



# Inovace zvedáku pro automobily do 4 tun

## Diplomová práce

*Studijní program:*

N2301 Strojní inženýrství

*Studijní obor:*

Inovační inženýrství

*Autor práce:*

**Bc. Martin Kočí**

*Vedoucí práce:*

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.  
Katedra částí a mechanismů strojů





## Zadání diplomové práce

# Inovace zvedáku pro automobily do 4 tun

*Jméno a příjmení:* **Bc. Martin Kočí**  
*Osobní číslo:* S18000265  
*Studijní program:* N2301 Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* Inovační inženýrství  
*Zadávací katedra:* Katedra částí a mechanismů strojů  
*Akademický rok:* **2019/2020**

### Zásady pro vypracování:

Provedte inovaci zařízení pro zdvihání automobilu o maximální hmotnosti 4 tuny. Zařízení bude určeno pro dílny a malé autoservisy. Zařízení musí splňovat následující parametry:

- hmotnost zdvihaného automobilu – maximálně 4000 kg,
  - výška zdvihu ? 2000 mm,
  - aretace zvedáku – samosvornost,
  - doba zdvihu do nejvyšší pozice maximálně 60 s.
1. Inovujte stávající sloupový automobilový zvedák, který se používá v autoservisech ke zdvihání automobilů.
  2. Provedte průzkum potenciálních řešení, včetně patentové rešerše.
  3. Určete požadavky na zařízení.
  4. Navrhněte minimálně tři koncepty možných řešení odstraňující zjištěné nedostatky. Navržené varianty objektivně zhodnoťte a proveďte výběr nejlepší varianty.
  5. Provedte detailní konstrukci vybrané varianty s ohledem na metody DFX a pevnostní výpočty (3D sestava, výkresová dokumentace)
  6. Ekonomické zhodnocení
  7. Závěrečné zhodnocení

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:*  
*Forma zpracování práce:*  
*Jazyk práce:*

přílohy dle potřeby  
50  
tištěná/elektronická  
Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

- [1] PEŠÍK, L.- Části strojů. 1. díl. Liberec: Technická univerzita 2005. ISBN 978-80-7372-573-0
- [2] PEŠÍK, L. – Části strojů. 2. díl. Liberec: Technická univerzita 2005. ISBN 978-80-7372-574-7
- [3] MAŠÍN I. a P. JIRMAN. – Metody systematické kreativity. Liberec: Technická univerzita v Liberci 2012. ISBN 978-80-7372-853-3
- [4] LEINVEBER, J. a P. VÁVRA. – Strojnické tabulky. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4
- [5] MAŠÍN I. a L. ŠEVČÍK. – Metody inovačního inženýrství: Inovace, plánování a navrhování výrobku. Vyd. 1. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006. ISBN 80-903533-0-4
- [6] MAŠÍN, I.- Inovační inženýrství – Plánování a návrh inovovaného výrobku. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 168s. ISBN 978-80-7372-852-6.
- [7] MIČKAL, Karel.- Strojnictví, Části strojů. Praha: Sobotáles, 1995, ISBN 80-85920-01-8
- [8] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic, sv. 3. ISBN 978-80-214-2629-0
- [9] <http://automotive.cz>
- [10] Databáze knihovny TUL

*Vedoucí práce:*

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.  
Katedra částí a mechanismů strojů

*Datum zadání práce:*

12. února 2020

*Předpokládaný termín odevzdání:*

12. srpna 2021

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan

L.S.

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 12. února 2020

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

29. května 2020

Bc. Martin Kočí

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat prof. Ing. Ladislavu Ševčíkovi, CSc. za vedení mé diplomové práce, cenné rady, jeho podporu a odborný dohled. Dále bych rád poděkoval rodině a přátelům za podporu a trpělivost po dobu celého studia a též při psaní diplomové práce. Jako poslední bych rád poděkoval kamarádovi Ing. Michalu Strnadovi za rady z oboru konstrukce.

# **Anotace**

Diplomová práce se zabývá inovací automobilového zvedáku. V úvodu je popsán současný stav zvedáku s jeho výhodami a nevýhodami. Další část je věnována inovačnímu prohlášení, kde je uvedeno, pro jaký trh bude zvedák určen. Následně se práce zabývá průzkumem trhu a patentovou rešerší. Dále jsou vytvořeny koncepty zvedáku, z nichž je dle určitých kritérií vybrán ten vítězný. V dalším kroku je vítězný koncept optimalizován metodami DFX a FMEA-K. Další část práce se věnuje podrobnému návrhu konceptu. K návrhu je vypracována výpočtová zpráva určitých komponentů. Dle vypočtených hodnot byl vytvořen 3D model celkového automobilového zvedáku. Pro vybrané díly byly vypracovány výrobní výkresy. Poslední část práce se věnuje ekonomickému zhodnocení navrženého pohonu.

## **Klíčová slova**

automobilový zvedák, inovace, pohon

## **Annotation**

This thesis deals with the innovation of a car jack. The introduction describes the current state of the car jack, including its advantages and disadvantages. The following parts presents an innovation statement, whereby it is stated which market the car jack would be intended for. Following, the thesis then covers market research and patent research. Furthermore, concepts of the car jack are created, from which a winning concept is selected based on particular criteria. In the next step, the winning concept is then optimized by DFX and FMEA-K methods. The next part of the thesis focuses on a detailed concept design. There is also a calculation report of the particular components prepared for the design. A 3D model of the whole car jack was created according to the calculated values. There are also production drawings prepared for selected parts. The last part of the theses is devoted to the economic evaluation of the proposed drive.

## **Key words**

Car jack, innovation, propulsion

# Obsah

Úvod.....	12
1 Cíl práce.....	13
2 Inovační záměr.....	14
2.1 Inovační prohlášení .....	14
3 Průzkum potenciálních řešení .....	15
3.1 Průzkum trhu.....	15
3.1.1 Sloupové zvedáky a jejich pohony .....	15
3.1.1.1 Elektrohydraulický pohon .....	15
3.1.1.2 Elektromechanický pohon .....	16
3.1.2 Jednosloupový zvedák .....	17
3.1.3 Dvousloupový zvedák.....	18
3.1.4 Čtyřsloupový zvedák .....	18
3.2 Varianty konstrukčních prvků.....	19
3.2.1 Hmotnost břemena .....	19
3.2.2 Pozice ramen zvedajících břemeno.....	20
3.2.2.1 Nájezdové plošiny .....	20
3.2.2.2 Vidlicové pravoúhlé .....	20
3.2.2.3 Teleskopické přímé natáčečí .....	21
3.2.3 Natočení ramen .....	21
3.2.3.1 Servomotor .....	21
3.2.3.2 Krokový motor .....	22
3.2.4 Vysouvání ramen .....	22
3.2.4.1 Elektrický šroubový pohon.....	22
3.2.4.2 Hydraulická vzpěra.....	22
3.2.4.3 Pneumatický válec.....	23
3.3 Průzkum patentů.....	23
3.3.1 Patent 1 - US5702222A .....	23

3.3.2	Patent 2 – US7143869B1 .....	24
3.3.3	Patent 2 – CN207121375U .....	26
3.4	Zhodnocení stávajících řešení .....	27
4	Metoda QFD .....	28
4.1	Postup vytvoření QFD matice .....	28
5	Generování konceptů .....	30
5.1	Koncept A .....	30
5.2	Koncept B.....	32
5.3	Koncept C.....	34
5.4	Koncept D .....	36
6	Výběr konceptu.....	38
6.1	Výpočet .....	39
6.1.1	Párová porovnání .....	39
6.1.2	Výsledky .....	41
7	Optimalizace vybraného konceptu.....	42
7.1	DFX.....	42
7.1.1	Design for Manufacture (DFM).....	42
7.1.2	Design for Assembly (DFA).....	43
7.1.3	Design for Disassembly (DFD) .....	44
7.1.4	Design for Maintainability (DFMT) .....	44
7.1.5	Design for Environment (DFE) .....	45
7.2	FMEA-K .....	45
8	Výpočtová zpráva .....	47
8.1	Volba vstupních parametrů .....	47
8.2	Výpočet šroubového mechanismu .....	48
8.2.1	Výpočet průměru závitové tyče .....	48
8.2.2	Výpočet minimální výšky matice .....	49



8.2.3	Výpočet momentů na závitové tyči .....	49
8.2.4	Kontrola samosvornosti .....	50
8.2.5	Rychlost zdvihu .....	50
8.2.6	Určení elektromotoru .....	50
8.3	Řemenový převod .....	51
8.3.1	Výpočet převodového poměru.....	51
8.3.2	Výpočet řemenic .....	51
8.3.3	Výběr typu řemene.....	53
8.3.4	Výpočet délky řemene a skutečné osové vzdálenosti.....	53
8.4	Kontrola závitové tyče .....	54
8.5	Výpočet trvanlivosti ložisek.....	54
9	Konstrukce 3D modelu .....	55
10	Ekonomické zhodnocení.....	60
11	Závěr .....	62
	Seznam použité literatury .....	64
	Seznam použitých obrázků .....	67
	Seznam použitých tabulek .....	69

## Seznam použitých symbolů

Značka	Název	Jednotka
$a_c$	vůle v závitě	mm
$a_p$	předběžná osová vzdálenost řemenic	mm
$c$	rychlost zdvihu	$m \cdot s^{-1}$
$c_{max}$	maximální rychlost zvihu	$m \cdot s^{-1}$
$d$	průměr šroubu	mm
$d_2$	střední průměr šroubu (matice)	mm
$d_3$	malý průměr matice	mm
$d_{p1}$	průměr hnací řemenice	mm
$d_{p2}$	průměr hnanné řemenice	mm
$F$	síla	N
$f$	součinitel tření	[-]
$h$	zdvih	m
$H_1$	výška matice	mm
$i$	převodový poměr	[-]
$k$	bezpečnostní koeficient	[-]
$L$	délka řemene	mm
$m$	hmotnost břemene	kg
$M_{kš}$	krouticí moment na závitové tyči	$N \cdot m$
$n_m$	otáčky motoru	$min^{-1}$
$n_š$	otáčky šroubu	$min^{-1}$
$P$	rozteč závutu	mm
$p_D$	dovolený tlak v závitě	MPa
$P_{př}$	výkon elektromotoru	W
$Q$	bezpečná síla	N
$S$	plocha průměru šroubu	$mm^2$
$t$	čas zdvihu do maximální polohy	s
$z_1$	počet zubů řemenice 1	[-]
$z_2$	počet zubů řemenice 2	[-]
$z_m$	minimální počet závitů šroubu	[-]
$\alpha_1$	úhel opásání hnací řemenice	[°]
$\alpha_2$	úhel opásání hnanné řemenice	[°]
$\beta$	boční úhel	[°]
$\beta$	úhel sklonu řemenu	[°]
$\gamma$	úhel stoupání závitu	[°]
$\eta_a$	účinnost pohybového šroubu	[-]
$\eta_{př}$	účinnost převodu	[-]

$\sigma_D$	dovolený tlak	MPa
$\sigma_{red}$	redukované napětí	MPa
$\sigma_t$	napětí v tahu	MPa
$\tau$	napětí v krutu	MPa
$\varphi'$	třecí úhel	[°]
$\psi_h$	součinitel výšky matice	[-]
$\psi_H$	součinitel nosné výšky závitů	[-]
$\omega$	úhlová rychlost	rad·s <sup>-1</sup>

# Úvod

Automobilové zvedáky jsou běžná zařízení, která se používají v autoservisech či pneuservisech pro zdvihání aut, tak aby bylo možné provést běžnou údržbu vozu. Téma bylo zvoleno z důvodu neustálého vývoje technologií v oblasti automotive. Ročně se na světě prodá okolo 90 milionů aut, přičemž při servisu vozů se klade důraz na pohodlí a rychlost pro zvednutí auta na zvedáku. Nejčastěji využívaná varianta v servisech je dvousloupový zvedák (Obrázek 1), který je většinou přikotven k zemi, tak aby byl zásah do dílny co nejmenší.



Obrázek 1 – Dvousloupový zvedák [1]

# 1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je inovace výrobku v oblasti automobilového průmyslu přesněji vylepšení servisního zvedáku pro automobily do 4 tun. Důvodem inovace je vytvoření zvedáku, který bude schopen zdvihnout všechna vozidla spadající do této kategorie, od malých dvoumístných automobilů až po malá nákladní vozidla.

K vytvoření požadovaného zařízení bude využito metod inovačního inženýrství. Na začátku práce je představen inovační záměr, ze kterého bude vytvořeno inovační prohlášení daného zařízení. Poté práce pojednává o průzkumu potenciálních řešení, který se věnuje zvolení konkrétního typu zvedacího zařízení pro jeho inovaci, součástí průzkumu je i průzkum patentový. Dále je v práci uvedena specifikace uživatelských potřeb, kde za pomoci matice QFD lze zjistit jaké parametry výrobku a jaké vlastnosti budou pro zákazníka nejdůležitější.

V další kapitole je v práci uvedeno generování konceptů, kde byly vytvořeny varianty řešení a detailně popsány. Z konceptů pomocí AHP metody, byl vybrán jeden koncept, který dle zvolených kritérií byl vyhodnocen jako nejlepší řešení. Důležité uzly konceptu byly podrobeny kontrolním výpočtům. Následně je v diplomové práci vyhotoven 3D model celkové konstrukce automobilového zvedáku. Zvedák bude napájen ze zdroje 230 V a ukotven zemi chemickými kotvami s minimálním zásahem do okolního prostředí. Zvedák bude automaticky nastavitelný pro co největší pohodlí obsluhy. Výstup z vozu bude bez komplikací, tak aby řidič mohl pohodlně vystoupit, a zároveň se nezašpinil od mazaných ploch zařízení. V následující tabulce jsou popsány zadané parametry, které by měl zvedák splňovat.

Tabulka 1 – Zadané parametry

<b>ZADANÉ PARAMETRY ZVEDÁKU</b>	
<b>Nosnost</b>	4 000 kg
<b>Zdvih</b>	2000 mm
<b>Aretace</b>	Samosvornost
<b>Čas zdvihu</b>	max. 60 s

## 2 Inovační záměr

Inovačním záměrem této diplomové práce je návrh a konstrukce servisního automobilového zvedáku. Toto zařízení bude určeno pro zvedání všech typů aut spadající do kategorie do 4 tun. Zvedák bude určen pro autoservis či pneuservis, proto tento zvedák bude ukotven přímo do země. Zařízení musí mimo jiné splňovat všechna bezpečnostní kritéria a bude pracovat poloautomaticky za pomoci elektrického ovládní řízené uživatelem. Zvedák musí dále splňovat zadané parametry, které jsou uvedeny v kapitole představení úkolu.

### 2.1 Inovační prohlášení

Inovační prohlášení je tabulka, ve které je popsána inovace daného inovovaného zařízení. Shrnuje veškeré informace o výrobku jako je popis, obchodní cíle nebo také předpoklady a omezení v inovačním procesu.

Tabulka 2 – Inovační prohlášení

<b>Popis inovovaného výrobku</b>	Servisní zvedák určený pro všechny druhy automobilů patřící do skupiny do 4 tun.
<b>Obchodní cíle</b>	Nabídka cenově dostupného zvedáku pro autoservisy či pneuservisy.
<b>Primární trh</b>	Autoservisy a pneuservisy
<b>Sekundární trh</b>	Domácí dílny, garáže
<b>Předpoklady a omezení</b>	Využití fyzikálních principů pro zdvih. Variabilní nastavení podložek pro různé typy aut.
<b>Účastníci inovačního procesu</b>	Vedoucí a autor diplomové práce

## **3 Průzkum potenciálních řešení**

### **3.1 Průzkum trhu**

Automobilové zvedáky se na trhu běžně objevují ve více variantách, proto je možné najít spousty technických postupů jak vozidlo zdvihnout. Pro další postup v práci je tedy nutné vybrat si typ výrobku z trhu, který chceme inovovat. Tímto výrobkem bude sloupový zvedák, jenž bude určen pro autoservisy.

#### **3.1.1 Sloupové zvedáky a jejich pohony**

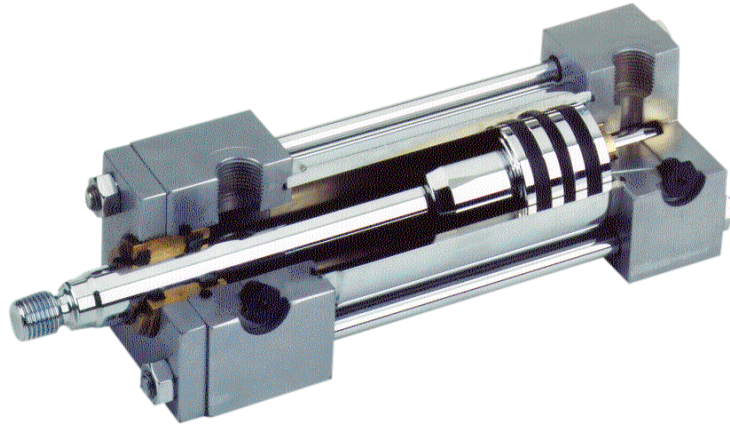
Sloupové zvedáky jsou nejčtenější skupina zvedáků, jež se používá v autoservisech. Základním konstrukčním prvkem je sloup, ve kterém se nachází pohon pro zdvih. Vertikální pohyb zpravidla zajišťuje hydraulický píst či trapézový šroub s maticí. Rozlišujeme několik variant sloupových zvedáků: jednosloupový, dvousloupový a čtyřsloupový, z nichž každý má své výhody i nevýhody. U všech typů je však hlavní výhodou volný pohyb pod vozidlem.

##### **3.1.1.1 Elektrohydraulický pohon**

Tento typ pohonu je v dnešní době stále častější variantou. Zvedání břemene je prováděno za pomoci hydraulických válců napojených na soustavu řetězů a kladek, poháněné elektromotorem a čerpadly. Válce jsou uloženy nastojato v samostatných sloupech. Výhodou tohoto pohonu je velká nosnost a větší rychlost zdvihu. Nevýhodou je jeho údržba.

Hydraulický pohon je založen na principu tlakové energie a fyzikální nestlačitelnosti kapaliny. Za pomoci hydraulických válců je břemeno zvedáno do požadované výšky. Síla vzniklá za pomoci kapaliny je přes píst převáděna na pístní tyč. Tyto válce jsou spojeny s čerpadlem za pomoci hadic s elektronicky řídicími ventily. Čerpadlo pumpuje kapalinu ze sběrné nádrže do válce nebo naopak. Mechanismus je řízen elektricky, přičemž při spuštění čerpadla je olej vtláčován do pístu hydraulického válce nebo je naopak vypouštěn zpět do sběrné nádrže. Všechny tyto válce mají společné čerpadlo a sběrnou nádrž, proto aby byla zajištěna synchronizace. V okruhu hydraulického pohonu se nachází také tlakový akumulátor, který má za úkol vyrovnávat tlak kapaliny. Akumuluje přebytek tlaku, a když je naopak tlaku málo dodá tlak do hydrauliky. Na obrázku 7 je znázorněné schéma hydraulického pohonu. Nevýhodou tohoto typu

pohonu je nutnost vytvoření místa (nejlépe v zemi) pro sběrnou nádrž a akumulátor tlakového oleje. Uživatel by byl tedy nucen zajistit místo pro nádrž a také vedení hadic do jednotlivých hydraulických válců. [2], [3], [4].



Obrázek 2 – Příklad hydraulického válce [3]

### 3.1.1.2 Elektromechanický pohon

U elektromechanického zvedáku zdvih konstrukce umožňuje otáčející se šroub s nosnou maticí. Tento šroub je uložen v samostatném sloupu zvedáku a je uložený v ložiscích. Otáčí se pomocí řetězového nebo ozubeného převodu, kde zdrojem otáček je elektromotor. Nosná matice se pohybuje podél šroubu, v důsledku pevného spojení s konstrukcí zdvihá automobil. Závit je samosvorný a pro případ poškození matice je z hlediska bezpečnosti přítomna matice bezpečnostní. Pro synchronizaci obou sloupů se využívá buď druhý elektromotor, ale častěji se používá řetězový převod, který je veden ve spodní části konstrukce. Menší nevýhodou je přítomnost ocelového krytu řetězu ve spodní části konstrukce, jež znesnadňuje přejezd vozidlům.

Elektromechanický pohon je založen na principu, kdy vertikální pohyb konstrukce zajišťuje pohybový šroub, na němž je nosná matice. Tento šroub je na stranách uložen v ložiscích a pohyb zajišťuje elektromotor, který za pomoci převodu tímto šroubem otáčí. Rotační pohyb se skrz závit převádí na posuvný pohyb nosné matice. Závit je samosvorný a tím je zajištěna jeho aretace. Bezpečnost tohoto pohonu je zajištěna díky přítomnosti bezpečnostní matice, která je zapojena do funkce pouze v případě poškození matice nosné, což zařízení vyhodnotí jako chybu a obsluha nebude dále moci



zařízení používat. Tento systém pohonu je vhodný vzhledem k jednoduchosti jeho konstrukce a snadné údržbě jednotlivých součástí. Nevýhodou této varianty pohonu je velké mechanické zatížení šroubu s maticí, z čehož vyplývají velké nároky na materiálové vlastnosti. [4]



Obrázek 3 – Trapézový šroub s maticí [5]

### 3.1.2 Jednosloupový zvedák

Jednosloupové zvedáky využívají pro zdvih automobilu pouze jeden sloup, ten je bývá pevně uchycen k betonové podlaze chemickými kotvami. Na tento sloup je připevněna konstrukce, která obsahuje čtyři ramena pro uchycení automobilu na nosných bodech. Tato ramena musí být nastavitelná, aby byla možná variabilita vozidel. Výhodou takových to zvedáků je úspora pracovního prostoru. Naopak velikou nevýhodou je přítomnost nosné konstrukce, která znesnadňuje přístup ke spodní části automobilu. Další nevýhodou silové namáhání jediného sloupu díky čemuž mají jednosloupové varianty zvedáků nižší nosnost. K nevýhodám též patří přítomnost kotvící konstrukce, která znesnadňuje nájezd vozidla.



Obrázek 4 – Jednosloupový zvedák [6]

### 3.1.3 Dvousloupový zvedák

Dvousloupové zvedáky používají pro zdvih automobilu dvojici sloupů, které bývají uchyceny k podlaze chemickými kotvami. Ke každému sloupu je připevněna dvojice nastavitelných ramen pro uchycení automobilu na čtyřech bodech. Výhodou dvousloupových zvedáků je výborný přístup ke spodní části vozu, kde jsou zakryty jen malé části prahů. Díky dvousloupové konfiguraci je silové namáhání rozloženo výhodněji a tím tento typ zvedáků disponuje vyšší nosností. Tento typ zvedáku se dokonale hodí pro zdvih osobních automobilů. Nevýhodou je komplikované vystupování z vozu, kde při nájezdu na zvedák brání sloup otevření dveří.



Obrázek 5 – Dvousloupový zvedák [7]

### 3.1.4 Čtyřsloupový zvedák

Čtyřsloupový zvedák sestává ze čtyř sloupů, ke kterým je připevněna nosná konstrukce. Tuto nosnou konstrukci tvoří dvě plošiny, které jsou k základnímu rámu pevně nebo posuvně upevněny. Díky přítomnosti těchto plošin, na kterých auto stojí všemi koly, je zároveň velice komplikovaný i přístup k podvozku automobilu. Aby bylo možné sundat kola z automobilu je nutné automobil lokálně přizdvihnout,

což komplikuje práci na automobilu. Přizdvihy jsou umístěny většinou na plošinách, aby bylo možné automobil zvednout pro práci na kolech. Toto jsou asi největší nevýhody tohoto typu zvedáku. Výhodou je však rozložení silového působení, které se rozloží do čtyř sloupů, tudíž není vyvíjeno vysoké namáhání na jednotlivé sloupy. Pokud by byla změněna samotná konstrukce tohoto typu zvedáku, odstranily by se plošiny a nahradily se otočnými rameny, pak by vzniklé nevýhody díky konstrukci byly odstraněny.



Obrázek 6 – Čtyřsloupový zvedák [8]

## 3.2 Varianty konstrukčních prvků

Pro pokrytí velké skupiny zákazníků je důležité nejprve stanovit základní požadavky na zdvihací zařízení. Mezi požadavky patří například variabilita délky vozidel. Zařízení by mělo být schopno pokrýt vozidla menších rozměrů, jako například malá městská auta až po vozidla nákladního typu do hmotnosti 4 tun. Dalším neméně důležitým požadavkem je přístup k servisním místům vozidla. Není přijatelné, aby jakákoli část zdvihacího zařízení zakrývala některou část vozidla, která se na zdvihacím zařízení běžně servisuje. Ze zákaznickových potřeb je zřejmé, že by měl být kladen důraz také na životnost zařízení s minimální údržbou.

### 3.2.1 Hmotnost břemena

Jelikož se práce zabývá návrhem automobilového zvedáku určeného pro vozidla o hmotnostním limitu 4 000 kg, je tedy hmotnost pevně stanovena na tuto maximální hodnotu.

### 3.2.2 Pozice ramen zvedajících břemeno

Aby automobilový zvedák mohl břemeno zvednout, musí být opatřen zvedacím systémem, který je připevněn za pomoci konstrukce ke zvedacímu pohonu. Existuje mnoho typů těchto systémů.

#### 3.2.2.1 Nájezdové plošiny

Typ konstrukce nájezdových plošin má výhodu v rychlém nájezdu auta a následujícím zdvihnutí. Nevýhodou však bývá znemožnění demontáže a montáže kol a zhoršený přístup k podvozku vozidla. Plošiny jsou buď pevně spojeny s konstrukcí, či mohou vykonávat pouze posuvný pohyb.



Obrázek 7 – Nájezdové plošiny [9]

#### 3.2.2.2 Vidlicové pravoúhlé

Vidlicová ramena jsou konstruována podobně, jako je tomu u vysoko zdvižných vozíků. Vidlice mají pevně stanovenou délku, avšak ramena, na která jsou připevněna, umožňují výsuvný pohyb v jedné ose, aby je bylo možné nastavit dle typu vozidla.



Obrázek 8 – Vidlicová ramena [10]

### 3.2.2.3 Teleskopické přímé natáčečí

Teleskopická ramena se běžně používají u dvousloupových zvedáků, kde se díky přizpůsobení nastavení hodí téměř pro každý osobní automobil. Ke sloupu jsou připevněny za pomoci kloubu, kterým lze otáčet v jedné ose ohraničené dorazy. Teleskopická vlastnost je řešena za pomoci zvětšujícího se průřezu a skládá se nejčastěji ze dvou či tří částí.



Obrázek 9 – Teleskopická ramena [11]

### 3.2.3 Natočení ramen

Aby bylo možné natáčet ramena přesně do požadovaných pozic, je nutné určit pohon, který tato ramena bude natáčet.

#### 3.2.3.1 Servomotor

Servomotor sestává z elektrického motoru, napájecího výkonového měniče, regulačních a řídicích obvodů. Jedná se tedy o regulační pohon. Servomotor pracuje v uzavřené smyčce se zpětnou polohovou a rychlostní vazbou. Běžné pohony naopak pracují ve smyčce otevřené a tuto vazbu neumožňují. Jednou z hlavních vlastností servomotoru jsou nominální otáčky, efektivní krouticí moment a moment setrvačnosti. Servomotory se běžně využívají u řízení posuvů CNC strojů a strojů vyžadujících vysokou přesnost polohování. [12]

### 3.2.3.2 Krokový motor

Krokový motor je asynchronní stroj, jenž je napájen stejnosměrným proudem. Magnetické dvojice jsou napájeny samostatně a generují tak magnetické pole, čímž roztáčí rotor uvnitř krokového motoru. Jednou z nevýhod je nepřesnost při nízkých otáčkách, která je způsobena nespojitostí při nízkých rychlostech a může tak docházet k neplynulosti chodu motoru. [13]

### 3.2.4 Vysouvání ramen

Pro automatické vysouvání ramen a nastavování do pozice kde se nachází body pro uchycení, je nutné zvolit zařízení pro jejich přesné nastavení.

#### 3.2.4.1 Elektrický šroubový pohon

Elektrický šroubový pohon se běžně užívá u automobilů při otevírání zavazadlového prostoru. Je založen na principu šroubového mechanismu, kdy servomotor nebo krokový motor nacházející se uvnitř, pohání šroub, který pohybuje s maticí vysouvající pístnici. Pohon mechanismu probíhá pouze elektricky, není zde využito hydrauliky či pneumatiky. Výhodou je přesnost tohoto typu pohonu a také i jeho rychlost, která se dá měnit.



Obrázek 10 – Elektrický šroubový pohon [14]

#### 3.2.4.2 Hydraulická vzpěra

Hydraulické vzpěry neboli hydraulické válce pracují na principu, kdy je píst vytlačován hydraulickou kapalinou a tím se vysouvá pístnice. V kapalině je vytvářen tlak, který působí na plochu pístnice a tím vytváří sílu. Nevýhodou je pomalá rychlost nastavení, kdy vyžadujeme přesnost polohy. Další nevýhodou je nutnost využití snímače polohy, aby bylo možné určit přesnou polohu. [15]

### 3.2.4.3 Pneumatický válec

Pneumatický válec pracuje na stejném principu jako hydraulický, s tím rozdílem že pohonným médiem je stlačený vzduch. Pístnice je tedy vytlačována vzduchem, který působí na plochu uvnitř válce. Značnou nevýhodou tohoto řešení je stlačitelnost vzduchu a jeho nepřesnost. Při využití by tedy bylo nutné, aby pneumatický válec byl opatřen polohovými senzory. Výhodou je, že stlačený vzduch se standardně v autodílnách využívá. [16]

## 3.3 Průzkum patentů

Při vytváření konceptu zařízení je vhodné využít patentových webů, kde je možné vzít inspiraci z již známých řešení. Mimo kreativního řešení lze tedy využít odbornou literaturu, průmyslové vzory nebo již zmíněné patenty.

**Pro vyhledávání v patentech bylo využito následujících databází:**

- <https://patents.google.com>
- <https://worldwide.espacenet.com>
- <http://www.epo.org/>

**Vyhledávané dotazy v databázích:**

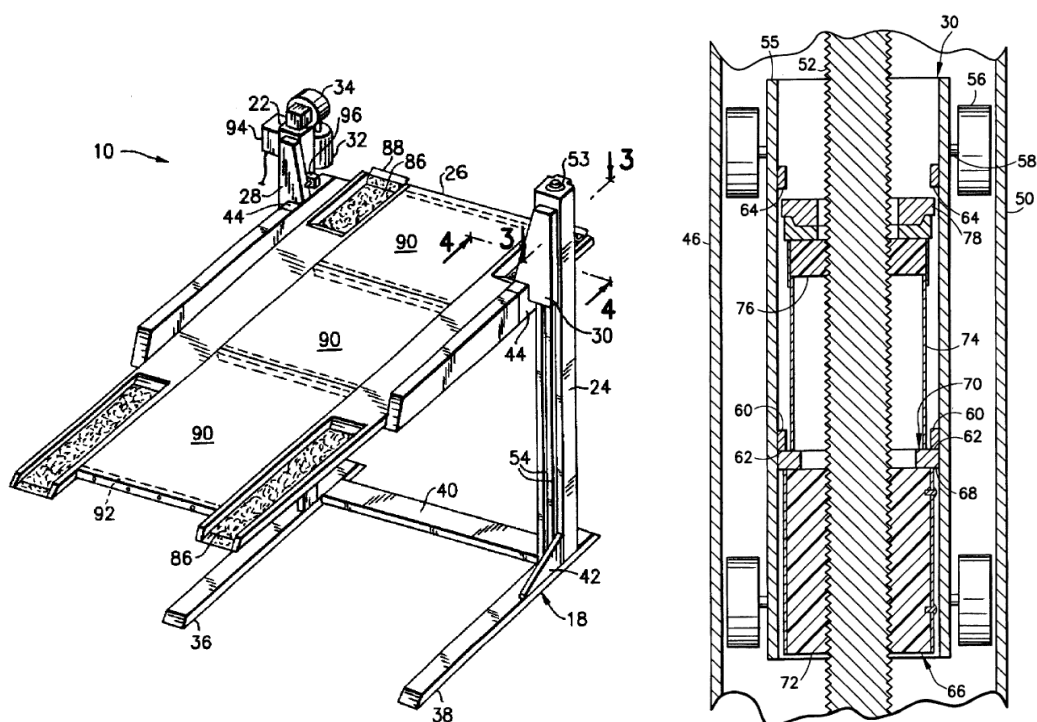
- car lift – automobilový zvedák
- column lift – sloupový zvedák
- twin column lift – dvousloupový zvedák
- vehicle lift – zvedák vozidel
- lifting systém for lifting vehicle – zvedací systém pro zvedání aut

Patentový průzkum odhalil několik zajímavých způsobů řešení, přičemž některé přispěly k tvorbě konceptů. V dalším kroku jsou proto popsány tři patenty, ze kterých byla čerpána inspirace při tvorbě konceptů.

### 3.3.1 Patent 1 - US5702222A

Patent US5702222A byl zveřejněn 14. 8. 1996 a popisuje dvousloupový zvedák s nájezdovou plošinou. Tento zvedák je poháněn dvěma šrouby, z nichž jeden je přímo připojen k elektrickému hnacímu zařízení. Druhý šroub je poháněn za pomoci řetězového převodu, který se nachází mezi sloupy pod krytem. K plošině je připevněna

nosná matice, jež je zároveň nasazena na šroubu a jeho otáčením je plošina zdvihán ve směru nahoru a dolu. Přímé připevnění elektrického pohonu k systému zařízení zmenšuje potřebný výkon pro provoz celého systému a zároveň vytváří vhodné uspořádání, které dovolí umístění zvedáku do garáží. Plošina, jež se nachází mezi sloupy je situována tak, aby žádný ze sloupů nepřekážel při otevírání dveří auta. Zároveň je opatřena koleji s dorazy pro kola automobilu tak, aby po nájzdu automobilu na plošinu, se auto nacházelo v požadovaném místě a v požadované poloze. [17]



Obrázek 11 – Dvousloupový zvedák s detailem systému zdvihu [17]

### 3.3.2 Patent 2 – US7143869B1

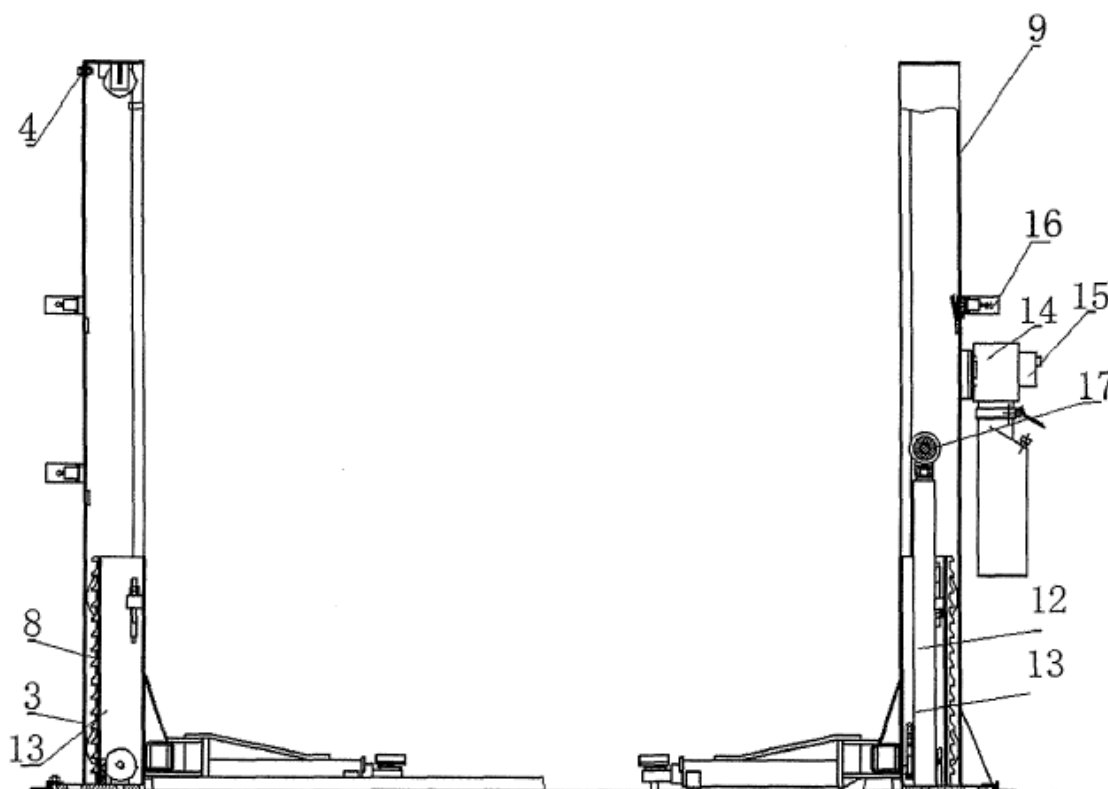
Druhý patent US7143869B1 byl uveřejněn 18. 2. 2000 a je v něm popsán čtyřsloupový zvedák s plošinou se dvěma koleji pro nájzd automobilu. Zvedák disponuje hydraulickým pohonem, kdy hydraulický válec je schován uvnitř jedné z kolejí a přes soustavu kladek pohybuje s plošinou vzhůru. Hydraulický válec je přímo napojen na hydraulické čerpadlo se sběrnou nádobou odkud přečerpává hydraulickou kapalinu. Kládky jsou mezi sebou navzájem propojeny ocelovými lanky. Všechny čtyři sloupy pohání pouze jeden hydraulický válec, který tahá ocelová lanka kolem kladek, čímž se příčnický včetně rampy pohybují. Orientace ocelových lanek a jejich umístění



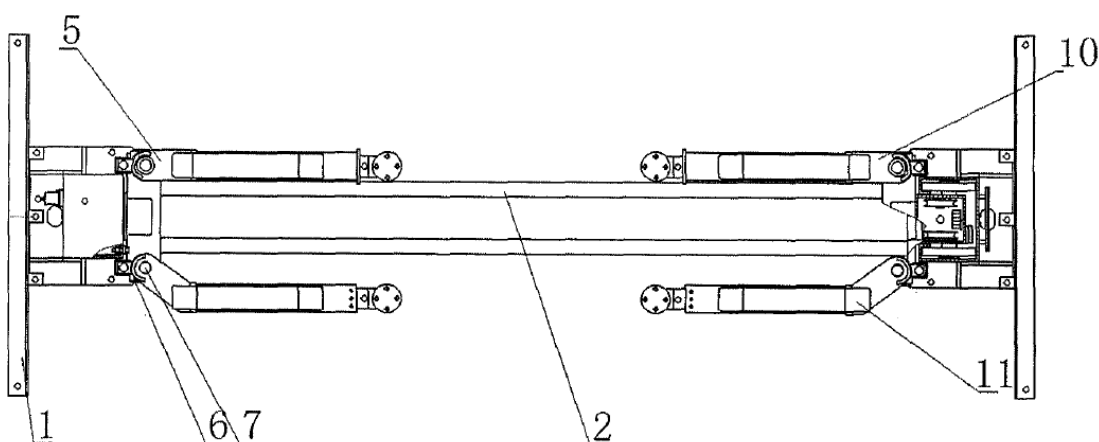


### 3.3.3 Patent 2 – CN207121375U

Třetí patent CN207121375U byl zveřejněn 27. 3. 2017 a je v něm popsán dvousloupový zvedák, jenž disponuje hydraulickým pohonem. Hydraulický válec je schován uvnitř jednoho ze sloupů, kde je připevněn k ramenům pro uchycení automobilu. Přes soustavu kladek a za pomoci ocelového lanka zvedá ramena, jež se nachází na druhém sloupu. Lanko, které zdvihá ramena na druhém sloupu je vedeno spodní části zvedáku a je chráněno, tak aby obsluha nepřišla s tímto lankem do kontaktu. Hydraulický válec je přímo napojen na hydraulické čerpadlo se sběrnou nádobou, odkud přečerpává hydraulickou kapalinu. Oba dva sloupy tedy pohání pouze jeden hydraulický válec a ve spodní části jsou k sobě sloupy pevně spojeny. Uchycení vozu je vyřešeno za pomoci teleskopických ramen, které musí obsluha ručně nastavit, tak aby vyhovovala dosedacím místům vozu. [19]



Obrázek 14 – Dvousloupový zvedák s detailem systému zvedání [19]



Obrázek 15 – Dvousloupový zvedák pohled shora [19]

### 3.4 Zhodnocení stávajících řešení

Po průzkumu trhu a patentů byly pro automobilový zvedák zjištěny výhody a nevýhody stávajícího řešení konstrukce.

#### Výhody:

- Bezpečnost konstrukce
- Možnost využití i v menších dílnách
- Tuhost konstrukce
- Dostačující zdvih

#### Nevýhody:

- Manuální nastavování ramen
- Manuální nastavení podložek
- Komplikovaný výstup z automobilu
- Přítomnost konstrukce znesnadňující nájezd vozu
- Nezakrytované vodící lišty, od nichž je možné se umazat při výstupu z vozu

Výhody stávajících řešení by se měly zachovat a nevýhody, které byly definovány, by se měly eliminovat či úplně odstranit. Pro splnění daných cílů bude využito metod inovačního inženýrství.

## 4 Metoda QFD

QFD metoda byla vyvinuta ve firmě Mitsubishi Heavy Industries Ltd. v 70. letech. Je to strukturovaná metoda, která využívá tzv. 7 manažerských nástrojů plánování jakosti pro identifikaci potřeb zákazníka a jejich transformaci v charakteristiky (parametry) inovovaného produktu. Název této metody je odvozen z japonského výrazu „hinshitsu kino tenkai“, který v angličtině znamená „Quality function deployment“. Do češtiny přeloženo jako Q – jakost, F – funkce, D – rozpracování.

Metoda je plánovací nástroj, který zajišťuje, že „zákazníkův hlas“ (Voice of Customer, VOC) bude zahrnut již ve fázi plánování a návrhu výrobku. Zákaznickovy potřeby a přání jsou díky této důkladné analýze rozvíjeny přes všechny fáze od vývoje, konstrukce, výroby až po servis. QFD se soustředí na nejdůležitější kvalitativní parametry, které potřebují být vylepšeny. Za pomoci korelačních matic, z kterých je vytvořen kaskádovým způsobem systém matic. Seznam položek na svislé ose je zaměřen na cíle, kterých chceme dosáhnout, na vodorovné pak jak toho chceme dosáhnout. V průsečíku obou položek se uvádí síla statistické závislosti mezi těmito položkami. [20]

### 4.1 Postup vytvoření QFD matice

V prvním kroku byly určeny požadavky zákazníka (VOC) na produkt, které tvoří svislou osu matice. Abychom získali kompletní seznam požadavků, musíme tyto potřeby rozpracovat do dalších úrovní (sekundární, terciální). Zároveň je nutné v tomto kroku provést ohodnocení relativní důležitosti jednotlivých potřeb. Dalším krokem bylo vytvoření seznamu měřitelných technických specifikací (charakteristik) inovovaného zařízení, jejichž prostřednictvím je zajištěno splnění zákaznickových potřeb. Tyto charakteristiky jsou vyjádřeny v měřitelných fyzikálních jednotkách a tvoří vodorovnou osu matice.

Následujícím krokem bylo vzájemné zhodnocení korelací mezi jednotlivými potřebami zákazníka a charakteristikami zařízení. Pro záznam různých stupňů korelace používáme grafické symboly, jejichž význam je určen číselnou hodnotou (body). Střecha QFD matice je tvořena korelacemi mezi jednotlivými charakteristikami inovovaného zařízení. Tato matice napomáhá k tomu, abychom snadněji určili, které charakteristiky musí být zlepšeny souběžně.

Závěrem bylo provedeno hodnocení parametrů a následně byla vypočítána absolutní

i relativní významnost. Čím vyšší je pak výsledná významnost parametru, tím více jsou splněny potřeby zákazníka. Na tyto parametry bude kladen důraz při konstrukci a generování konceptů zvedáku. [20]

Tabulka 3 – QFD matice [vlastní]

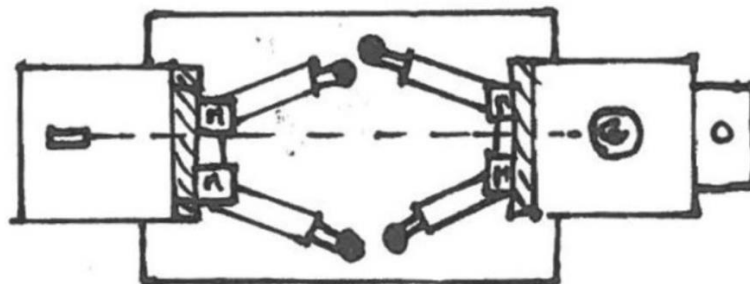
			Korelace																
			Silná kladná	++															
			Kladná	+															
			Záporná	-															
			Silná záporná	--															
			Legenda																
			9 bodů	●															
			3 body	○															
			1 bod	▽															
Řádek #	Potřeby	Váha	Technické charakteristiky	Sloupec #															
				Fyzikální jednotka															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
			s	°	mm	kg	kg	s	roky	m	m	kW	m	m <sup>2</sup>	n	n	N	h	
			Čas uclycení vozu	Úhel natočení ramen	Výška zdvihu	Hmotnost	Nosnost zařízení	Čas zdvihnutí	Životnost funkčních částí	Nejnižší pozice ramen	Potřebná výška pro montáž	Potřebný výkon	Šířka zařízení	Prostor pro pohyb	Počet součástí	Počet bodů pro uclycení vozu	Namáhání ramen	Čas potřebný pro revizi	
1	Požadavky spojené s vozidlem	8	Ošetření/ochrana vůči poškození vozidel	○				○		▽	●			▽		●			
2		10	Přístupnost k důležitým částem vozidel	▽	○	●	▽				○	●		○	●		○		
3	Údržba	4	Snadné čištění zařízení			▽	▽	▽	▽	○		▽		▽				○	
4		4	Snadný přístup k dílům vyžadující údržbu		○	○	○	▽		●		○						●	
5		2	Odolnost proti nečistotám	▽		▽			▽	○								▽	○
6		7	Životnost			○	○	○	▽	●						○		○	○
7	Konstrukce	5	Jednoduchá konstrukce	○	▽	▽	▽	▽	▽	▽			▽	○		●		▽	
8		5	Snadná montáž/ instalace	▽		○	○					▽		○		○			
9		2	Moderní design	▽		▽		▽				▽		▽		○			
10		8	Zástavbový prostor		○	●	○	▽				▽		●	●	▽			
11	Funkční požadavky	3	Rychlost zdvihu automobilu	○		●	▽	▽	●	▽	○	○	○					▽	
12		1	Rychlost nastavení ramen	●	●				○			○				○			
13		6	Automatické nastavování ramen	●	●				▽			○				○			
14		5	Jednoduché/intuitivní ovládání	▽		▽	▽		▽				○		▽				▽
15	Uživatelské požadavky	10	Bezpečnost zařízení		○		○	●		●	▽	○			▽	●	●	●	
16		3	Energetická nenáročnost	▽		○	○	○			▽		●				▽	▽	
			Absolutní významnost	138	164	264	138	170	59	223	155	150	77	142	172	105	183	149	178
			Relativní významnost	5,59	6,65	10,70	5,59	6,89	2,39	9,04	6,28	6,08	3,12	5,76	6,97	4,26	7,42	6,04	7,22
			Směr zlepšování	↑	○	○	↓	↑	↑	○	○	○	↑	↑	↑	↑	○	↑	○

## 5 Generování konceptů

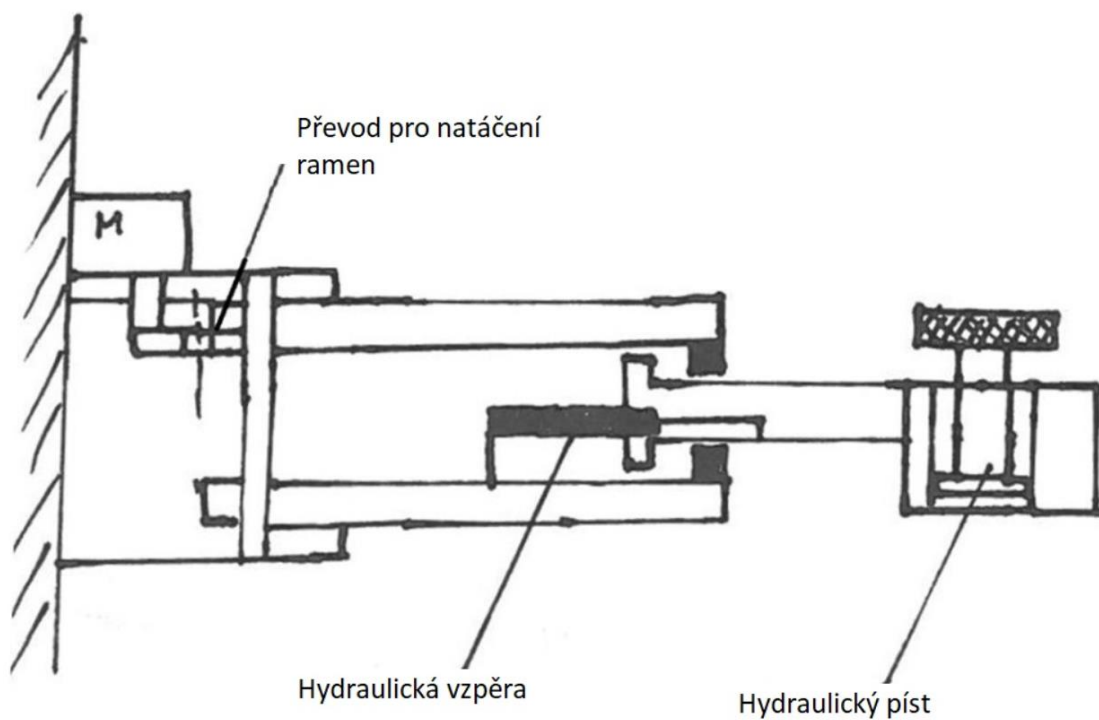
Popis technologie, tvarů a funkčních principů inovovaného výrobku nazýváme koncept. Ten popisuje zároveň, jak zařízení uspokojí zákaznickovy potřeby a požadavky. V této části budou popsány funkční části konstrukčního řešení uvedeného v předchozí kapitole.

### 5.1 Koncept A

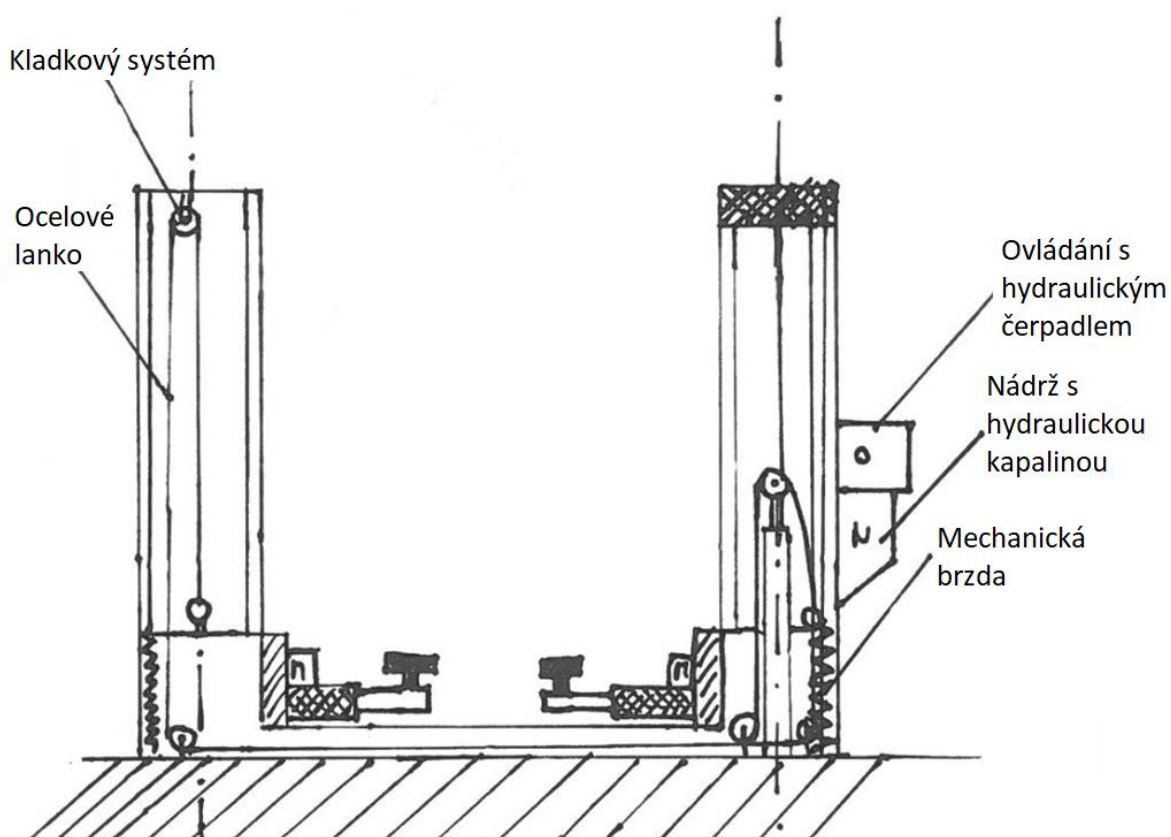
Koncept A je dvousloupový zvedák se čtyřmi teleskopickými rameny a je založen na principu pohonu jedním hydraulickým válcem, kdy zdvih druhého sloupu je vyřešen za pomoci ocelového lanka, který zvedá přes systém kladek ramena. Otáčení ramen pro nastavování pod vůz je řešeno za pomoci čtyř servomotorů, která nastaví každé z ramen do přesné polohy. Servomotor byl zvolen z důvodu přesnosti, která je potřebná při nastavení do úchytných bodů pro daný vůz. Vysunutí teleskopického ramena pro nastavení pod automobil, zajistí hydraulická vzpěra, která je napojena přímo k nádrži s hydraulickou kapalinou a přes svůj hydraulický okruh je napájena pro vysouvání a zasouvání. Každé z ramen uchovává svou hydraulickou vzpěru, která jej ovládá. Vysunutí podložky přímo do úchytného bodu zastává zdvižná převodovka, jež je opatřena samosvorným trapézovým závitem a vysunutí tohoto šroubu probíhá za pomoci šroubového soukolí, které pohání drobný elektromotor. Tento elektromotor pohánějící zdvižnou převodovku nebude zvedat auto, ale pouze se nastavovat do pozice tudíž není nutné, aby měl vysoký výkon. Hydraulický válec zdvihající konstrukci pohání čerpadlo, jež přečerpává hydraulickou kapalinu z nádrže přímo do válce. Pro bezpečnost je zvedák opatřen mechanickou brzdou, která je zde pro případ přetržení lanka.



Obrázek 16 – Rozložení sloupů konceptu A [Vlastní]



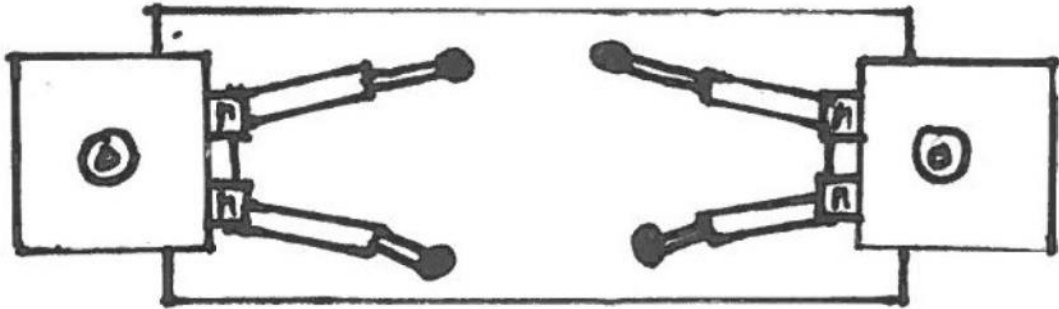
Obrázek 17 – Detail ramene konceptu A [Vlastní]



Obrázek 18 – Mechanismus zvedáku konceptu A [Vlastní]

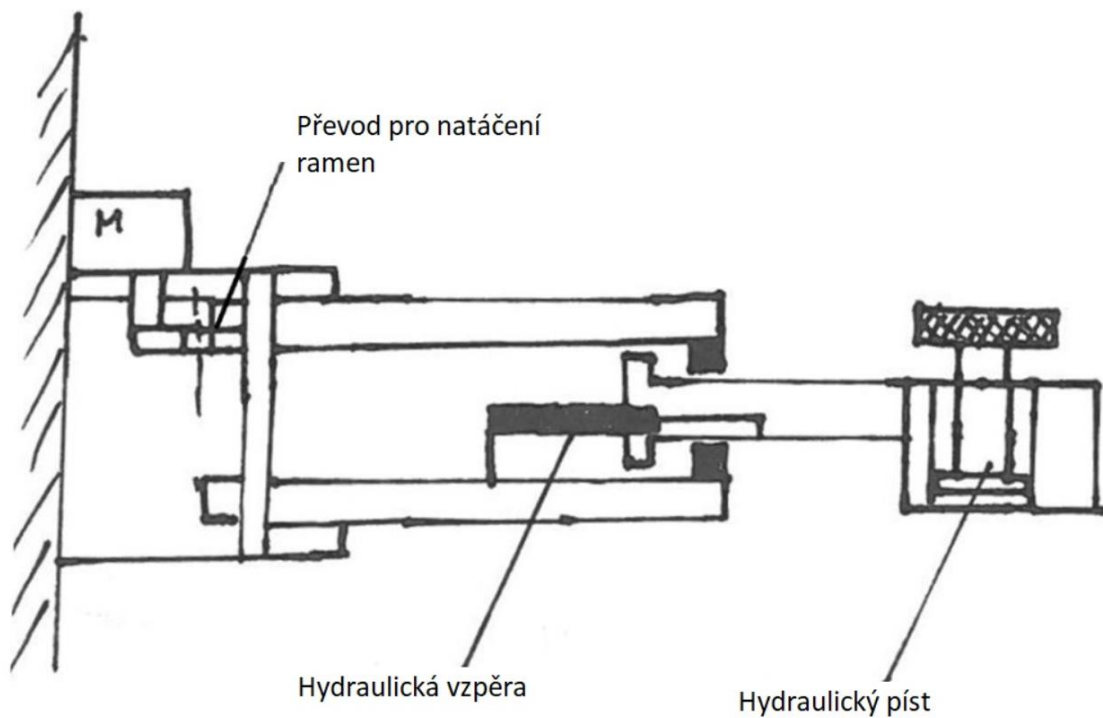
## 5.2 Koncept B

Koncept B je dvousloupová varianta se čtyřmi teleskopickými rameny a je založena na principu pohonu dvěma hydraulickými válci. Otáčení ramen pro nastavování pod vůz je řešeno za pomoci čtyř krokových motorů. Krokový motor je levnější variantou než servomotor. Vysouvání teleskopického ramene zajistí hydraulický válec neboli vzpěra, která vysouvá vnitřní díl ramene. Uvnitř každého ramene je jedna vzpěra, která ho vysouvá a zasouvá. Podložka pro uchycení vozu je vysouvána za pomoci dalšího hydraulického válce, který píst vysouvá a zasouvá. Tento válec bude pouze nastavovat pod auto, aby nebyl poškozen práh vozu. Kapalina má dobré vlastnosti vůči stlačení, tudíž není nutné, aby válec byl příliš velký. Hydraulické válce zdvihající konstrukci pohání čerpadlo, jež přečerpává hydraulickou kapalinu z nádrže přímo do válce. Pro bezpečnost je zvedák opatřen mechanickou brzdou, která je zde pro případ úniku kapaliny z válců. Každý hydraulický prvek má svůj okruh a čerpadlo, kterým je poháněn.

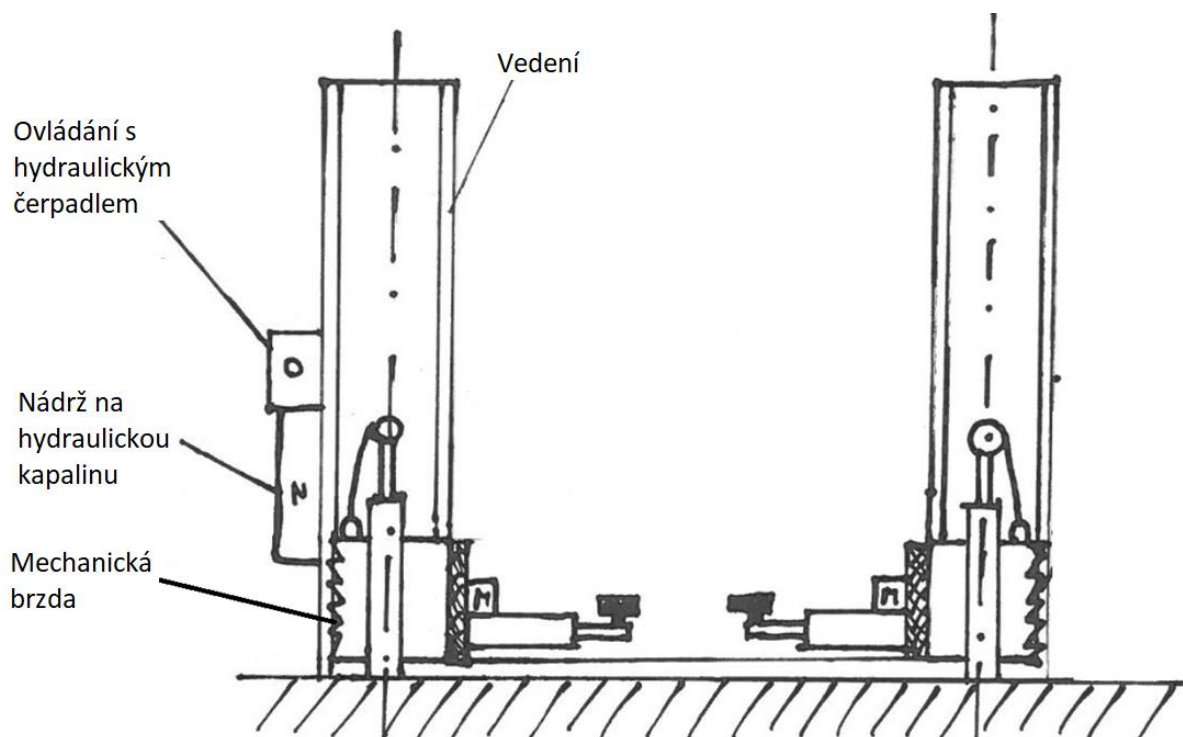


Obrázek 19 – Rozložení sloupů konceptu B [Vlastní]





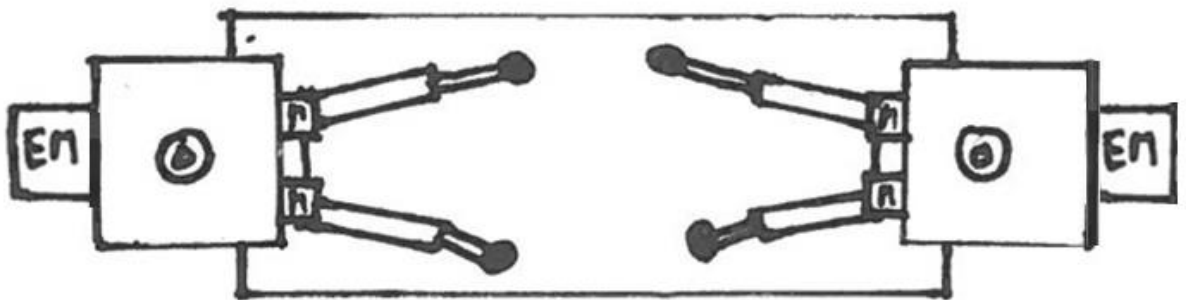
Obrázek 20 – Detail ramene konceptu B [Vlastní]



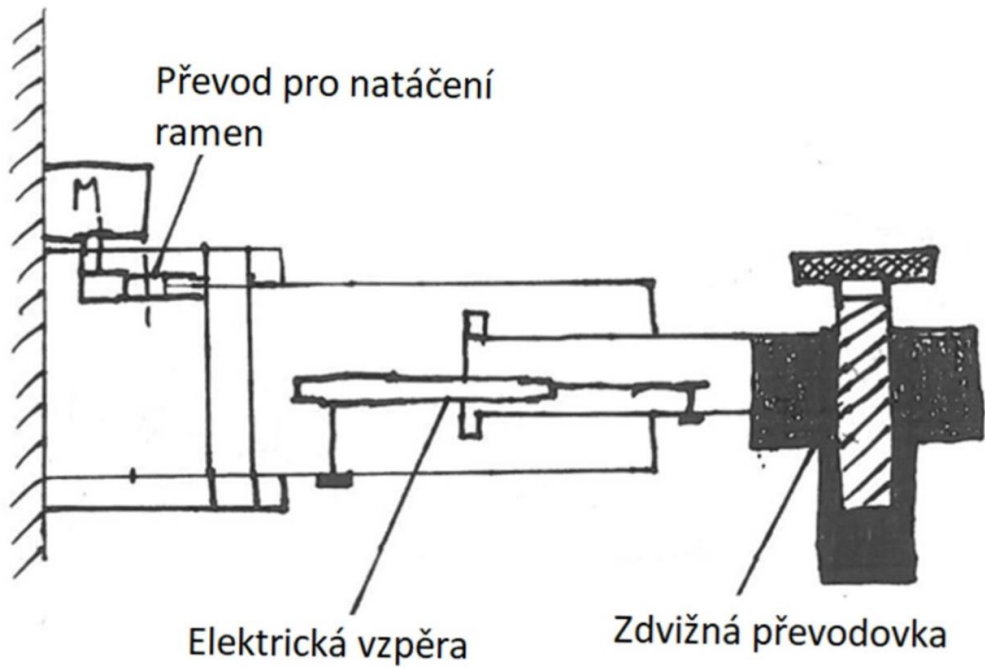
Obrázek 21 – Mechanismus zvedáku konceptu B [Vlastní]

## 5.3 Koncept C

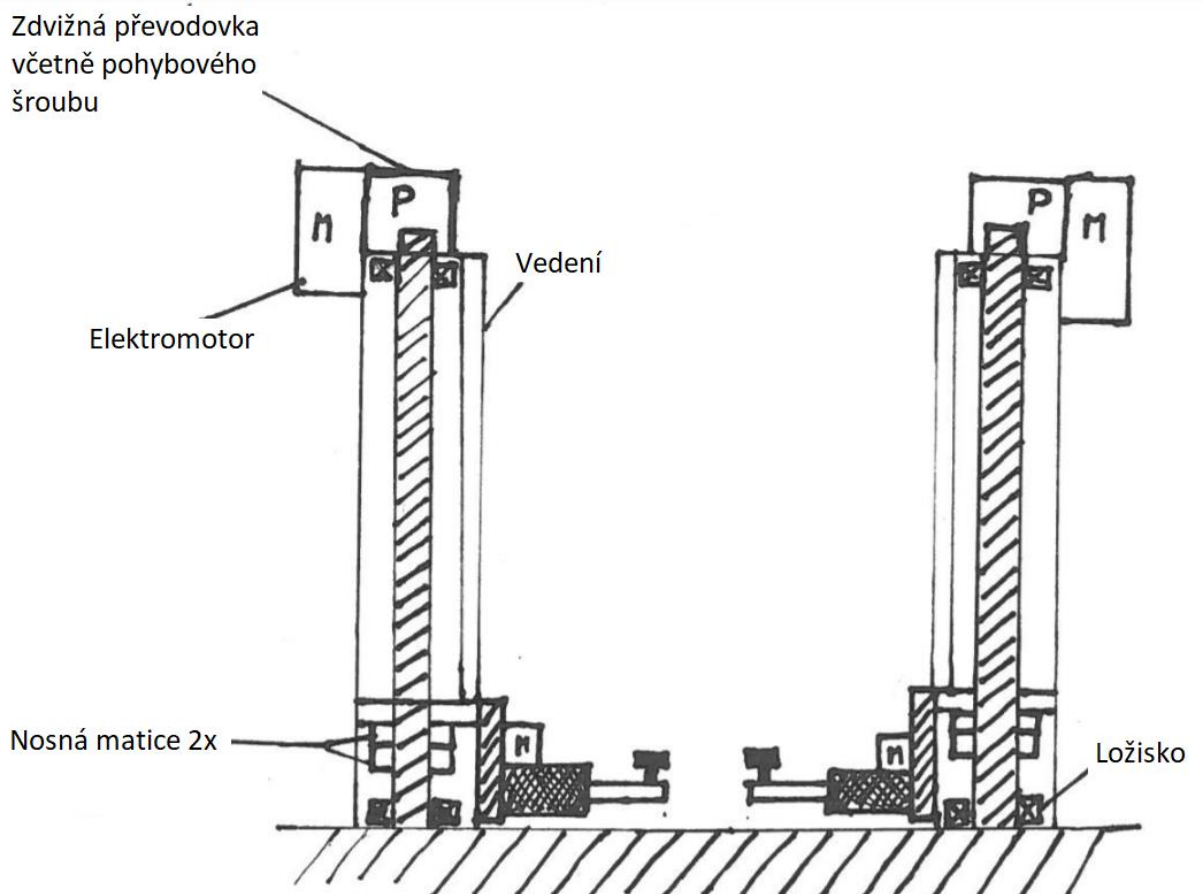
Koncept C je dvousloupový zvedák se čtyřmi teleskopickými rameny a je založen na principu elektromechanického pohonu. Tento pohon sestává ze dvou zdvižných převodovek, jež každá z nich má svůj vlastní elektromotor s převodovkou, který jej pohání. Toto má za výhodu, že mezi sloupy se nebude nacházet kryt, který by bylo nutno přejíždět. Zdvihový mechanismus zdvižné převodovky je tvořen pohybovým šroubem s maticí, který je roztáčen elektromotorem přes převodovku. Matice zajistí vertikální pohyb, kdy je zamezena její rotace, a tudíž pohybuje konstrukcí. Teleskopická ramena jsou natáčena za pomoci servomotorů, kdy každé z ramen má svůj vlastní, kvůli rozdílné lokaci úchytných bodů automobilů. Zde se nachází převod, který toto natáčení umožní. Vysouvání teleskopického ramene je řešeno pomocí elektrické vzpěry, která je uchována uvnitř každého ramene. Vysunutí podložky přímo do úchytného bodu zastává zdvižná převodovka, jež je opatřena samosvorným trapézovým závitem a vysunutí tohoto šroubu probíhá za pomoci šroubového soukolí, které pohání drobný elektromotor.



Obrázek 22 – Rozložení sloupů konceptu C [Vlastní]



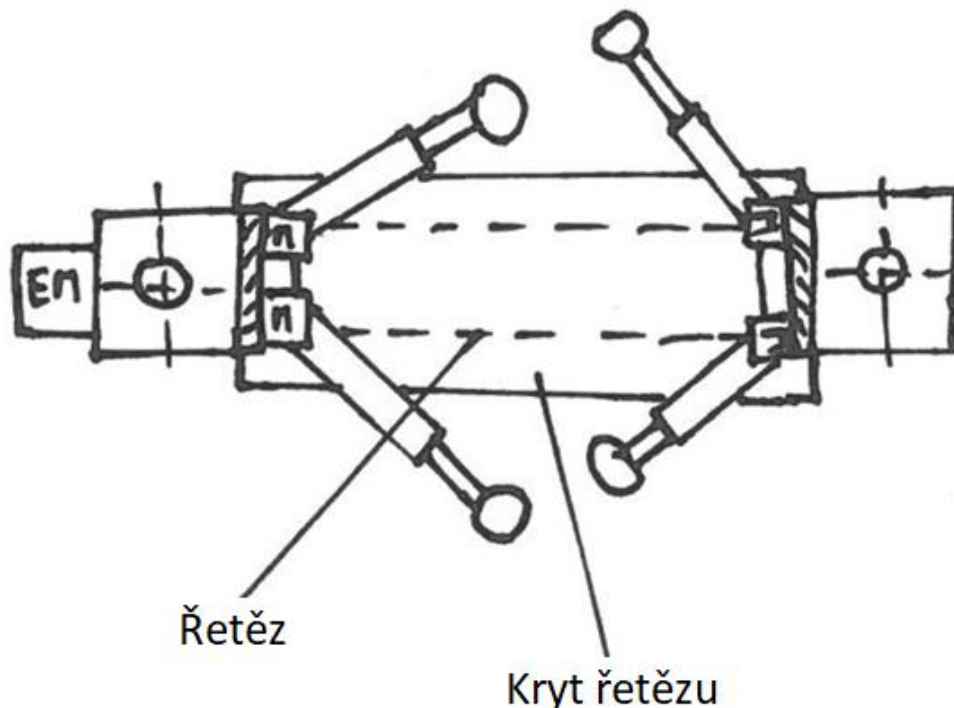
Obrázek 23 – Detail ramene konceptu C [Vlastní]



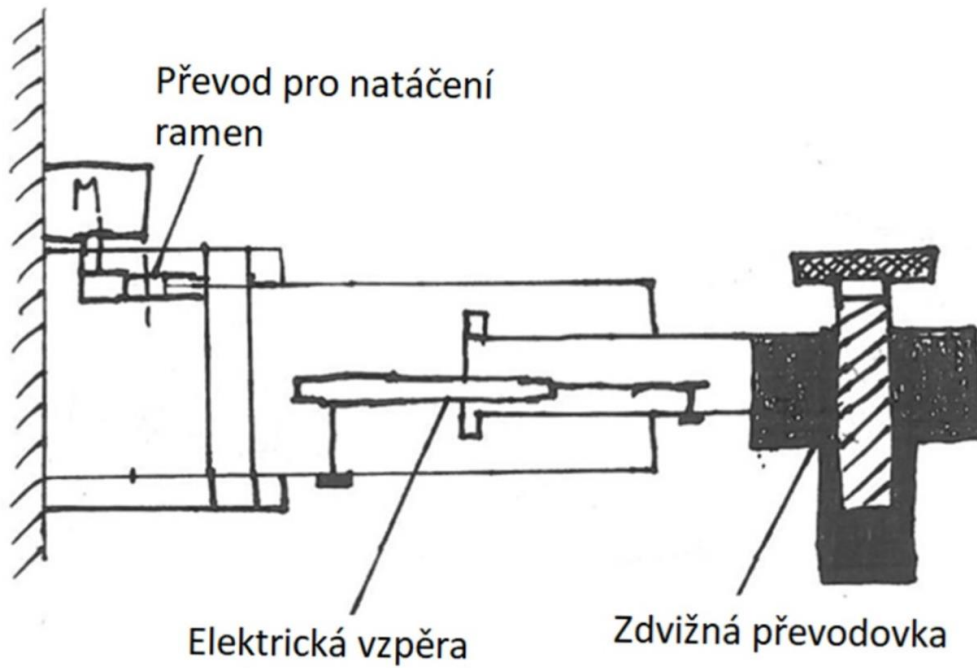
Obrázek 24 – Mechanismus zvedáku konceptu C [Vlastní]

## 5.4 Koncept D

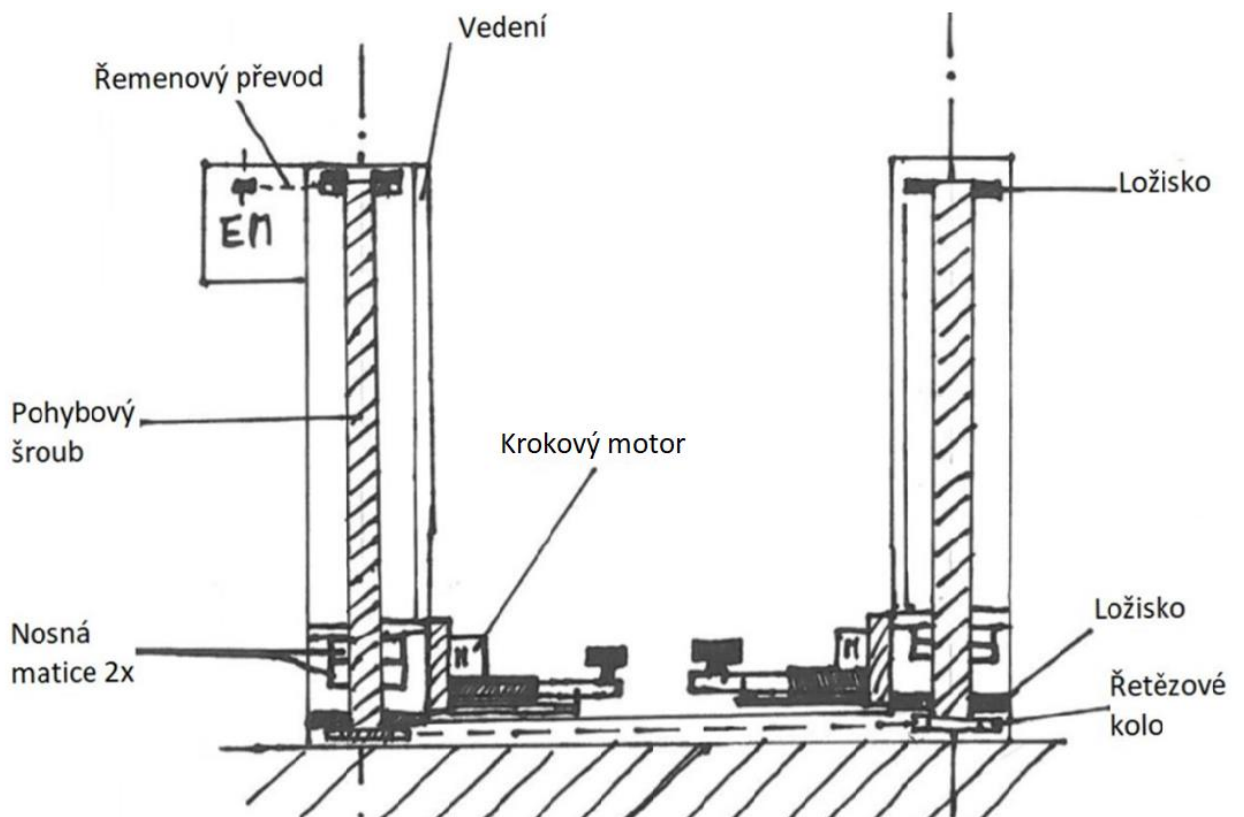
Koncept D je dvousloupový zvedák se čtyřmi teleskopickými rameny a je založen na principu elektromechanického pohonu. Tento pohon se skládá z pohybových šroubů s trapézovým samosvorným závitem, kdy se po šroubu pohybuje vertikálně nosná matice, jenž zdvihá konstrukci. Pro bezpečnost je zvedák opatřen druhou nosnou maticí, která má větší šířku závitu a není tak opotřebována během životnosti matice první, do záběru se dostane při poškození matice první, kdy se konstrukce do ní opře. Šroub je poháněn za pomoci elektro motoru přes ozubený řemenový převod. Transformace pohybu mezi šrouby probíhá ve spodní části zvedáku, kde se nachází řetězový převod, který roztáčí druhý šroub. Teleskopická ramena jsou natáčena za pomoci krokových motorů, kdy každé z ramen má svůj. Zde se nachází ozubený převod, který toto natáčení umožní. Vysouvání teleskopického ramene je řešeno pomocí elektrické vzpěry s krokovým motorem, která je uchována uvnitř každého ramene. Zdvih podložek určený pro úchytné body, bude zastávat zdvižná převodovka, která vysune šroub, tak aby nedošlo k poškození prahu automobilu. Tento koncept bude také opatřen krytem řetězu, který bude nutné přejet při příjezdu automobilu pro upevnění.



Obrázek 25 – Rozložení sloupů konceptu D [Vlastní]



Obrázek 26 – Detail ramene konceptu D [Vlastní]



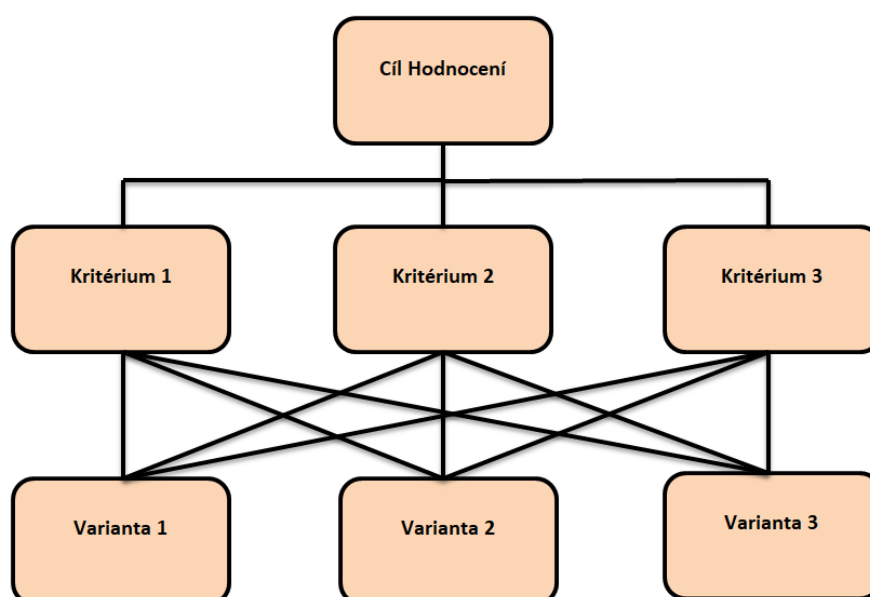
Obrázek 27 – Mechanismus zvedáku konceptu D [Vlastní]

## 6 Výběr konceptu

Výběr konečného konceptu inovačního výrobku je proces, při kterém se zabýváme zhodnocením vygenerovaných dílčích konceptů. Porovnáním jednotlivých konceptů vybereme jeden pro další vývoj, zlepšování či testování. K tomuto procesu využijeme metody AHP (Analytical Hierarchy Process).

AHP zavedl Thomas Saaty v roce 1980. Je to metoda, která rozloží komplexní nestrukturovanou situaci na jednotlivé složky. Dále je uspořádá na proměnné do hierarchického pořadí, kde přiřadí každé proměnné číselnou hodnotu subjektivního hodnocení relativního významu. To znamená, že nejdříve je provedeno párové srovnání, po kterém teprve dochází k syntéze výsledků. Díky kontrole vypočtených dat se snižuje možnost zkreslení při rozhodovacím procesu.

V AHP se hledá taková varianta konceptu, která je kompromisem mezi všemi zvolenými kritérii inovačního procesu. Tato metoda vytváří vztah mezi všemi koncepty a všemi kritérii, právě díky párovému srovnání v maticích mezi kritérii a následně koncepty v daném kritériu. Čím vyšší výsledná hodnota je, tím je dané kritérium významnější. Po určení všech hodnot významnosti kritérií a konceptů v daném kritériu, se za pomoci součtu součinů mezi prioritami konceptů a prioritami kritérií vyhodnotí výsledná priorita. Z tabulky výsledných priorit je možné vyhodnotit, že nejvyšší hodnota výsledného vektoru náleží nejlépe hodnocenému konceptu. [21]



Obrázek 28 – Analytic hierarchy proces [Vlastní]

## 6.1 Výpočet

Tabulka 4 – Kritéria

<b>K1</b>	Ekonomičnost konstrukčního provedení
<b>K2</b>	Přístup k součástem zvedáku
<b>K3</b>	Životnost
<b>K4</b>	Údržba pohybových součástí
<b>K5</b>	Přesnost nastavování

Tabulka 5 – Koncepty

<b>A</b>	Koncept A
<b>B</b>	Koncept B
<b>C</b>	Koncept C
<b>D</b>	Koncept D

### 6.1.1 Párová porovnání

Nejdůležitějším kritériem pro výběr zvedáku je ekonomičnost konstrukce, protože v dnešní době se při výběru hledí nejdříve na cenu, a poté až na další parametry. Naproti tomu nejméně důležitým kritériem byl vyhodnocen přístup k součástem zvedáku, který je při větším počtu pro obsluhu při provádění údržby činností navíc.

Tabulka 6 – Kritéria

	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	6	3	6	4
K2	1/6	1	1/3	1/2	1/3
K3	1/3	3	1	3	2
K4	1/6	2	1/3	1	1/3
K5	1/4	3	1/2	3	1

V (tabulce 7) zhodnocení ekonomičnosti při párovém zhodnocení nejmenších hodnot dosahovala konstrukce konceptu C, která sestává ze zdvižných převodovek, jenž by byly velice nákladné. Naopak nejvyšších hodnot dosahovala konstrukce konceptu D, který sestává z dvou pohybových šroubů bez převodovek a krouticí moment je na druhý sloup převáděn pomocí řetězu. Z těchto důvodů se konstrukce jeví jako ekonomicky nejpříjemnější.

Tabulka 7 – Ekonomičnost konstrukčního provedení

	Koncept A	Koncept B	Koncept C	Koncept D
Koncept A	1	1/2	5	1/3
Koncept B	2	1	6	1/2
Koncept C	1/5	1/6	1	1/8
Koncept D	3	2	8	1

V (tabulce 8) přístup k součástem dosahovala při zhodnocení nejmenších hodnot konstrukce A, kde se nachází krytování lanek, zdvihající konzoli a hydraulických hadic vedených do druhého sloupu. Tudíž přístup k součástem bude nejobtížnější. Nejlepších hodnot dosahoval koncept C, u něhož krytování na zemi chybí a tudíž je přístup potřebný pouze ze stran sloupů, což se jeví jako nejméně náročné řešení.

Tabulka 8 – Přístup k součástem zvedáku

	Koncept A	Koncept B	Koncept C	Koncept D
Koncept A	1	1/2	1/4	1/3
Koncept B	2	1	1/6	1/2
Koncept C	4	6	1	2
Koncept D	3	2	1/2	1

Dalším důležitým kritériem je životnost zařízení zhodnocená v tabulce 9, kde nejnižších hodnot dosahovala konstrukce konceptu B, která obsahuje dva hydraulické válce, u kterých by bylo nutné měnit těsnící elementy, tak aby nedošlo k poruše. Nejlepších hodnot dosahovala konstrukce konceptu D, která sestává z dvou pohybových šroubů, po nichž se pohybují matice zdvihající konstrukci. Tuto variantu je potřeba pouze občasně promazat, tudíž je konstrukce víceméně bezúdržbová.

Tabulka 9 – Životnost

	Koncept A	Koncept B	Koncept C	Koncept D
Koncept A	1	2	1/4	1/5
Koncept B	1/2	1	1/6	1/7
Koncept C	4	6	1	1/2
Koncept D	5	7	2	1

Z hlediska údržby zařízení je důležité, aby přístup k daným součástem a jejich údržby byl jednoduchý. Dva hydraulické válce konceptu B vyžadují složitou výměnu těsnících elementů a hydraulického oleje. Na údržbu je nejméně náročný koncept C. U tohoto řešení údržba spočívá v promazání dvou pohybových šroubů doporučeným mazivem. Toto zvládne proškolená obsluha.



Tabulka 10 – Údržba pohybových součástí

	Koncept A	Koncept B	Koncept C	Koncept D
Koncept A	1	6	2	4
Koncept B	1/6	1	1/4	1/2
Koncept C	1/2	4	1	2
Koncept D	1/4	2	1/2	1

Pro obsluhu zvedáku je důležitá přesnost a opakovatelnost nastavení. Z hydraulických válců obsažených v konceptu A se těžko odečítá poloha. Proto se tento koncept jeví jako nejhorší. Naopak od servopohonů obsažených v konceptu C, které mají přesné odměřování polohy.

Tabulka 11 – Přesnost nastavování

	Koncept A	Koncept B	Koncept C	Koncept D
Koncept A	1	1/2	1/3	1/3
Koncept B	2	1	1/5	1/5
Koncept C	3	5	1	1
Koncept D	3	5	1	1

## 6.1.2 Výsledky

Tabulka 12 – Výsledná matice

	K1	K2	K3	K4	K5
Koncept A	0,179467	0,092506	0,100484	0,512486	0,101673
Koncept B	0,287657	0,130664	0,059105	0,074303	0,115110
Koncept C	0,047886	0,518764	0,329988	0,275474	0,491399
Koncept D	0,484991	0,258066	0,510423	0,137737	0,291819

$$\mathbf{X} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Kritéria} \\ \hline 0,493713573 \\ \hline 0,059730923 \\ \hline 0,210110644 \\ \hline 0,080471664 \\ \hline 0,155973196 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline \text{Koncept A} & 0,172342 \\ \hline \text{Koncept B} & 0,186177 \\ \hline \text{Koncept C} & 0,222775 \\ \hline \text{Koncept D} & 0,418706 \\ \hline \end{array}$$

Z výsledků metody AHP se jako nejlepší řešení ukázal koncept D, jehož hodnota vyšla 0,419. Ten je tvořen dvěma sloupy a elektromechanickým pohonem. Výpočty byly provedeny v programu Microsoft Excel.

## 7 Optimalizace vybraného konceptu

Koncept, který byl vybrán pomocí metody AHP je zapotřebí optimalizovat za pomoci metod inovačního inženýrství. Jako metody pro tuto optimalizaci byly vybrány metody DFX a FMEA-K.

### 7.1 DFX

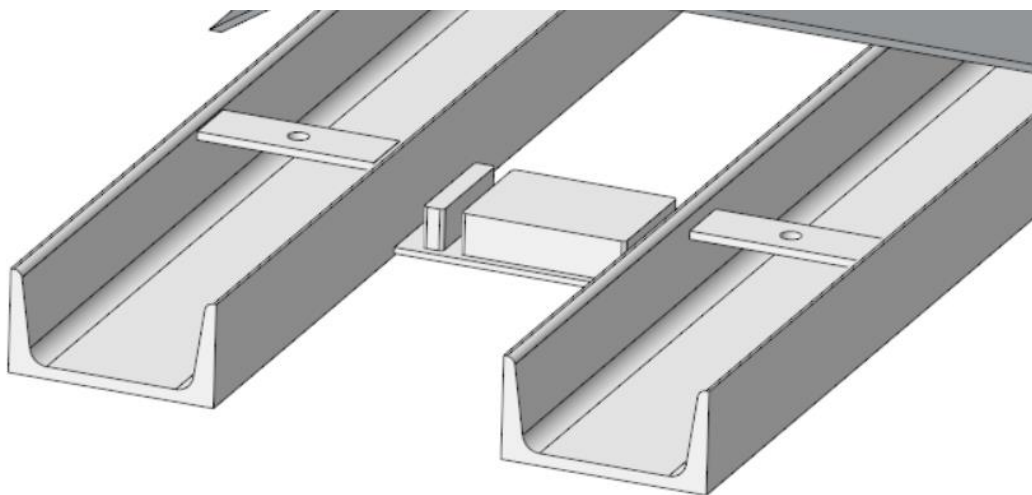
Při tvorbě konstrukčního návrhu výrobku je důležité vytvářet ho s ohledem na počet dílů, snadnou kontrolu, levnou výrobu, montáž či demontáž apod. Metody DFX (Design for X) mají za cíl právě dosáhnout takových efektů u jednotlivých součástí.

**Pro příklad metody DFX byli vybrány:**

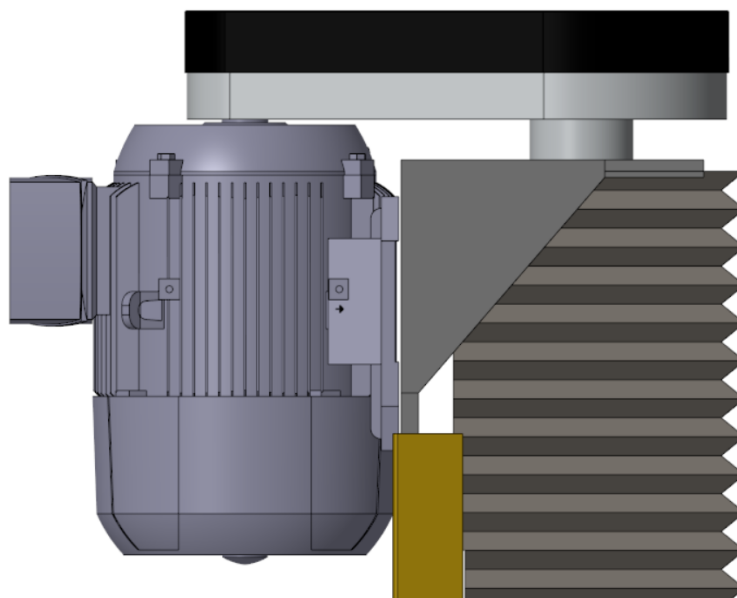
- Design for Manufacture (DFM) – konstruování s ohledem na výrobu
- Design for Assembly (DFA) – konstruování s ohledem na montáž
- Design for Disassembly (DFD) – konstruování s ohledem na demontáž
- Design for Maintainability (DFMT) - konstruování s ohledem na snadnou údržbu
- Design for Environment (DFE) – konstruování s ohledem na životní prostředí

#### 7.1.1 Design for Manufacture (DFM)

S ohledem na výrobu se konstruování formovalo pro dosažení nízkých výrobních nákladů. To bylo dosaženo jednoduchostí konstrukce, kdy je konstrukce sice mohutná ale smontována z malého počtu dílů. Dále pro výrobu byly využity standardní materiály v podobě standardních polotovarů, z nichž je konstrukce složena. V neposlední řadě se v konstrukci objevuje volné tolerování a to z toho důvodu že u konstrukce není nutná taková přesnost. Přesnost dílů je nutná pouze u vnitřních částí, kde je například nutno nalisovat ložisko či vytvořit vhodnou matici pro pohybový šroub. Konstrukce je také tvořena z velkého počtu nakupovaných dílů, což výrazně zjednoduší výrobu. [20]



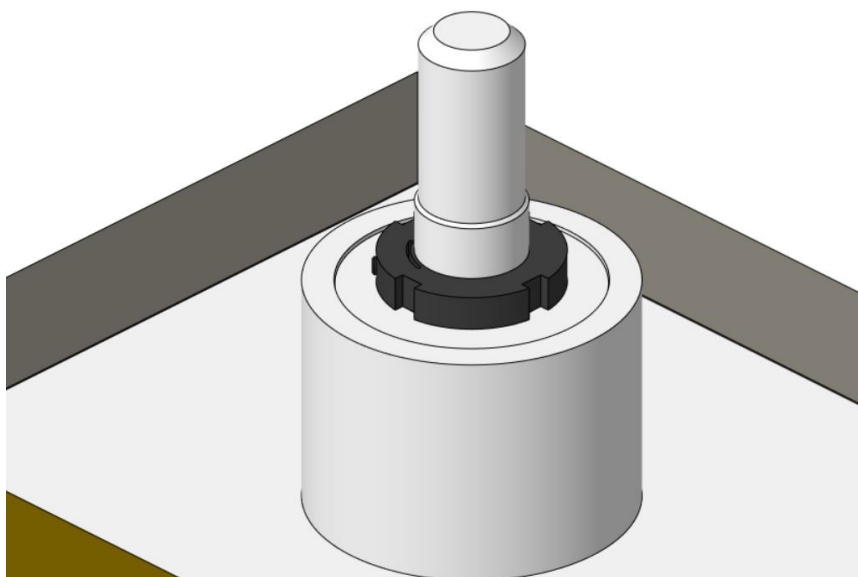
Obrázek 29 – Detail U profilu [Vlastní]



Obrázek 30 – Detail asynchronního motoru s řemenicí [Vlastní]

### 7.1.2 Design for Assembly (DFA)

Pro efektivitu montáže je zařízení opatřeno co nejmenším počtem dílů. Ty jsou spojeny ve většině případů šroubovým spojením právě pro snadnou montáž. Pouze ložiska je nutné zalisovat do víka sloupu. Upevnění do země je řešeno také za využití šroubů s chemickými kotvami. [20]



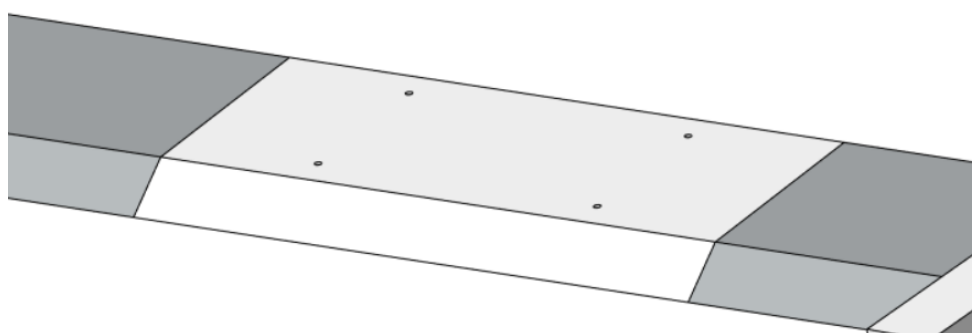
Obrázek 31 – Detail KM matice pohybového šroubu [Vlastní]

### 7.1.3 Design for Disassembly (DFD)

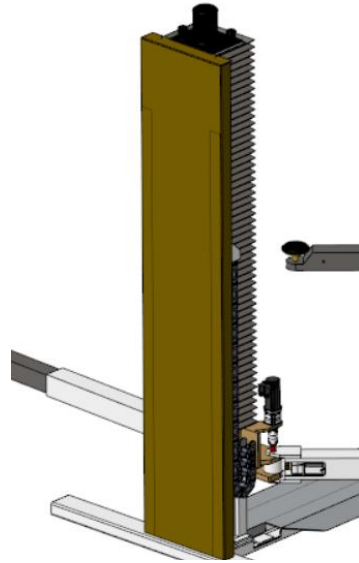
Pro snadnou demontáž, jsou komponenty co nejvíce spojeny šrouby, jak již bylo zmíněno v DFA. Nalisovaná ložiska nacházející se v horní části sloupu se vyměňují jako celek i s víkem do kterého jsou nalisována. Toto víko je připevněno čtyřmi šrouby a maticí, tudíž je ho možno snadno demontovat. [20]

### 7.1.4 Design for Maintainability (DFMT)

Aby bylo možno udržovat zařízení v provozu a promazávat tak pohybové části je zařízení v určitých místech zakrytováno tak, aby byl umožněn přístup právě k těmto součástem. Krytování se nachází jak na sloupech pro přístup k pohybovému šroubu tak i ve spodní části kde zakrývá řetěz. Na sloupu je kryt připevněn za pomoci dvou křídlových matic pro snadnou demontáž. Ve spodní části je plechový kryt připevněn za pomoci čtyř šroubů. [20]



Obrázek 32 – Krytování řetězu [Vlastní]



Obrázek 33 – Krytování pohybového šroubu [Vlastní]

### 7.1.5 Design for Environment (DFE)

Zvedák je vyroben z dílů, které jsou z největší části vyrobeny z oceli, kterou je možno snadno recyklovat. Zařízení lze demontovat a komponenty tak rozdělit pro snadnou recyklaci aby jej bylo možné znovu použít. [20]

## 7.2 FMEA-K

Metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) je metoda pro analýzu spolehlivosti výrobků, kde se vyhodnocují možné poruchy. Je to vlastně kontrola produktu, kdy se analyzují jeho funkce, způsoby a projevy jeho poruch, příčiny těchto poruch a jejich následky. Princip této metody je založen na analýze poruch na nejnižší úrovni a jeho následkům na lokální či systémové úrovni. Pro správnost této metody je nutná znalost funkcí jednotlivých součástí a jejich příspěvek k funkci celku. V diplomové práci byla pro analýzu systému využita metoda FMEA-K (Konstrukční), která zhodnotí jednotlivé komponenty vhodnými otázkami, tak aby bylo možné určit jednotlivé možné poruchy. Dále se navrhuje jednotlivá opatření k eliminaci či redukci těchto poruch. Do formuláře, který se u metody využívá, se poruchy posuzují podle:

- Výskytu (V) – 1-10 kdy 10 je nejpravděpodobnější
- Závažnosti (Z) – 1-10 kdy 10 je nejzávažnější
- Detekce (D) – 1-10 kde 10 je nemožné detekovat

Z těchto hodnot je vypočteno RPN (Výsledné rizikové číslo), které je součinem těchto tří hodnot posouzení. Pokud je číslo vyšší než 100 je nutné navrhnout opatření.

Tabulka 13 – Tabulka FMEA-K

Součást	Místo poruchy	Možný způsob poruchy	Možný důsledek poruchy	Možné příčiny poruchy	Běžné kontroly	Současný stav				Doporučené opatření	Výsledný stav				
						Výskyt	Závažnost	Detekce	RPN		Výskyt	Závažnost	Detekce	RPN	
Matice	Závit	Drhne	Hluk	Nenamazáno	Výstupní kontrola	5	3	5	75						
	Závit	Padá	Destrukce dílu	Opoždění	Výpočet	4	10	8	320	Přidat bezpečnostní matiči	Bezpečnostní matice v konstrukci	4	2	8	64
Šroub	Závit	Poškozený	Trhlina	Materiálová vada	Výpočet	2	8	6	96						
	Závit	Drhne	Hluk	Nečistota, nenamazáno	Vizuální	6	5	5	150	Zamezit nečistotám přístup	Zakrytování	2	5	5	50
Řemenový převod	Řemen	Trhlina	Destrukce dílu	Únava	Výpočet	4	3	3	36						
Řetězový převod	Řetěz	Trhlina	Destrukce dílu	Únava	Výpočet	3	8	4	96						
Ložiska	Kuličky	Drhne	Hluk	Nečistota, korozie	Korozi test a vizuální	4	5	6	120	Zamezit nečistotám přístup	Zakrytování	2	5	6	60
	Kuličky, styková plocha	Nejde	Zamezení pohybu záviové tyče	Nizká životnost	Výpočet	4	7	6	168	Výpočet životnosti ložisek	Zvolení ložisek se správnou tvrdostí	2	7	6	84
Ramena	Stýkové plochy	Drhne	Hluk	Nečistota	Vizuální	5	6	5	150	Ušetření stýkových ploch	Použití plstěných těsnění	2	6	5	60

## 8 Výpočtová zpráva

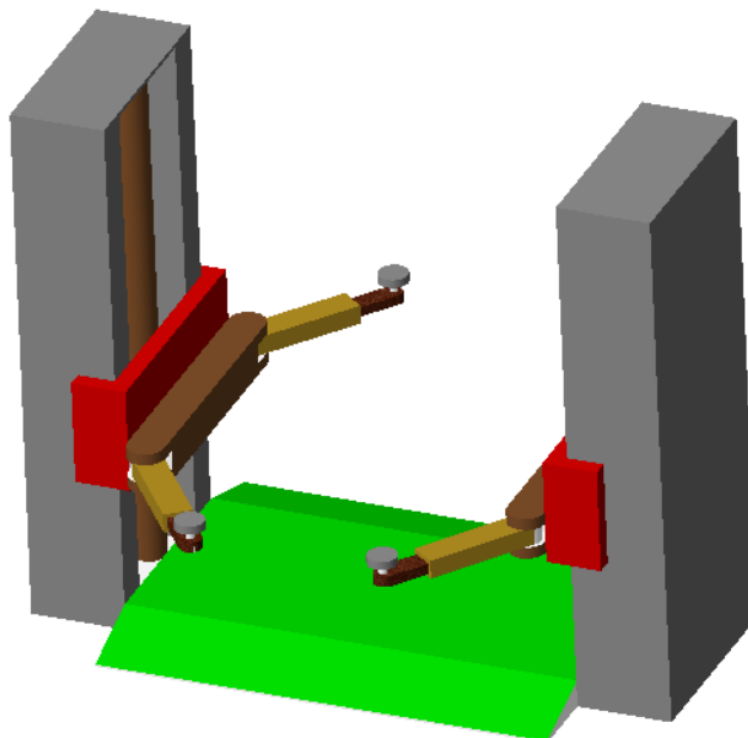
Výpočtová zpráva má za úkol dle za zadaných parametrů určit jaký typ součástí je vhodný použít.

### 8.1 Volba vstupních parametrů

Zvedák určený ke zdvihání osobních automobilů do hmotnosti čtyř tun. Konstrukce zařízení bude řešena pomocí čtyř sloupů, kde hlavní pohyb bude vykonávat pohybový šroub a otáčením tak zdvihát matici. Pohon zvedáku bude zajištěn elektromotorem, který bude přenášet krouticí moment na šroub ozubeným převodem.

Tabulka 14 – Zadané parametry

ZADANÉ PARAMETRY POHONU	
Nosnost	4 000 kg
Zdvih	2 000 mm
Aretace	Samosvornost
Čas zdvihu	50 s



Obrázek 34 – Předběžná vizualizace zvedáku [Vlastní]

## 8.2 Výpočet šroubového mechanismu

Šroubový mechanismus je hlavní zdvihací součástí automobilového zvedáku, tudíž je nutné určit některé rozměry pro správnou konstrukci. [4]

### 8.2.1 Výpočet průměru závitové tyče

#### Výpočet tíhy břemena

$$F = m \cdot g = 4000 \cdot 9,81 = 39\,240 \text{ N}$$

#### Výpočet bezpečné síly

Bezpečnostní součinitel  $k = 4$  je zvolen tak vysoký z důvodu pohybu člověka v prostoru pod vozidlem.

$$Q = k \cdot F = 4 \cdot 39\,240 = 156\,960 \text{ N}$$

Protože se jedná o dvousloupový zvedák, je uvažováno, že síla bude rozložena do obou sloupů:  $Q = 78\,480 \text{ N}$ .

#### Určení minimálního průměru pohybového šroubu

Součinitelé vycházejí z [22].

$$\psi_H = 2$$

$$\psi_h = 0,5$$

$$p_d = 10 \text{ až } 15 \text{ MPa}$$

$$p = \frac{Q}{\pi \cdot \psi_H \cdot \psi_h \cdot d_2^2} \leq p_D$$

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot \psi_H \cdot \psi_h \cdot p_D}} = \sqrt{\frac{78\,480}{\pi \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 15}} = 40,8 \text{ mm}$$

#### Určení minimálního průměru dle dovoleného napětí

Součinitelé vycházejí z [23].

$$\sigma_D = 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_2^2} \leq \sigma_D$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \sigma_D}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 78\,480}{\pi \cdot 100}} = 31,61 \text{ mm}$$

Dle normy ČSN 01 4050 z tabulek byl zvolen šroub s lichoběžníkovým rovnoramenným závitem Tr 50x8.



Tabulka 15 – Rozměry závitu v mm [23]

Závit Tr 50x8					
d	P	d <sub>2</sub> = D <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	a <sub>c</sub>
50	8	46	41	42	0,5

### 8.2.2 Výpočet minimální výšky matice

Součinitelé vycházejí z [23], [22].

$$p_D = 15 \text{ MPa}$$

$$H_1 = \frac{d - d_3 - a_c}{2} = \frac{50 - 41 - 0,5}{2} = 4,25 \text{ mm}$$

$$p = \frac{Q}{\pi \cdot H_1 \cdot z_m \cdot d_2} \leq p_D$$

$$z_m = \frac{Q}{\pi \cdot H_1 \cdot p_D \cdot d_2} = \frac{78\,480}{\pi \cdot 4,25 \cdot 15 \cdot 46} = 8,52$$

$$H = P \cdot z_m = 8 \cdot 8,52 = 68,16 \text{ mm}$$

### 8.2.3 Výpočet momentů na závitové tyči

#### Třecí úhel

Součinitelé vycházejí z [22], [4].

$$\beta = 15^\circ$$

$$f = 0,15$$

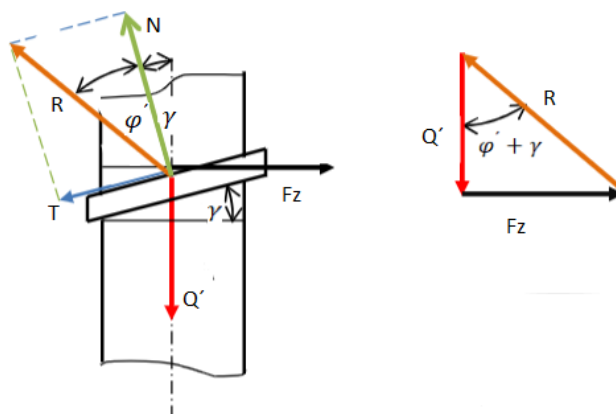
$$\varphi' = \arctan\left(\frac{f}{\cos(\beta)}\right) = \arctan\left(\frac{f}{\cos(15^\circ)}\right) = 8,827^\circ$$

#### Úhel stoupání závitu

$$\gamma = \arctan\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctan\left(\frac{8}{\pi \cdot 46}\right) = 3,16^\circ$$

#### Krouticí moment na závitové tyči

$$\begin{aligned} M_{kš} &= Q \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\varphi' + \gamma) \\ &= 39240 \cdot \frac{46 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \tan(8,827 + 3,16) = 191,6 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$



Obrázek 35 – Silové poměry v závitě [20]

## 8.2.4 Kontrola samosvornosti

U automobilového zvedáku je vždy nutné, aby šroubový mechanismus byl samosvorný, aby nedošlo k samovolnému spuštění břemene.

$$f = 0,15$$

$$f > \tan(\gamma) \cdot \cos(\beta)$$

$$\tan(\gamma) \cdot \cos(\beta) = \tan(3,16) \cdot \cos(15) = 0,053$$

$$f > \tan(\gamma) \cdot \cos(\beta) \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Závit vyhovuje podmínce samosvornosti.

## 8.2.5 Rychlost zdvihu

Dle normy EN ČSN 1493 je maximální rychlost zdvihu dána hodnotou  $c_{max}$ .

$$c_{max} = 0,15 \text{ m/s}$$

$$c = \frac{h}{t} \leq c_{max}$$

$$c = \frac{h}{t} = \frac{2,0}{50} = 0,04 \text{ m/s}$$

$$c_{max} > c \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

## 8.2.6 Určení elektromotoru

Účinnost ozubeného řemenového převodu je dána  $\eta_{př} = 98\%$ .

$$\eta_a = \frac{\tan(\gamma)}{\tan(\varphi' + \gamma)} = \frac{F \cdot c}{M_k \cdot \omega} = \frac{P_{př}}{P_{od}}$$

$$\eta_a = \frac{\tan(3,16)}{\tan(8,827 + 3,16)} = 0,26$$

$$P_{př} = \frac{F \cdot c}{\eta_a \cdot \eta_{př}} = \frac{39\,240 \cdot 0,04}{0,26 \cdot 0,98} = 6160 \text{ W}$$

### Výpočet otáček šroubu

$$\omega = \frac{P_{př}}{M_{kš}} = \frac{6160}{191,6} = 32,15 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$n_s = \frac{\omega \cdot \pi \cdot 180}{60} = \frac{32,15 \cdot \pi \cdot 180}{60} = 303,1 \text{ otáček/min}$$

Dle vypočítaných otáček byl zvolen elektromotor z katalogu Siemens:

Tabulka 16 – Tabulka elektromotoru [20]

Elektromotor SIEMENS - 1LE1002-1CC33					
Výkon	Otáčky	Hlučnost	Třída účinnosti	Účinnost	Počet pólů
7,5 kW	970 min <sup>-1</sup>	67 dB	IE 1	85%	6

## 8.3 Řemenový převod

Pohon mezi hřídelí motoru a pohybovým šroubem je řešen pomocí řemenového převodu. [24]

### 8.3.1 Výpočet převodového poměru

$$i = \frac{n_m}{n_s}$$

$$i = \frac{n_m}{n_s} = \frac{970}{303} = 3,2$$

### 8.3.2 Výpočet řemenic

Počet zubů hnací řemenice na elektromotoru byl zvolen z katalogu ozubených řemenic firmy Tyma:  $z_1 = 30$ . [24]

$$i = \frac{z_2}{z_1} \rightarrow z_2 = z_1 \cdot i$$

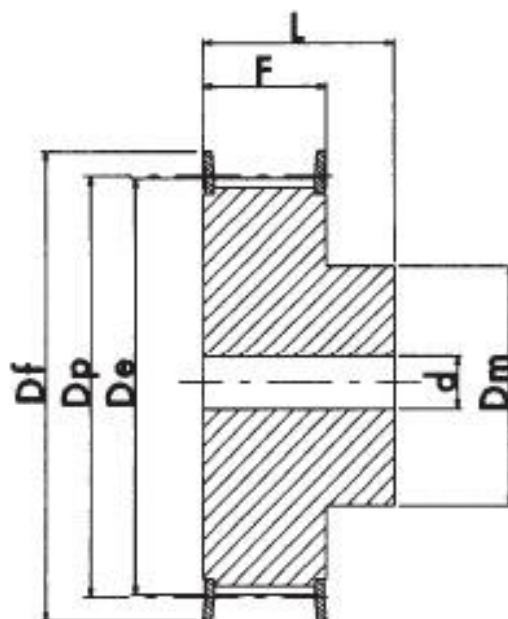
$$z_2 = z_1 \cdot i = 30 \cdot 3,2 = 96$$

Dle vypočtených hodnot druhé řemenice byla z katalogu Tyma zvolena nejbližší možná řemenice s parametry:  $z_2 = 90$ .

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{90}{30} = 3$$

Dle zvolených řemenic bude převodový poměr roven  $i = 3$ . Na elektromotoru se bude nacházet frekvenční měnič, který bude výstupní otáčky z elektromotoru měnit, tak aby se rychlost zdvihu mohla měnit dle požadavků operátora.

### Rozměry řemenic

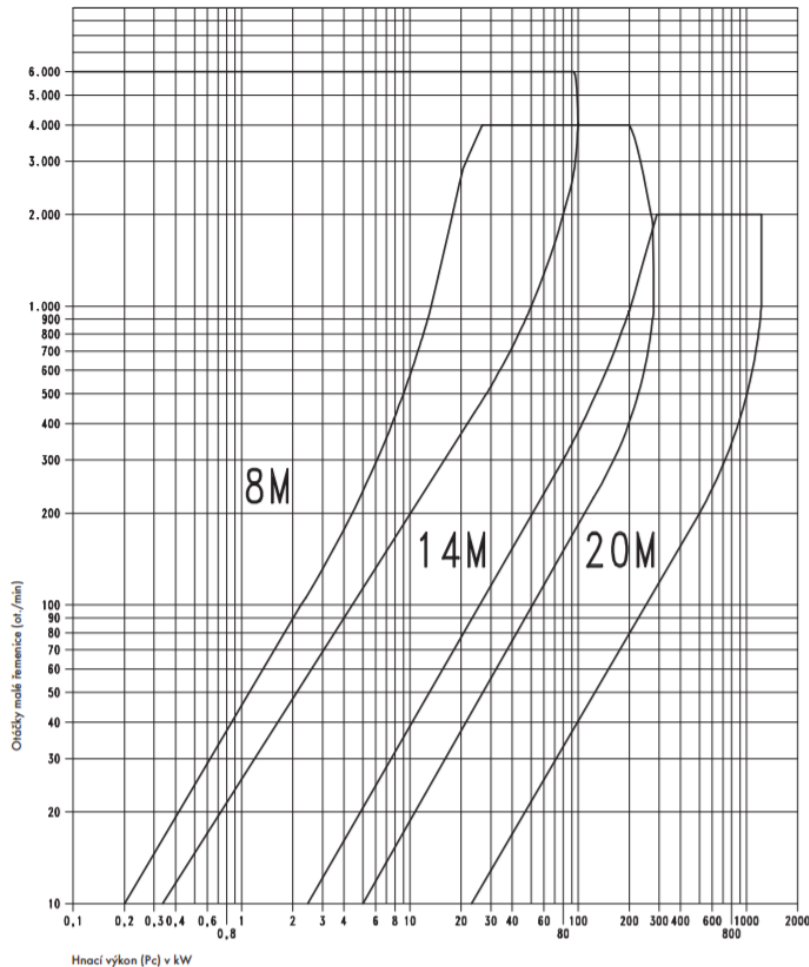


Obrázek 36 – Schéma rozměrů řemenice [25]

Tabulka 17 – Rozměry řemenic v mm [25]

Hnací řemenice 30-08M-50				Hnaná řemenice 90-08M-50			
$z_1$	$D_{p1}$	$D_{e1}$	$w_1$	$z_2$	$D_{p2}$	$D_{e2}$	$w_2$
30	76,39	75,13	50	90	229,18	227,81	50

### 8.3.3 Výběr typu řemene



Obrázek 37 – Nomogram pro volbu řemenů s metrickou roztečí – HTD [26]

Z nomogramu byl po vynesení hodnot výkonu a otáček hnací řemenice zvolen řemen typu HTD 8M.

### 8.3.4 Výpočet délky řemene a skutečné osové vzdálenosti

Byla zvolena předběžná osová vzdálenost mezi elektromotorem a pohybovým šroubem:  $a_p = 290 \text{ mm}$  [4], [24]

$$\frac{\beta}{2} = \sin^{-1} \left( \frac{d_{p2} + d_{p1}}{2 \cdot a_p} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{229,18 - 76,39}{2 \cdot 290} \right) = 15,27^\circ$$

$$\alpha_1 = \pi - \beta = 90^\circ - 15,27^\circ = 74,73^\circ$$

$$L = \pi \cdot \frac{d_{p1} + d_{p2}}{2 \cdot a_p} + \frac{(d_{p2} - d_{p1})^2}{4 \cdot a_p} + 2 \cdot a_p$$

$$L = \pi \cdot \frac{76,39 + 229,18}{2} + \frac{(229,18 - 76,39)^2}{4 \cdot 290} + 2 \cdot 290 = 1080,11 \text{ mm}$$

$$a = \frac{L - \frac{\pi \cdot (d_{p1} + d_{p2})}{2} - \frac{\pi \cdot \frac{\beta}{2} \cdot (d_{p2} - d_{p1})}{180}}{2 \cdot \sin(\alpha_1)}$$

$$a = \frac{1080,11 - \frac{\pi \cdot (76,39 + 229,18)}{2} - \frac{\pi \cdot 15,27 \cdot (229,18 - 76,39)}{180}}{2 \cdot \sin(74,73)}$$

$$= 289,93 \text{ mm}$$

## 8.4 Kontrola závitové tyče

Pohybový šroub je nutné zkontrolovat na kombinované namáhání z důvodu kombinace krutu a tahu. [27], [4]

$$\sigma_D = 100 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{M_{kš}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{16 \cdot 191,6 \cdot 10^3}{\pi \cdot 41^3} = 14,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{4 \cdot 78\,480}{\pi \cdot 41^2} = 59,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + (\alpha_t \cdot \tau)^2} \leq \sigma_D$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{59,44^2 + (\sqrt{3} \cdot 14,15)^2} = 64,29 \text{ MPa} < \sigma_D$$

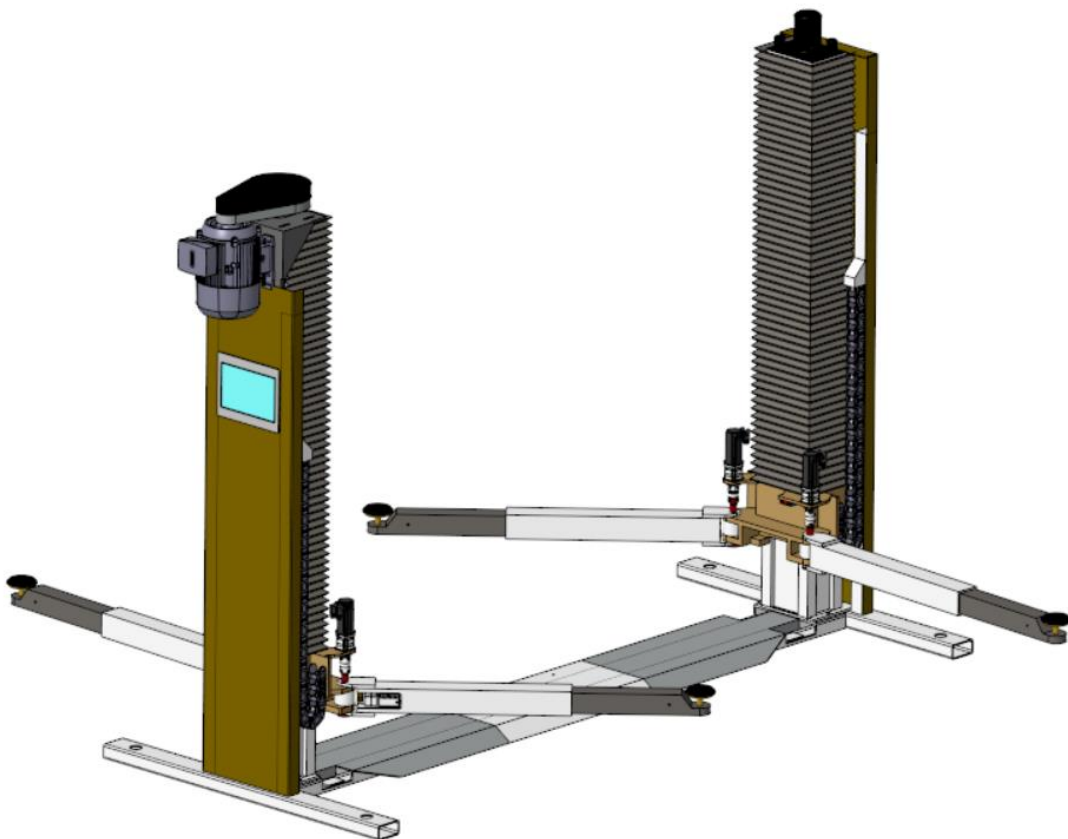
## 8.5 Výpočet trvanlivosti ložisek

V konstrukci jsou na zvedání auta celkem čtyři ložiska. Na každém sloupu jsou dvě. Jedno axiální ložisko od firmy SKF typu 51307 a druhé radiální typu SKF 6207-2z. Pro výpočet ložisek byl použit software od firmy také od firmy SKF. Oba typy ložisek byly počítány na maximální zatížení. Výsledky jsou znázorněny v následující tabulce. Tabulka 18 – Tabulka trvanlivosti ložisek [28]

Ložisko	Trvanlivost [hod]	Trvanlivost [otáček]
Axiální – SKF 51307	1 635	29 734 000
Radiální – SKF 6207-2z	10 200	185 497 000

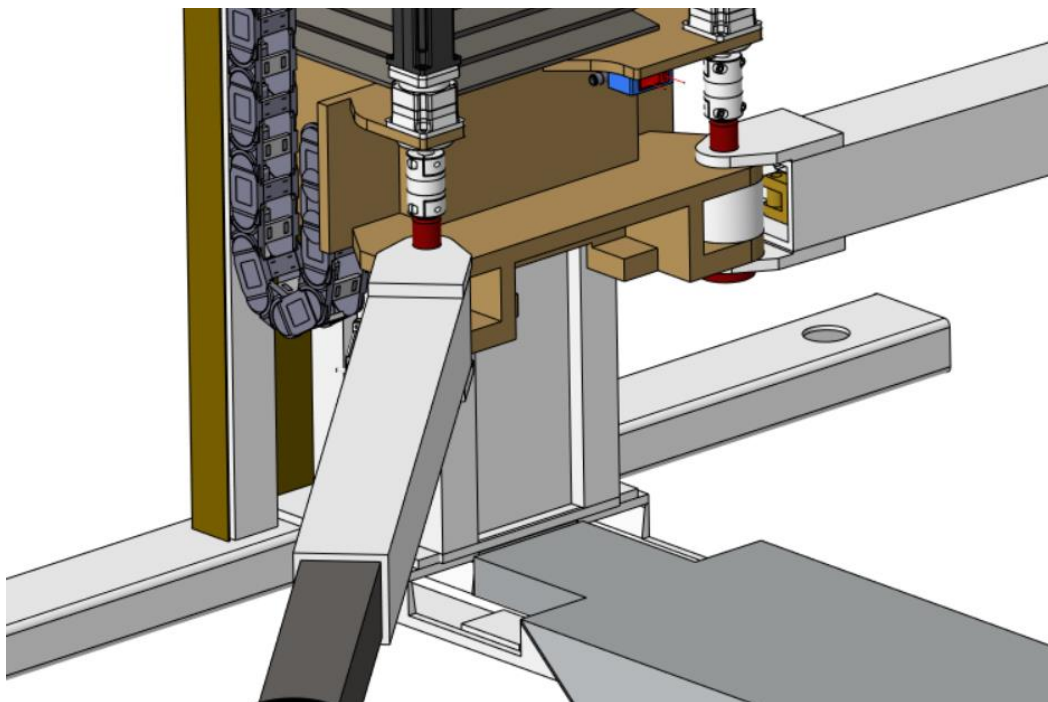
## 9 Konstrukce 3D modelu

Pro vytvoření modelu automobilového zvedáku, bylo nejdříve nutno vypočítat a navrhnout některé součásti, tento výpočet je uveden v předchozí kapitole. Pro konstrukci i tvorbu výkresů byl využit program Creo Parametric 3.0. Elektromotor, ložiska, krokové motory, krycí měchy a další, tyto modely byly staženy z webových stránek výrobců. Na obrázku 43 je vyobrazen 3D model zvedáku vycházející z konceptu D.

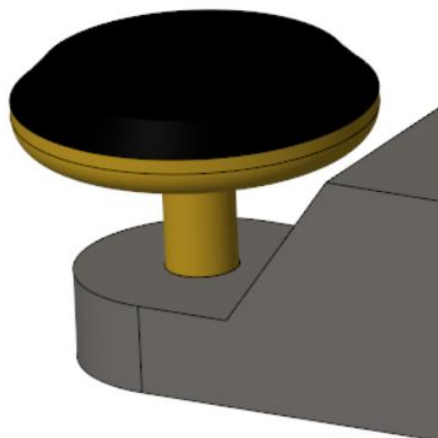


Obrázek 38 – 3D model zvedáku [Vlastní]

V konceptu bylo navrženo, že budou použity zdvižné převodovky, avšak ty není možné kvůli místu pod rameny použít. Proto byla snížena nejnižší poloha ramen (Obrázek 44) tak, aby uchycovací body mohly mít pevně stanovenou výšku (Obrázek 45). Tato délka byla nastavena pod nejnižší možnou světlou výšku vozu. Tímto krokem se navíc ušetří celkové náklady konstrukce, při přítomnosti zdvižných převodovek na ramenech, by byl nutný nákup také čtyř servomotorů pro jejich ovládání, což by bylo nákladné.



Obrázek 39 – Detail snížení polohy ramen [Vlastní]

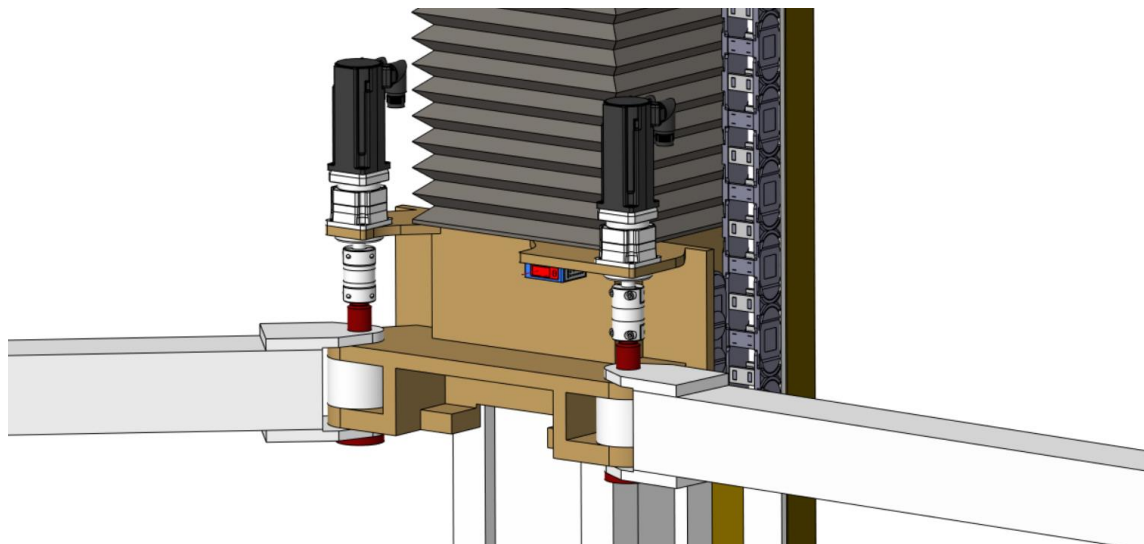


Obrázek 40 – Uchycovací bod s pevně stanovenou výškou [Vlastní]

Největší inovací navrženého zvedáku je samo-nastavitelnost ramen pod úchytné body vozu. Tato samo-nastavitelnost byla v diplomové práci řešena mechanicky i elektronicky. Pro správné nastavení ramen zvedáku je důležitá poloha vozidla vůči sloupům zvedáku. To zajišťují tři snímače vzdálenosti. Dva snímače z boků vozidla, které určují vzdálenost levé a pravé strany vozidla od sloupů (Obrázek 46). Poslední snímač určuje podélnou vzdálenost vozidla. Pro zjištění úchytných bodů vozu by však

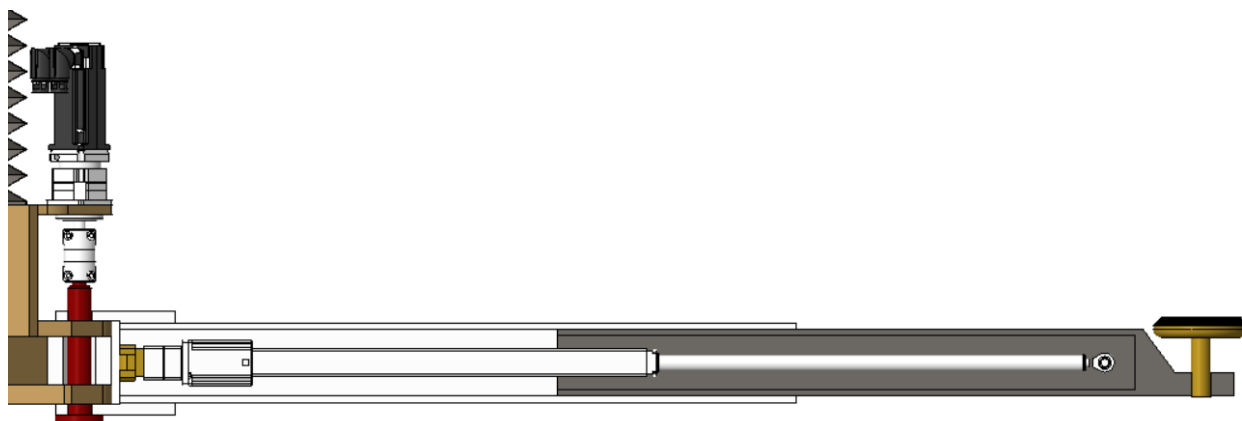


musela být vytvořena databáze od výrobce automobilu, kde by bylo zaznamenáno, v jaké vzdálenosti se nachází úchytný bod vůči boku vozu a také vůči přední a zadní části automobilu. Pro tvorbu takové databáze, by musela být vytvořena nová rešerše nejvíce vyskytujících se aut na trhu.



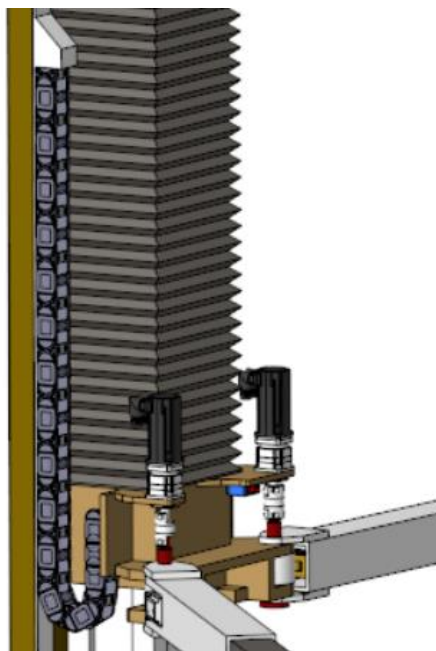
Obrázek 41 – Pojezdová konzole s čidlem a uchycením krokových motorů [Vlastní]

Po příjezdu automobilu mezi sloupky se na displeji, který je součástí zvedáku navolí o jakou značku a typ vozu se jedná. Dále se dle polohy vozu vůči sloupům nastaví ramena do míst, kde se nachází úchytné body. Krokový motor uchycený na pojezdové konzoli natočí rameno pod příslušným úhlem a rameno ukrývající lineární aktuátor s krokovým motorem (elektrickou vzpěru) vysune vnitřní část ramene do požadovaného místa. Vnitřní a vnější část ramene jsou přesné obrobky, které jsou ve stykových plochách mazány. Aby se mastnota nedostávala ven z ramene a nedošlo tak k zašpinění, jsou ramena opatřena plstěným těsněním, které tuto mastnotu nepropustí.



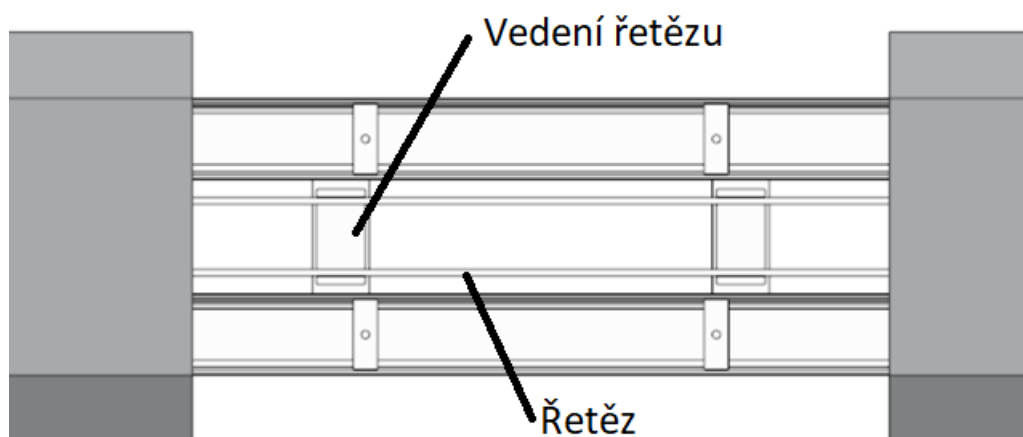
Obrázek 42 – Systém vysouvání a natáčení ramene s čidlem [Vlastní]

Pro vedení kabelů ovládání a krokových motorů bylo využito energetických řetězů, které se budou pohybovat spolu s konzolí. Kabely jsou uchovány ve sloupcích, ze kterých jsou přímo vedeny do energetických řetězů.



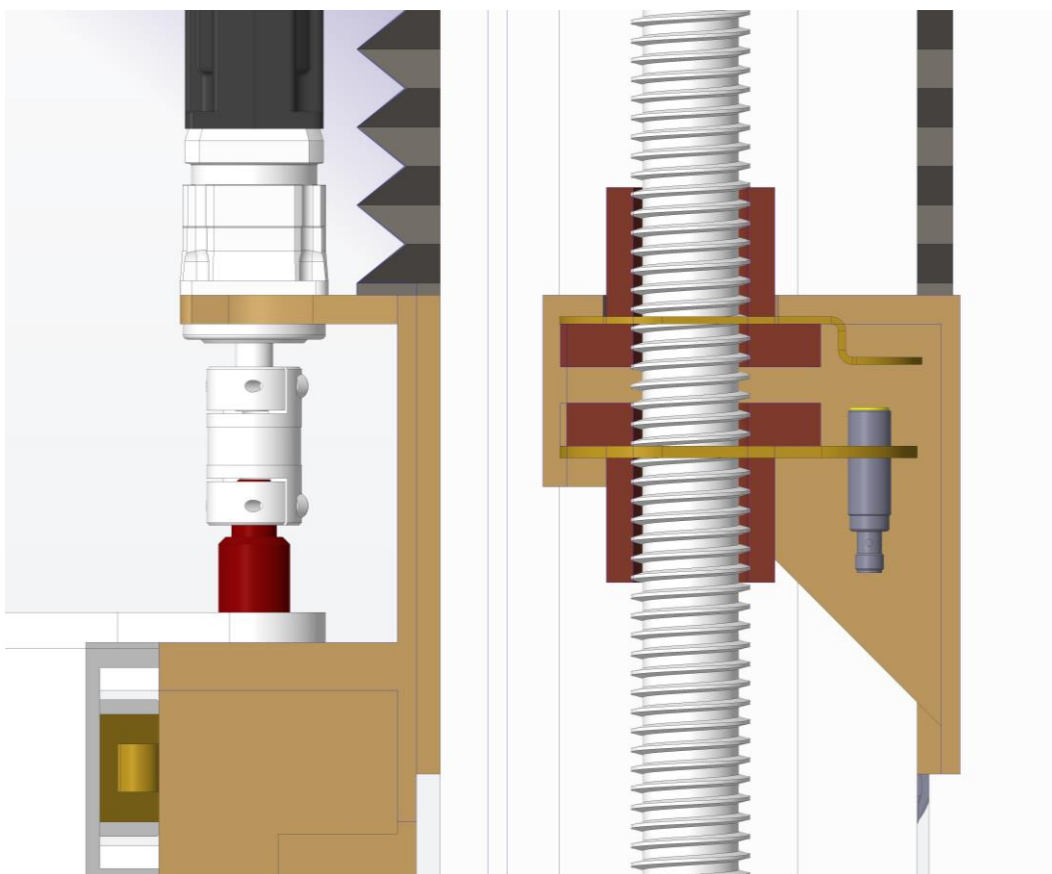
Obrázek 43 – Energetický řetěz [Vlastní]

Ve spodní části zvedáku se nachází řetěz pro přenos krouticího momentu do druhého sloupu. Pod plechovým krytem se nachází vedení řetězu, které je zde, aby nedocházelo k pádu řetězu. Kryt je odnímatelný také pro možnost mazání řetězu.



Obrázek 44 – Vedení řetězu [Vlastní]

Mechanismus zdvihající pojezdovou konzoli (Obrázek 50) je tvořen dvěma maticemi, kdy v záběru je pouze jedna a druhá, která je bezpečnostní, má zastavenou rotaci tak aby se pohybovala spolu s konzolí. V případě poškození matice se konzole opře o matici bezpečnostní. Bezpečnostní snímač pak vyšle signál do řízení stroje, tak aby obsluha nemohla manipulovat se zařízením.



Obrázek 45 – Řez pojezdové konzole s detailem na matici [Vlastní]

## 10 Ekonomické zhodnocení

V této kapitole bude vyhodnocena celková cena navrženého automobilového zvedáku. Cena se nedá porovnat s běžně dostupnými zvedáky, jelikož inovací se zvýší náklady na výrobu. Cílem konstruktéra by mělo být vytvoření takového řešení, které bude levné a zároveň kvalitní, proto by měly být vybrány součásti pohonu takové, které dané řešení bude dělat efektivním. Z toho důvodu v diplomové práci byly využity především normalizované díly.

Největší inovací navrhovaného zvedáku je samo-nastavitelnost při příjezdu auta mezi sloupy. Kdy se ramena za pomoci čidel nastaví do úchytných bodů automobilu. Tento systém je řešen za pomoci krokových motorů, kdy uživatel na displeji zvolí příslušnou značku a typ vozu a ramena se nastaví do příslušných míst. Touto inovací se však zvýší cena, tudíž není možno srovnat cenu s kterýmkoliv zvedákem vyskytující se na trhu. Z tohoto důvodu bude zjištěn vliv inovace na koncovou cenu produktu dvěma způsoby. Nejprve se zhodnotí výsledná cena zvedáku bez inovačních prvků, aby byla konstrukce porovnatelná s běžně dostupnými zvedáky. Poté se zhodnotí cena kompletního inovovaného zvedáku.

První část zhodnocení se skládá z asynchronního motoru společnosti Siemens. Ten pohání řemenový převod, společnosti Tyma. Řemenový převod roztáčí pohybový šroub od firmy Haberkorn, kde byly z katalogu vybrány i matice zdvihající pojezdovou konzoli. Dále součástí první části je krytování řetězu, pohybových šroubů, a spodní část zvedáku, která je svařovaná.

Tabulka 19 – První část zhodnocení

Součást	Cena [Kč]
Elektromotor Siemens 1LE1002-1CC33	10 400
Řemenice + řemen TYMA	4 550
Pohybový šroub + matice Haberkorn	18 600
Řetěz	2 090
Ložiska SKF	2 140
Svařované konstrukce	8 500
Spojovací materiál	1 630
<b>Celková cena nakupovaných dílů</b>	<b>47 910</b>

Do druhé části zhodnocení je zahrnut nákup krokových motorů umožňující nastavení ramen a také krokových motorů zajišťující vysouvání těchto teleskopických ramen. Tyto motory natáčející ramena jsou spojeny za pomoci pružné spojky pro eliminaci rázů. Dále pak čidla snímající pozici automobilu a také bezpečnostní čidla pro případ destrukce matice. Do zhodnocení je zahrnuto obrábění teleskopických ramen a také ovládací displej zvedáku.

Tabulka 20 – Celkové zhodnocení

Součást	Cena [Kč]	Cena při sériové výrobě [Kč]
První část konstrukce	47 910	32 700
4 x Krokový pohon vysouvající ramena	4x 3 975	4x 2805
4x Řízení krokových aktuátoru	4x 1223	4x 947
4 x Krokový motor natáčející ramena	4x 2 050	4x 1355
4 x Snímač výchozí polohy krokového motoru	4x 320	4x 210
4 x Řízení krokových motorů	4x 1319	4x 1075
Pružné spojky	4x 750	4x 450
Obráběná ramena	6 500	5050
Displej	43 717	28 458
Snímače	10 500	6 800
<b>Celková cena nakupovaných dílů</b>	<b>147 175</b>	<b>100 367</b>

Celková cena zvedáků vyskytujících se na trhu se běžně pohybuje okolo 50 000 Kč, avšak záleží na pohonu, kterým je zvedák vybaven. V první části ekonomického zhodnocení byla cena stanovena na 47 910 Kč. Je tedy možné říci, že zvedák by byl konkurence schopný ve srovnání se zvedáky, které se běžně používají v autodílnách. Cena by se však při sériové výrobě ještě snížila.

Druhá část zhodnocení se věnovala celkové ceně zvedáku, tedy nákladům inovace pro automatické nastavování ramen spolu s první částí zhodnocení. Toto zhodnocení bylo rozděleno do dvou částí, kdy byla zhodnocena cena při malosériové výrobě a cena tak byla v součtu stanovena na 147 175 Kč. Ve druhé části byla cena stanovena na 100 367 Kč, ale za předpokladu že by se jednalo o větší sériovou výrobu o 200 kusech a více.

# 11 Závěr

Diplomová práce se zabývala inovací automobilového zvedáku do 4 tun. V úvodu práce byly popsány výhody a nevýhody stávajícího řešení, podle kterých byl zvedák inovován. V další části byl popsán inovační záměr zařízení, jehož součástí bylo inovační prohlášení popisující inovaci zařízení. Po důkladné rešerši, jejíž součástí byl průzkum trhu a patentů, byly metodou QFD zhodnoceny zákaznické potřeby. Následně bylo možné generovat koncepty, s ohledem na nevýhody současného stavu a také na zákaznické potřeby. V kapitole generování konceptů jsou popsány čtyři návrhy i s jejich detailními nákresey. Za pomoci metody AHP byl z těchto konceptů vybrán, dle zvolených kritérií koncept, který vyhovoval nejlépe. Tento koncept bylo nutné optimalizovat a zhodnotit za pomoci metod inovačního inženýrství jako jsou DFX a FMEA-K. Metodami DFX byl koncept zhodnocen z pohledu výroby, montáže, demontáže, životnosti a také životního prostředí. Za pomoci metody FMEA-K byla zhodnocena spolehlivost zařízení, kde se posuzovaly části zvedáku, kde je největší možnost poruchy. U některých bylo nutné vytvořit opatření, které zajistí, aby případná porucha nenastala nebo eliminovala její následky.

V další části práce byly navrženy pohybové části zvedáku dle zadaných hodnot. To zahrnovalo výpočtovou zprávu, která obsahovala výpočet šroubového mechanismu, řemenového převodu, volbu vhodného elektromotoru a kontrolu životnosti ložisek. Na základě výpočtové zprávy bylo možné zkonstruovat 3D model. Tento model byl detailně popsán a konstrukčně upraven tak, aby jeho konstrukce byla co nejefektivnější z pohledu nákladů, kvality a montáže. Konstrukce byla též vytvářena s ohledem na stanovené výhody a nevýhody zvedáků, které se vyskytují na trhu. Zvedák bude ukotven do země chemickými kotvami, připojen bude na napětí 230 V. Pro snadný výstup z vozidla byla zvýšena mezera mezi sloupy na 2,6 metrů, tak aby se dveře u automobilů daly pohodlně otevřít. Aby nedošlo k zašpinění od mazaných částí zvedáku, je opatřen krycími měchy. Systém ovládání byl vytvořen, tak aby obsluha zvedáku na displeji zvolila příslušnou značku a typ vozu a ramena se nastaví do poloh, kde se nachází úchytné body vozu. Nosnost zvedáku je konstruována na 4 000 kg, maximální zdvih zvedáku je 2 metry, a čas zdvihu vozidla do nejvyšší možné polohy je 50 sekund. K 3D modelu byly vytvořeny výrobní výkresy celé sestavy, pohybového šroubu a řemenice.

Závěrem práce bylo ekonomické zhodnocení, které zahrnovalo ceny použitých dílů

ke konstrukci. Cenu nebylo díky inovaci možné srovnat s běžně dostupnými zvedáky, protože se vlivem vylepšení, náklady na výrobu zvýší. Bylo možné zhodnotit pouze cenu dílů, které se nachází shodně v obou variantách jak v inovované tak ve výchozí. Výsledná částka těchto dílů byla srovnatelná, tudíž je možno prohlásit že zvedák by byl na dnešním trhu konkurence schopný. Dále byla zhodnocena celková cena zvedáku, která byla rozdělena do dvou částí, kdy byla zhodnocena cena při malosériové výrobě a cena při sériové výrobě minimálně o dvě stě kusech.

## Seznam použité literatury

1. GOLEMTECH VYBAVENÍ AUTOSERVISŮ. *Dvousloupový zvedák* [online]. [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <https://www.golemtech.cz/zvedaky-a-hevery/15-dvousloupovy-hydraulicky-zvedak-4000-kg.html>
2. ŠRITR, Jan. DOCPLAYER: *Hydraulické mechanismy* [online]. [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10857934-Hydraulicke-mechanismy-21-6-2011-projekt-realizovany-na-sps-nove-mesto-nad-metuji.html>
3. PARKER: *Hydraulické válce* [online]. [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <http://www.parker.cz/produkty/hydraulika/hydraulicke-valce/>
4. SLUKA, Pavel. *Návrh mechanického automobilového zvedáku*. Praha, 2017. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Strojní Fakulta, B2342 Teoretický základ strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kříčka, Ph.D.
5. EVROPSKÁ DATABANKA: *Ocelové trapézové šrouby a matice* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://nabidky.edb.cz/Nabidka-72318-prodej-ocelovych-trapezovych-sroubu-matic-sestihranych-valcovych-prirubovych>
6. FERDUS: *Jednosloupový zvedák* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.ferdus.cz/vybaveni-pneuservisu/zvedaky/jednosloupove/jednosloupovy-zvedak-sf-m2500es.html>
7. SERVISNÍ TECHNIKA: *Dvousloupový zvedák* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.servisnitechka.cz/dvousloupovy-zvedak-klassikserie-klassik-4-0a-automaticke-odblokovani-p187>
8. FERDUS: *Čtyřsloupový zvedák* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.ferdus.cz/vybaveni-autoservisu/zvedaky/ctyrsloopove/ctyrsloopovy-zvedak-4sf-5000b.html>
9. AUTO MOTO DÍLNA: *Čtyřsloupový zvedák 4t poloautomatický* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: [http://www.auto-moto-dilna.cz/index.php?route=product/product&product\\_id=2482](http://www.auto-moto-dilna.cz/index.php?route=product/product&product_id=2482)
10. ČEMAT: *Nosné vidlice* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.cemat.cz/cz/produkty/nosne-vidlice.html>
11. RP-TOOLS AUTOSERVISNÍ TECHNIKA: *Dvousloupový zvedák* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <http://rp-tools.cz/RP-6150B2%205t,%20230V%20400V>



12. REM-TECHNIK s.r.o. *Servomotor* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.rem-technik.cz/pohyb-pohony-prevody/motory-a-servomotory/servomotory/servomotor-ez-178.html>
13. HEASON TECHNOLOGY. *Krokový motor* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.heason.com/article-detail.php?aid=215&>
14. SMC: *Elektrický šroubový pohon* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/ley63-elektricky-sroubovy-pohon-s-pistnici-ac-servomotor-400w~134010~cfg>
15. KARDANKA: *Hydraulické válce* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.kardanka.cz/hydraulicke-dily/hydraulicke-valce-a-treti-body/standardni-dvoucinne-hydraulicke-valce/>
16. RS COMPONENTS: *Pneumatický válec dvojčinný* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://cz.rs-online.com/web/p/pneumaticke-profilove-valce/1215278/>
17. GOOGLE PATENTS: *Electrically driven car lift* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US5702222A/en?q=car&q=lift&oq=car+lift+>
18. GOOGLE PATENTS: *Hydraulic vehicle lift* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US7143869B1/en?q=column&q=car&q=lift&oq=column+car+lift+>
19. GOOGLE PATENTS: *Double column car lifts* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/CN207121375U/en?q=twin&q=column&q=car&q=lift&oq=twin+column+car+lift+>
20. MAŠÍN, Ivan. *Inovační inženýrství - Plánování a návrh inovovaného výrobku. 1. vydání*. Liberec: TUL, 2012. ISBN 978-80-7372-852-6.
21. DIISM – UNIVERSITY OF SIENA: *The Analytic Hierarchy Process* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: [https://www3.diism.unisi.it/~mocenni/Note\\_AHP.pdf](https://www3.diism.unisi.it/~mocenni/Note_AHP.pdf)
22. ČÁSTI A MECHANISMY STROJŮ I: *Převodový mechanismus se závitovou dvojicí* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: [https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12113/%C4%8CMS1/01C\\_U1\\_Pohybov%C3%BD%20%C5%A1roub-%C5%99e%C5%A1en%C3%AD.pdf](https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12113/%C4%8CMS1/01C_U1_Pohybov%C3%BD%20%C5%A1roub-%C5%99e%C5%A1en%C3%AD.pdf)
23. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2008.

ISBN 978-80-7361-051-7.

24. PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů: stručný přehled 2. díl*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-184-9..
25. TYMA: *Katalog řemenic* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z:  
<https://www.tyma.cz/files/doc/zs-8m.pdf>
26. MATIS INDUSTRIAL COMPONENTS: *Katalog ozubených řemenů HTD* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z:  
[https://www.matis.cz/data/pdf/retezove\\_a\\_remenove\\_prevody/129-135.pdf](https://www.matis.cz/data/pdf/retezove_a_remenove_prevody/129-135.pdf)
27. PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů: stručný přehled 1. díl*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-183-2.
28. SKF: *SKF bearing select* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z:  
<https://www.skfbearingselect.com/>

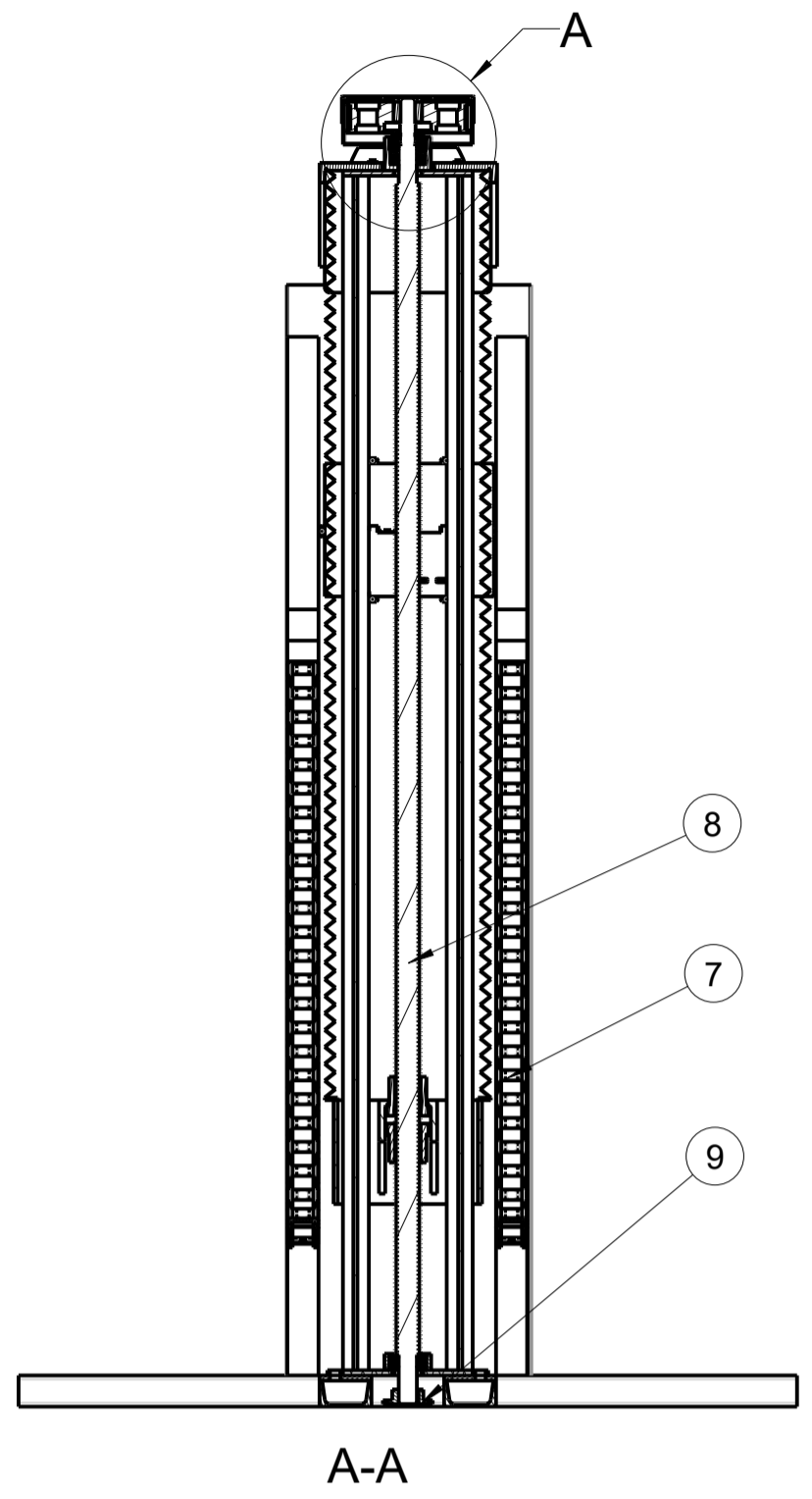
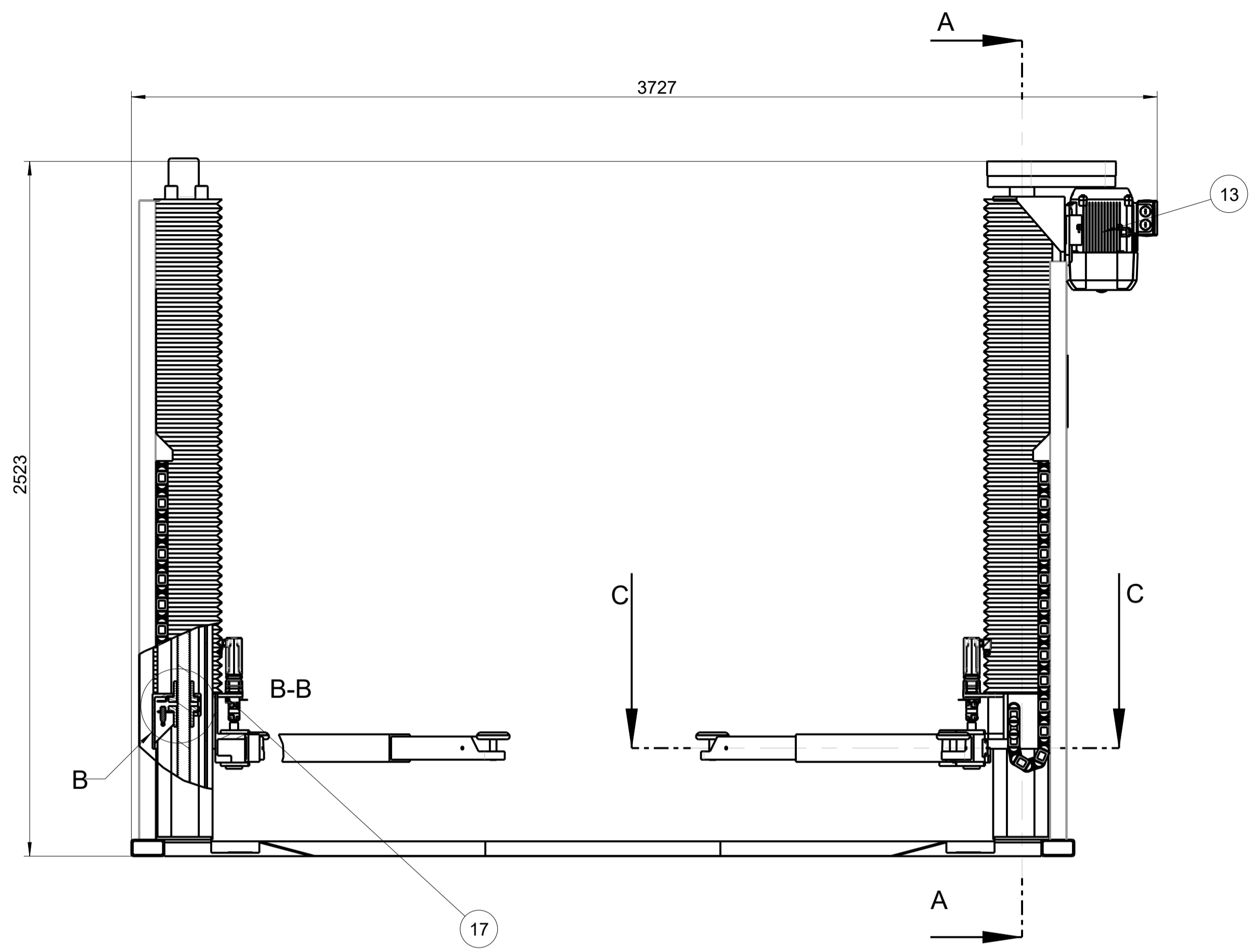
## Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 – Dvousloupový zvedák [1] .....	12
Obrázek 2 – Příklad hydraulického válce [3] .....	16
Obrázek 3 – Trapézový šroub s maticí [5].....	17
Obrázek 4 – Jednosloupový zvedák [6].....	17
Obrázek 5 – Dvousloupový zvedák [7] .....	18
Obrázek 6 – Čtyřsloupový zvedák [8] .....	19
Obrázek 7 – Nájezdové plošiny [9] .....	20
Obrázek 8 – Vidlicová ramena [10].....	20
Obrázek 9 – Teleskopická ramena [11] .....	21
Obrázek 10 – Elektrický šroubový pohon [14].....	22
Obrázek 11 – Dvousloupový zvedák s detailem systému zdvihu [17] .....	24
Obrázek 12 – Čtyřsloupový zvedák s detailem kladky s uchycením [18].....	25
Obrázek 13 – Čtyřsloupový zvedák s detailem systému zdvihu [18].....	25
Obrázek 14 – Dvousloupový zvedák s detailem systému zvedání [19] .....	26
Obrázek 15 – Dvousloupový zvedák pohled shora [19].....	27
Obrázek 16 – Rozložení sloupů konceptu A [Vlastní] .....	30
Obrázek 17 – Detail ramene konceptu A [Vlastní].....	31
Obrázek 18 – Mechanismus zvedáku konceptu A [Vlastní].....	31
Obrázek 19 – Rozložení sloupů konceptu B [Vlastní] .....	32
Obrázek 20 – Detail ramene konceptu B [Vlastní].....	33
Obrázek 21 – Mechanismus zvedáku konceptu B [Vlastní].....	33
Obrázek 22 – Rozložení sloupů konceptu C [Vlastní] .....	34
Obrázek 23 – Detail ramene konceptu C [Vlastní].....	35
Obrázek 24 – Mechanismus zvedáku konceptu C [Vlastní].....	35
Obrázek 25 – Rozložení sloupů konceptu D [Vlastní] .....	36
Obrázek 26 – Detail ramene konceptu D [Vlastní].....	37
Obrázek 27 – Mechanismus zvedáku konceptu D [Vlastní].....	37
Obrázek 28 – Analytic hierarchy proces [Vlastní] .....	38
Obrázek 29 – Detail U profilu [Vlastní] .....	43
Obrázek 30 – Detail asynchronního motoru s řemenicí [Vlastní] .....	43
Obrázek 31 – Detail KM matice pohybového šroubu [Vlastní] .....	44
Obrázek 32 – Krytování řetězu [Vlastní].....	44

Obrázek 33 – Krytování pohybového šroubu [Vlastní].....	45
Obrázek 34 – Předběžná vizualizace zvedáku [Vlastní].....	47
Obrázek 35 – Silové poměry v závitu [20].....	50
Obrázek 36 – Schéma rozměrů řemenice [25].....	52
Obrázek 37 – Nomogram pro volbu řemenů s metrickou roztečí – HTD [26].....	53
Obrázek 38 – 3D model zvedáku [Vlastní] .....	55
Obrázek 39 – Detail snížení polohy ramen [Vlastní] .....	56
Obrázek 40 – Uchycovací bod s pevně stanovenou výškou [Vlastní].....	56
Obrázek 41 – Pojezdová konzole s čidlem a uchycením krokových motorů [Vlastní] ..	57
Obrázek 42 – Systém vysouvání a natáčení ramene s čidlem [Vlastní] .....	57
Obrázek 43 – Energetický řetěz [Vlastní].....	58
Obrázek 44 – Vedení řetězu [Vlastní] .....	58
Obrázek 45 – Řez pojezdové konzole s detailem na matici [Vlastní].....	59

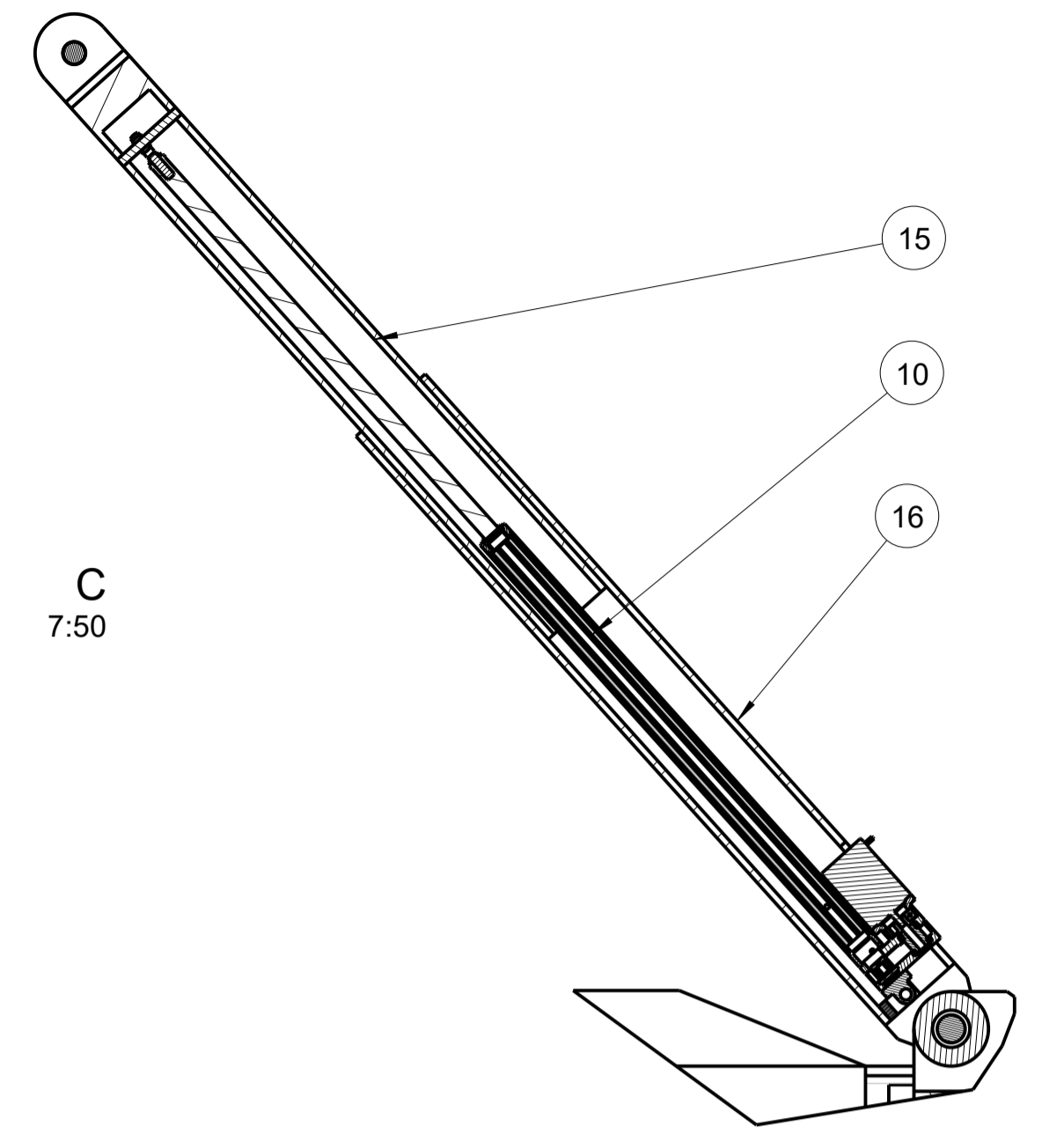
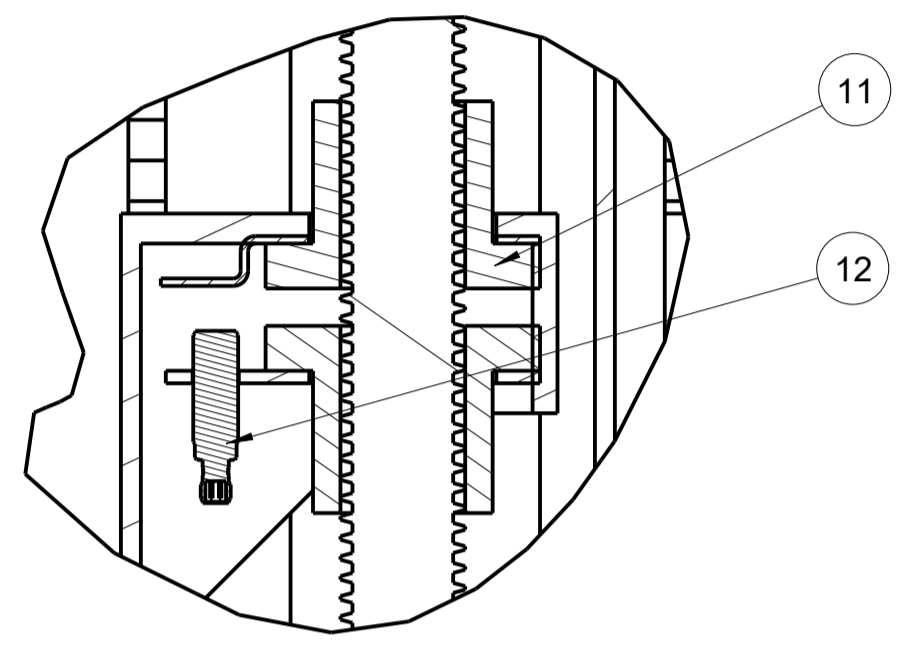
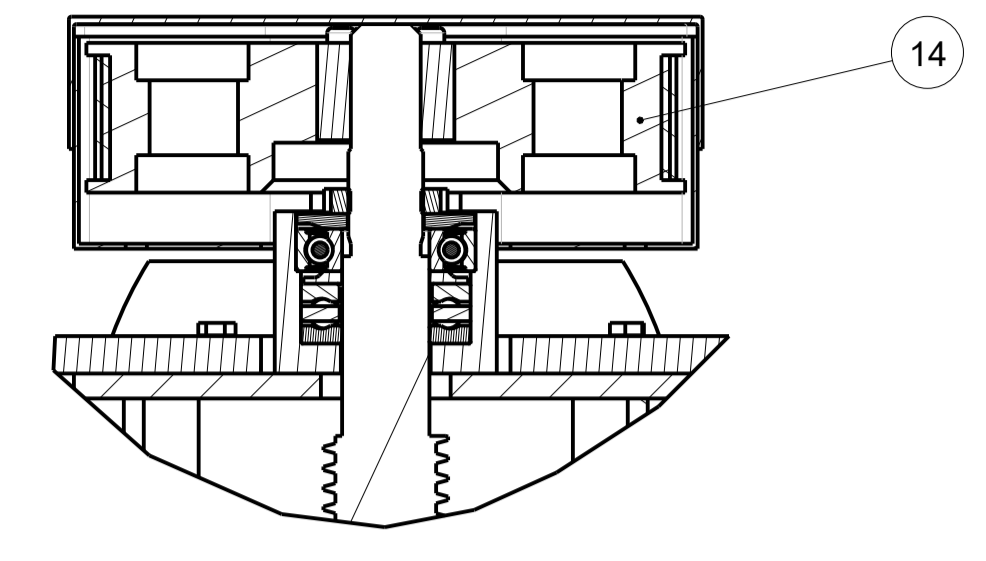
## Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 – Zadané parametry .....	13
Tabulka 2 – Inovační prohlášení.....	14
Tabulka 3 – QFD matice [vlastní] .....	29
Tabulka 4 – Kritéria.....	39
Tabulka 5 – Koncepty.....	39
Tabulka 6 – Kritéria.....	39
Tabulka 7 – Ekonomičnost konstrukčního provedení .....	40
Tabulka 8 – Přístup k součástem zvedáku .....	40
Tabulka 9 – Životnost .....	40
Tabulka 10 – Údržba pohybových součástí .....	41
Tabulka 11 – Přesnost nastavování.....	41
Tabulka 12 – Výsledná matice.....	41
Tabulka 13 – Tabulka FMEA-K.....	46
Tabulka 14 – Zadané parametry .....	47
Tabulka 15 – Rozměry závitu v mm [23] .....	49
Tabulka 16 – Tabulka elektromotoru [20].....	51
Tabulka 17 – Rozměry řemenic v mm [25].....	52
Tabulka 18 – Tabulka trvanlivosti ložisek [28] .....	54
Tabulka 19 – První část zhodnocení .....	60
Tabulka 20 – Celkové zhodnocení.....	61

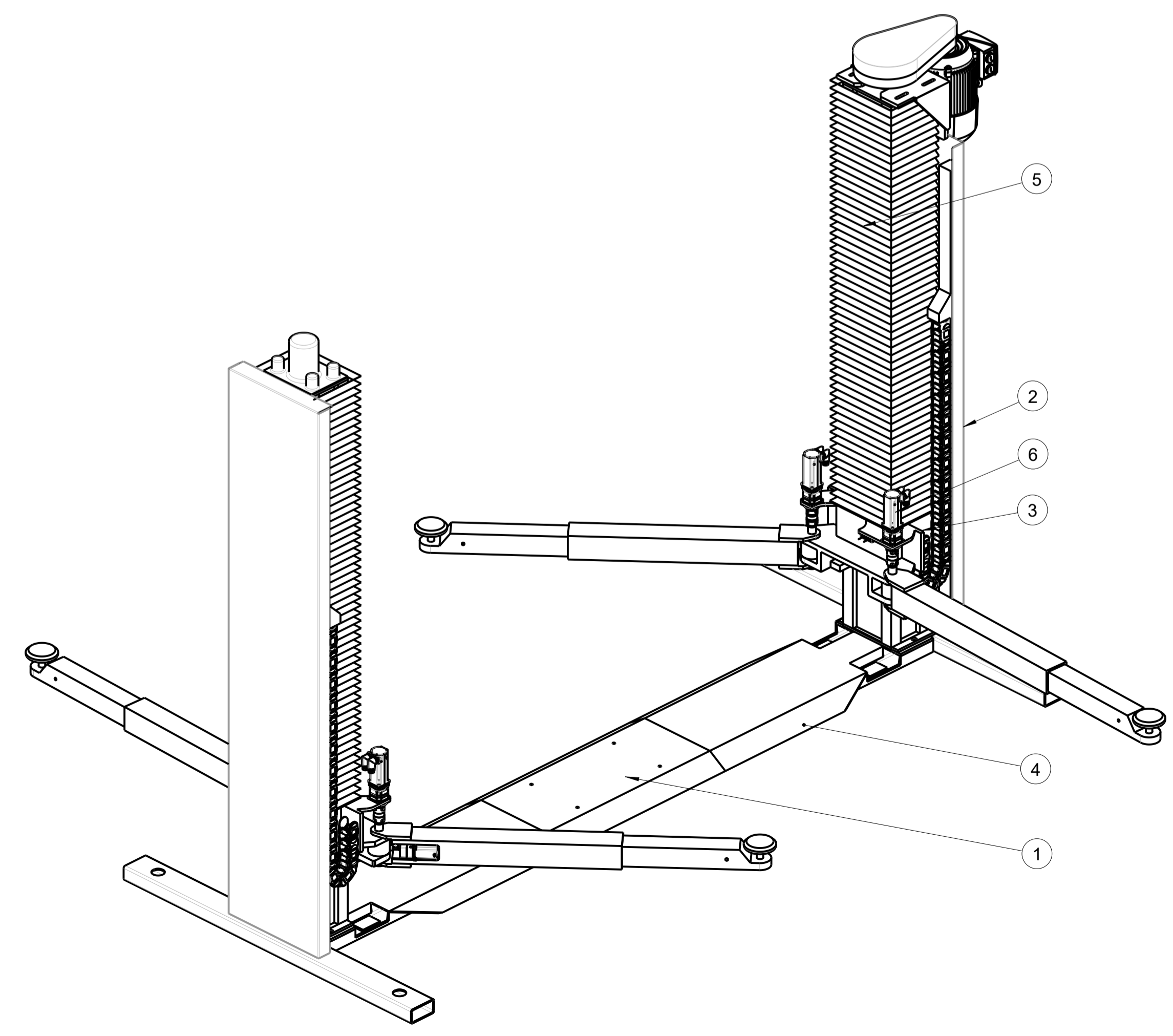
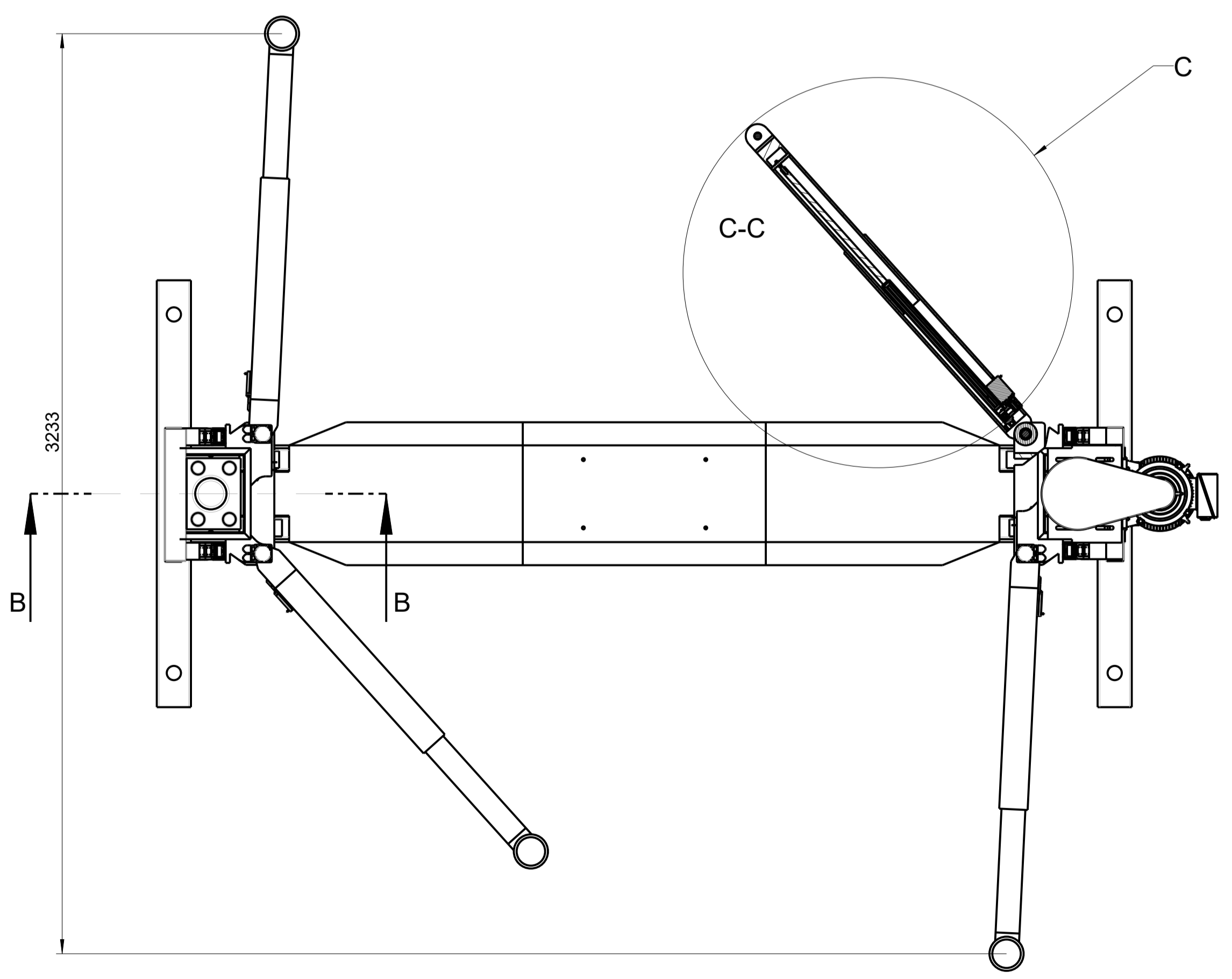


A  
33:100

B  
33:100

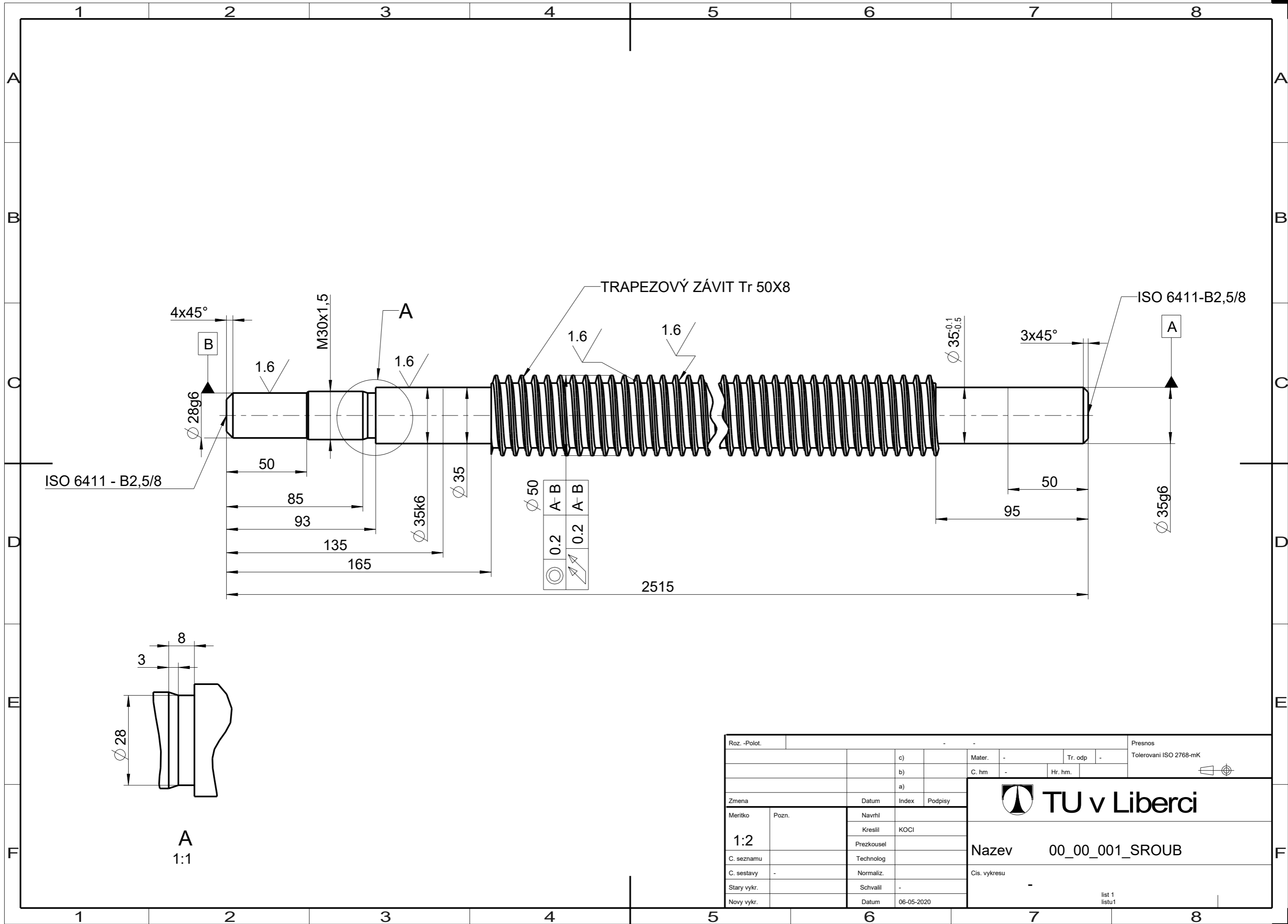


C  
7:50



19	RADIÁLNÍ LOZISKO		SKF	4
	SKF 6207-2Z			ks.
18	AXIÁLNÍ LOZISKO		SKF	2
	SKF 51307			ks.
17	SNIMAC_POLOHY			3
	SICK-od2-x300w200i0		SICK	ks.
16	00_01_009_VNEJSI_JACKEL			4
				ks.
15	00_01_006_VNITRNI_JACKEL			4
				ks.
14	00_01_003_REMENICE			1
	00_01_003		TYMA-HTD8	ks.
13	SIEMENS_1LE1002-1CC33			1
	1LE1002-1CC33		SIEMENS	ks.
12	BEZPECNOSTNI_SNIMAC			2
	ime2s18-0_b4dc		SICK	ks.
11	01_00_003_MATICE			4
	01_00_003		HABERKORN	ks.
10	01_01_200_LINEARNI_AKTUATOR			4
	01_01_200		RAVEO	ks.
9	01_00_006_RETEZOVE_KOLO			2
	00_01_006		HABERKORN	ks.
8	01_00_001_POHYBOVY_SROUB			2
	01_00_001		HABERKORN	ks.
7	01_01_000_ENERGETICKY_RETEZ			4
	01_01_000		IGUS	ks.
6	01_01_100_KROKOVY_MOTOR			4
			RAVEO	ks.
5	KRYCI_MECH			2
			HENNLICH	ks.
4	03_00_000_PODLOZI	SVAROVANA_SESTAVA		1
	03_00_000			ks.
3	01_00_005_POJEZDOVA_KONZOLE	SVAROVANA_SESTAVA		2
	01_00_005			ks.
2	01_00_000_SLOUP			2
	01_00_000			ks.
1	00_00_001_KRYT_RETEZU	VYPALEK 5X860		1
	00_00_001	11 373.0		ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	C.ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

Zmena	Meriko	Pos.	Nazev	Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci
	7:100						
C seznamu							00 00 000
C sestavy							
Stary vykr.							
Novy vykr.							



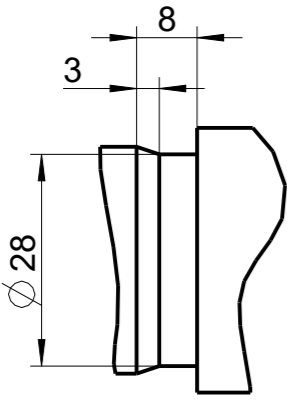
ISO 6411 - B2,5/8

TRAPEZOVÝ ZÁVIT Tr 50X8

ISO 6411-B2,5/8

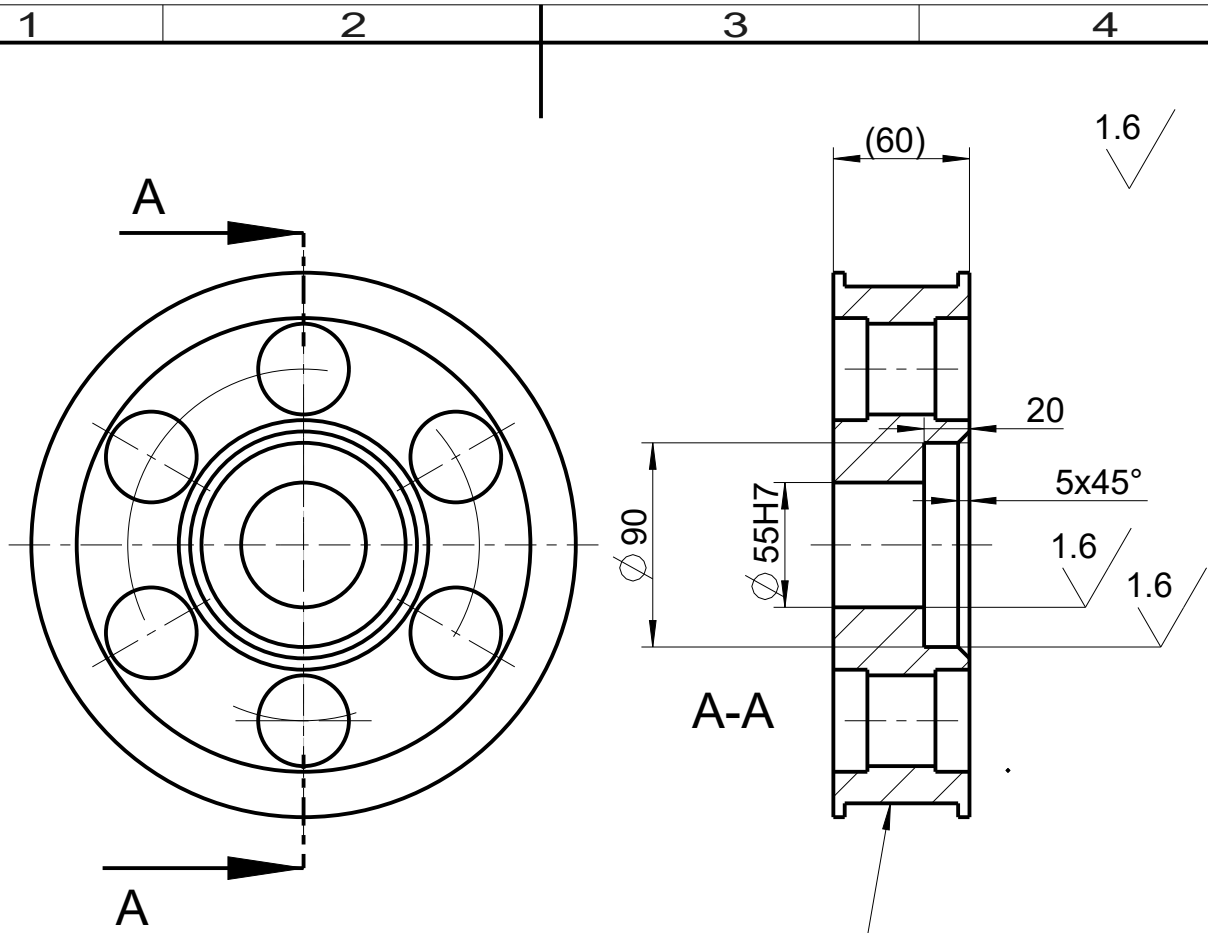
0.2	A-B	A-B
0.2	A-B	A-B

2515



A  
1:1

Roz. -Polot.				Presnos	
		c)		Mater. - Tr. odp -	
		b)		C. hm - Hr. hm.	
		a)		Tolerovani ISO 2768-mK	
Zmena		Datum	Index	Podpisy	
Meritko	Pozn.	Navrhl			
1:2		Kreslil	KOCI		
C. seznamu		Prezkousel			
C. sestavy	-	Technolog			
Stary vykr.		Normaliz.			
Novy vykr.		Schvalil	-		
		Datum	06-05-2020		
				<b>Nazev</b> 00_00_001_SROUB	
				Cis. vykresu -	
				list 1 listu1	



OZUBENA REMENICE HTD8-90ZUBU

Roz. -Polot.		-		-		Presnos	
		c)		Mater.	-	Tr. odp	-
		b)		C. hm	-	Hr. hm.	
		a)				Tolerovani ISO 2768-mK	
Zmena	Datum	Index	Podpisy	 <b>TU v Liberci</b> Nazev TYMA_REMENICE_HTD8_90_08M_50			
Meritko	Pozn.	Navrhl					
<b>3:10</b>		Kreslil	KOCI				
C. seznamu		Prezkousel					
C. sestavy	-	Technolog					
Stary vykr.		Normaliz.		Cis. vykresu	-		
Novy vykr.		Schvailil	-	list 1 listu1			
		Datum	21-05-2020				