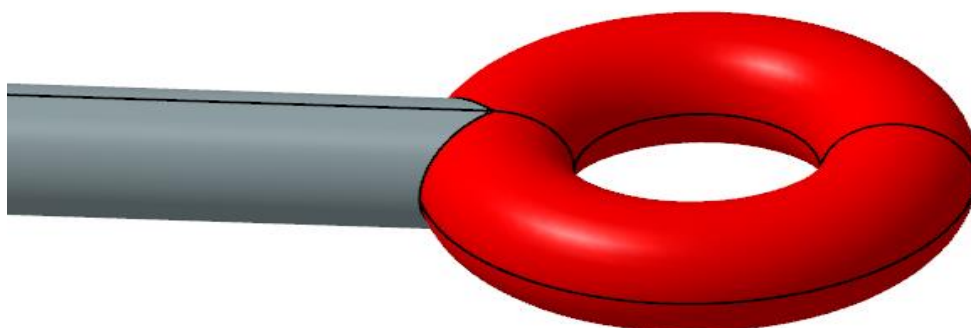
Obr. 79 Model oje

Tab. 29 Uchytení oje

UCHYCENÍ OJE	
Uložení:	Fixní
Entity:	2 válcové plochy pro uložení šroubu
Typ:	Fixní geometrie

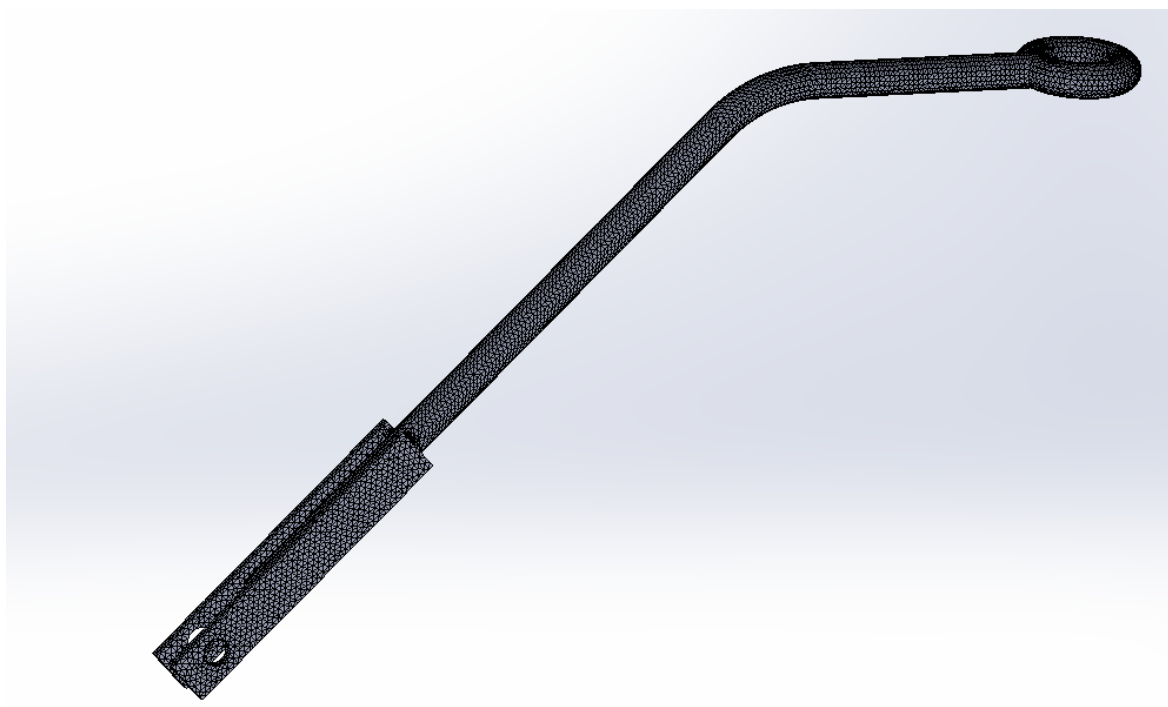
*Obr. 80 Detail uchycení oje**Tab. 30 Zatížení oje*

<b>ZATÍŽENÍ OJE</b>				
Součásti	X	Y	Z	Výsledný
Reakční síla:	N	40 112 N	0 N	40 112 N
Rakční moment:	0 Nm	0 Nm	0 Nm	0 Nm

*Obr. 81 Detail uchycení oje*

Tab. 31 Parametry sítě oje

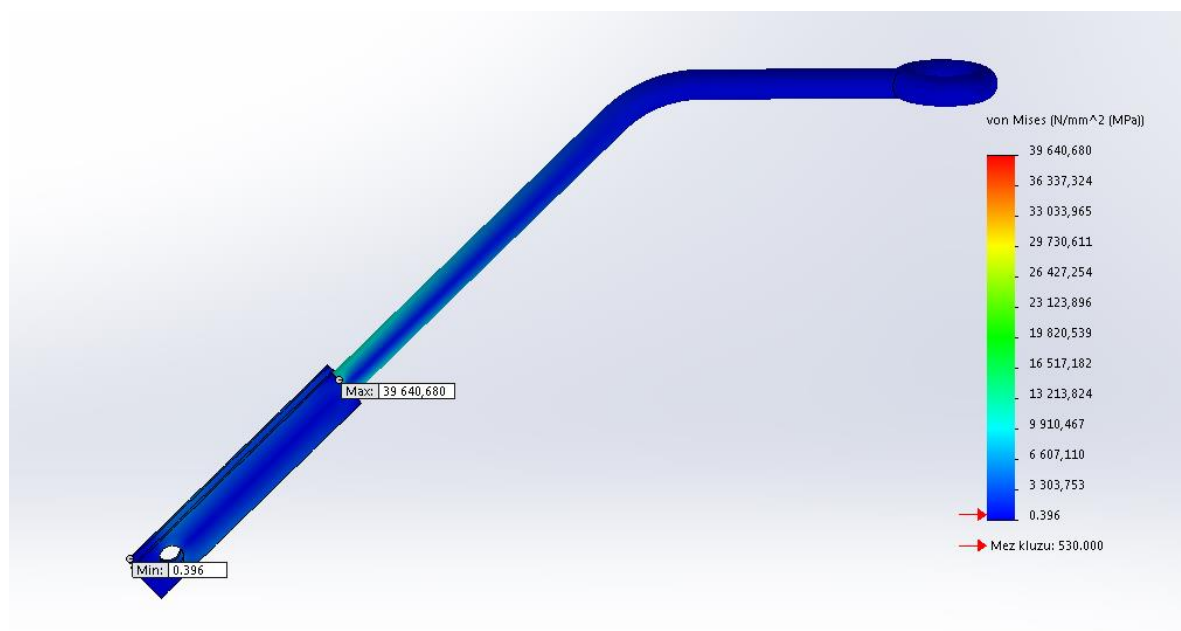
SÍŤOVÁNÍ OJE	
Druh síťování:	Standardní síť
Jakobyho body:	4
Maximální velikost elementů:	0 mm
Minimální velikost elementů:	0 mm
Kvalita síť:	Vysoká
Celkem uzlů:	79 573
Velikost elementu:	4 mm
Celkem elementů:	41 967
Max. poměr stran:	14,744
% elementů s poměrem stran <3	96,5
% elementů s poměrem stran >3	0,0357
% deformovaných prvků (Jakobian)	0
Doba tvorby sítě:	0:00:11



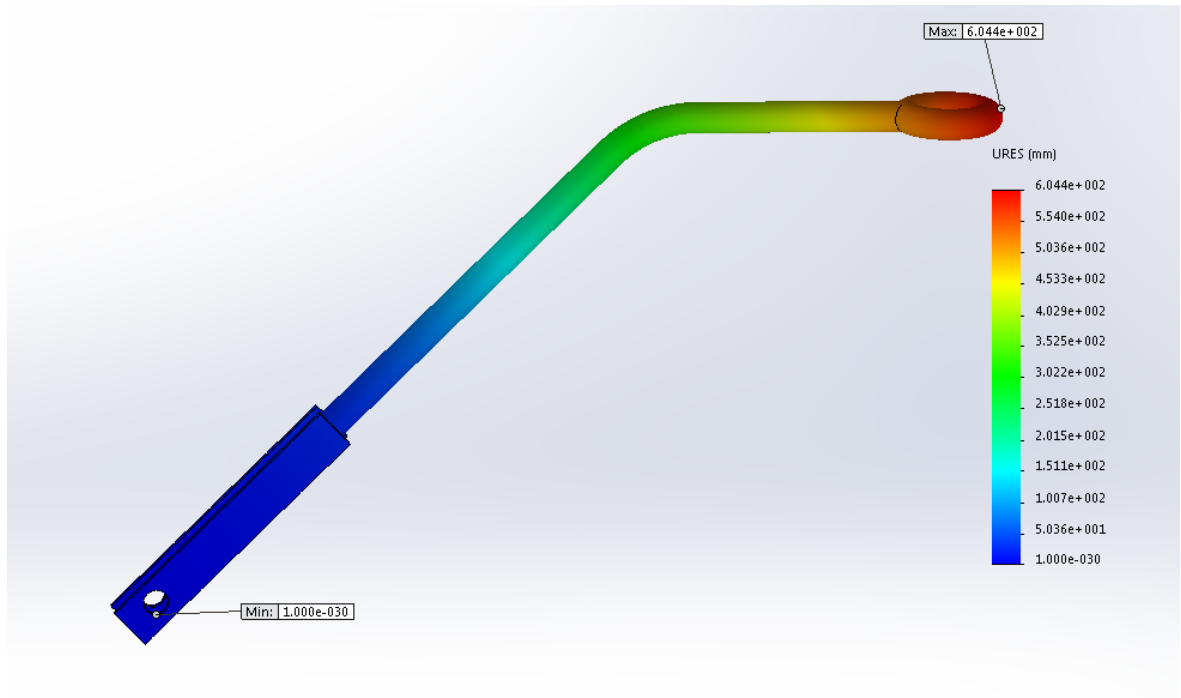
Obr. 82 Síťované oje

Tab. 32 Výsledky analýzy oje

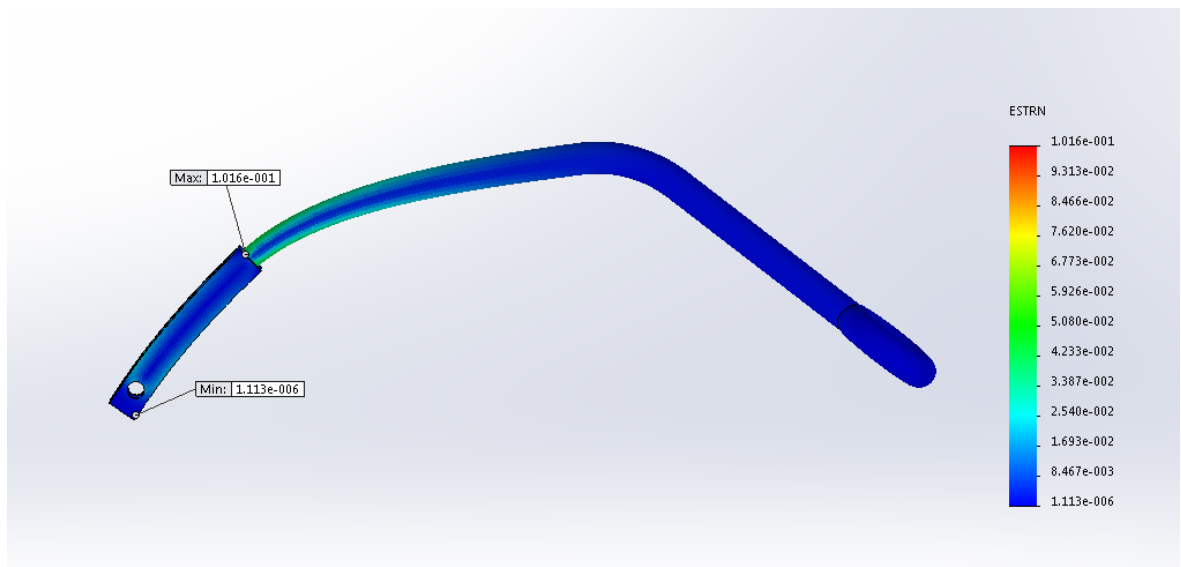
VÝSLEDKY ANALÝZY			
Název	Typ	Minimální	Maximální
Napětí	Von Mises	0,396 MPa	39 640 MPa
Posunutí	URES: Výsledné posunutí	1E-30 mm	6,044E+02 mm
Poměrná deformace	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	1,113E-06	1,016E-01
Koeficient bezpečnosti	automatický	1,337E-02	1,339E+03



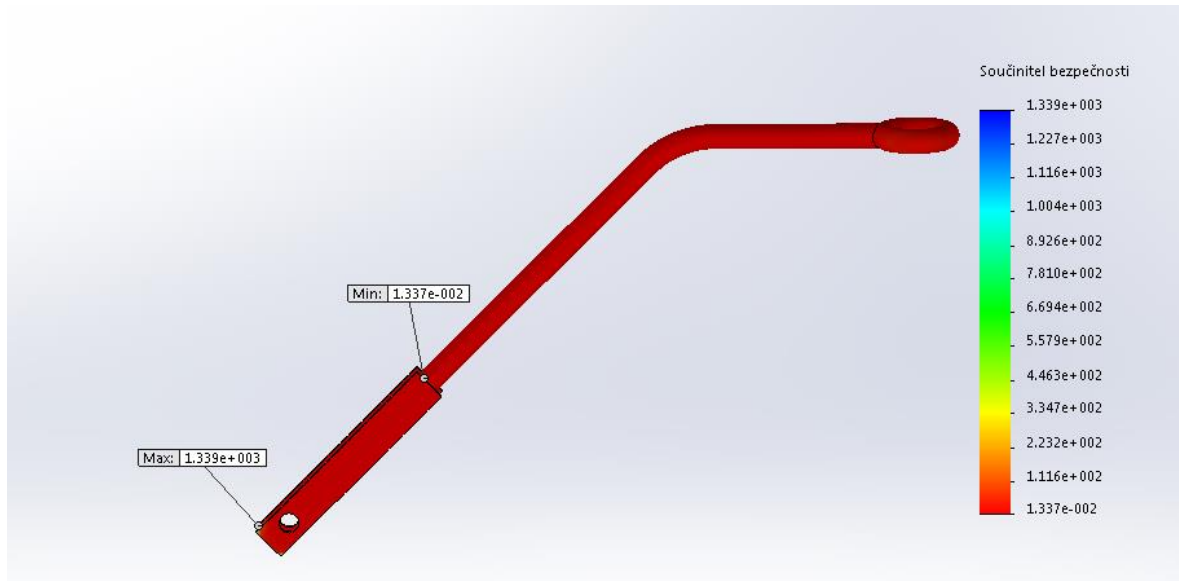
Obr. 83 Napětí Von Mises oje



Obr. 84 Výsledné posunutí oje



Obr. 85 Ekvivalentní poměrná deformace oje

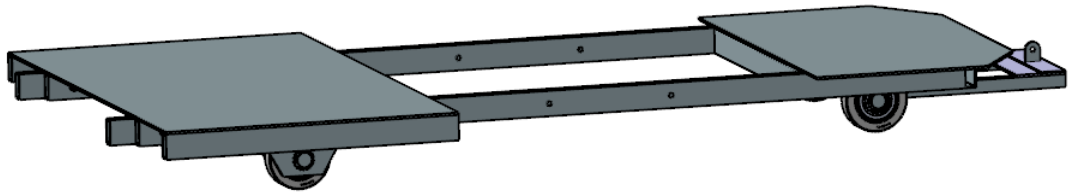


Obr. 86 Koeficient bezpečnosti oje

Z analýzy metodou konečných prvků jsme zjistili, že zvolený koncepční návrh oje nevyhovuje. Nebylo ani provedena analýza na skutečné zatížení 28 300 kg, z důvodu extrémně vysokých nevyhovujících výsledků. Návrh oje se bude muset znovu koncepčně přepracovat z hlediska použití konstrukčních prvků a materiálu na ně použitých. Tento prvek nebude tedy posuzován v analýze konečných prvků celé sestavy a bude vyřazen i z výkresové dokumentace.

#### 7.11.4 Sestava

Do sestavy byly použity díly, které již byly v předchozích částech práce posuzovány a materiál je u nich uveden. V této analýze kompletní sestavy byl vynechán prvek oje z důvodu nevyhovujícího návrhu. Zbývající prvky jsou typizované a nebudou namáhány v takové míře, aby na nich byla následně zvlášť prováděna studie. Dále nebudou posuzovány kola Blicle z důvodu garance únosnosti výrobcem a zjednodušení složitosti výpočtu.



Obr. 87 Model sestavy

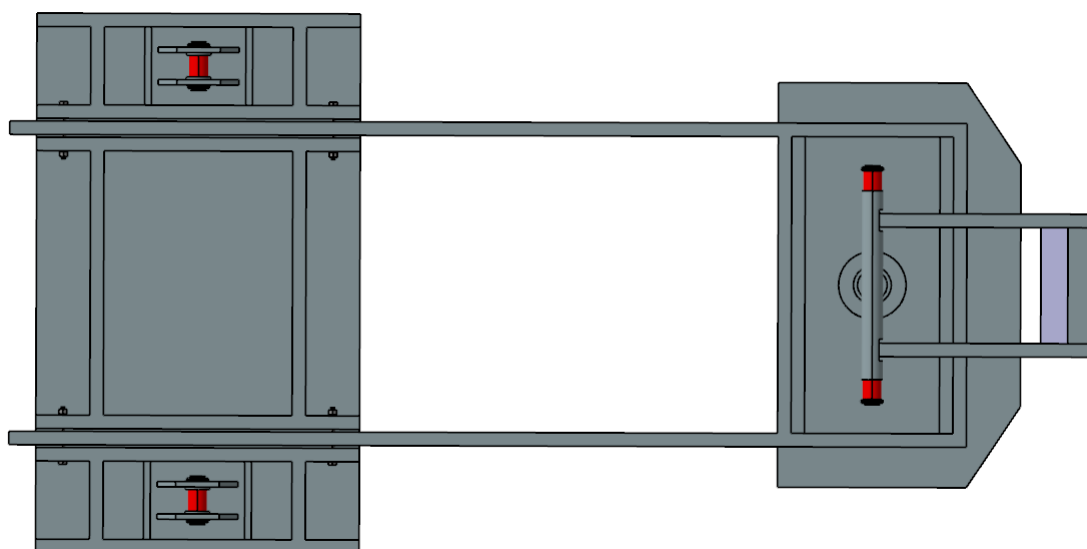
Tab. 33 Parametry typizovaných prvků sestavy

TYPIZOVANÉ PRVKY SESTAVY	
Materiál:	S355J2+N
Typ modelu:	Lineární elastický izotropní
Výchozí kritérium selhání:	neznámé
Mez kluzu:	355 MPa
Mez pevnosti v tahu:	510 MPa
Modul pružnosti:	210 000 MPa
Poissonova konstanta:	0,3
Hustota:	7850 kg/m <sup>3</sup>
Modul pružnosti ve smyku:	80 000 MPa
Součinitel tepelné roztažnosti:	11.10 <sup>-6</sup> /K

Tab. 34 Uchytení sestavy

UCHYCENÍ SESTAVY	
Uložení:	Fixní
Entity:	4 válcové plochy pro uložení kol
Typ:	Fixní geometrie



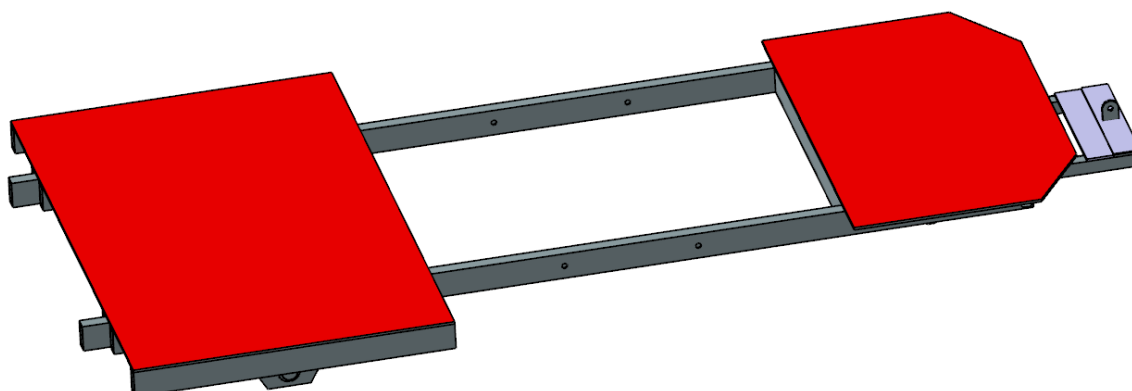


Obr. 88 Uchytení sestavy

Tab. 35 Zatížení sestavy

ZATÍŽENÍ SESTAVY				
Součásti	X	Y	Z	Výsledný
Reakční síla:	400 000 N	0 N	0 N	400 000 N
Rakční moment:	0 Nm	0 Nm	0 Nm	0 Nm

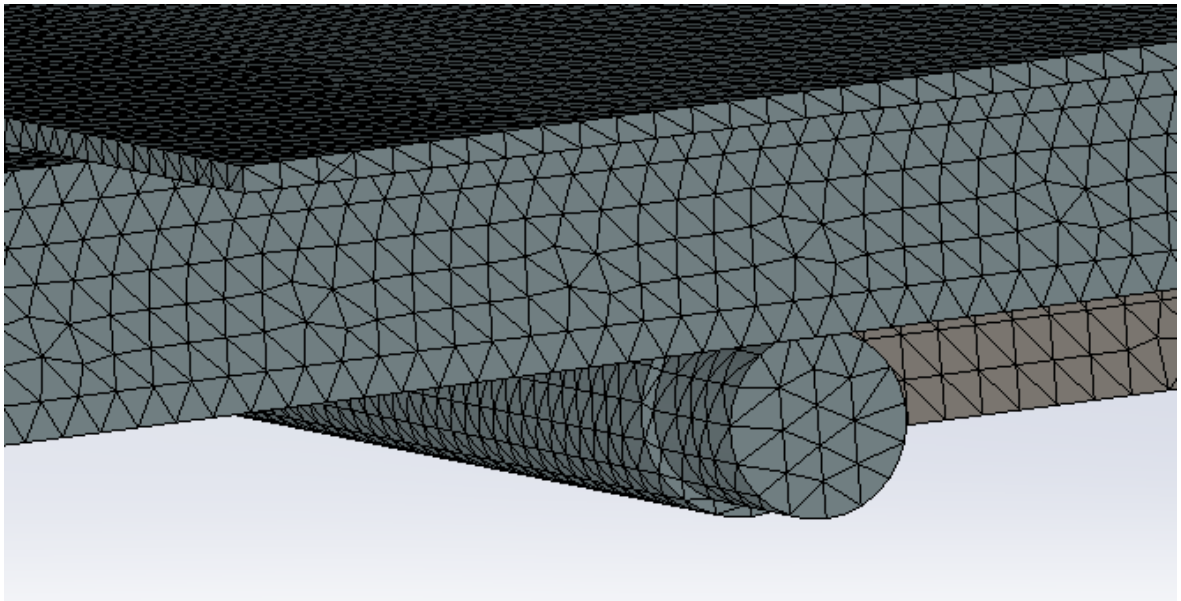
Výsledné zatížení 400 000 N bude rozloženo do tří bodů dle rozdělení na začátku kapitoly. Zatížení působící na jeden bod je rovno 133 333 N. Zatížení bude rozloženo na plošiny přední a zadní.



Obr. 89 Zatížení sestavy

Tab. 36 Parametry sítě sestavy

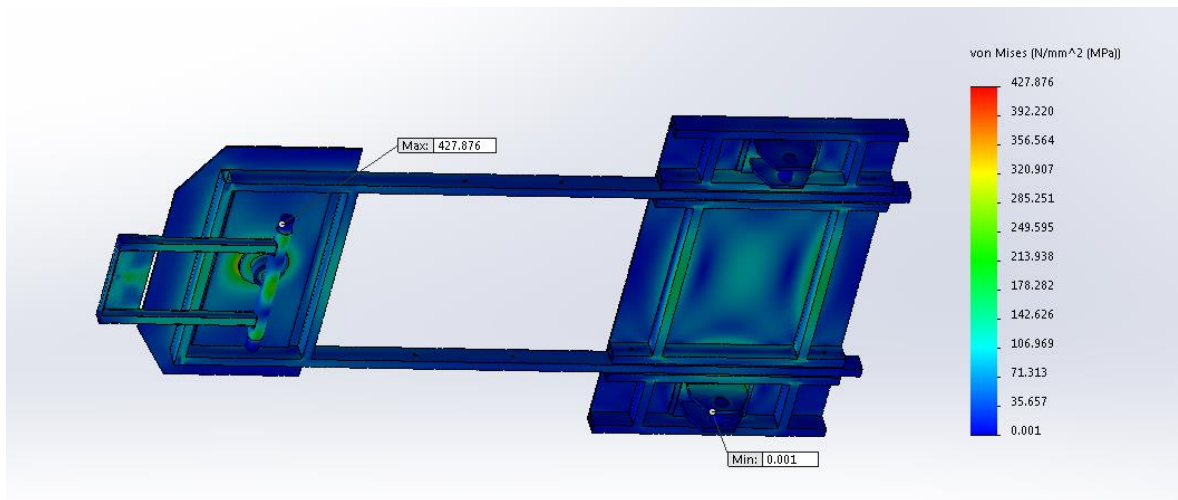
SÍŤOVÁNÍ OJE	
Druh síťování:	Standardní síť
Jakobyho body:	4
Maximální velikost elementů:	0 mm
Minimální velikost elementů:	0 mm
Kvalita síť:	Vysoká
Celkem uzlů:	605 130
Velikost elementu:	15 mm
Celkem elementů:	326 294
Max. poměr stran:	39,128
% elementů s poměrem stran <3	91,4
% elementů s poměrem stran >3	0,00276
% deformovaných prvků (Jakobian)	0
Doba tvorby sítě:	0:01:51



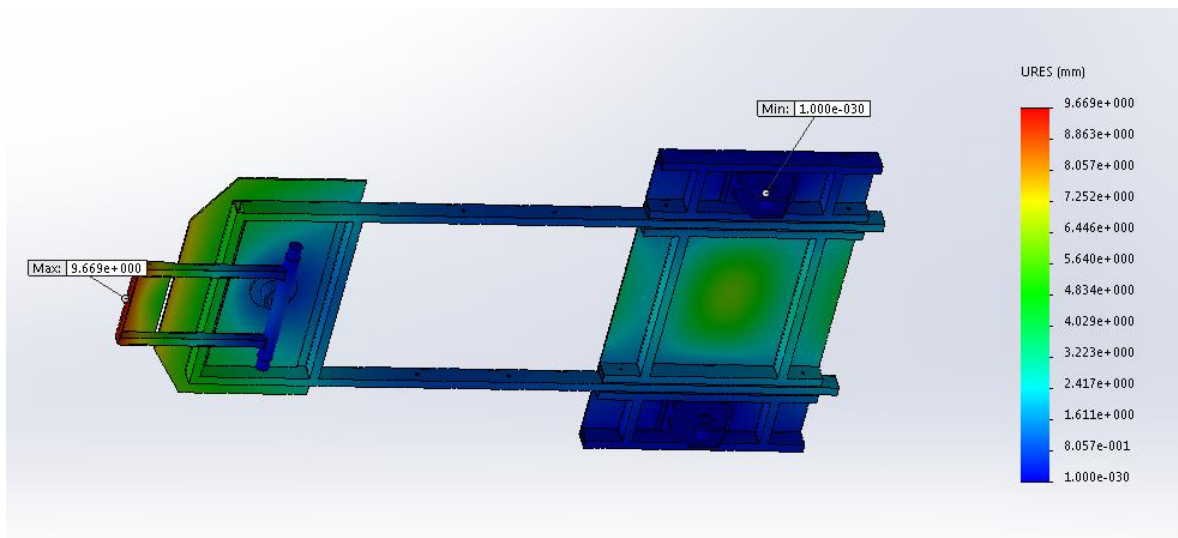
Obr. 90 Detail sítě sestavy

Tab. 37 Výsledky analýzy sestavy

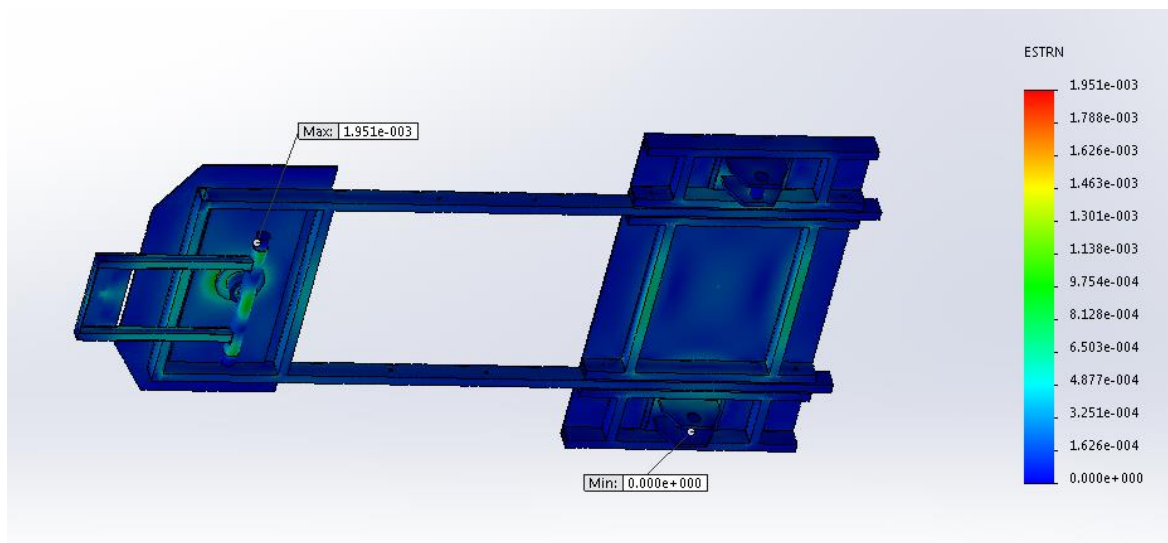
VÝSLEDKY ANALÝZY			
Název	Typ	Minimální	Maximální
Napětí	Von Mises	0,001 MPa	427,876 MPa
Posunutí	URES: Výsledné posunutí	1E-30 mm	9,669 mm
Poměrná deformace	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	0	1,951E-03
Koeficient bezpečnosti	automatický	1,142	1E+16



Obr. 91 Napětí Von Mises sestavy



Obr. 92 Výsledné posunutí sestavy



Obr. 93 Ekvivalentní poměrná deformace

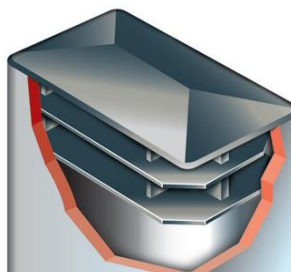
Tab. 38 Výsledky analýzy 2 sestavy

VÝSLEDKY ANALÝZY 2			
Název	Typ	Minimální	Maximální
Napětí	Von Mises	0,001 MPa	302 594 MPa
Posunutí	URES: Výsledné posunutí	1E-30 mm	6,772 mm
Poměrná deformace	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	0	1,38E-03
Koeficient bezpečnosti	automatický	1,615	1E+16

Z analýzy metodou konečných prvků jsme zjistili, že daný návrh vyhovuje. Výsledné hodnoty pro zatížení 40 tun vychází z hlediska koeficientu 1,142 co je v hraniční oblasti bezpečnosti, která se pohybuje na hodnotě 1,2. Na skutečném uvažovaném zatížení vychází hodnoty o mnoho lépe, což můžeme vidět na zvýšeném koeficientu bezpečnosti 1,615. Do sestavy bude dopracován nový konstrukční návrh posléze.

## 7.12 Bezpečnostní prvky manipulačního vozíku

Jako bezpečnostní prvek budou na manipulační vozík použity na konce ocelových profilů plastové zátky kvůli riziku úrazu o tyto ostré hrany viz. obrázek.



*Obr. 94 Plastová zátka na ocelové profily*

Dalším bezpečnostním prvkem bude opatření vozíku reflexními částmi. Jelikož se i počítá s použitím vozíku pro převoz nákladů mezi budovami protínající komunikaci průmyslové zóny.



*Obr. 95 Reflexní prvky*

Posledním bezpečnostním prvkem je bezpečnostní páska, kterou budou vozík potažen po celém jeho obvodu.



*Obr. 96 Bezpečnostní páska*

Při práci s manipulačním vozíkem je nutné dodržovat pracovní a bezpečnostní předpisy dané zákonem či firmou, kde tento vozík je využíván.

## 8 PRVKY PRO PŘEMÍSTĚNÍ KOVACÍHO LISU

Hlavním úkolem celého projektu je vyřešení, jak vůbec bude realizováno samotné zvednutí kovacího lisu do výšky, která by umožnila manipulačnímu vozíku dostat se pod samotnou konstrukci kovacího stroje.

### 8.1 Zvedání kovacího lisu

Zvedání kovacího stroje bude realizováno za pomoci hydraulického zvedacího zařízení. Jako řešení byla zvolena ruční zvedací zařízení neboli panenky, které má firma k dispozici. Za pomoci čtyř těchto zařízení bude kovací stroj zvedán do požadované výšky, která je stanovena dle výšky manipulačního vozíku 300mm.



*Obr. 97 Hydraulické zvedací zařízení*

### 8.2 Pomocné prvky na kovacím lisu kvůli zvedání

Hlavním problémem je jak vůbec uchytit hydraulické zvedací na stroj, aby jej mohlo vůbec zvedat. K vyřešení tohoto problému byly navrženy pomocné upínací konstrukce na stroj.

Další pomocné prvky pro zvedání kovacího lisu budou použity kovové destičky, kterými se budou průběžně podkládat hydraulický zvedák, abychom dosáhli požadované výšky zdvihu.

### 8.3 Prvky rychlého připojení lisu

Prvky rychlého připojení jsou důležité pro okamžité zapojení do provozu. V našem případě se bude řešit připojení tlakového vzduchu na elektřinu. Z hlediska připojení k elektrickému obvodu budou potřeba přípojky 3 x 380V a pro připojení vzduchu přípojky na tlak 0,4 - 0,6MPa.



*Obr. 98 Prvky rychlého připojení*

### 8.4 Kotvení lisu

Kotvení kovacího lisu bude provedeno pomocí mechanických šroubových kotev. Pracovníkem kovárny budou po položení lisu na požadované místo vyvrtány díry do betonového podkladu a následně zavedeny kotvy, které budou dotaženy dle technologického postupu pro požití šroubových kotev.



*Obr. 99 Mechanická kotva*

## 9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V ekonomickém zhodnocení je popsáno, jaké jsou změny nového řešení oproti původnímu.

### 9.1 Původní stav

Během původního stavu byla najímána externí firma, která zajišťovala přemístění kovacího lisu. Tato operace trvala v rozmezí ½ - 1 den. Samotné přemístování kovacího lisu je realizováno dle potřeby firmy, ale průměrně 2 - 3x do roka.

V současné době tuto práci provádějí 2 specializované firmy a stěhování těžkých strojů.

Tab. 39 Externí firmy

FIRMA	CENA	3X
MONTEMA	22 500 Kč	67 500 Kč
Karel Hoza	12 500 Kč	37 500 Kč

### 9.2 Nový stav

Na konstrukci manipulačního vozíku byl stanoven kapitál 150 000 Kč. Celková cena manipulačního vozíku zatím nebyla stanovena z důvodu stále probíhajícího návrhu. Pro tuto práci by byly využíváni pracovníci technického oddělení výroby Kovárny VIVA a.s., aby se náklady na tuto operaci minimalizovali.

Tab. 40 Kalkulace návratnosti

MONTEMA	Karel Hoza	Návratnost	Výměn
67 500 Kč	37 500 Kč		
135 000 Kč	75 000 Kč		
202 500 Kč	112 500 Kč	MONTEMA	7 X
	150 000 Kč	Karel Hoza	12X

Návratnost nákladů, pokud nebereme v úvahu náklady na platy vlastních zaměstnanců by u firmy MONTEMA byla za 7 výměn, což činí 2 roky a 4 měsíce. Návratnost u firmy Karel Hoza by se dostavila až po 12 výměnách, což činí 4 roky.

### 9.3 Celkové zhodnocení

Dle ekonomického zhodnocení nám vychází v nejlepším případě návratnost na konstrukci manipulačního vozíku do 2 let a 4 měsíců. Naopak v tom horším případě do 4 let. Vozík by



měl během této doby být k dispozici i k jiným manipulačním pracím a tudíž jeho návratnost nejde přesně určit.

## ZÁVĚR

Na podnět Kovárny VIVA a.s. byla vypsána diplomová práce na téma Konstrukční řešení manipulačního vozíku. Tento vozík by měl sloužit k přemístění kovacího lisu LE 400.

V teoretické části diplomové práce jsou rozebrány kapitoly, jako jsou manipulační vozíky, kování, části manipulačního vozíku a jejich kontrola, metoda konečných prvků a technologičnost konstrukce. Všechny poznatky z těchto kapitol byly použity pro tvorbu praktické části diplomové práce.

Praktická část práce je zaměřena na hlavní bod, kterým je samotný konstrukční návrh manipulačního vozíku a dva menší body, kterými jsou prvky rychlého připojení a ekonomické zhodnocení.

Samotná konstrukce manipulačního vozíku je řešena od prvotního grafického návrhu, který byl vytvořen v programu CATIA až po dosavadní, který byl vytvořen v programu NX a stále ještě není konečný z důvodu řešení problematiky konstrukčního návrhu oje a připojení přední nápravy. Byly provedeny poptávky na požadovaný materiál pro samotnou konstrukci vozíku, ze kterých byla následně provedena analýza pomocí metody konečných prvků v programu SOLIDWORKS. Tato analýza nám ukázala slabé místa samotné konstrukce manipulačního vozíku, která již byla zmíněna výše.

V kapitole prvky pro přemístění kovacího lisu byly navrženy potřebné komponenty, které jsou vyhovující pro tuto operaci a nacházejí se v rámci podniku.

V poslední kapitole byla rozebrána kapitola ekonomického zhodnocení, ve které byla ve stručnosti popsána návratnost nákladů na nákup dílů a samotnou výrobu manipulačního vozíku.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MICHALÍK, František. *Návrh zlepšení ergonomie na pracovištích v Kovárně VIVA a.s.* Zlín, 2013. Dostupné z: <http://digilib.k.utb.cz/handle/10563/25106>. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.
- [2] DVOŘÁK, Milan. *Technologie II.* 3. dopl. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
- [3] HOLEŠOVSKÝ, František a Martin NOVÁK. *Obrábění a montáže.* Ústí nad Labem. ISBN 978-80-7414-530-8.
- [4] FISCHER, Ulrich. *Základy strojnictví.* 1. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2004, 290 s. ISBN 80-867-0609-5.
- [5] *Volné kování.* In: [online]. [cit. 2013-01-16]. Dostupné z: <http://zapisy2kl.ic.cz/Volne%20kovani.pdf>
- [6] M.L. GEAR GESIGNS. [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://mlgeardesigns.blog.cz/1504/kovani>
- [7] VRANÝ, Tomáš a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky.* Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 53 s. ISBN 80-010-3140-3.
- [8] DEJL, Zdeněk. *Konstrukce strojů a zařízení I: spojovací části strojů. Návrh, výpočet, konstrukce.* Ostrava: Montanex, 2000, 225 s. ISBN 80-722-5018-3.
- [9] VAVERKA, Michal a Martin VRBKA. *Metoda konečných prvků.* Dostupné z: [http://old.uk.fme.vutbr.cz/kestazeni/MKP/prednaska1\\_mkp.pdf](http://old.uk.fme.vutbr.cz/kestazeni/MKP/prednaska1_mkp.pdf)
- [10] VOLEK, František. *Základy pružnosti a pevnosti.* Vyd. 2. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2006, 157 s. ISBN 978-80-7318-440-7.
- [11] FINK, Milan a ŘEZNÍČEK. FEM/MKP - Základy použití metody konečných prvků pro technické výpočty v programu Autodesk Inventor Professional. 2006, s. 57. Dostupné z: <http://www.spstrutnov.cz/o-skole/projekty/technicke-vypocty/skripta-fem-mkp.pdf>
- [12] *Kovárna VIVA a.s.* [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.viva.cz/web/structure/2.html>
- [13] *Manipulační vozíky* [online]. [cit. 27.4.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.alfin-trading.cz/produkty/manipulacni-voziky/1>

- [14] *Manipulační vozíky.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: [www.3csystems.cz](http://www.3csystems.cz)
- [15] *Kování.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.ostroj.cz/kovani-zapustkovych-vykovku>
- [16] *Oblast kováčích teplot.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: [http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=2924](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2924)
- [17] *Volné kování na hydraulických lisech.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.rcmt.cvut.cz/vyzkumny-program/cz/wp11>
- [18] *Zápusťkové kování.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: [http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=2924](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2924)
- [19] *Ocelové profily.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.steelcalc.com/cs/prurezchar.aspx>
- [20] *Průmyslová a transportní kola a kolečka.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.prumyslovakola.cz/cs/prumyslova-kola.html>
- [21] *Kolečka a kladky.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: [www.blickle.cz](http://www.blickle.cz)
- [22] MRÁZ, Libor. *Stavba a provoz strojů I: Pracovní sešit pro II. ročník.* Interní vydání pro SPŠ ZLÍN 2008
- [23] *Šroubovice.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: [http://mathonline.fme.vutbr.cz/1kg/12\\_Sroubovice/sroubovice.htm](http://mathonline.fme.vutbr.cz/1kg/12_Sroubovice/sroubovice.htm)
- [24] *Závit.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1vit#/media/File:Metricky\\_zavit.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1vit#/media/File:Metricky_zavit.jpg)
- [25] *Zatížení spoje.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.cz/doc/boltcon/help/cz/boltcontxt.htm>
- [26] *Označování svarů.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2801850/>
- [27] *Svarové spoje.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.com/doc/welding/help/cz/welding.htm>
- [28] *The Finite Element Method - Theory.* In: [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://illustrations.marin.ntnu.no/structures/analysis/FEM/theory/index.html>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

A	Plocha průřezu [ $\text{mm}^2$ ]
$A_m$	Plocha průřezu povrchu [ $\text{m}^2/\text{m}$ ]
$A_s$	Jmenovitý průřez [ $\text{mm}^2$ ]
$A_{s'}$	Nejnižší tažnost [ $\text{mm}^2$ ]
$A_{vz}$	Plocha stěny ve směru k ose [ $\text{mm}^2$ ]
d	Průměr [mm]
D	Průměr [mm]
E	Modul pružnosti [MPa]
f	Součinitel tření [-]
$f_u$	Mez pevnosti [MPa]
$f_y$	Mez kluzu [MPa]
F	Síla [N]
g	Tíhové zrychlení [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]
G	Modul pružnosti ve smyku [MPa]
HB	Tvrdost podle Brinella
HRC	Tvrdost podle Rockwella
HV	Tvrdost podle Vickerse
$H_1$	Výška matice [mm]
$i_y$	Poloměr setrvačnosti [mm]
$I_y$	Moment setrvačnosti [ $\text{mm}^4$ ]
$J_w$	Kvadratický moment průřezu [ $\text{mm}^4$ ]
$K_{v_{\min}}$	Minimální nárazová práce [J]
$M_o$	Ohybový moment [Nm]
N	Normálová síla [N]
$p_d$	Dovolený tlak [Pa]

P	Tlak [Pa]
P'	Stoupání závitu [mm]
r	Poloměr [mm]
R <sub>E</sub>	Mez kluzu [MPa]
R <sub>m</sub>	Mez pevnosti v tahu [MPa]
S <sub>v</sub>	Průřez svaru [mm <sup>2</sup> ]
t	Tloušťka [mm]
T	Příčná síla [N]
w <sub>pl,y</sub>	Plastický průřezový modul [mm <sup>3</sup> ]
w <sub>y</sub>	Pružný průřezový modul [mm <sup>3</sup> ]
W	Průřezový modul [m <sup>3</sup> ]
Y <sub>max</sub>	Maximální průhyb [mm]
Z	Počet závitů [-]
α	Součinitel tepelné roztažnosti [1/°C]
γ <sub>xy</sub>	Relativní posunutí v rovině xy [-]
γ <sub>yz</sub>	Relativní posunutí v rovině yz [-]
γ <sub>zx</sub>	Relativní posunutí v rovině zx [-]
ε <sub>x</sub>	Poměrná deformace ve směru x [-]
ε <sub>y</sub>	Poměrná deformace ve směru y [-]
ε <sub>z</sub>	Poměrná deformace ve směru z [-]
μ	Poissonův součinitel [-]
ν	Poissonův součinitel [-]
ξ	součinitel valivého odporu [-]
ρ	Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]
σ	Napětí [MPa]
σ <sub>d</sub>	Dovolené napětí [MPa]

---

$\sigma_{\perp}$	Napětí ve svaru [MPa]
$\sigma_x$	Normálové napětí ve směru x [MPa]
$\sigma_y$	Normálové napětí ve směru y [MPa]
$\sigma_z$	Normálové napětí ve směru z [MPa]
$\sigma_c$	Mez únavy při střídání tahu - tlaku [MPa]
$\sigma_{ck}$	Mez únavy při ohybu [MPa]
$\sigma_{co}$	Mez únavy při krutu [MPa]
$\tau_x$	Smykové napětí ve směru x [MPa]
$\tau_y$	Smykové napětí ve směru y [MPa]
$\tau_z$	Smykové napětí ve směru z [MPa]
$\tau_d$	Dovolené napětí [MPa]
$\tau_s$	Napětí ve stříhu [MPa]

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 Typy manipulačních vozíků [13]</i> .....	13
<i>Obr. 2 Speciální manipulační vozík č.1 [14]</i> .....	14
<i>Obr. 3 Speciální manipulační vozík č.2 [14]</i> .....	14
<i>Obr. 4 Kovárenství [15]</i> .....	15
<i>Obr. 5 Oblast kovacíh teplot [16]</i> .....	16
<i>Obr. 6 Volné kování [17]</i> .....	17
<i>Obr. 7 Zápustkové kování [18]</i> .....	18
<i>Obr. 8 Normalizované profily [19]</i> .....	20
<i>Obr. 9 Průmyslová kola [20]</i> .....	22
<i>Obr. 10 Kola s kladkou [21]</i> .....	22
<i>Obr. 11 Části kola [21]</i> .....	23
<i>Obr. 12 Šroubové spoje [22]</i> .....	24
<i>Obr. 13 Šroubovice [23]</i> .....	25
<i>Obr. 14 Závít šroubu [24]</i> .....	25
<i>Obr. 15 Působení sil na šroubový spoj [25]</i> .....	26
<i>Obr. 16 Značení svarů 1 [26]</i> .....	28
<i>Obr. 17 Značení svarů 2 [26]</i> .....	29
<i>Obr. 18 Odkazová čára svarového spoje ve výkresové dokumentaci [26]</i> .....	29
<i>Obr. 19 Tupé svary [27]</i> .....	30
<i>Obr. 20 Koutové svary [27]</i> .....	31
<i>Obr. 21 Metoda konečných prvků [11]</i> .....	32
<i>Obr. 22 1 – Dimenzionální úlohy [28]</i> .....	33
<i>Obr. 23 2 – Dimenzionální úlohy [28]</i> .....	33
<i>Obr. 24 3 – Dimenzionální úlohy [28]</i> .....	34
<i>Obr. 25 Přesnost metody konečných prvků [11]</i> .....	37
<i>Obr. 26 Hustota sítě v metodě konečných prvků</i> .....	37
<i>Obr. 27 Logo Kovárny VIVA a.s.[12]</i> .....	48
<i>Obr. 28 Tržby Kovárny VIVA a.s. [12]</i> .....	49
<i>Obr. 29 Výkovky pro automobily [12]</i> .....	51
<i>Obr. 30 Výkovky pro vysoko zdvižné vozíky [12]</i> .....	51
<i>Obr. 31 Výkovky pro hydraulické elementy [12]</i> .....	52
<i>Obr. 32 Další výkovkové produkty [12]</i> .....	52



<i>Obr. 33 Kovací lis ZTS LE 400</i> .....	54
<i>Obr. 34 Prvotní návrh v programu CATIA</i> .....	55
<i>Obr. 35 Návrh k řešení vypracovaný v programu NX</i> .....	56
<i>Obr. 36 Obdélníková trubka</i> .....	57
<i>Obr. 37 Pojistná podložka, pojistná matice</i> .....	59
<i>Obr. 38 Poptávkový list Feron a.s.</i> .....	60
<i>Obr. 39 Kolo Blickle parametry</i> .....	61
<i>Obr. 40 Kolo Blickle 3D model</i> .....	61
<i>Obr. 41 Ilustrační schéma namontované pojistné podložky a upínací matky</i> .....	62
<i>Obr. 42 Detail vymodelovaných upínacích elementů</i> .....	62
<i>Obr. 43 Schéma uložení přední hřídel</i> .....	66
<i>Obr. 44 Ohybový moment přední hřídel</i> .....	66
<i>Obr. 45 Příčné síly přední hřídel</i> .....	67
<i>Obr. 46 Průhyb přední hřídel</i> .....	67
<i>Obr. 47 Schéma uložení zadní hřídel</i> .....	68
<i>Obr. 48 Ohybový moment zadní hřídel</i> .....	69
<i>Obr. 49 Příčné síly zadní hřídel</i> .....	70
<i>Obr. 50 Průhyb zadní hřídel</i> .....	70
<i>Obr. 51 Model zadní hřídele</i> .....	73
<i>Obr. 52 Uchycení zadní hřídele</i> .....	73
<i>Obr. 53 Zatížení zadní hřídele</i> .....	74
<i>Obr. 54 Síťovaný model zadní hřídele</i> .....	74
<i>Obr. 55 Napětí Von Mises zadní hřídele</i> .....	75
<i>Obr. 56 Výsledné posunutí zadní hřídele</i> .....	76
<i>Obr. 57 Ekvivalentní poměrná deformace zadní hřídele</i> .....	76
<i>Obr. 58 Součinitel bezpečnosti zadní hřídele</i> .....	77
<i>Obr. 59 Model přední hřídele s napojením</i> .....	77
<i>Obr. 60 Model přední hřídele</i> .....	78
<i>Obr. 61 Model přední hřídele</i> .....	79
<i>Obr. 62 Zatížení přední hřídele i s připojením</i> .....	80
<i>Obr. 63 Síťovaný model přední hřídele</i> .....	80
<i>Obr. 64 Napětí Von Mises přední hřídele</i> .....	81
<i>Obr. 65 Výsledné posunutí přední hřídele</i> .....	81

<i>Obr. 66</i> Ekvivalentní poměrná deformace přední hřídele .....	82
<i>Obr. 67</i> Koeficient bezpečnosti přední hřídele .....	82
<i>Obr. 68</i> Síťovaný model připojení přední hřídele.....	84
<i>Obr. 69</i> Napětí Von Mises připojení přední hřídele .....	85
<i>Obr. 70</i> Výsledné posunutí připojení přední hřídele .....	85
<i>Obr. 71</i> Ekvivalentní poměrná deformace připojení přední hřídele .....	85
<i>Obr. 72</i> Koeficient bezpečnosti připojení přední hřídele .....	86
<i>Obr. 73</i> Schéma uchycení a působící síly na sestavu přední hřídele.....	87
<i>Obr. 74</i> Síťovaná sestava přední hřídele .....	87
<i>Obr. 75</i> Napětí Von Mises sestavy přední hřídele .....	88
<i>Obr. 76</i> Výsledné posunutí sestavy přední hřídele .....	88
<i>Obr. 77</i> Ekvivalentní poměrná deformace sestavy přední hřídele.....	89
<i>Obr. 78</i> Koeficient bezpečnosti sestavy přední hřídele.....	89
<i>Obr. 79</i> Model oje .....	90
<i>Obr. 80</i> Detail uchycení oje .....	91
<i>Obr. 81</i> Detail uchycení oje .....	91
<i>Obr. 82</i> Síťované oje .....	92
<i>Obr. 83</i> Napětí Von Mises oje.....	93
<i>Obr. 84</i> Výsledné posunutí oje .....	94
<i>Obr. 85</i> Ekvivalentní poměrná deformace oje .....	94
<i>Obr. 86</i> Koeficient bezpečnosti oje .....	95
<i>Obr. 87</i> Model sestavy .....	96
<i>Obr. 88</i> Uchycení sestavy .....	97
<i>Obr. 89</i> Zatížení sestavy.....	97
<i>Obr. 90</i> Detail sítě sestavy .....	98
<i>Obr. 91</i> Napětí Von Mises sestavy .....	99
<i>Obr. 92</i> Výsledné posunutí sestavy .....	99
<i>Obr. 93</i> Ekvivalentní poměrná deformace .....	100
<i>Obr. 94</i> Plastová zátka na ocelové profily[??] .....	101
<i>Obr. 95</i> Reflexní prvky [??] .....	101
<i>Obr. 96</i> Bezpečnostní páska.....	101
<i>Obr. 97</i> Hydraulické zvedací zařízení.....	102
<i>Obr. 98</i> Prvky rychlého připojení .....	103

---

*Obr. 99 Mechanická kotva*..... 103

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Materiálové konstanty ocelových profilů [7]</i> .....	20
<i>Tab. 2 Mez kluz a mez pevnosti ocelových profilů [7]</i> .....	21
<i>Tab. 3 Parametry lisu</i> .....	54
<i>Tab. 4 Vlastnosti materiálu S355JR</i> .....	58
<i>Tab. 5 Vlastnosti materiálu S355MC</i> .....	58
<i>Tab. 6 Vlastnosti 30CrV9</i> .....	59
<i>Tab. 7 Ceník pojistné podložky a upínací matky</i> .....	62
<i>Tab. 8 Zadní hřídel parametry</i> .....	72
<i>Tab. 9 Uchycení zadní hřídele</i> .....	73
<i>Tab. 10 Zatížení zadní hřídele</i> .....	73
<i>Tab. 11 Parametry sítě zadní hřídele</i> .....	74
<i>Tab. 12 Výsledky analýzy zadní hřídele</i> .....	75
<i>Tab. 13 Parametry přední hřídele</i> .....	78
<i>Tab. 14 Parametry připojení přední hřídele</i> .....	78
<i>Tab. 15 Uchycení přední hřídele</i> .....	79
<i>Tab. 16 Zatížení přední hřídele</i> .....	79
<i>Tab. 17 Zatížení připojení hřídele</i> .....	79
<i>Tab. 18 Parametry sítě přední hřídele</i> .....	80
<i>Tab. 19 Výsledky analýzy přední hřídele</i> .....	81
<i>Tab. 20 Výsledky analýzy 2 přední hřídele</i> .....	83
<i>Tab. 21 Parametry sítě přední hřídele</i> .....	83
<i>Tab. 22 Uchycení přední hřídele</i> .....	83
<i>Tab. 23 Výsledky analýzy připojení přední hřídele</i> .....	84
<i>Tab. 24 Výsledky analýzy 2 připojení přední hřídele</i> .....	86
<i>Tab. 25 Parametry sítě přední hřídele</i> .....	87
<i>Tab. 26 Výsledky analýzy sestavy přední hřídele</i> .....	88
<i>Tab. 27 Výsledky analýzy 2 sestavy přední hřídele</i> .....	89
<i>Tab. 28 Parametry oje</i> .....	90
<i>Tab. 29 Uchycení oje</i> .....	90
<i>Tab. 30 Zatížení oje</i> .....	91
<i>Tab. 31 Parametry sítě oje</i> .....	92
<i>Tab. 32 Výsledky analýzy oje</i> .....	93

---

<i>Tab. 33 Parametry typizovaných prvků sestavy</i> .....	96
<i>Tab. 34 Uchycení sestavy</i> .....	96
<i>Tab. 35 Zatížení sestavy</i> .....	97
<i>Tab. 36 Parametry sítě sestavy</i> .....	98
<i>Tab. 37 Výsledky analýzy sestavy</i> .....	99
<i>Tab. 38 Výsledky analýzy 2 sestavy</i> .....	100
<i>Tab. 39 Externí firmy</i> .....	104
<i>Tab. 40 Kalkulace návratnosti</i> .....	104

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Technická dokumentace LE400

Příloha P II: Poptávkové listy Feron

Příloha P III: Technická dokumentace na kola Blicke

Příloha P IV: Výkresová dokumentace

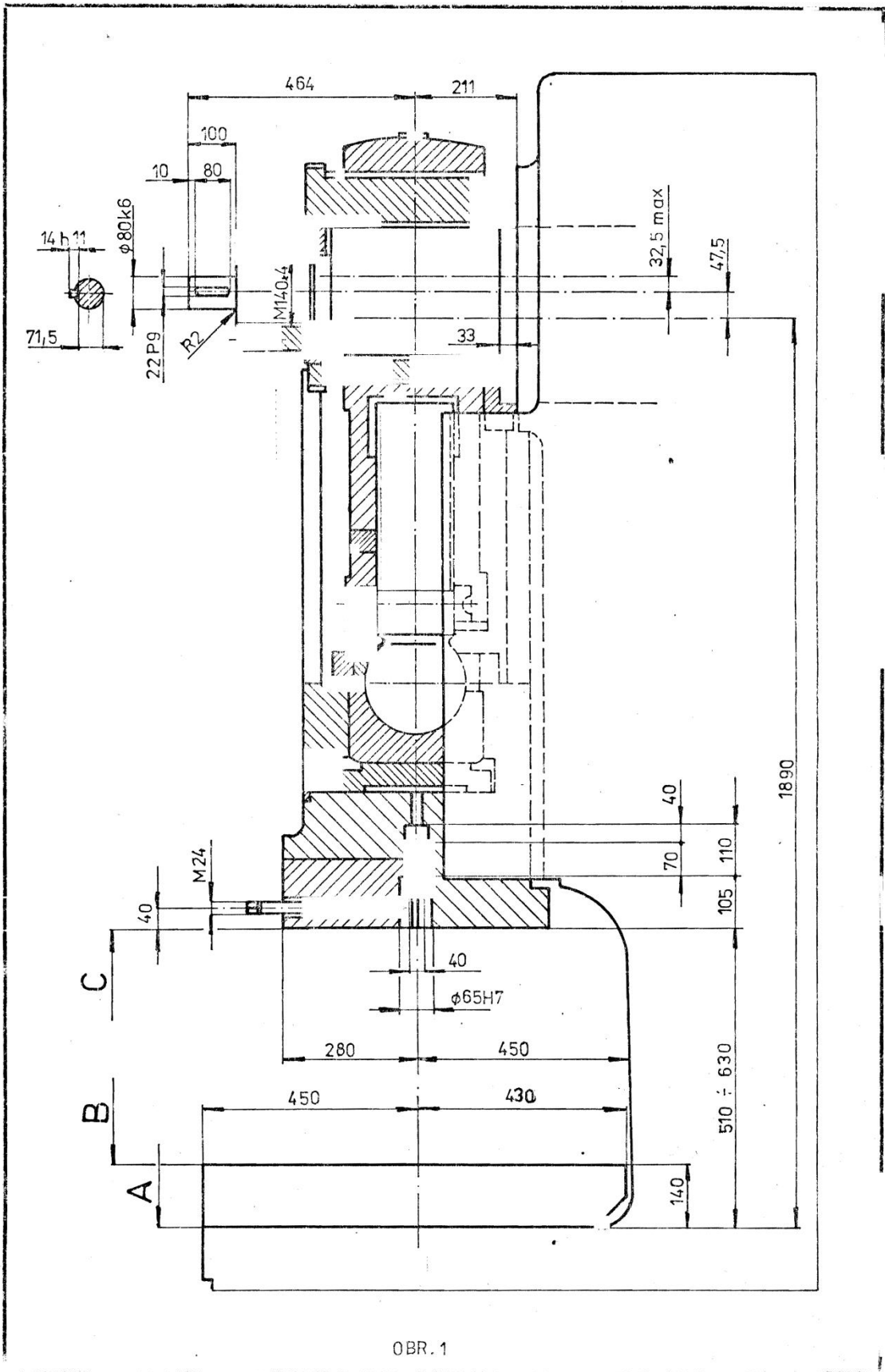
## PŘÍLOHA P I: TECHNICKÁ DOKUMENTACE LE 400

- 14 -

### TECHNICKÉ DÁTA

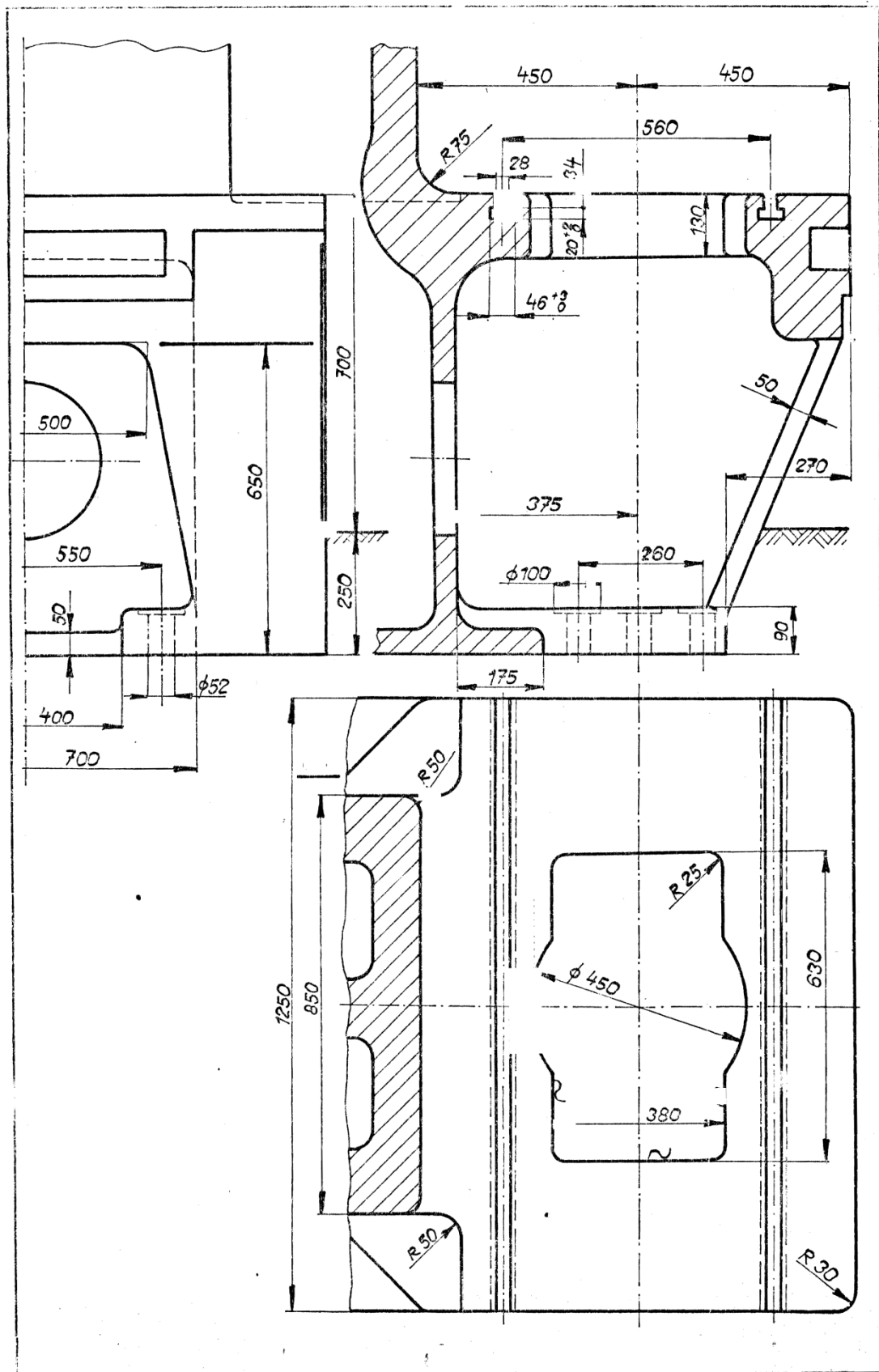
Menovitá tvárniaca sila	4 000 kN
Vyloženie	450 mm
Zdvih možný v rozsahu	30 ÷ 160 mm
Najvyššia vzdialenosť barana od stola	630 mm
Prestaviteľnosť barana dole	120 mm
Počet zdvihov tlmého chodu	40 min <sup>-1</sup>
Dovolený počet impulzivých zdvihov	20 min <sup>-1</sup>
Plocha stolnej dosky	1 250 x 880 mm
Otvor v stolnej doske	∅ 400 H11/370 HB mm
Hrúbka stolnej dosky	140 mm
Plocha stola	1 250 x 900 mm
Prepätie v stole	630/360, ∅ 470 HB
Upínacia plocha barana	950 x 560
Výkon elektromotora	30 kW
Otáčková rýchlosť elektromotora	1 465 min <sup>-1</sup>
Prevádzkové napätie	3 x 360 V ± 5%
Prevádzkový kmitočet	50 Hz ± 1%

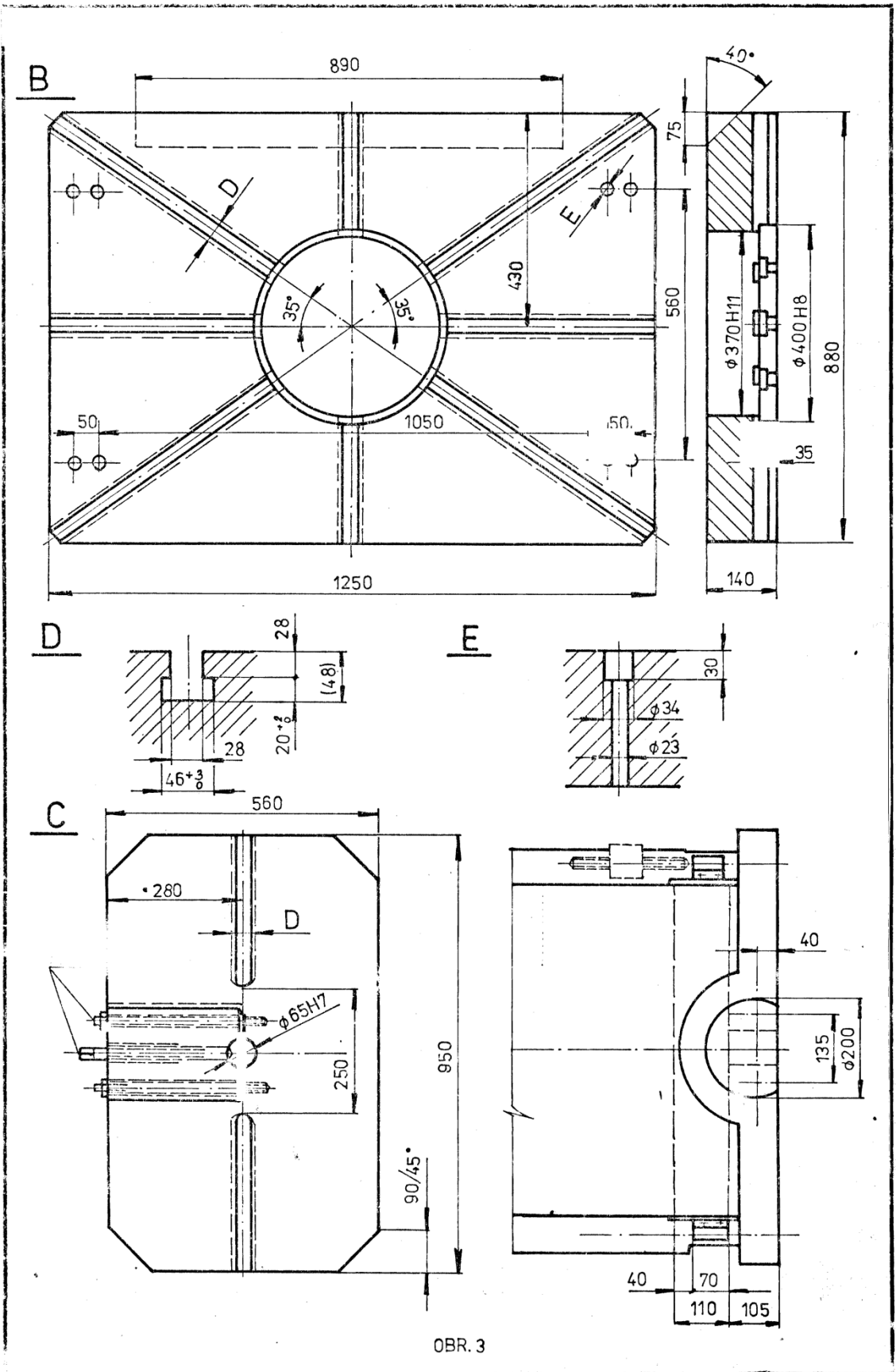
Výstredníkový hriadeľ je opatrený čapom pre náhon podávania.



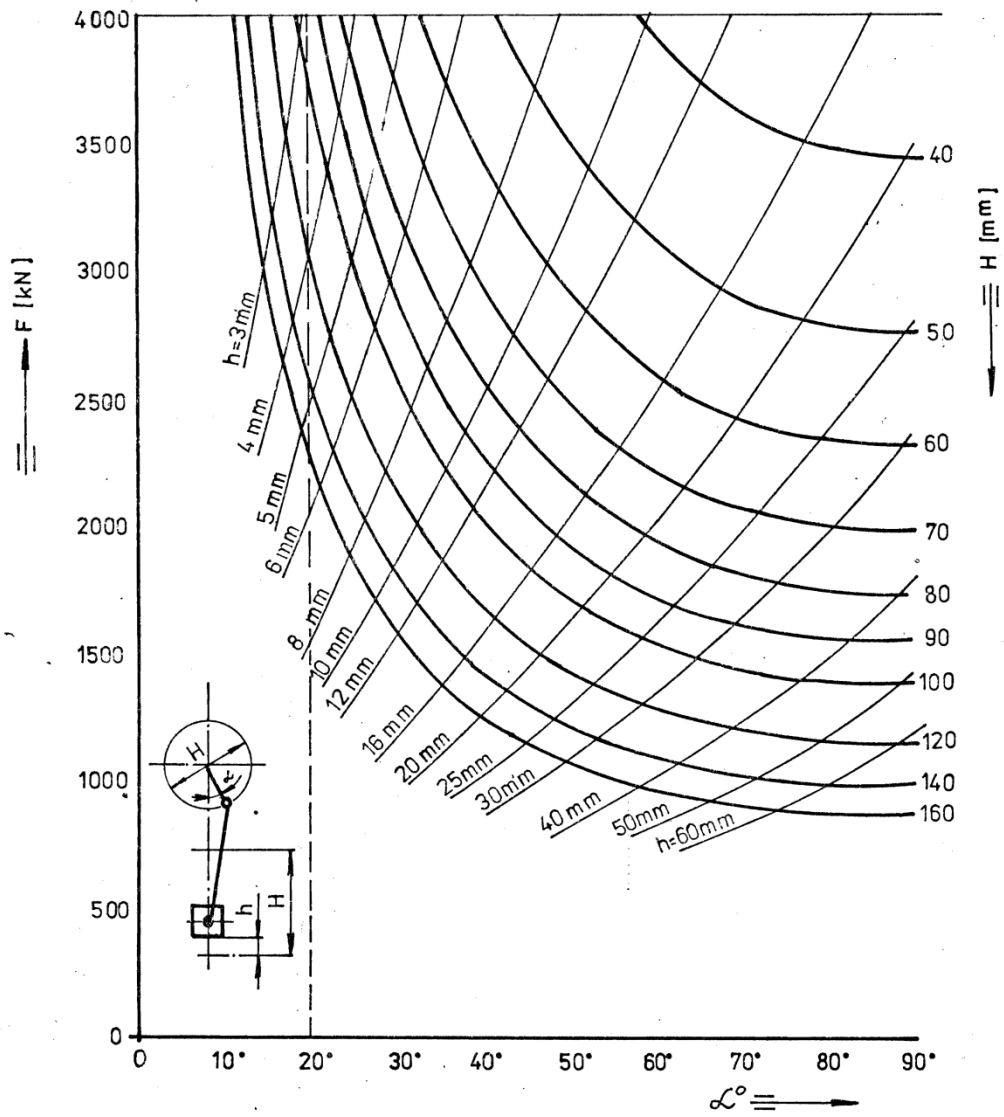
OBR. 1







# LE-400 D



OBR. 5

# PŘÍLOHA P II: POPTÁVKOVÉ LISTY FERONA



Nabídka č.: 36410

Ze dne: 10/04/2015  
Poptávka kupujícího: 100415

Strana: 1

## Prodávající:

Ferona, a.s.; Havlíčkova čp. 1043/11, 111 82 Praha 1  
IČO: 26440181; zapsána v OR MěS v Praze B.7143  
**Kontaktní adresa pobočky:**  
ČSA 730; 783 53 Velká Bystrice  
Bankovní spojení: 1000497701/3500  
IBAN: CZ93 3500 0000 0010 0049 7701  
BIC(SWIFT): INGBCZPP  
Peněžní ústav: ING Bank N.V.  
Nádražní 344/25, 150 00, Praha 5

**KOVÁRNA VIVA A.S.**

VAVREČKOVA 5333  
760 01 ZLÍN

## Platební podmínky:

DÍČ: CZ26440181  
Způsob platby: Platební příkaz  
Splatnost: 15 dnů po odeslání  
Úrok z prodlení: 0,05 % / den

## Kupující:

Kovárna VIVA a.s., Zlín, Vavrečkova 5333, PSČ 760 01  
IČO: 46978496 Tel.: 577 051 361  
DÍČ: CZ46978496 Fax: 577210319  
Číslo zákazníka: 202184

## Místo plnění (dodání zboží):

KOVÁRNA VIVA ZLÍN  
VAVREČKOVA 5333  
760 01 ZLÍN

## Výdejní sklad:

SKLAD 73, SLUŽBY OLOMOUC  
ČSA 730  
VELKÁ BYSTRICE VL. VL.

## Doprava:

DOVOZ autem zajistí prodávající

	Množství MJ	Cena za MJ	Sazba DPH %	Cena celkem bez DPH	Měna
<b>1 PLECH VÁL.CA TEPLA EN 10029-A-N, EN 10025-2, zn. S355J2+N Rozměr: 10x2000x6000</b> Čís.položky: 210012L Termín: 17/04/2015 192,000 KG 15,845 21 % 3 042,24 CZK CN kód: 72085299 PP Základní MJ: KG KOREKCE PRODEJCE -18% (140025/ 1) 834,82 CZK PREFERENČNÍ SLEVA 20 % (150104/ 1) 760,51 CZK 10X 1200X2000MM -1KS. . UM: 1L5700.					
<b>2 INSPEKČNÍ CERTIFIKÁT 3.1 DLE EN 10204 (chemie, tah,vnitřní homogenita dle EN 10160 třída S1)</b> Čís.položky: CG005 Termín: 17/04/2015 1,000 KS 20,000 21 % 20,00 CZK Základní MJ: KS					
<b>3 DĚLENÍ PLECHŮ PÁLENÍM, TL. 10- 25 MM</b> Čís.položky: Z2DPP025 Termín: 17/04/2015 2,000 M 120,000 21 % 240,00 CZK Základní MJ: M Rozměrová tolerance dle ČSN EN ISO 9013:2003 třída 2.					
<b>4 PLECH VÁL.CA TEPLA EN 10029-A-N, EN 10025-2, zn. S355J2+N Rozměr: 10x2000x6000</b> Čís.položky: 210012L Termín: 17/04/2015 212,000 KG 18,470 21 % 3 915,64 CZK CN kód: 72085299 PP Základní MJ: KG 900X1500MM -1KS. . 500X1100MM -1KS. . 170X1200MM -2KS. . 290X400MM -2KS. . SESTAVA: G2082. . UM: 1L5700. . HRUBÁ VÁHA: 251KG.					
<b>5 TVAROVÉ PÁLENÍ PLECHŮ, TL. 10- 25 MM</b> Čís.položky: Z2TPP025 Termín: 17/04/2015 6,500 M 60,000 21 % 390,00 CZK Základní MJ: M Rozměrová tolerance dle ČSN EN ISO 9013:2003 třída 2.					



Nabídka č.: 937207

Ze dne: 02/10/2014  
Poptávka kupujícího: POPTÁVKA

Strana: 1

**Prodávající:**Feron, a.s.: Havlíčkova čp. 1043/11, 111 82 Praha 1  
IČO: 26440181; zapsána v OR MěS v Praze B.7143**Kontaktní adresa pobočky:**ČSA 730; 783 53 Velká Bystrice  
Bankovní spojení: 1000497701/3500  
IBAN: CZ93 3500 0000 0010 0049 7701  
BIC(SWIFT): INGBCZPP  
Peněžní ústav: ING Bank N.V.  
Nádražní 344/25, 150 00, Praha 5**KOVÁRNA VIVA A.S.**VAVREČKOVA 5333  
760 01 ZLÍN**Platební podmínky:**DIČ: CZ26440181  
Způsob platby: Platební příkaz  
Splatnost: 15 dnů po odeslání  
Urok z prodlení: 0,05 % / den**Kupující:**Kovárna VIVA a.s., Zlín, Vavrečkova 5333, PSČ 760 01  
IČO: 46978496 Tel.: 577 051 361  
DIČ: CZ46978496 Fax: 577210319  
Číslo zákaznika: 202184**Místo plnění (dodání zboží):**KOVÁRNA VIVA ZLÍN  
VAVREČKOVA 5333  
760 01 ZLÍN**Výdejní sklad:**SKLAD 72, STARÉ MĚSTO  
BRNĚNSKÁ 1509  
STARÉ MĚSTO U UH VL.VL.**Doprava:**

ODVOZ - zajistí kupující

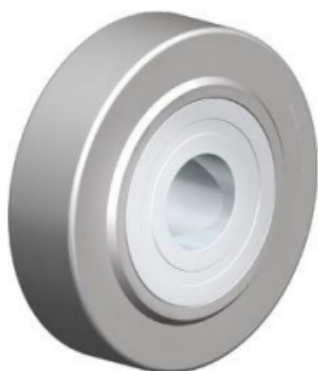
	Množství MJ	Cena za MJ	Sazba DPH %	Cena celkem bez DPH	Měna
<b>1 PLECH VÁLC.ZA TEPLA EN 10051(GK), EN 10025-2, zn. S235JRC+N Rozměr: 10x1500x3000</b>					
Čís.položky: 214775H Termín: 31/10/2014	353,000 KG	14,200	21 %	5 012,60	CZK
Základní MJ: KG					
<b>2 PROFIL DUTÝ SVAŘOVANÝ EN 10219, zn. S235JRH Rozměr: 100x50x5</b>					
Čís.položky: 5T1013M Termín: 31/10/2014	12,000 M	174,000	21 %	2 088,00	CZK
Základní MJ: M	129,600 KG	16,111			
2X6M					
<b>3 TYČ TVAROVÁ IPE VÁLC. ZA TEPLA DIN 1025-5, EN 10025-2, zn. S235JR Rozměr: 100</b>					
Čís.položky: 1F0613D Termín: 31/10/2014	30,000 KG	14,700	21 %	441,00	CZK
Základní MJ: KG					
<b>4 DĚLENÍ TRUBEK, JÄCKLŮ DO 120 MM</b>					
Čís.položky: Z1TJ120 Termín: 31/10/2014	1,000 KS	40,000	21 %	40,00	CZK
Základní MJ: KS					
<b>5 DĚLENÍ PROFILOVÉ OCELI I-U-L-T DO 100 MM</b>					
Čís.položky: Z1PR100 Termín: 31/10/2014	1,000 KS	30,000	21 %	30,00	CZK
Základní MJ: KS					
<b>6 PROFIL TVÁŘENÝ ZA STUDENA TVARU U EN 10162, EN 10025-2, zn. S235JR Rozměr: 100x50x5</b>					
Čís.položky: 6E0637G Termín: 31/10/2014	43,000 KG	19,600	21 %	842,80	CZK
Základní MJ: KG					
1X6M					
<b>7 DĚLENÍ TRUBEK, JÄCKLŮ DO 120 MM</b>					
Čís.položky: Z1TJ120 Termín: 31/10/2014	1,000 KS	40,000	21 %	40,00	CZK
Základní MJ: KS					

# PŘÍLOHA P III: TECHNICKÁ DOKUMENTACE LE KOLA BLICKLE

Katalogový list



SVS 250/70K

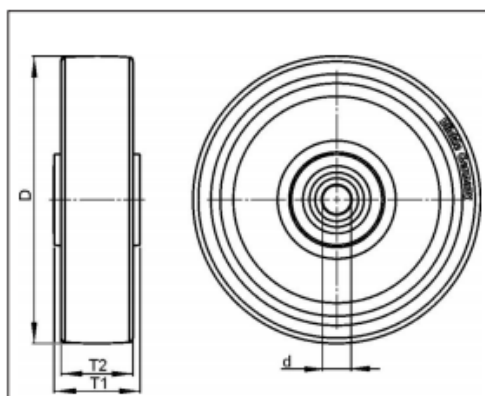


EAN: 4047526608293

ID: 608299

Kolo z polyamidu

**Běhoun / obruč:** Soustruženo z ušlechtilé oceli, s lehce vypouklou jezdovou plochou a lehce olejovaným povrchem, velmi nízký valivý a smykový odpor, lehkých chod na hladkém povrchu, extrémně otěruvzdorné, velmi vysoká statická a dynamická nosnost. Tread colour: stříbrná  
**Disk kola / ráfek:** -



Technické údaje:

Délka náboje (T1)	75 mm
Ø Otvoru pro osu (d)	70 mm
Nosnost	10000 kg
Šířka kola (T2)	65 mm
Ø Kola (D)	250 mm
Hmotnost	21.77 kg
Teplotní odolnost	-25 °C
Teplotní odolnost až do	120 °C
Tvrdost běhounu	190 - 230 HB
druh ložiska	Kuličkové ložisko

Valivý odpor	■
Hlasitost chodu	■
Šetření pojízdné plochy	■

Blickle Räder+Rollen GmbH u. Co. KG  
Heinrich-Blickle-Straße 1 · 72348 Rosenfeld · Germany  
Telefon: +49 7428 932-0 · Telefax: +49 7428 932-209  
E-Mail: info@blickle.com · Internet: www.blickle.com

© Blickle Räder+Rollen GmbH u. Co. KG 2014  
Rosenfeld · Germany