

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA STROJNÍ**

**Studijní program:** B0715A270013 – Strojní inženýrství

**Studijní specializace:** Konstruování strojů a technických zařízení

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Konstrukční návrh průmyslového nákladního výtahu o nosnosti 100 kg**

**Autor:** Tomáš GUST

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří KOŘÍNEK

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta strojní  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš GUST**  
Osobní číslo: **S19B0287P**  
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**  
Specializace: **Konstruování strojů a technických zařízení**  
Téma práce: **Konstrukční návrh průmyslového nákladního výtahu o nosnosti 100kg.**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

## Zásady pro vypracování

Navrhněte malý průmyslový výtah pro přepravu kusového materiálu. Umístění výtahu je do konstrukce obslužných plošin sloužících pro montáž autobusů. Dopravní výška 3000mm, nosnost 100kg. Konstrukce bude umístěna na rovné betonové podlaze. Pohon je možný zvolit buď mechanický, nebo hydraulický. Práce bude obsahovat rešerši současné zájmové techniky, návrh několika variant, volba vhodné koncepce a konstrukční návrh nejvhodnější varianty.

Rozsah bakalářské práce: **30-40**  
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- [1] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra – Obecné strojní části 1*, Praha: Computer Press, 1999  
[2] HOSNEDL, S. *Systémové konstrukční navrhování technických produktů*, Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 1. vyd. 1992  
Konzultant: firma Strkan s.r.o., Ing. Ladislav Tříška

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kořínek**  
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2021**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2022**

L.S.

---

**Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**  
děkan

---

**Prof. Ing. Václava Lašová, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Plzni dne 16. října 2021

## Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Gust	<b>Jméno</b> Tomáš	
<b>STUDIJNÍ PROGRAM</b>	B0715A270013 Strojní inženýrství		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Kořínek	<b>Jméno</b> Jiří	
<b>PRACOVISTĚ</b>	ZČU - FST – KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Konstrukční návrh průmyslového nákladního výtahu o nosnosti 100 kg		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	64	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	47	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	17
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL</b> <b>POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Bakalářská práce obsahuje konstrukční návrh malého nákladního průmyslového výtahu o nosnosti 100 kg. Cílem práce je navrhnout vyrobitebné a fungující zařízení dle specifikovaných požadavků. Práce obsahuje výběr vhodné ze 3 navržených variant a následný popis konstrukčního procesu s patřičnými výpočty.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	malý nákladní výtah, šachta, klec výtahu, hydraulický válec, nepřímý pohon

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Gust	<b>Name</b> Tomáš	
<b>STUDY PROGRAMME</b>	B0715A270013 Mechanical Engineering		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Ing. Kořínek	<b>Name</b> Jiří	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST – KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Structural design of an industrial freight elevator with a load capacity of 100 kg		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KKS	<b>SUBMITTED IN</b>	2022
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	64	<b>TEXT PART</b>	47	<b>GRAPHICAL PART</b>	17
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>The bachelor thesis contains a structural design of a small industrial freight elevator with a load capacity of 100 kg. The aim of the thesis is to design a manufacturable and working device according to the specified requirements.</p> <p>The thesis includes the selection of a suitable one of 3 proposed variants and the subsequent description of the design process with appropriate calculations.</p>
<b>KEY WORDS</b>	small freight elevator, elevator shaft, elevator cage, hydraulic cylinder, indirect drive

# Obsah

Zadání BP .....	2
Prohlášení o autorství.....	4
Obsah .....	7
Přehled použitých zkratk a symbolů .....	9
1 Úvod.....	11
2 Historie vývoje výtahů .....	12
3 Výtahové stroje .....	13
3.1 Obecná stavební struktura malých nákladních výtahů .....	13
3.1.1 Šachta.....	13
3.1.2 Klec .....	14
3.1.3 Strojovna .....	15
3.1.4 Vodítka a nárazníky .....	15
3.1.5 Bezpečnostní systémy a komponenty.....	15
4 Současná zájmová technika .....	16
4.1 Malý nákladní výtah firmy Výtahy Voto s.r.o. ....	16
4.2 Nákladní výtah firmy Qingdao Eterlift .....	17
4.3 Malý stavební výtah firmy STROS - Sedlčanské strojírny, a. s.....	17
5 Předběžná specifikace parametrů.....	18
5.1 Parametry ze zadání .....	18
5.2 Parametry dospecifikované.....	18
5.3 Hlavní parametry vyplývající z normy ČSN EN 81-3+A1 .....	19
5.3.1 Šachta.....	19
5.3.2 Strojovna .....	19
5.3.3 Šachetní dveře .....	19
5.3.4 Klec .....	19
5.3.5 Nosné a bezpečnostní prostředky klece .....	20
5.3.6 Výtahový stroj.....	20
6 Návrh možných koncepčních řešení .....	21
6.1 Varianta A.....	21
6.2 Varianta B.....	22
6.3 Varianta C.....	23
7 Hodnocení a výběr sub-optimální koncepce.....	23
7.1 Seznam hodnotících kritérií.....	23
7.2 Výběr nejvhodnější koncepce.....	24

<b>8 Konstrukční návrh vybrané varianty .....</b>	<b>25</b>
<b>8.1 Návrh hydraulického válce s vedením .....</b>	<b>25</b>
8.1.1 Kontrola zdvižné síly pístu .....	27
8.1.2 Výpočet rychlosti jezdce .....	28
8.2 Konstrukce klece a šachty.....	29
8.3 Numerická kontrola navržené klece, šachty a vedení .....	31
8.4 Výpočet šroubového spoje uchycení zdvižné konstrukce .....	33
8.5 Konstrukce šachetních dveří.....	35
8.6 Konstrukce a výbava strojovny .....	36
8.7 Bezpečnostní prvky a systémy zařízení .....	38
8.7.1 Kontrola vysouvacího čepu .....	38
8.7.2 Zamykání šachetních dveří .....	41
8.7.3 Ovládání a zastavování klece .....	42
<b>9 Závěr .....</b>	<b>43</b>
<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>45</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>46</b>
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>47</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>47</b>



## Přehled použitých zkratk a symbolů

CAD	-	Computer aided design
ČSN	-	Česká technická norma
DIN	-	Německý institut pro normy a standardizace
EN	-	Evropská norma
FST	-	Fakulta strojní
KKS	-	Katedra konstruování strojů
MKP	-	Metoda konečných prvků
SWOT	-	Strenghts weaknesses opportunities threats
ZČU	-	Západočeská univerzita v Plzni
A	[-]	Konstanta A pro výpočet tuhosti šroubu
$A_j$	[mm <sup>2</sup> ]	Výpočtový průřez šroubu
b	[m]	Délka závitu na šroubu
B	[-]	Konstanta B pro výpočet tuhosti šroubu
C	[-]	Tuhostní konstanta
$d_2$	[mm]	Střední průměr závitu
$d_3$	[mm]	Malý průměr závitu
$d_\xi$	[mm]	Průměr čepu
$d_p$	[mm]	Průměr pístu
E	[MPa]	Modul pružnosti v tahu
e	[-]	Eulerovo číslo
$F_\xi$	[N]	Síla působící na čep
$F_i$	[N]	Předepínací síla z utahovacího momentu
$F_p$	[N]	Zatížení spoje
$F_S$	[N]	Zatížení šroubu
$F_{Smax}$	[N]	Maximální smyková síla
$F_{Vmax}$	[N]	Maximální síla vyvinutá pístem
$F_X$	[N]	Zatížení spoje ve směru X
$F_Y$	[N]	Normálové zatížení spoje
$F_Z$	[N]	Zatížení spoje ve směru Z
f	[-]	Koeficient tření

$g$	$[m \cdot s^{-2}]$	Gravitační zrychlení
$K$	$[-]$	Konstanta K (podle úpravy povrchu šroubu)
$k_p$	$[-]$	Koeficient přetížení
$k_{ps}$	$[N \cdot mm^{-1}]$	Tuhost spojovaných součástí
$k_{smyk}$	$[-]$	Bezpečnost smyku
$k_{\xi}$	$[N \cdot mm^{-1}]$	Tuhost šroubu
$l$	$[m]$	Výška zdvihu válce
$l_c$	$[m]$	Výška zdvihu celkem
$l_p$	$[mm]$	Délka uložení čepu v pouzdře
$l_{sc}$	$[mm]$	Tloušťka spojovaných součástí
$l_{\xi}$	$[mm]$	Délka šroubu
$M_U$	$[Nm]$	Utahovací moment
$m_b$	$[kg]$	Hmotnost zdvihaného břemene
$m_k$	$[kg]$	Hmotnost klece
$n_j$	$[ot \cdot min^{-1}]$	Jmenovité otáčky motoru
$p$	$[MPa]$	Jmenovitý tlak
$p_{\xi}$	$[MPa]$	Tlak působící v pouzdře čepu vlivem zatížení
$p_d$	$[MPa]$	Dovolený tlak v čepu při statickém zatížení
$Q$	$[N]$	Porovnávací zatížení pro výpočet válce
$Q_s$	$[N]$	Síla působící na spoj smykem
$\dot{Q}$	$[dm^3 \cdot s^{-1}]$	Objemový průtok čerpadla za sekundu
$\dot{Q}_o$	$[cm^3 \cdot ot^{-1}]$	Objemový průtok čerpadla za otáčku
$R_e$	$[MPa]$	Mez kluzu
$S_d$	$[mm^2]$	Průřez díku šroubu
$t_s$	$[s]$	Doba k naplnění válce při plném zdvihu
$\tau_{\xi}$	$[MPa]$	Napětí v čepu
$\tau_s$	$[MPa]$	Napětí v šroubu
$V_V$	$[dm^3]$	Objem válce potřebný k naplnění
$v_h$	$[m \cdot s^{-1}]$	Rychlost klece při zdvihu nahoru
$\pi$	$[-]$	Ludolfovo číslo

# 1 Úvod

Ve společnosti vyrábějící v oblasti automotive, pro kterou firma Strkan s.r.o. řeší výrobu a konstrukci obslužných plošin pro montáž autobusů, bylo v rámci projektu požadavkem zhotovit zařízení pro přetržitě zdvihání kusového materiálu ze země do výšky plošin.

Pro zabezpečení dopravy osob nebo nákladu do předem určené výšky je už po mnoha let trendem použití výtahů nebo vertikálních dopravníků. Pokud je ale povaha dopravy přetržitá, nabízí se k použití s výhodou výtah, který nemusí mít kontinuální chod a v porovnání s dopravníky je jeho provoz méně energeticky náročný.

Po rešerši současně používané zájmové techniky a výčtu z norem ovlivňujících konstrukci výtahů bude zjištěno, že výtahy vhodné pro námi řešené zadání náleží do vlastní kategorie a v rámci standardů jsou na ně kladeny benevolentnější podmínky v porovnání s výtahy osobními či výtahy pro zdvihání těžkých nákladů.

V práci je nejprve stručně rozebrán historický vývoj, nadále se zabývá popisem stavební struktury výtahů a rešerši současné zájmové techniky. Poté znázorňuje a hodnotí možné varianty řešení a na svém konci obsahuje detailní konstrukční návrh té nejvhodnější z variant.



Obrázek 1 - Obchodní logo firmy Strkan s.r.o.

## 2 Historie vývoje výtahů

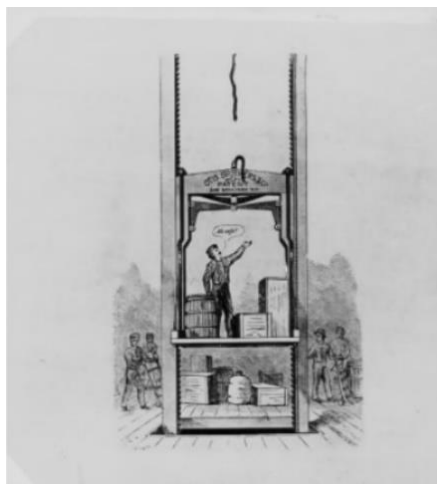
Již v dávných dobách byla ze strany lidí potřeba ulehčení zdvihání břemen do potřebné výšky. Této myšlenky se chopil ve 3. století př.n.l. známý vynálezce Archimédes, který sestrojil stroj, kde pomocí ručního vrátku byla zdvihána klec na konopném laně. V roce 1743 je zaznamenána první zmínka o použití protizávaží ve výtahové konstrukci. S tímto principem přišel jako první francouzský stavitel Velay, který tento stroj postavil na přání svého krále Ludvíka XIV.

Do doby průmyslové revoluce a vynálezu parního stroje byly používané výtahy poháněny pouze mechanickou silou vyvozenou lidmi či zvířaty, ale v roce 1830 nastal v této oblasti obrovský milník v podobě výtahu s parním pohonem. V roce 1853 éru nových výtahů definitivně odstartoval výtah Amerického vynálezce Elishy G. Otise, který měl téměř podobu dnes používaných výtahů. Obsahoval lanem zdvihanou klec vedenou vodítky a kladkami se závažím. Zařízení nadále obsahovalo bezpečnostní zařízení tzv. zachycovače, které v případě přetržení lana zabrzdlily pohyb klece směrem dolů.

V roce 1846 byl uveden v provoz první výtah s hydraulickým pohonem. Tento výtah byl jakýmsi zdokonalením rok starého podobného zařízení využívajícího pneumatický pohon. Měl tehdy výhodu v absenci protizávaží a zachycovačů. Výtah byl zdvihán tzv. přímým hydraulickým pohonem s pístnicí umístěnou pod klecí. K plnění hydraulického válce byla použita voda a pohyb klece směrem dolů byl vyvozen pouze samovolným vypouštěním média z válce.

Jako první výtah poháněný elektromotorem lze klasifikovat výtah Wernera von Siemense, který využíval posunu pastorku po hřebenu, jenž byl připojen k elektromotoru umístěným pod podlahou klece. Tento princip byl v průběhu dalších let zdokonalen, motor byl přesunut nad nejvyšší podlaží a klec zavěšena na lano přehozené přes lanovici na druhé straně spojené s protizávažím. Tento princip měl oproti bubnovým výtahům příznivější energetickou spotřebu a délku lana.

Ve 20. století začaly být výtahy vybavovány multi-rychlostními motory a ruční brzdění bylo nahrazeno zařízeními využívající technologie elektromagnetu. Také se začaly v konstrukcích používat elektronické a signální prvky. [1] [2]



Obrázek 2 - Zobrazení prvního výtahu E.G.Otise [3]

## 3 Výťahové stroje

Dle normy ČSN ISO 4190-1 lze výťahy dělit do šesti různých kategorií:

- Třída I Výťahy určené pro dopravu osob
- Třída II Výťahy určené především pro dopravu osob, ale může se v nich dopravovat i náklad
- Třída III Výťahy určené pro zdravotnické účely včetně nemocnic a pečovatelských domovů
- Třída IV Výťahy určené především pro dopravu nákladů, které jsou obvykle doprovázeny osobami
- Třída V Malé nákladní výťahy
- Třída VI Výťahy zvlášť určené pro budovy s intenzivním provozem (např. s rychlostí 2,5 m/s a více)

Jelikož je maximální přepravovaná hmotnost 100 kg, zdvih 3400 mm, plocha klece nepřesahuje 1 m<sup>2</sup> a výťah není určen k přepravě osob, lze konstatovat, že výťah bude náležet do skupiny V. Průzkum zájmové techniky bude tedy soustředěn především na tuto specifickou skupinu. [5]

Malý nákladní výťah není určen k přepravě osob. Jeho maximální nosnost nepřesahuje 300 kg, maximální rychlost není více jak 1 m/s a užitná plocha klece je menší než 1 m<sup>2</sup>. Klec musí splňovat požadavky nepřístupnosti tím způsobem, že její hloubka není větší než 1 m a výška nepřesahuje 1,2 m. Šachta ani šachetní dveře na tomto typu výťahů nesmějí mít okénka ani opláštění ze skla. [4]

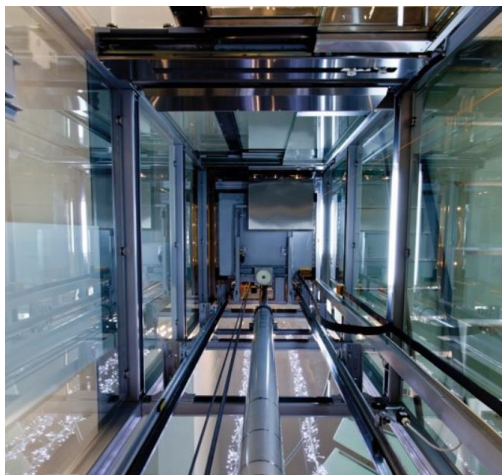
Uspořádání výťahu a volená konfigurace zařízení se odvíjí zejména od druhu nákladu a prostoru pro něj vymezeném, typu umístění, druhu vkládání nákladu a druhu pohonu.

### 3.1 Obecná stavební struktura malých nákladních výťahů

#### 3.1.1 Šachta

Výťahová šachta vymezuje prostor, ve kterém se pohybuje klec. Musí být oddělena od okolního prostředí plnými stěnami, stropem a podlahou. Ve většině případů funguje jako rám samotného zařízení a jsou do ní přenášeny zatížení od ostatních součástí. Z toho vyplývá, že šachta musí být nadimenzována tak, aby vyhověla minimálně zatížení od klece, nárazníků, hydraulického válce a vedení. Dle normy ČSN EN 81-3+A1 musí šachta malého nákladního výťahu splňovat specifické parametry v závislosti na typu pohonu, jejím konstrukčním uspořádání, místě, kde bude umístěna, a druhu přepravovaného materiálu.

V šachtě nesmí být umístěny žádné díly či elektrická vedení, které nepatří k malému nákladnímu výťahu, norma pouze dovoluje použití zařízení k jejímu vytápění s výjimkou parního a přetlakového teplovodního vedení. Všechny seřizovací a ovládací komponenty musí být umístěny vně. [4]

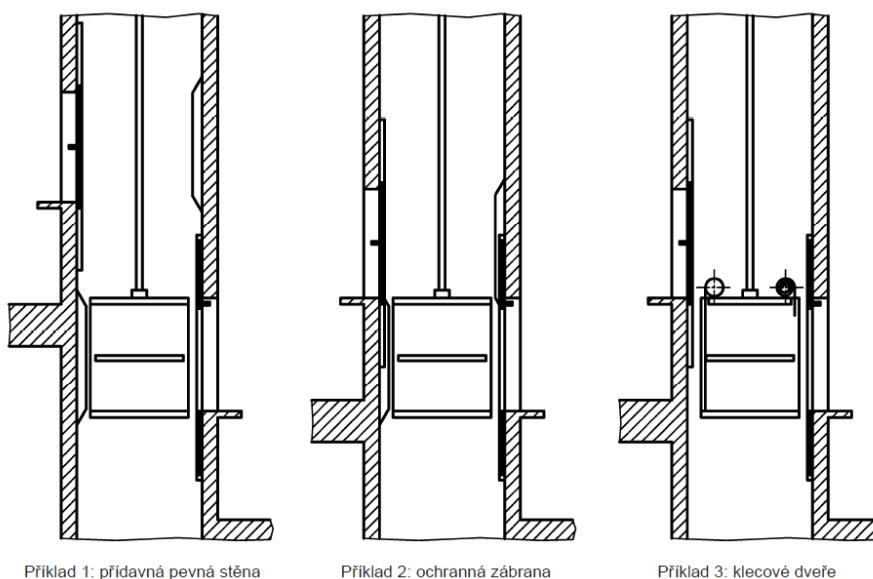


Obrázek 3 - Pohled do šachty hydraulického výtahu [14]

### 3.1.2 Klec

V kleci jsou přepravovány předměty mezi jednotlivými stanicemi. Klec musí stejně jako šachta vyhovět předem určeným nárokům z hlediska zatížení a typu použití. Klece mohou být doplněny vyvažovacím a vyrovnávacím ústrojím, které může v případě potřeby příznivě ovlivňovat nároky na ostatní části zařízení. Klec se nesmí vlivem zatížení trvale deformovat a nesmí na ní vzniknout pružná deformace větší než 15 mm. Nadále na její konstrukci nesmí být použit materiál, který by vykazoval přílišnou hořlavost či značný vznik kouře při případném požáru. [4]

Klec je v šachtě vedena pomocí vodítek, která přenáší zatížení nákladu do rámu zařízení, eliminují klopné efekty od excentricity zatížení a zabezpečují přesnou trajektorii zdvihu. Pokud nastane případ, kdy se může náklad v kleci během zdvihu či zakládání posunout, vyčínat ven z klece a zapříčinit následnou kolizi se šachtou, musí se konstrukce vybavit vhodnými zábranami, které tento jev znemožní. [4]



Obrázek 4 - Schéma uspořádání klece dle jejího typu [4]

### 3.1.3 Strojovna

Strojovnou se rozumí vyhrazený prostor sloužící k uložení pohánějících či řídicích zařízení výtahu. Musí být do jisté míry přístupná kvůli servisu a výměně komponent. Tím se rozumí, že oprávnění k přístupu má pouze pověřená osoba s pomocí použití nástroje k jejímu otevření. Dle přístupnosti je můžeme dělit na přístupné a nepřístupné. Předpisy pro zabezpečení strojovny se liší podle typu jejího umístění na konstrukci výtahu. [4]

### 3.1.4 Vodítka a nárazníky

Zajišťují vedení klece, vyvažovacího či vyrovnávacího závaží v šachtě a přenáší radiální zatížení vzniklé od přepravovaného nákladu a ostatních pohyblivých komponent. Nesmí být vyrobeny z křehkých materiálů, musí být korozivzdorné a mít pokud možno nízkoadhezní povrchy.

Nárazníky se do zařízení instalují z důvodu ochrany šachty a pohlcení energie klece v koncových polohách. U hydraulických výtahů se musí dbát na to, aby při maximálním stlačení nárazníku nedosedl píst na dno válce. [4]



Obrázek 5 – Valivá vodítka od firmy ELPRO

### 3.1.5 Bezpečnostní systémy a komponenty

Dle konstrukčního uspořádání zařízení a především jeho pohonu se výtah vybavuje bezpečnostními zařízeními sloužícími k ochraně osob, přepravovaného materiálu a ostatních částí zařízení. Mezi přední představitele bezpečnostních prvků malých výtahů jsou zachycovače klece. Tento mechanismus slouží k okamžitému zabrzdění klece při jejím pádu a používá se v případě výskytu přístupných prostor pod dráhou klece či vyvažovacího zařízení. Obecně se dělí na obousměrné a jednosměrné. Jejich typ a způsob uložení se odvíjí zejména od typu pohonu a vedení. V případě jejich použití je nutný zásah oprávněné osoby, která je zkontroluje, zaplombuje a uvede znovu do provozu. Malé nákladní výtahy se v případech vybavení zachycovači, vyjma hydraulických nepřímých pohonů, vybavují také omezovači rychlosti, které regulují nadměrnou rychlost klece či protizávaží směrem nahoru a dolů. U zmíněné výjimky mohou být nahrazeny bezp. či škrťicím ventilem. [4] [6]

Šachetní dveře musí být vybaveny bezpečnostním zařízením, které znemožní jejich otevření, pokud výtah není v patřičné stanici. Zařízení může být odjištěno pouze za použití speciálního nástroje pověřenou osobou v případech servisních operací. Toto zařízení musí být elektronicky propojené se signalizací, která uživatelům ukazuje, zda je klec přítomna ve stanici a zda mohou být šachetní dveře otevřeny. Dále každý prostor pro nakládání výtahu musí mít dostatečné přirozené nebo umělé osvětlení větší než 50 lx.



Obrázek 6 – Válečkové zachycovače s mechanickým přenosem impulsu rychlosti

## 4 Současná zájmová technika

### 4.1 Malý nákladní výtah firmy Výtahy Voto s.r.o.

Je malý nákladní výtah určený pro přepravu potravin v Žižkovském vysílači. Kvůli hygienickým normám je vnitřní opláštění klece v nerezovém provedení. Šachta výtahu je vestavěna ve zdi budovy a zařízení se pohybuje pouze mezi dvěma stanicemi. Na obrázku je vidět pohled do otevřené klece a strojovny, ve které je uložen elektromotor s převodovkou, brzdou a navijecím zařízením. Z tohoto faktu vyplývá, že se jedná o malý elektrický výtah s použitím lan jako nosných prvků. [7]



Obrázek 7 - Pohled do šachty výtahu firmy Voto s.r.o. [7]



## 4.2 Nákladní výtah firmy Qingdao Eterlift

Tento malý nákladní výtah využívá nepřímého hydraulického pohonu s použitím Fleyerových řetězů k převodu za účelem snížení délky dráhy hydraulického pístu. Za použití snímačů při dosažení požadovaného zdvihu je automaticky zastaveno plnění válce olejem. Výtah není ohrazen šachtou a má přístupné prostory pod dráhou zdvihané plošiny. Z toho vyplývá, že musí být použity zachycovače a vymezeny speciální bezpečnostní předpisy, aby byl výtah v této konfiguraci v souladu s normou ČSN EN 81-3+A1. Rám s vedením je zhotoven z čtyřhranných dutých profilů s lakovaným povrchem. Výtah se vyrábí v provedení se zdvihem do 10 m. [8]



Obrázek 8 – Hydraulický nákladní výtah firmy Qingdao Eterlift [8]

## 4.3 Malý stavební výtah firmy STROS - Sedlčanské strojírny, a. s.

Lehký stavební výtah určený pro přepravu materiálu na staveništi. Komponenty výtahu jsou převážně z hliníku a hlavní výhodou tohoto produktu je jeho kompaktnost a snadná složitelnost.

Pohon s bubnem výtahu je umístěn ve spodní části konstrukce a navíjením či odvíjením lana uvádí do pohybu klec na žebřinovém rámu. Výtah disponuje nosností 100 kg a maximální přepravnou rychlostí 25 m/min. Lze ho připojit na běžnou domovní síť 230V 50 Hz. [9]



Obrázek 9 – Malý stavební výtah firmy STROS v praxi [9]

## 5 Předběžná specifikace parametrů

### 5.1 Parametry ze zadání

Nosnost:	100kg
Zdvih:	3000 mm – úprava na 3400 mm
Druh výtahu:	Malý nákladní
Typ umístění:	Oblast konstrukce obslužných plošin
Typ přepravovaného materiálu:	Kusový
Typ podlahy:	Rovná betonová
Pohon:	Hydraulický/mechanický(elektrický)

### 5.2 Parametry do specifikované

Velikost plochy klece:	650x800 [mm]
Velikost nákladního otvoru:	800x450 [mm]
Maximální zastavbové rozměry:	1350X850[mm]
Počet stanic:	3
Kotvicí místa zařízení:	Betonová podlaha, patky na ocelové konstrukci
Zásahy do podlahy:	Pouze díry pro kotvy
Přístupné prostory pod šachtou:	ne
Typ dveří:	Jednokřídlé otočné směrem dolů o 180°
Podlaha klece:	slzičkový plech
Výška spodní stanice:	900 mm
Výška střední stanice:	3500 mm
Výška horní stanice:	4300 mm
Vstup osob na klec:	ne
Maximální výška zařízení:	5300 mm
Typ šachty:	ocelová konstrukce
Napěťová soustava:	3+PEN,50Hz,400/230V, TN-C-S
Ovládání:	Tlačítkové – přivolání + odvolání
Doba zdvihu :	Méně než 30 s

## **5.3 Hlavní parametry vyplývající z normy ČSN EN 81-3+A1**

### **5.3.1 Šachta**

- Zajistit větrání šachty
- Zajistit oddělení výtahu od okolí plnými stěnami, podlahou a stropem
- Zajistit dostatečně velký horní bezpečnostní prostor v závislosti na typu pohonu [4]

### **5.3.2 Strojovna**

- Strojovna musí být zajištěna bezpečnostními dveřmi a musí být umožněna případná výměna komponent
- Typ dveří strojovny musí dle jejího typu odpovídat normě
- Strojovna musí obsahovat elektrickou zásuvku [4]

### **5.3.3 Šachetní dveře**

- Šachetní dveře musí být plnostěnné
- Mezery mezi zavřenými dveřmi a rámem nesmí být větší než 6 mm
- Dveře se nesmějí vlivem provozu deformovat
- Dveře musí v libovolném místě odolat zatížení 300 N působící na plochu 5 cm<sup>2</sup> bez trvalé deformace a pružné deformace větší než 15 mm
- Každé šachetní dveře musejí mít práh
- Musí být instalována signalizace přítomnosti klece ve stanici
- Otvor dveří musí být při otevření dostatečně osvětlen
- Výtah nesmí být možné uvést do pohybu, pokud jsou dveře otevřené
- Dveře nesmějí mít možnost otevření, pokud klec není ve stanici s výjimkou servisních úkonů
- Dveře musejí mít uzávěrku s možností ručního odblokování pověřenou osobou
- U otočných dveří musí být zajišťovací prvek zasunut minimálně 10mm
- Zajišťovací zařízení musí odolat síle 300 N snažící se jej uvolnit
- Zajištění v zařízení musí být provedeno závažím, magnety či pružinou
- Dveře musejí mít elektrické kontrolní zařízení pro kontrolu zavřené polohy [4]

### **5.3.4 Klec**

- Klec musí mít plné stěny, podlahu a střechu
- Stěny klece se nesmějí deformovat při působení silou 300 N na 5 cm<sup>2</sup> o více jak 15 mm
- Klece musejí být zavěšeny na ocelových lanech či Gallových, válečkových či Fleyerových řetězech (neplatí pro přímý hydraulický pohon)
- Vzdálenost mezi klecí a vnitřním okrajem prahů nesmí být více jak 30 mm [4]

### 5.3.5 Nosné a bezpečnostní prostředky klece

- Lana a řetězy musí splňovat minimální koeficient bezpečnosti 8
- Musejí být použity minimálně 2 nosné prvky
- Upevnění lan nebo řetězů musí být zajištěno proti samovolnému uvolnění
- Ostatní nařízení k lanům a řetězům obsažena v normě dle typu použití
- Zařízení musí obsahovat jištění klece proti pádu při otevřených dveřích
- Vodítka musí vyhovět přenášenému namáhání
- Zařízení musí obsahovat koncové vypínače v polohách stanic [4]

### 5.3.6 Výtahový stroj

-Předpisy pro pohon dle typu pohonu

#### *pro hydraulický nepřímý:*

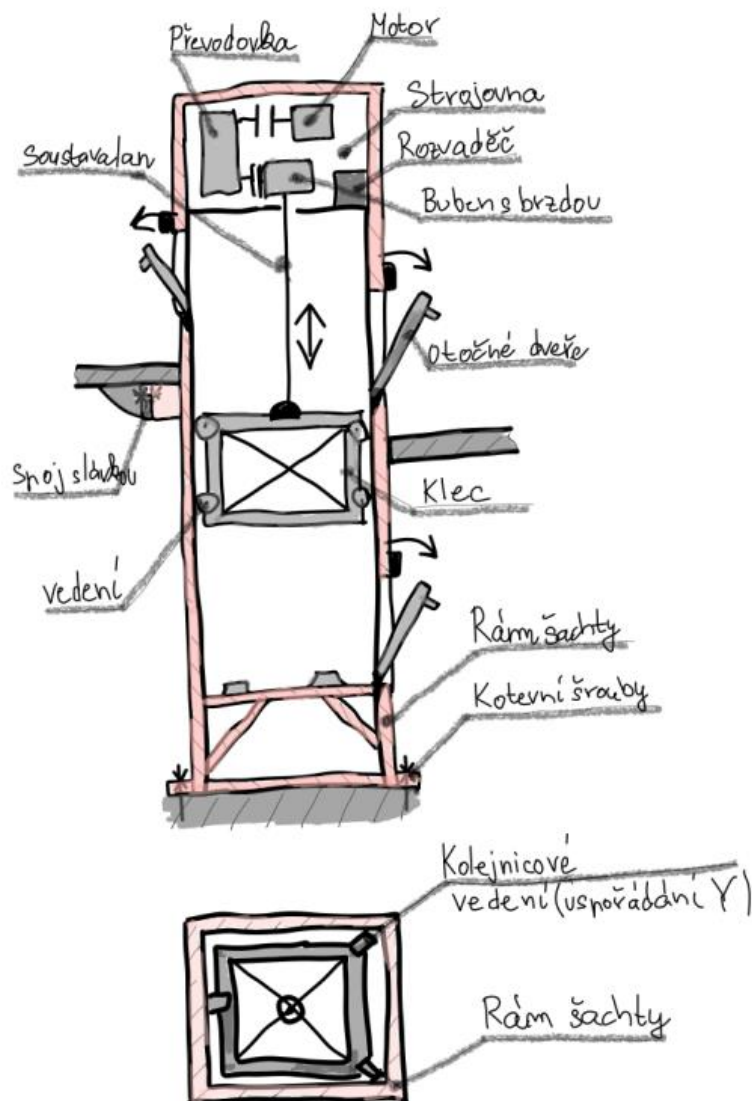
- Hydraulické zařízení musí obsahovat tlumící zarážku v koncových polohách
- Hydraulický válec musí být opatřen od vzdušňovacím zařízením
- Mezi válcem a zpětným ventilem musí být uzavírací ventil
- Zpětný ventil musí být umístěn mezi čerpadlem a uzavíracím ventilem a musí udržet zatíženou klec ve jmenovité poloze
- Musí se použít bezpečnostní ventil mezi čerpadlem a zpětným ventilem
- V obvodu mezi čerpadlem a nádrží a v obvodu mezi uzavíracím ventilem a ventilem pro směr dolů musejí být filtry
- Nádrž musí být snadno kontrolovatelná a vypustitelná
- Mezi zpětným ventilem a uzavíracím ventilem musí být použit tlakoměr
- Rychlost nahoru a dolů nesmí překračovat jmenovitou rychlost nahoru a dolů o více jak 10 %
- Ve strojovně musí být umístěn ruční ventil pro nouzové seslání klece směrem dolů, musí být zajištěn proti zneužití
- Obvod musí obsahovat kapalinový ukazatel polohy klece
- Zařízení musí obsahovat teplotní čidlo pro kontrolu teploty oleje v hydraulickém obvodu [4]

## 6 Návrh možných koncepčních řešení

### 6.1 Varianta A

První varianta je varianta s použitím kinematically vázaného pohonu. Klec je vedena pomocí kolejnicového vedení uspořádaného do písmene Y v šachtě za pomoci dvou lan navíjejících se na buben navijáku, který je poháněn elektromotorem.

Strojovna je v této variantě umístěna ve spodní části šachty.



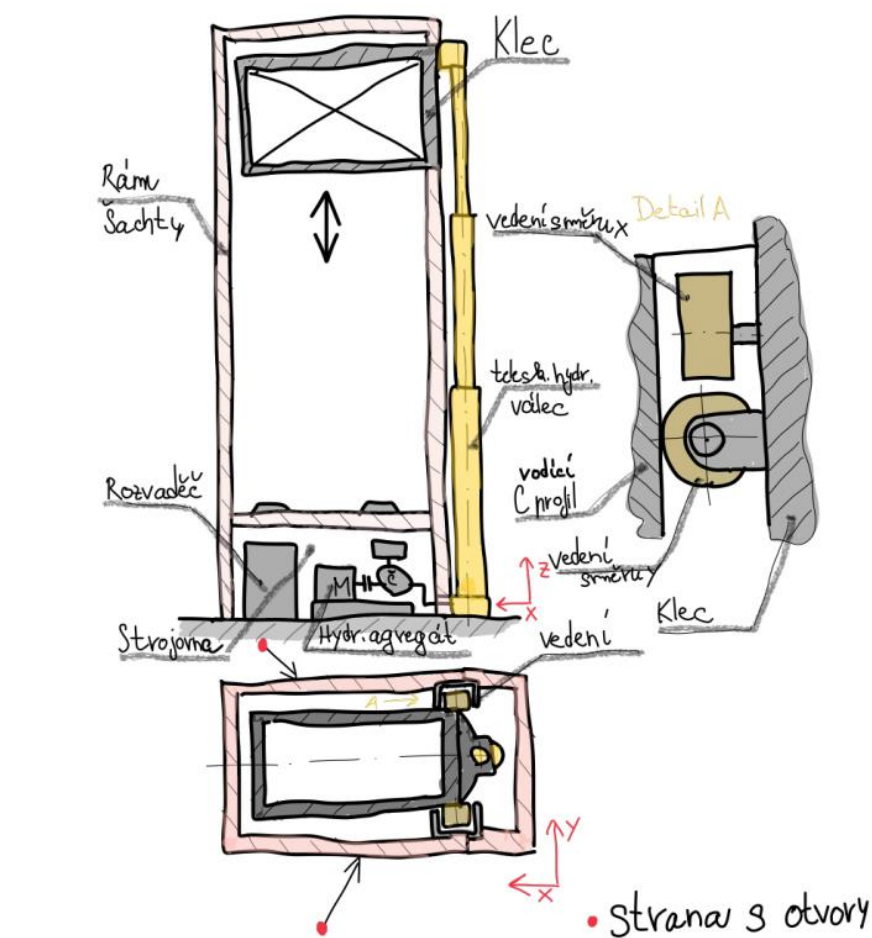
Obrázek 10 – Skica varianty A

## 6.2 Varianta B

Druhá varianta se od první liší v typu použitého pohonu. Je zde využíváno přímého hydraulického pohonu s použitím teleskopického válce. Strojovna tedy místo převodovky a bubnu obsahuje čerpadlo a hydraulickou aparaturu. Vedení je uvažováno valivé s použitím koleček pojíždějících v C profilech.

Nevýhoda této varianty spočívá v relativně vysokém nároku na délku zdvihu pístnice z válce.

Klec je provedena ze svařovaného rámu, který je opláštěný ocelovými plechy. Je vedena ve dvou vodičkách a na boku připojena k pístnici.



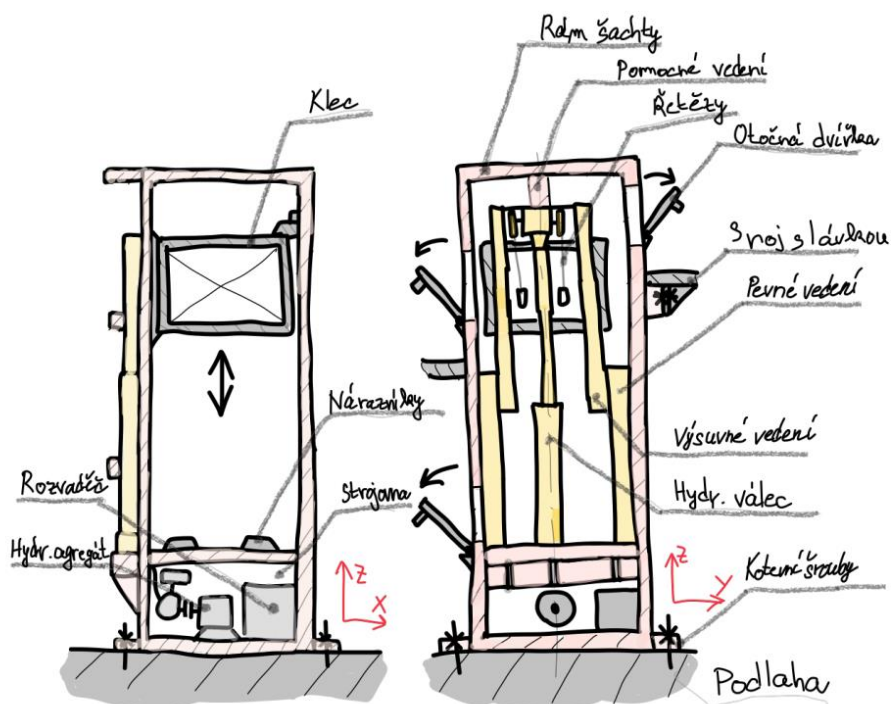
Obrázek 11 – Skica varianty B

### 6.3 Varianta C

Varianta C využívá nepřímý hydraulický pohon. Díky řetězovému převodu je o polovinu snížen nárok na délku pístnice a z toho plyne, že tato varianta je v tomto aspektu ekonomicky příznivější než varianta B.

Strojovna je umístěna pod spodní stanicí a obsahuje hydraulický agregát s potřebnou aparaturou, který je připojen pomocí hadic k hydraulickému válci. Použitý hydraulický válec je jednočinného typu.

Je uvažován válec s vlastním vedením s nosností 350 kg, tento prvek je vzhledem k zadání silně předimenzován, ale z hlediska ekonomické úspory se v tomto aspektu jeví jako varianta nejvhodnější.



Obrázek 12 – Skica varianty C

## 7 Hodnocení a výběr sub-optimální koncepce

Z hlediska zadání, dospecifikovaných parametrů a parametrů z normy byla vytvořena kritéria s indexem hodnocení od 1 do 4, kde nejvyšší hodnota vyjadřuje nejvyšší prioritu.

### 7.1 Seznam hodnotících kritérií

**Hmotnost – 3.** Zařízení je převážně tvořeno z oceli a hliníku, každé vhodně volené odlehčení je tedy žádoucí a propíše se do finální ceny zařízení. V druhé řadě, rostoucí hmotnost znamená vyšší nároky na manipulaci.

**Rychlost zdvihu – 2.** Výtah nemá kontinuální chod a není využíván nepřetržitě. Není zde výrazný nárok na vysokou rychlost zdvihu. Obecně platí, že vyšší rychlost může navýšit efektivitu využití, ale zvyšují se s ní požadavky na pohon, vedení a bezpečnost.

**Náchylnost k poruchám – 3.** Každý zákazník by chtěl neporuchové a kvalitní zařízení, ale vlivem častého používání může být zapříčiněno, že některé komponenty budou potřebovat výměnu či servis.

**Výrobní náročnost – 3.** Toto kritérium zahrnuje výběr použitých technologií a způsobů při výrobě, které se přímo promítají do finančních nároků na zařízení.

**Finanční náročnost – 4.** Nejdůležitější kritérium, které je úzce spjato se všemi ostatními.

**Bezpečnost použití – 4.** Bezpečnost dle normy musí být dodržena za všech okolností.

**Manipulovatelnost – 2.** Kritérium, které vyjadřuje nároky na manipulaci jak během montáže, tak během běžného používání.

**Složitost konstrukce – 2.** Aspekt vyjadřující nároky na montáž a servis zařízení.

**Vhodnost použití na jiných místech – 1.** Výtah je sice z hlediska počtu kusů vyrobených zařízení považován za jediný, ale není nijak nežádoucí mít univerzální či lehce modifikovatelné zařízení pro případ jiného použití.

**Stabilita jízdy – 2.** Vlastnost vyjadřující schopnost vedení a pohonu přesně vézt klec při zatížení.

Z jednotlivých kritérií byla vytvořena jednoduchá tabulka, ve které jsou jednotlivá kritéria u každé varianty ohodnocena od nejhorší po nejlepší na stupnici od 1 do 4 podle toho, jak jsou splněna. Následně jsou vzájemně vynásobena a tyto výsledky jsou v rámci každé varianty sečteny. Vybrána je varianta s nejvyšším součtem dílčích výsledků, což je varianta C.

## 7.2 Výběr nejvhodnější koncepce

SWOT hodnocení koncepčních variant							
Hodnotící kritéria		Varianty a dílčí součiny					
	Index	A		B		C	
Hmotnost	3	2	6	3	9	3	9
Rychlost zdvihu	2	4	8	3	6	2	4
Náchylnost k poruchám	3	2	6	3	9	3	9
Výrobní náročnost	3	3	9	2	6	3	9
Finanční náročnost	4	2	8	1	4	4	16
Bezpečnost použití	4	3	12	3	12	4	16
Manipulovatelnost	2	2	4	3	6	3	6
Složitost konstrukce	2	3	6	2	4	3	6
Vhodnost použití jinde	1	1	1	3	3	3	3
Stabilita jízdy	2	4	8	3	6	2	4
Součet hodnocení			68		65		82

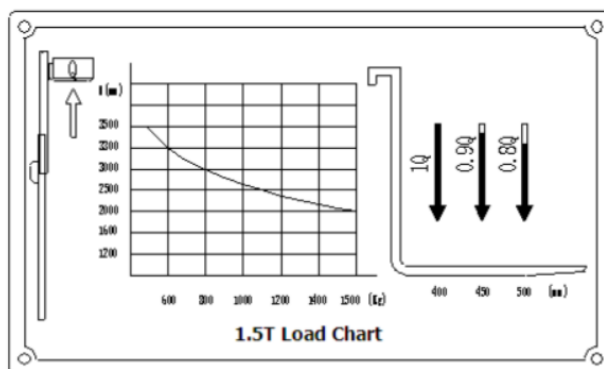
Tabulka 1 – SWOT hodnocení koncepčních variant



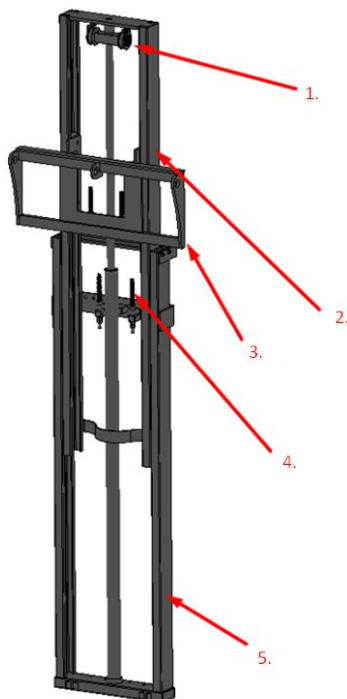
## 8 Konstrukční návrh vybrané varianty

### 8.1 Návrh hydraulického válce s vedením

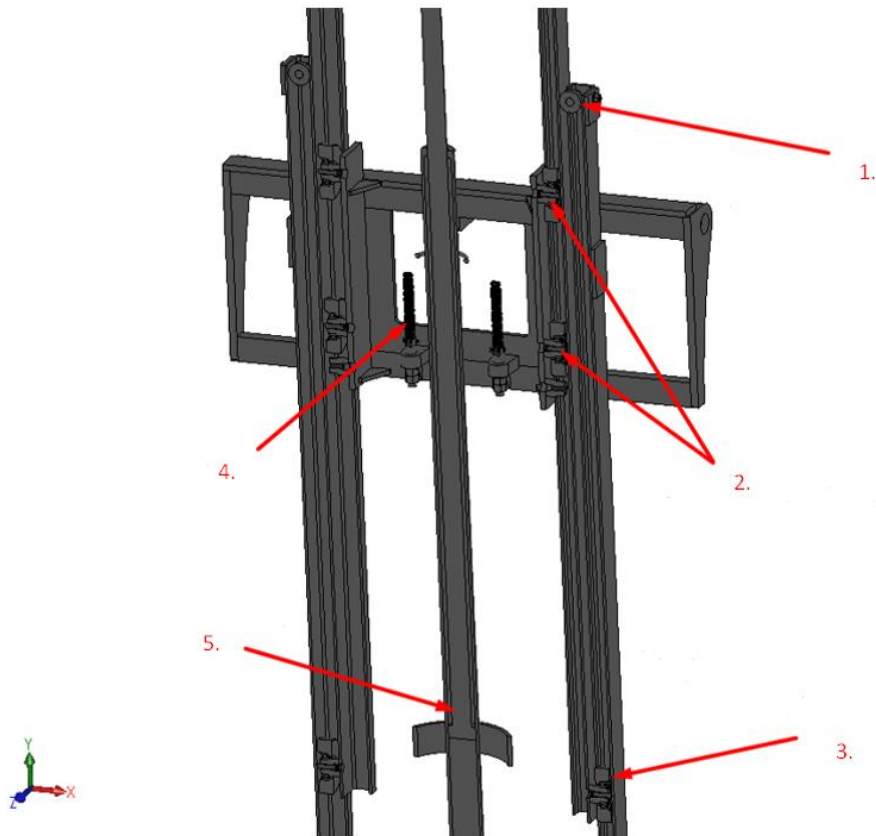
V samotném konstrukčním návrhu bylo postupováno nejprve výběrem válce s jeho vedením. Tato komponenta byla zakoupena jako součást poloelektrického vysokozdvizného vozíku od firmy Tor Industries s.r.o., ze kterého byla následně vyjmuta, odzkoušena, změřena a zanesena do CAD dat. Toto zařízení využívá nepřímého hydraulického pohonu s použitím řetězového převodu ke snížení zdvihu samotného pístu. Obsahem zařízení je jednočinný hydraulický válec o maximálním zdvihu 1750 mm, což znamená, že v kombinaci s řetězovým převodem zařízení splňuje požadovaný zdvih 3400 mm. Vzdálenost těžiště zatížení od osy vedení je 550 mm. Z této skutečnosti plyne, že dle zatěžovacího diagramu je nosnost v horní poloze zdvihu minimálně 350 kg. [9]



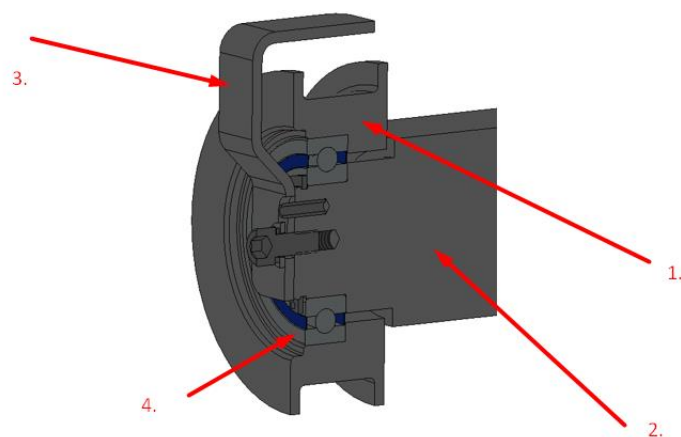
Obrázek 13 - Zatěžovací diagram zdvižného mechanismu [9]



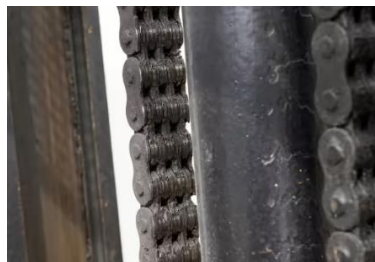
Obrázek 14 - Detailní stavební struktura zdvižného mechanismu 1 (1- Kladky pro Fleyerův řetěz; 2- Rám pohyblivého vedení; 3- Zdvihný jezdec; 4- Uchycení řetězů na pevném rámu; 5- Pevný rám)



Obrázek 15 - Detailní stavební struktura zdvižného mechanismu 2 (1- Kolo vodící pohyblivý rám, přenášející zatížení ve směru X, 2- Kola vodící jezdec; přenášející zatížení ve směru Z a X; 3- Kolo vodící pohyblivý rám, přenášející zatížení ve směru Z; 4- Uchycení řetězů na jezdc; 5- Píst ve válci nesoucí zatížení ve směru Y)



Obrázek 16 - Pohled na řez uložením řetězové kladky na zdvižném mechanismu ( 1- Kladka; 2 - Těleso uložení kladek; 3 – Jazyček pojišťující přeskočení řetězu z drážky; 4 – Jednořadé kuličkové ložisko)



Obrázek 17 - Pohled na Fleyerův řetěz zdvižného mechanismu

### 8.1.1 Kontrola zdvižné síly pístu

Zdvih břemene nahoru je vyvozen vlivem přečerpání tlakového média z nádrže do válce. Zde je nutné zkontrolovat, zda píst vyvine pro tuto operaci dostatečnou sílu. Tato veličina je zjištěna pomocí výpočtu.

Koeficient přetížení :  $k_p = 5$

Jmenovitý tlak :  $p = 10 \text{ MPa}$

Průměr pístu :  $d_p = 56 \text{ mm}$

Hmotnost klece :  $m_k = 102 \text{ kg}$

Hmotnost zdvihaného břemene :  $m_b = 100 \text{ kg}$

**Výpočet maximální síly vyvinuté pístem:**

$$F_{vmax} = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \cdot p = \frac{\pi \cdot 56^2}{4} \cdot 10 = \mathbf{24630 \text{ N}} \quad (1)$$

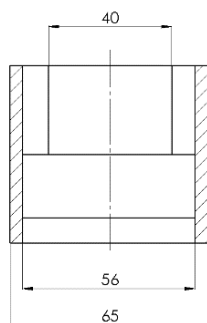
**Výpočet porovnávacího zatížení:**

$$Q = m_b \cdot k_p \cdot g + m_k \cdot g = 100 \cdot 5 \cdot 9,81 + 102 \cdot 9,81 = \mathbf{5906 \text{ N}} \quad (2)$$

**Porovnání jednotlivých silových účinků:**

$$Q < F_v \rightarrow \mathbf{5906 < 24630 \text{ [N]}} \quad (3)$$

Z výpočtu je ověřeno, že už při jmenovitém tlaku 10 MPa je píst schopen zdvihnout vložený náklad i při značném přetížení



Obrázek 18 - Rozměry použitého hydraulického válce a pístu

### 8.1.2 Výpočet rychlosti jezdce

Jelikož se jedná o jednočinný hydraulický válec, tak zdvih směrem dolů bude vyvozen pouze samovolným klesáním kapaliny vlivem gravitace. Rychlost zdvihu směrem nahoru závisí převážně na otáčkách agregátu pohánějícího čerpadlo a jeho objemovém průtoku. Byl zvolen hydraulický agregát s obchodním označením F00304T1D od firmy Hydroma s.r.o. s výkonem 0,95 kW a nádrží o objemu 6 dm<sup>3</sup>. Rychlost klece směrem nahoru je vypočtena níže. [10]

Objemový průtok čerpadla:  $\dot{Q}_o = 6,2 \text{ cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1}$

Jmenovité otáčky motoru:  $n_j = 1450 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Průměr pístu válce:  $d_p = 0,056 \text{ m}$

Výška zdvihu válce:  $l = 1,7 \text{ m}$

Výška zdvihu celkem:  $l_c = 3,4 \text{ m}$

**Výpočet potřebného objemu k naplnění:**

$$V_v = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \cdot l = \frac{\pi \cdot 0,056^2}{4} \cdot 1,7 = \mathbf{4,19 \text{ dm}^3} \quad (4)$$

**Objemový průtok čerpadla za sekundu:**

$$\dot{Q} = \frac{\dot{Q}_o}{1000} \cdot \frac{n_j}{60} = \frac{6,2}{1000} \cdot \frac{1450}{60} = \mathbf{0,15 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}} \quad (5)$$

**Doba k naplnění válce při plném zdvihu:**

$$t_s = \frac{V_v}{\dot{Q}} = \frac{4,19}{0,1551} = \mathbf{23,93 \text{ s}} \quad (6)$$

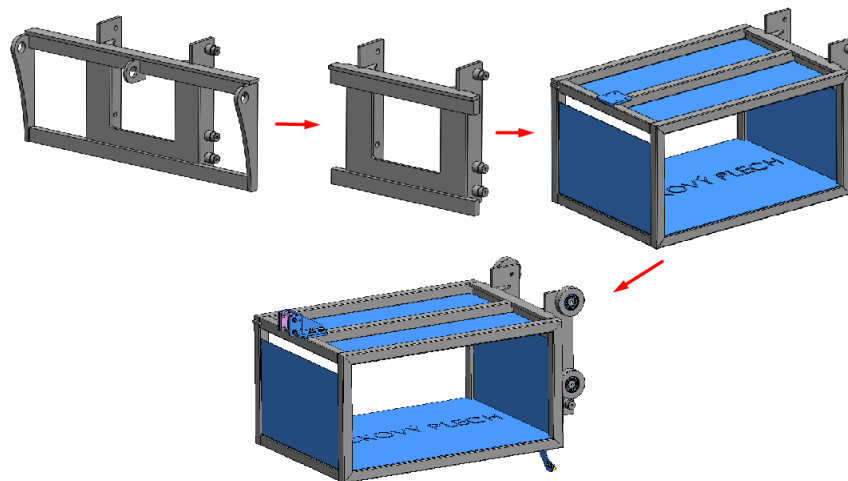
**Rychlost klece při zdvihu nahoru:**

$$v_h = \frac{l_c}{t_s} = \frac{3,4}{27,93} = \mathbf{0,122 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \quad (7)$$

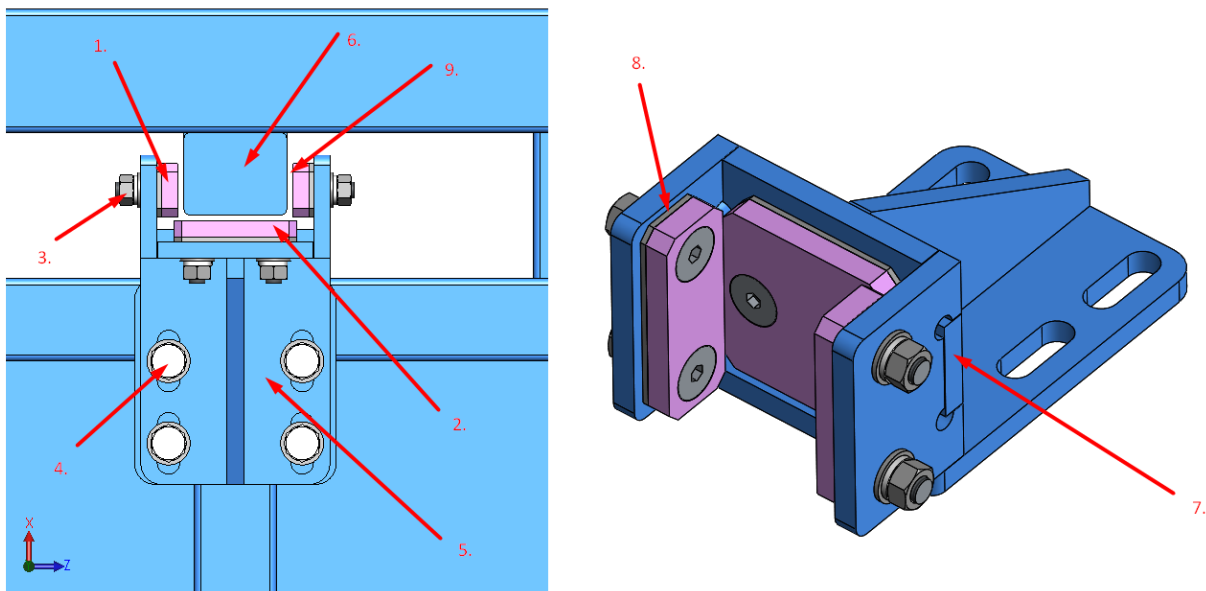
Rychlost klece dolů bude dopravena v rámci fyzické realizace. Pokud by rychlost nedosahovala či přesahovala rychlost směrem nahoru o více jak 10 %, došlo by k nastavení či výměně hydraulických komponent ovlivňujících rychlost pohybu směrem dolů.

## 8.2 Konstrukce klece a šachty

Součástí válce s vedením byl i zdvižný jezdec s vidlemi. Tato část bylo vyjmuta a částečně upravena na pojízdnu klec tvořenou ze svařovaných dutých čtyřhranných profilů TR4HR 40x3 z dobře svařitelného materiálu S235JRH. Následně byly na konstrukci klece z boků navařeny plechové zábrany a na plochu zátěžnou nainstalován slzičkový plech, z důvodu eliminace skluzu materiálu při přepravě. Proces úpravy klece je znázorněn na obrázku č.15. Klec navíc byla vybavena pomocným vodítkem, kvůli zlepšení vodících vlastností a lepšímu rozložení přenášení zátěžných účinků do rámu šachty. Vodítko je navíc s deskami z kluzných plastových dílů od firmy Murdtfeldt. Tyto díly mají nízký koeficient tření pro zlepšení vodících vlastností a lepší rozložení přenášení zátěžných účinků do rámu šachty.

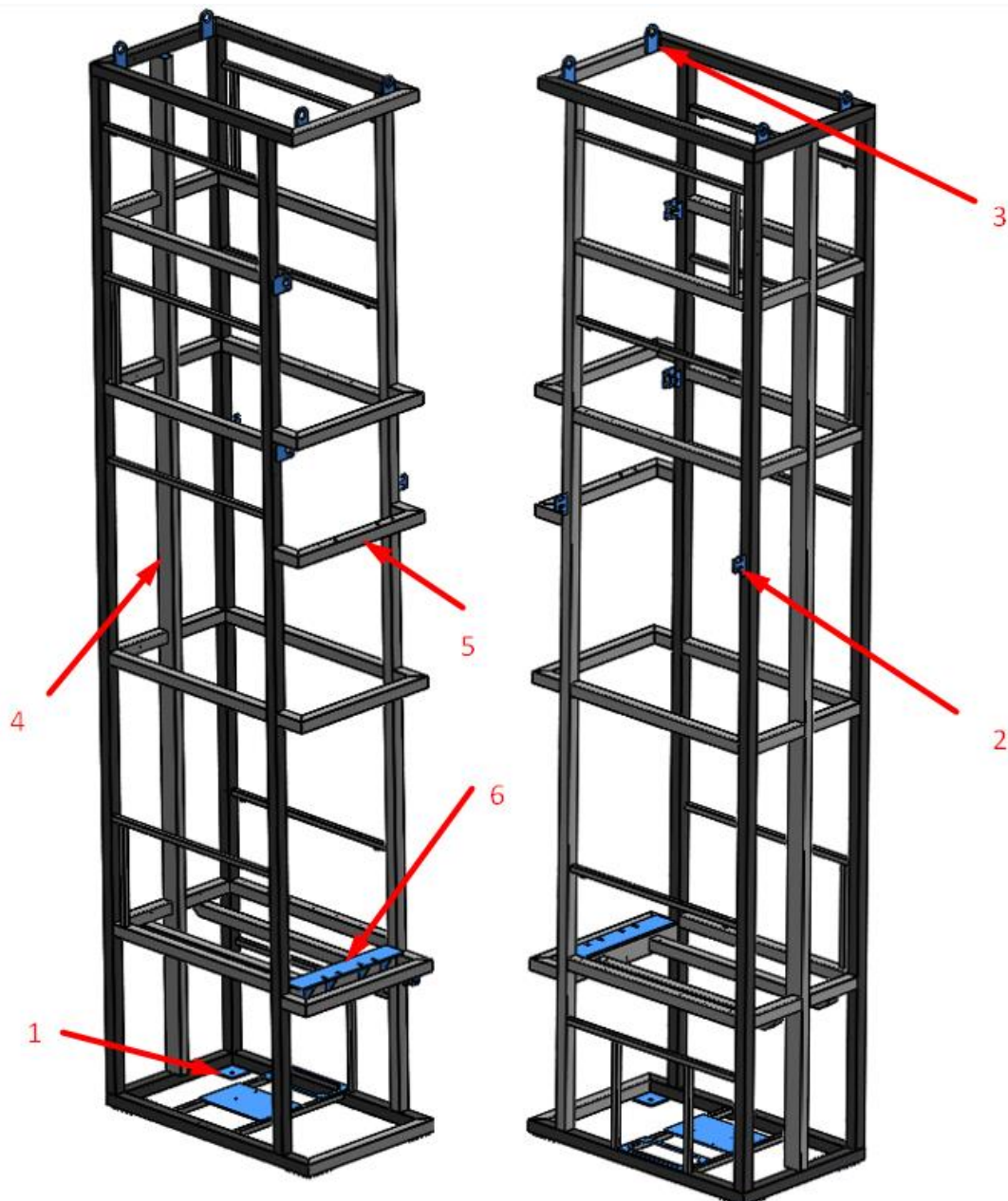


Obrázek 19 - Znáznornění úprav jezdcu na pojízdnu klec

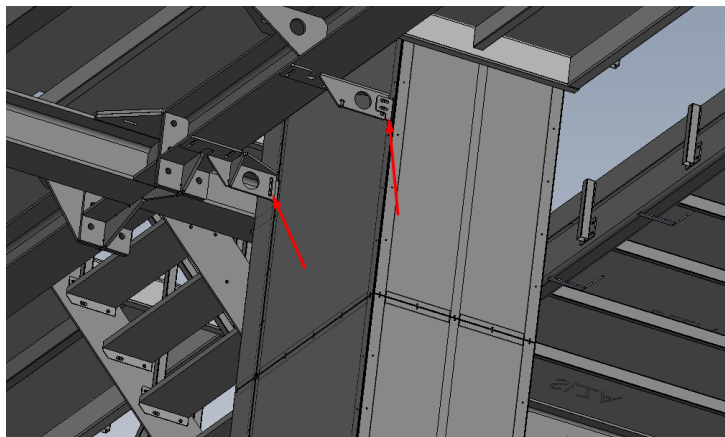


Obrázek 20 – Detailní pohled na pomocné vedení ( 1 - Deska z kluzného plastu vodící ve směru Z ; 2 - Deska z kluzného plastu vodící ve směru X; 3 – Šroubový spoj držící desky na svařovaném nástavci; 4 – Drážky sloužící k nastavení pomocného vedení ve směru X; 5 – Tělo pomocného vodítka ; 6 – Vedení svařené s šachtou; 7 – Zámky k snadnějšímu svařování; 8 – Vymezovací podložky k nastavení vůle ve směru X; 9 – Vůle zhruba 2,5 mm z důvodu deformace vedení vlivem svařování)

V závislosti na zástavbě zdvižného mechanismu a klece byl okolo zkonstruován rám šachty tvořený z čtyřhranných dutých profilů převážně z polotovaru TR4HR 60x, vyrobených z materiálu S235JRH. Konstrukce šachty je připevněna k zemi pomocí průvlakových kotev do betonu M16x140, umístěných v dírách ocelový patek svařených s konstrukcí šachty. Navíc je připevněna ke konstrukci lávek šrouby M12, z důvodu eliminace nežádoucích zatěžujících účinků, vlivem nechtěného opření se o zařízení v jedné z horních stanic. Rám je vybaven oky k zajištění snazší manipulace. Celé zařízení je v úmyslu instalovat na místo používání jako smontovaný celek za pomoci podstropního jeřábu. Na místě pouze připojit elektřinu, vzduch a doplnit hydraulický olej do nádrže čerpadla.



Obrázek 21 - Pohled na svařenec šachty z více perspektiv (1- Deska kotvení s dírou pro průvlakovou kotvu; 2 – Deska pro spojení s vedlejší konstrukcí lávek; 3 – montážní oka; 4 – Pomocné vedení; 5 – Místo spojení šachty s zdvihacím mechanismem ; 6 – Místo podepření zdvihacího mechanismu svařencem šachty)

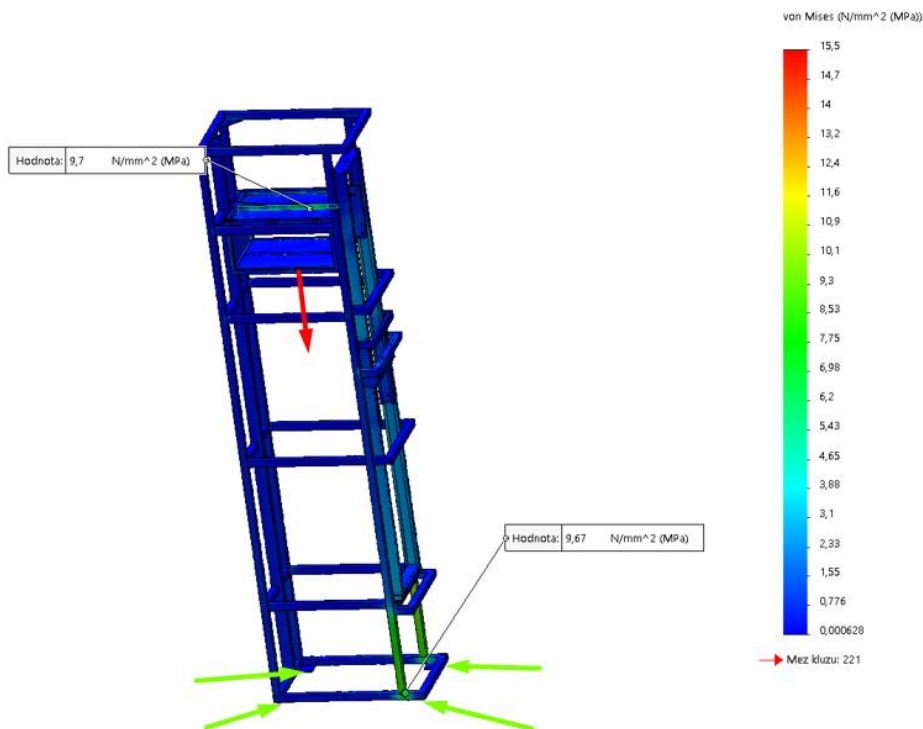


Obrázek 22 – Detailní pohled na spojení konstrukce výtahu s konstrukcí lávek

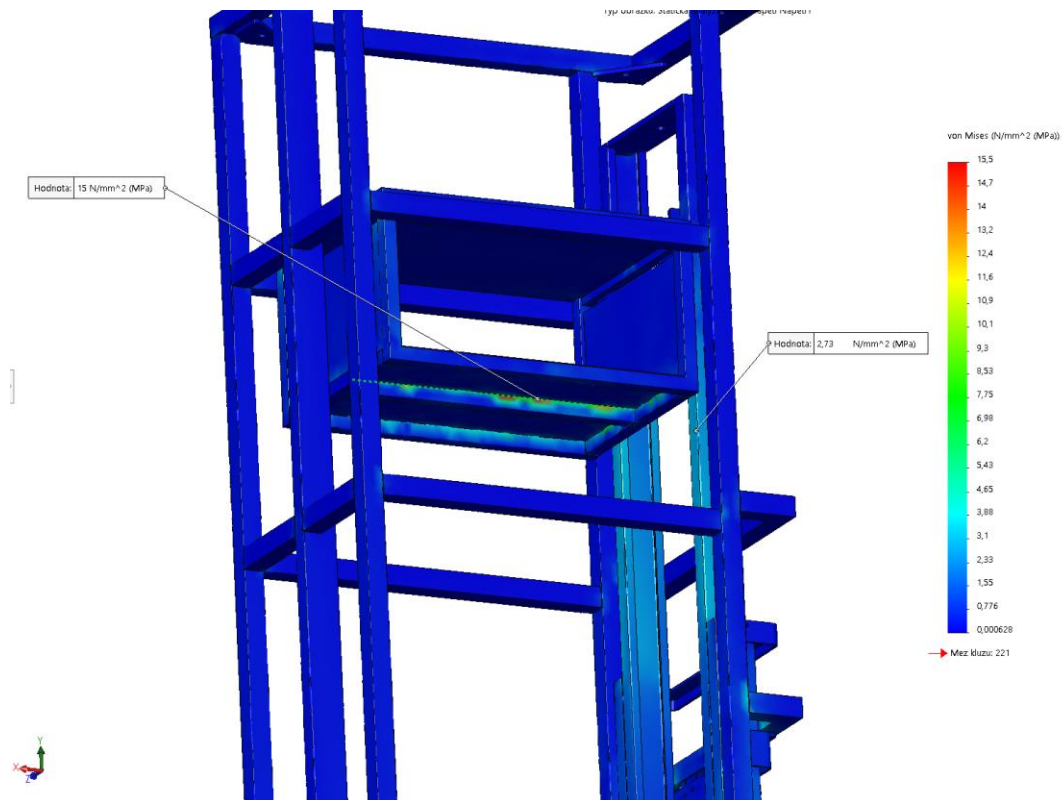
### 8.3 Numerická kontrola navržené klece, šachty a vedení

Ve skutečnosti bude nosnost ještě větší než zmíněných 350 kg díky přidání pomocného vedení a zachycení zatěžujících účinků už horní částí rámu šachty. Napětí a deformace v komponentách šachty, klece a vedení byly zjištěny pomocí MKP s pomocí software Solidworks simulation.

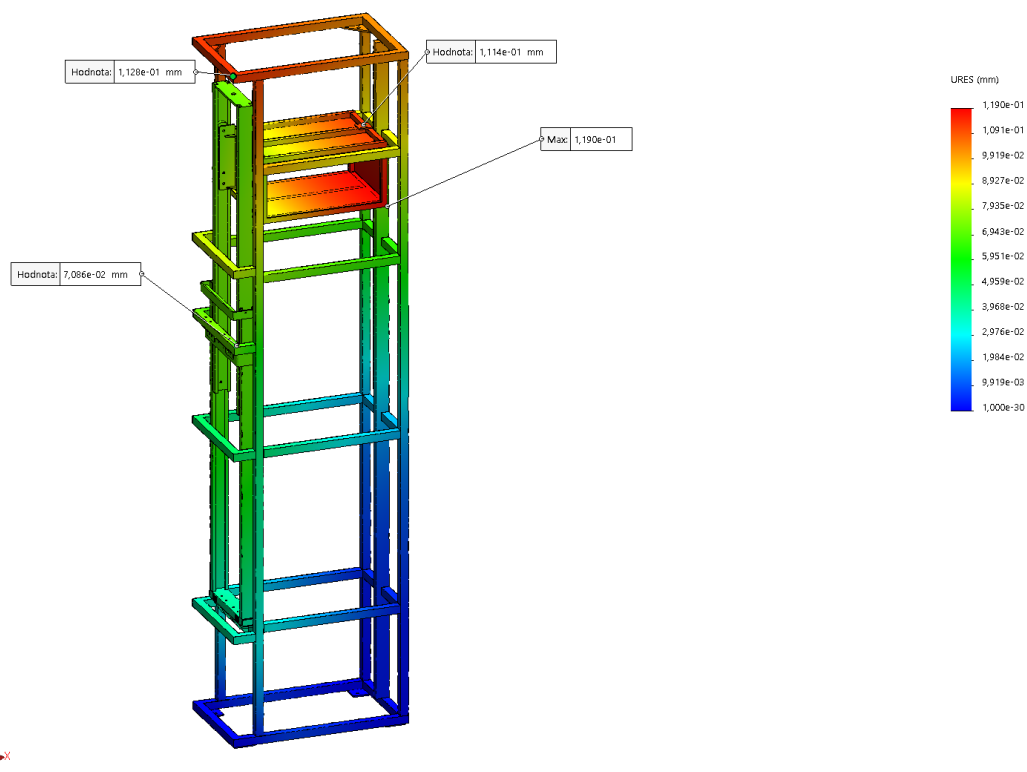
Jako okrajové podmínky výpočtu byly uvažovány celkové fixace rámu šachty v oblasti čtyř ocelových patek a spojitě zatížení plochy klece silou 4000 N a silou od tíhy klece 1000N. Výtah bude ve skutečnosti namáhán pouze pracovní silou 1000 N a svou tíhou, ale z hlediska možné excentricity zatížení během reálného provozu a uvážením jisté rezervy, je voleno ve výpočtu větší zatížení.



Obrázek 23 - Zobrazení výsledků výpočtu napětí dle hypotézy Von Mises ( červená – směr a působíště silových účinků; zelená – fixační plochy pro výpočet)



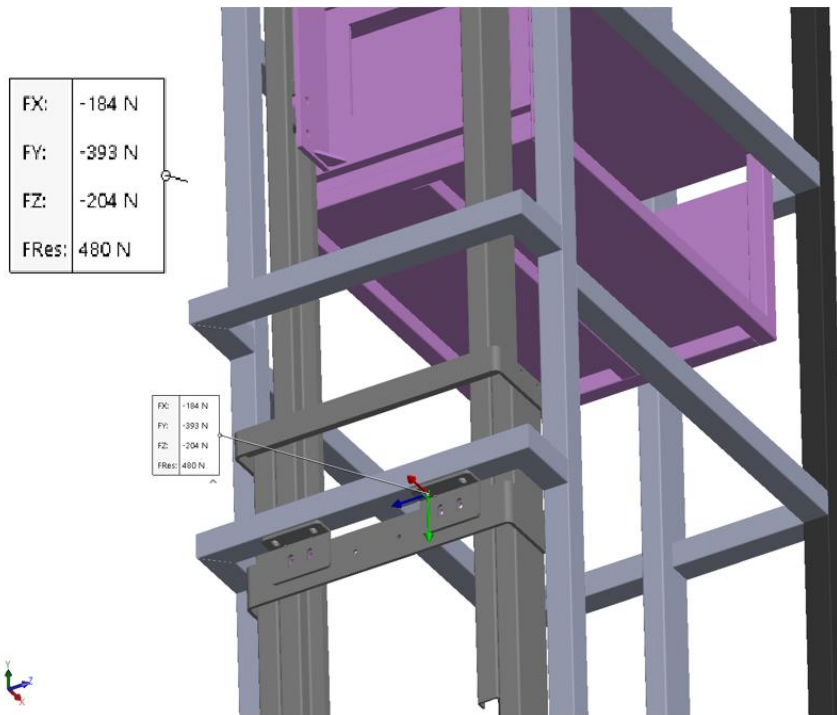
Obrázek 24 - Zobrazení výsledků výpočtu napětí dle hypotézy Von Mises ( detailní pohled na oblast s globálním maximem)



Obrázek 25 - Zobrazení výsledků analýzy celkové deformace



Ve výpočtu bylo zjištěno, že i při značném přetížení konstrukce v rámci okrajových podmínek nebyla téměř deformovaná a v žádném místě nepůsobilo žádné napětí atakující mez kluzu. Proto byla provedena optimalizace rámu z hlediska změny parametrů čtyřhranných dutých profilů TRHR 60x4 na velikost TRHR 60x2. Tento krok odlehčil konstrukci rámu z 340 kg na zhruba 170 kg. Na obrázku č. 23, 24 a 25 je znázorněna analýza již s profilem tloušťky 2 mm.



Obrázek 26 - Zobrazení silové reakce v otvoru uchycení zdvižného mechanismu pomocí MKP

#### 8.4 Výpočet šroubového spoje uchycení zdvižné konstrukce

V rámci výpočtu bylo ověřena bezpečnost smyku u šroubového spoje mezi rámem šachty a svařeným mezikusem spojujícím šachtu se zdvižným mechanismem. Pro jednodušší zjištění těchto vstupních parametrů byl rám šachty vetknut v spojovacích otvorech. Tento krok znamená, že reakce zjištěná na obr. č. 26 je o něco větší než ve skutečnosti kvůli značnému potlačení deformace čtyřhranného profilu šachty vetknutím. Na obr. č. 26 je zobrazena ta reakce v otvoru, která vyšla z hlediska okrajových podmínek jako největší ze všech čtyř.

Tato kontrola je uskutečněna z důvodu převahy smykového zatížení na spojovací element, který zpravidla musí přenášet jen zatížení tahová. Jejím účelem je zjistit, zda jsou parametry spoje dostačující k odolání to zatížení.

##### Navržené a volené hodnoty:

Navržená velikost šroubu: M12 Normálové zatížení spoje:  $F_Y = 393 \text{ N}$

Střední průměr závitu: [12]  $d_2 = 10,863 \text{ mm}$  Malý průměr závitu: [12]  $d_3 = 9,853 \text{ mm}$

Pevnostní třída šroubu: 5.8 Zatížení spoje ve směru x  $F_X = 184 \text{ N}$

Povrch šroubu: Pozinkovaný Zatížení spoje ve směru z:  $F_Z = 204 \text{ N}$

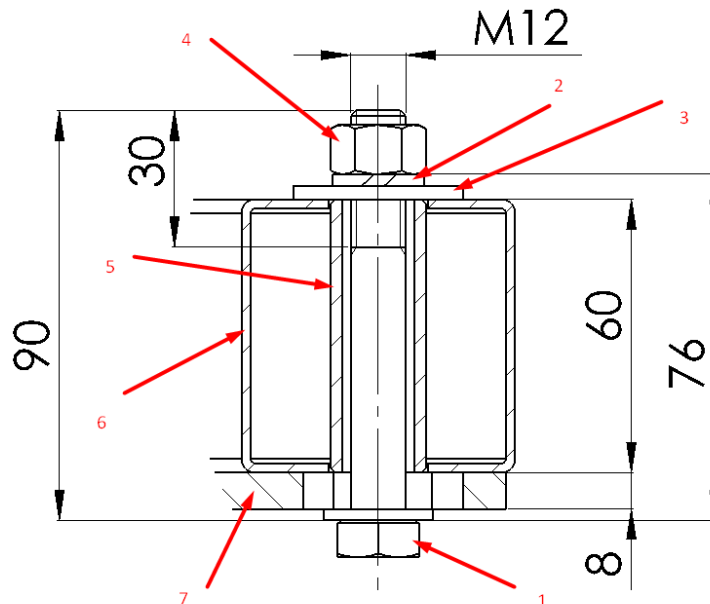
Délka šroubu:  $l_s = 90 \text{ mm}$  Tloušťka spojovaných součástí:  $l_{sc} = 76 \text{ mm}$

Délka závitu na šroubu: [12]  $b = 30 \text{ mm}$  Modul pružnosti v tahu:  $E = 210000 \text{ MPa}$

Volený utahovací moment: [12]  $M_U = 54,9 \text{ Nm}$  Konstanta  $K$ : [11]  $K = 0,2$

Konstanta pro výpočet tuhosti  $A$ : [11]  $A = 0,2$  Konstanta pro výpočet tuhosti  $B$ : [11]  $B = 0,2$

Koeficient tření ocel-ocel: [11]  $f = 0,15$



Obrázek 27 - Schématické zobrazení navrženého spoje (1 - Šroub M12x90 DIN 931; 2 – Velkoplošná podložka M12 DIN 9021; 3 – Pružná podložka M12 DIN 7980; 4 – Matice M12 DIN 934; 5 – Vyztužovací vevařená trubka; 6 – TR4HR 60x2; 7 – Deska)

**Vektorový součet složek působící na šroub stříhem:**

$$Q_s = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = \sqrt{184^2 + 204^2} = 274,7 \text{ N} \quad (8)$$

**Výpočet předepínací síly z utahovacího momentu:**

$$F_i = \frac{M_U}{d \cdot K} = \frac{54,9 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot 0,2} = 22875 \text{ N} \quad (9)$$

**Výpočtový průřez šroubu:**

$$A_j = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{10,863 + 9,853}{2}\right)^2 = 84,26 \text{ mm}^2 \quad (10)$$

**Plocha průřezu dříku:**

$$S_d = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 12^2}{4} = 113,1 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

**Výpočet tuhosti šroubu:**

$$k_s = \frac{S_d \cdot A_j \cdot E}{S_d \cdot (l_s - b) + A_j \cdot b} = \frac{113,1 \cdot 84,26 \cdot 210000}{113,1 \cdot (76 - 60) + 84,26 \cdot 60} = 291508 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1} \quad (12)$$

**Výpočet tuhosti spojovaných částí:**

$$k_{ps} = E \cdot d \cdot A \cdot e^{\left(\frac{B \cdot d}{l_{sc}}\right)} = 210000 \cdot 12 \cdot 0,78715 \cdot e^{\left(\frac{0,62873 \cdot 12}{76}\right)} = \mathbf{2190640 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}} \quad (13)$$

**Tuhostní konstanta:**

$$C = \frac{k_s}{k_s + k_p} = \frac{291508}{291508 + 2190640} = \mathbf{0,1174} \quad (14)$$

**Zatížení spoje:**

$$F_p = F_i - (1 - C) \cdot Q_N = 22875 - (1 - 0,1174) \cdot 393 = \mathbf{22528 \text{ N}} \quad (15)$$

**Zatížení šroubu  $F_s$ :**

$$F_s = F_i + C \cdot F_N = 22875 + 0,1174 \cdot 393 = \mathbf{22921 \text{ N}} \quad (16)$$

**Napětí v šroubu:**

$$\tau_s = \frac{F_s}{A_j} = \frac{22921}{84,26} = \mathbf{272 \text{ MPa}} \quad (17)$$

**Maximální smyková síla:**

$$F_{smax} = F_p \cdot f = 22528 \cdot 0,15 = \mathbf{3379 \text{ N}} \quad (18)$$

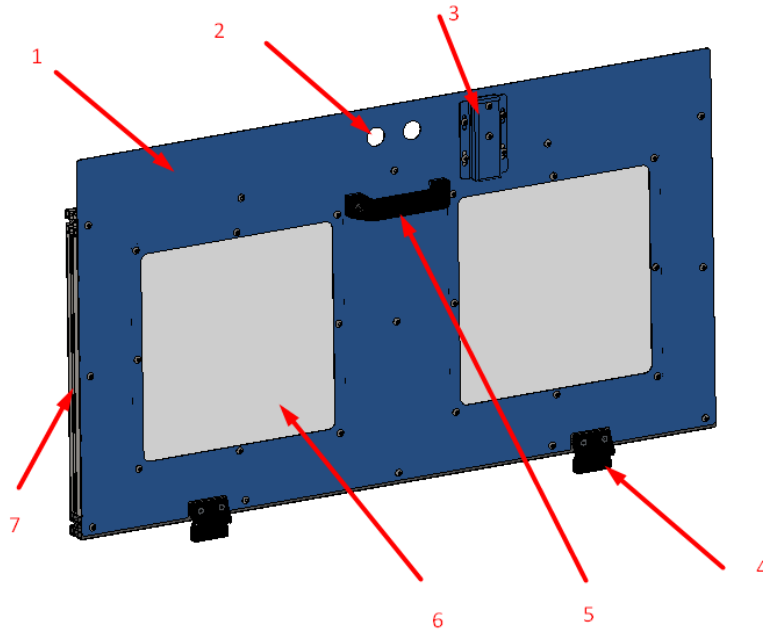
**Bezpečnost smyku:**

$$k_{smyk} = \frac{F_{smax}}{Q_s} = \frac{3379}{274,7} = \mathbf{12,3} \quad (19)$$

Výslednou hodnotou vyplývající z výpočtu je bezpečnost smyku, která je značně vysoká. V praxi to pro spoj znamená, že lze snížit pevnostní třídu šroubu či jeho velikost, ale v rámci konstrukce bude tento spoj zachován. [11]

## 8.5 Konstrukce šachetních dveří

Kostru šachetních dveří tvoří hliníkový rám z profilů firmy Aluteckk. Rám je opláštěn lakovaným plechem přišroubovaným pomocí šroubů s půlkulatou hlavou do matic vložených v drážkách hliníkového rámu. V horní části dvířek je situován v ohýbané ocelové krabičce spínací trn pro bezpečnostní zámek dveří. Tato krabička zároveň plní funkci výztuhy vrchní části plechu, která má za účel kryt a doléhat na ocelový rám šachty. Dveře jsou zhotoveny jako otočné s výklopem 180° a v dolní úvrati otevření doléhají madlem na silentblok, aby se při manipulaci s nimi potlačily negativní rázy do oplechování šachty.



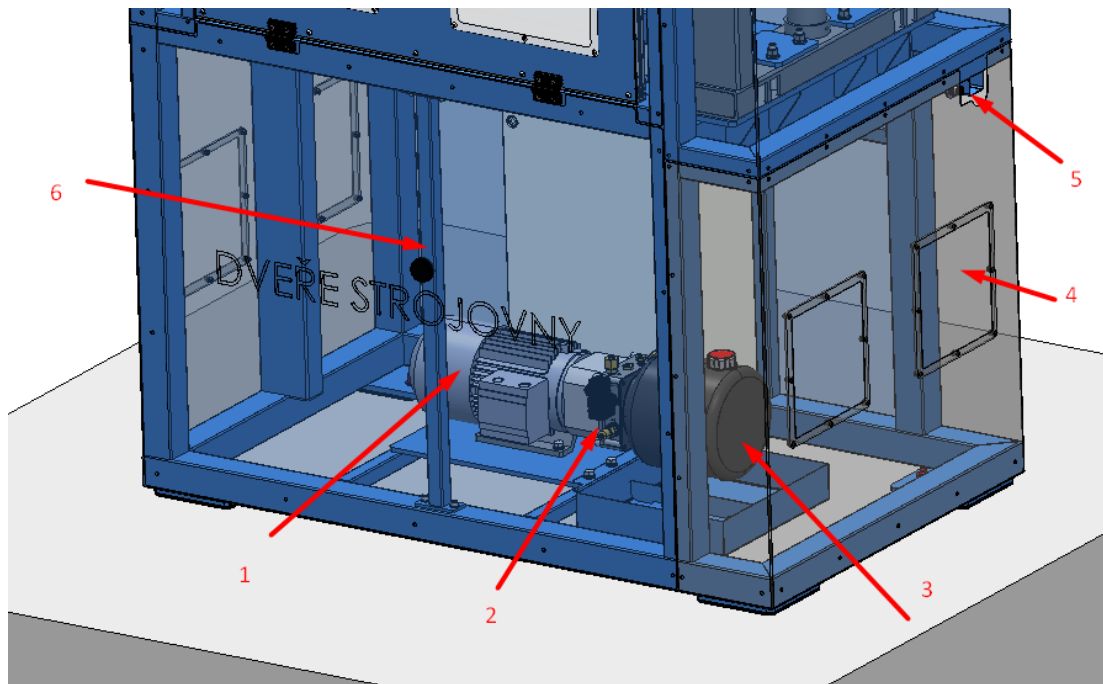
Obrázek 28 - Zobrazení stavební struktury otočných šachetních dveří (1 – Lakovaný plech; 2 – Otvor pro servisní otevření zámku dveří; 3 – Krytí spínacího trnu zámku; 4 – Otočný pant o 180°; 5 – Madlo; 6 – Okno z PC; 7 – Alu-teckk rám dveří)

## 8.6 Konstrukce a výbava strojovny

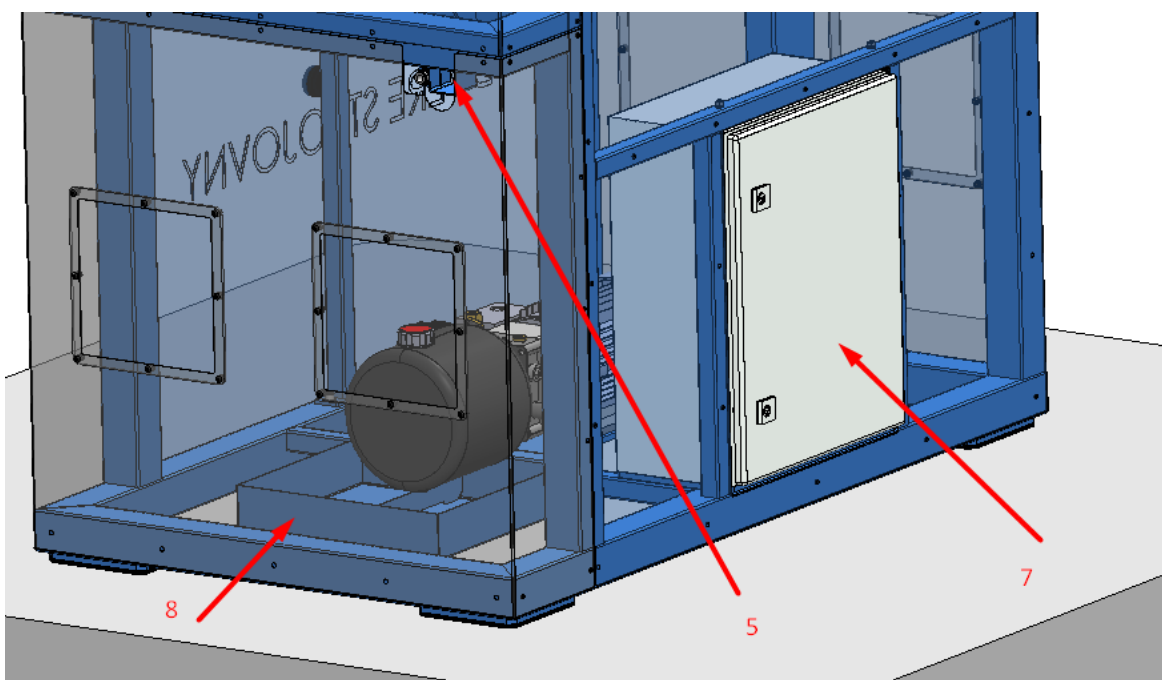
Strojovna je situována ve spodní části šachty pod spodní stanicí. Je považována za nepřístupnou díky nutné manipulaci s náradím sloužícím k jejímu otevření. Ve strojovně je instalován agregát o výkonu 0,95 kW a jmenovitých otáčkách  $1450 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ . Dále se zde nachází hydraulická aparatura s potřebnými ventily a měřicími prvky dle ČSN EN 81-3+A1. Agregát je spojen s čerpadlem o objemovém průtoku  $6 \text{ dm}^3 \cdot \text{ot}^{-1}$  a nádrží o objemu  $5 \text{ dm}^3$ . Pod nádrží lze nalézt svařovanou plechovou odnímatelnou vanu pro snadné vypuštění oleje ze soustavy. Z ventilového bloku do válce je přepravován hydraulický olej pomocí hadic. Modely hydraulického agregátu na obr. č. 29 a 30 jsou ilustrační.

Z druhé strany strojovny je rozvaděč od firmy Rittal s obchodním označením 1045.500 o rozměrech 500x400x200. Strojovnu je možné vizuálně kontrolovat bez odjímání krytu pomocí otvorů vyplněných polykarbonátovými pláty. Z boku strojovny je otvor pro připojení elektřiny a vzduchu.

Vstup do strojovny je z bezpečnostního hlediska povolen pouze pokud je klec ve spodní stanici a není v ní umístěn žádný náklad.



Obrázek 29 - Zobrazení stavební struktury strojovny 1 (1 – Elektromotor; 2 – Hydraulické čerpadlo s ventilovým blokem; 3 – Nádrž na hydraulický olej; 4 – Průhledné pláty z PC; 5 – Příklad na vzduch a elektřinu; 6 – Dveře strojovny)



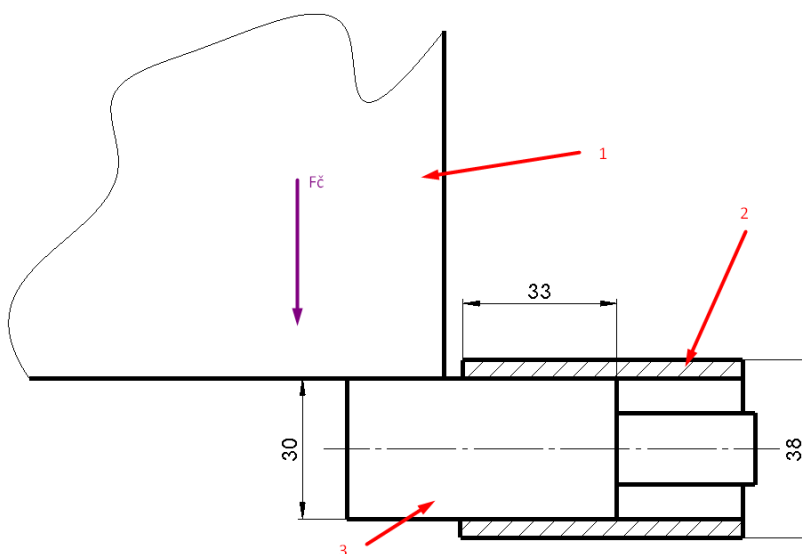
Obrázek 30 - Zobrazení stavební struktury strojovny 2 (5 – Příklad na vzduch a elektřinu; 7 – Rozvaděč; 8 – odnímatelná nádržka pro vypouštění oleje z nádrže)

## 8.7 Bezpečnostní prvky a systémy zařízení

Konstrukce z důvodu běžně nepřístupných prostorů pod šachtou nemá klasické zachycovače a omezovače rychlosti. Hlavním bezpečnostním prvkem sloužícím k zabezpečení polohy klece při otevřených dveřích a manipulaci s nákladem je vysunovací čep podpírající klec. Při nežádoucím přetržení nosných prvků při otevřených dveřích, se tedy klec opře o vysunutý čep a zamezí tím ohrožení částí lidského těla a právě nakládaného nákladu. Mezi vysunutým čepem a klecí je ve skutečnosti vůle v řádech milimetrů z důvodu, že čep se musí i v případě mírné nepřesnosti zastavené polohy klece vysunout a v žádném případě nekolidovat s klecí. Výsledkem této vůle může být při uvolnění klece dynamický ráz. Tento jev je v kontrole čepu vykompenzován zanesením koeficientu přetížení do výpočtu zatěžující síly. Pohyb trnu je vyvozen pneumatickým válcem, který je s ním spojen svou pístnicí. Čep je veden v přesném pouzdru, které je zde umístěno z důvodu eliminace ohybového zatížení na pístnici pneumatického válce. Na čepu je zároveň připevněn rádiový snímač s transpondérem, který v případě sepnutí s protikusem signalizuje aretaci klece a dveře mohou být následně otevřeny. Ve spodní stanici aretační zařízení není, protože klec by ve stejném případě dosedla na silentblokové nárazníky. Výpočtem je ověřena únosnost čepu při podepření klece.

### 8.7.1 Kontrola vysouvacího čepu

Materiál čepu:	E295
Mez kluzu čepu: [14]	$R_e = 285 \text{ MPa}$
Dovolený tlak čepu při statickém zatížení: [13]	$p_d = 100 \text{ MPa}$
Hmotnost klece:	$m_k = 102 \text{ kg}$
Hmotnost zdvihaného břemene:	$m_b = 100 \text{ kg}$
Délka uložení čepu v pouzdře: $v$	$l_p = 33 \text{ mm}$
Navržený průměr čepu:	$d_{\check{c}} = 30 \text{ mm}$
Koeficient přetížení klece:	$k_p = 5$



Obrázek 31 – Schéma zatížení čepu v pouzdře (1 – Klec; 2 – pouzdro; 3 – čep)

### Výpočet síly působící na čep:

$$F_{\check{c}} = m_b \cdot g \cdot k_p + m_k \cdot g = 100 \cdot 9,81 \cdot 5 + 102 \cdot 9,81 = 5906 \text{ N} \quad (20)$$

### Výpočet napětí v čepu:

$$\tau_{\check{c}} = \frac{F_{\check{c}}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4}} = \frac{5906}{\frac{\pi \cdot 30^2}{4}} = 8,36 \text{ MPa} \quad (21)$$

### Porovnání vypočteného napětí s dovoleným:

$$\tau_{\check{c}} < F_{\check{c}} \rightarrow 8,36 < 285 \text{ [MPa]} \quad (22)$$

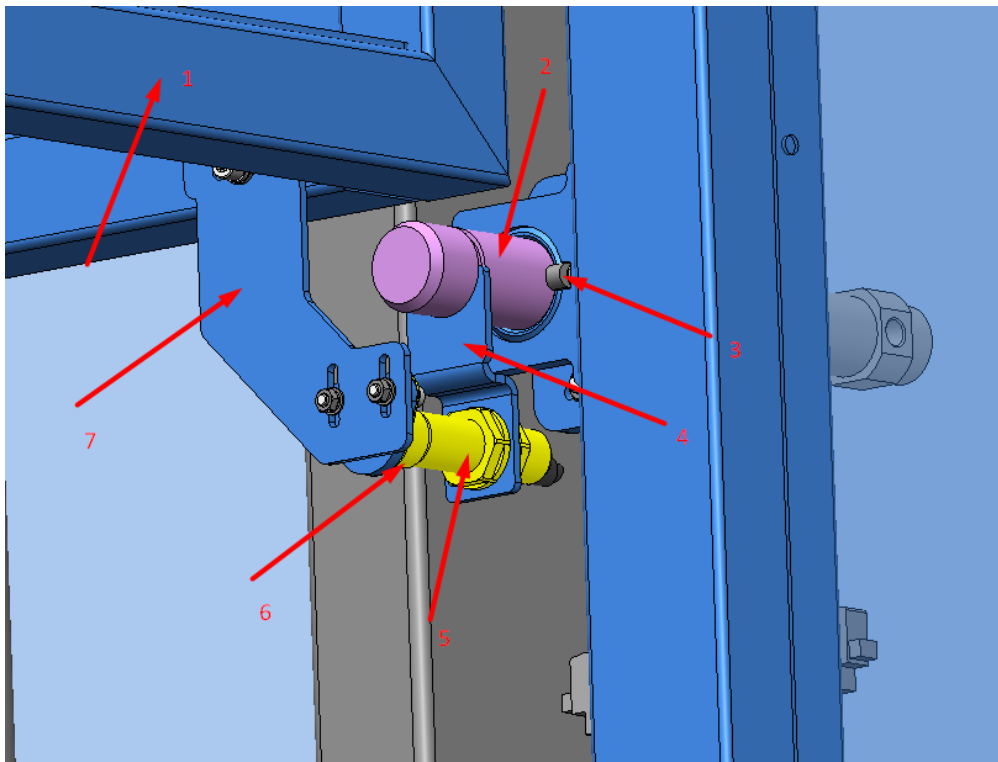
### Výpočet otláčení v pouzdře čepu:

$$p_{\check{c}} = \frac{F_{\check{c}}}{d_{\check{c}} \cdot l_p} = \frac{5906}{30 \cdot 33} = 5,96 \text{ MPa} \quad (23)$$

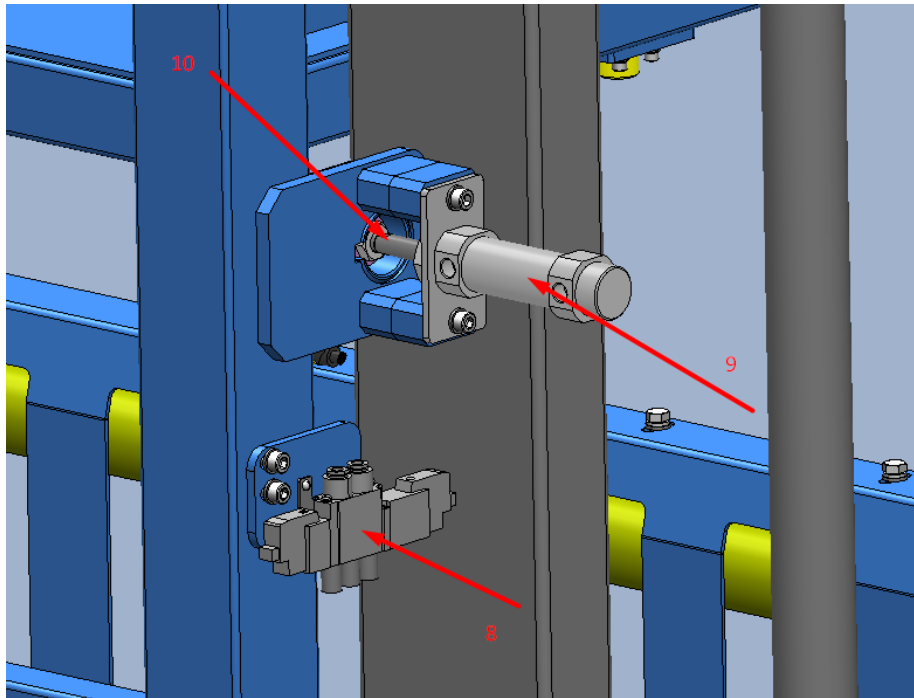
### Porovnání vypočteného talku s dovoleným:

$$p_{\check{c}} < p_d \rightarrow 5,96 < 100 \text{ [MPa]} \quad (24)$$

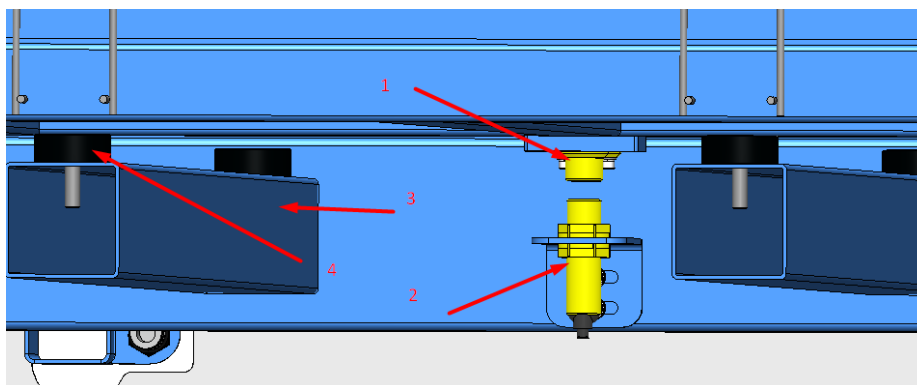
Vzhledem k vypočteným hodnotám lze předpokládat, že by pro funkci stačil čep o menším průměru, ale v rámci konstrukce bude tento průměr ponechán z důvodu snazšího vytvoření prvků pro komptabilitu s pístnicí pneumatického válce a vedení v trubce. Tato komponenta je povahově menšího typu a nemá vážnější vliv na finanční nároky zařízení.



Obrázek 32 – Stavební struktura aretačního čepu 1 (1 – Klec; 2 – Čep; 3 – Pouzdro s prvem zamezujícím rotaci čepu v pouzdře; 4 – Svařený držák s čepem; 5 – Rádiový snímač 6 – Protikus rádiového snímače; 7 – Držák protikus )



Obrázek 33 – Stavební struktura aretačního čepu 2 (8 – Ventilový blok; 9 – Pneumatický válec; 10 – Pístnice



Obrázek 34 – Stavební struktura aretačního čepu ve spodní stanici (1- Protikus rádiového snímače; 2 – Rádiový snímač; 3 – Konstrukce šachty; 4 – Silentblokové nárazníky)



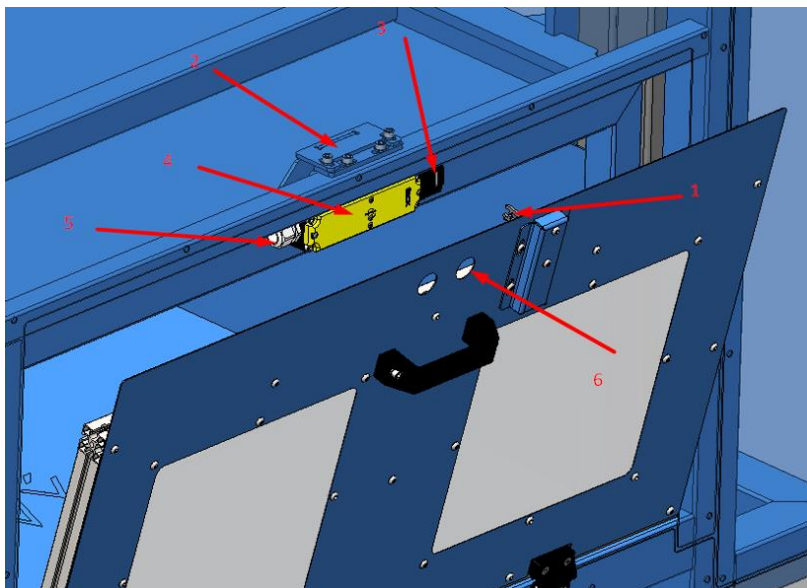
Obrázek 35 – Transpondérový rádiový snímač od firmy SICK s.r.o. [17]



### 8.7.2 Zamykání šachetních dveří

Jak bylo řečeno, šachetní dveře jsou vybaveny zamykacím trnem, který po zasunutí do otvoru zámku zabezpečuje polohu zavřených dveří. Dveře není možné otevřít, dokud zařízení zámku nedostane signál od sepnutého rádiového snímače na aretačním čepu s výjimkou spodní stanice a není v zámku zasunut trn. Tento krok lze obejít pouze v případě servisních úkonů pověřenou osobou. K tomuto slouží 2 otvory v šachetních dveřích pro prostrčení nástroje a otočení elementem v blokovacím zařízení k odblokování dveří.

Bylo vybráno blokovací zařízení s jištěním i10 od firmy SICK s.r.o., k tomuto zařízení byl použit výklopný trn pro snadnější zasouvání, který je zobrazen na obr. č. 37.



Obrázek 36 – Stavební struktura bezpečnostního zámku šachetních dveří ( 1 – Zamykací trn; 2 – Systém ustavení zámku; 3 – Otvor pro zasunutí trnu; 4 – Tělo s elektronikou zámku; 5 – Vstup a výstup pro kabel; 6 – Otvor pro bezp. otevření)



Obrázek 37 – Výklopný zamykací trn s nastavitelnou pohyblivostí od SICK s.r.o. [15]

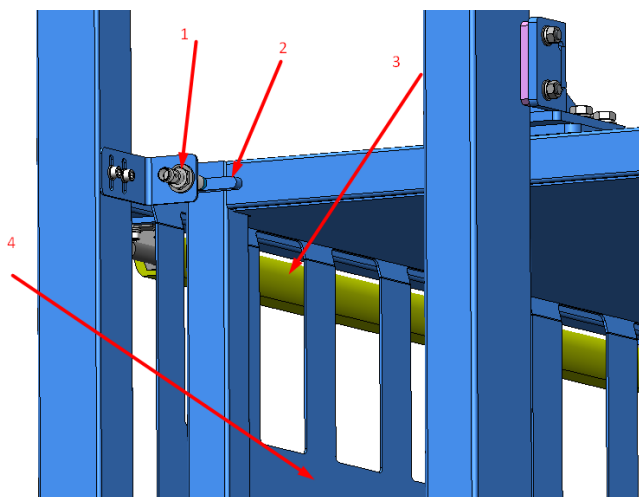


Obrázek 38 – Blokovací zařízení s jištěním i10 se zasunutým trnem od SICK s.r.o. [16]

### 8.7.3 Ovládání a zastavování klece

Každá stanice je vybavena ovládacím panelem pro přivolání a odvolání výtahu. Klec zastaví ve vybrané stanici v závislosti na kontaktu ocelového návarku s indukčním snímačem. V momentě zastavení se ozve zvukový signál z ovladače a rozsvítí se staniční světlo v šachtě. Jak bylo zmíněno, v okamžiku zastavení se také vysouvá aretační trn a po vyslání signálu ze sepnutého rádiového snímače, je softwarově odblokován bezpečnostní zámek dveří a obsluha je může posléze otevřít.

Každá stanice je z důvodu průběžné klece vybavena odrazecím plechem, který plní funkci vyplnění zadní stěny z důvodu možného zapříčení nákladu mezi klecí a šachtou vlivem přílišného zasunutí obsluhou.



Obrázek 39 – Pohled na některé bezpečnostní a ovládací prvky ve stanici (1 – nastavitelný Indukční snímač; 2 - Ocelový návarek; 3 – Osvětlení stanice; 4 – Plech pro odrazení příliš zasunutého nákladu)



Obrázek 40 – Indukční snímač řady IME od SICK s.r.o. [18]



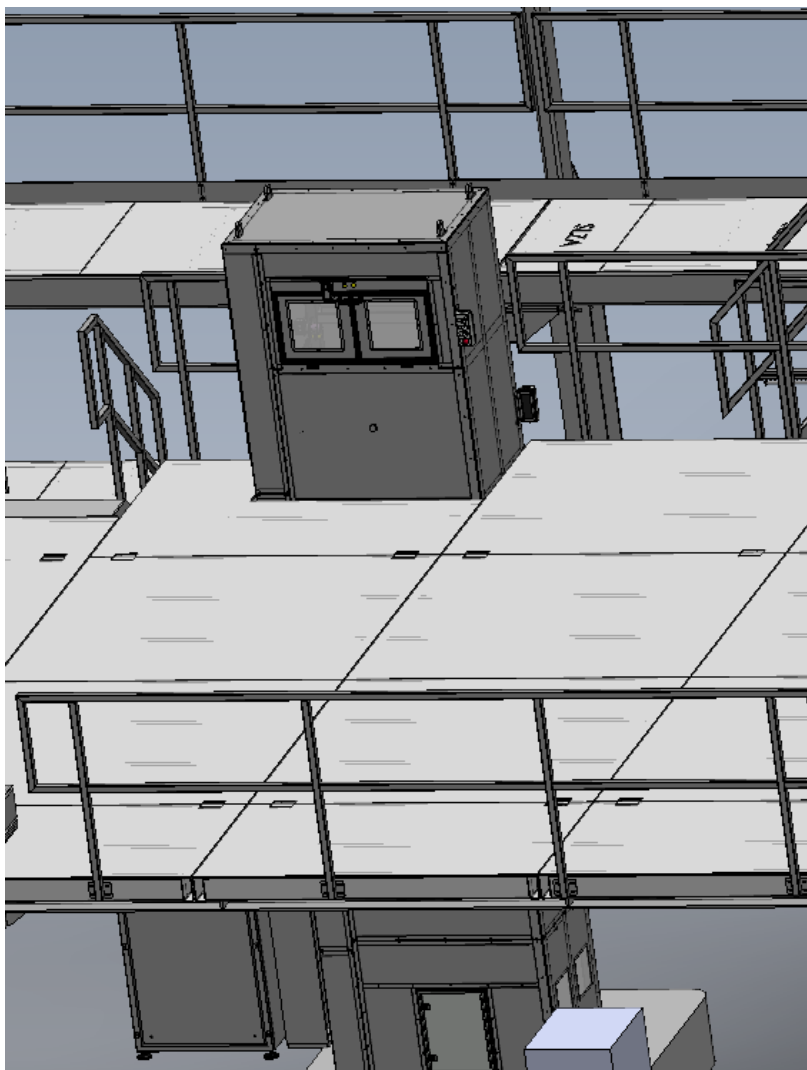
Obrázek 41 – Ovládací panel od firmy Siemens s.r.o. [19]

## 9 Závěr

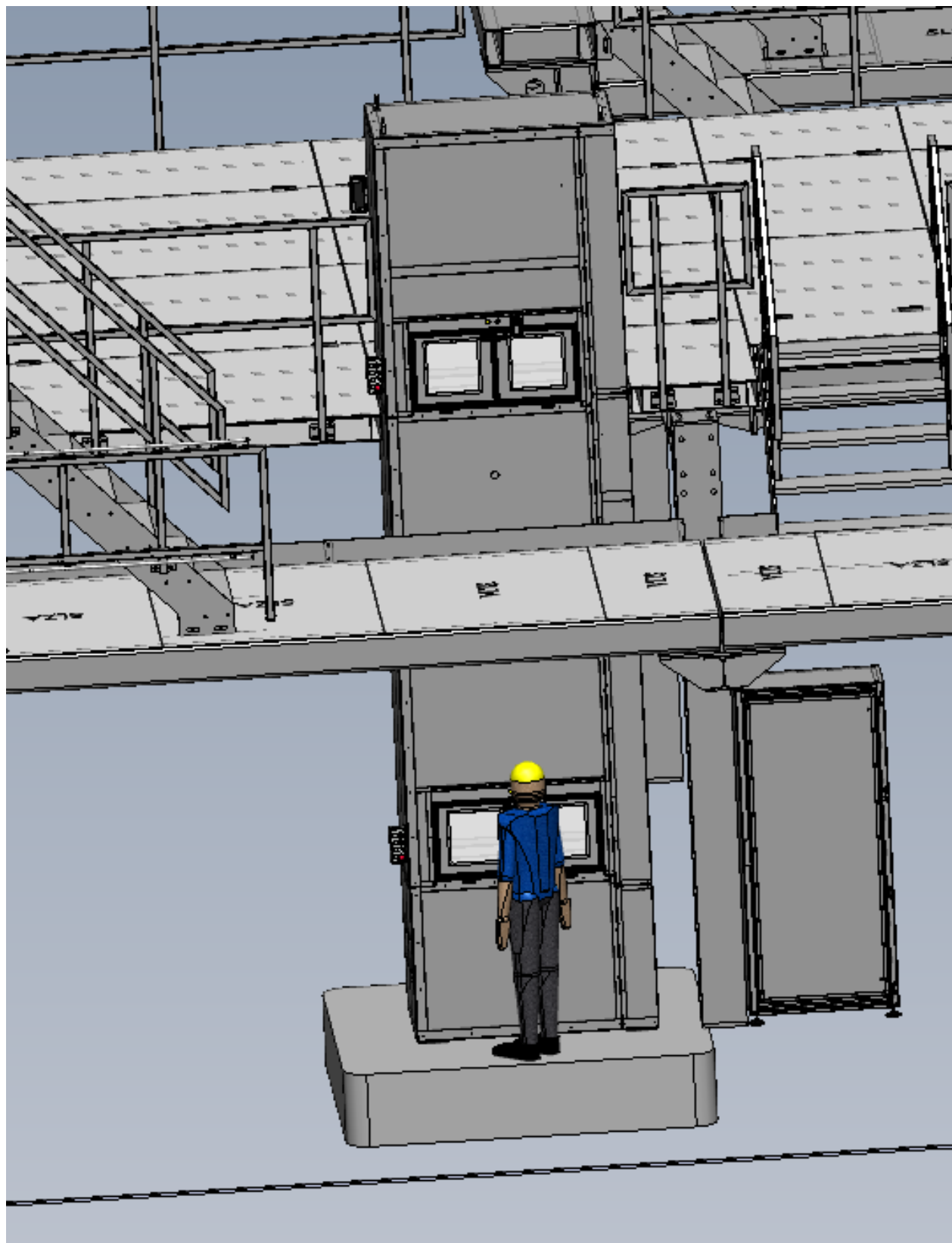
Cílem bakalářské práce bylo navrhnout malý nákladní výtah s nosností 100 kg. Po dospecifikování požadavků na zařízení, byla provedena volba z několika možných navržených variant, pomocí zjednodušené metody SWOT analýzy. Především z důvodu ekonomické úspory, byla vybrána varianta s použitím dílů z elektrického vysokozdvížného nakladače. Následně bylo zařízení upraveno a spojeno s konstrukcí klece. Dále byla navržena výtahová šachta z dutých čtvercových profilů společně s jejími ostatními prvky. Poté byly šachta upravený mechanismus a klec zkontrolovány pomocí metody MKP, zda vyhoví zadanému zatížení.

Závěrem byly ošetřeny bezpečnostní požadavky na zařízení dle standardu ČSN EN 81-3+A1 týkající se především jistění šachetních dveří, zabezpečení klece proti volnému pádu během nakládky a nainstalování požadované hydraulické aparatury do obvodu nově vloženého agregátu.

Přílohy obsahují výkresy svařenců a obráběných dílů zařízení.



Obrázek 42 – Pohled na celé zařízení v provozu 1



Obrázek 43 – Pohled na celé zařízení v provozu 2

## Seznam použitých zdrojů

- [1] Historie výtahů [online]. 2015 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.i-vytahy.cz/cs/sekce/nove-vytahy/historie-vytahu.html>
- [2] VEJS, Pavel. *Historie výtahů* [online]. 2015 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.triplex.cz/vytahy/historie-vytahu/>
- [3] *Kresba prvního výtahu E.G.Otise* [online]. [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://edition.cnn.com/style/article/short-history-of-the-elevator/index.html>
- [4] ČSN EN 81-3+A1 (27 4003). *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů: Elektrické a hydraulické malé nákladní výtahy*. 2009.
- [5] ČSN ISO 4190-1 (274315). *Zřizování výtahů: Část 1: Výtahy třídy I, II, III a VI*. 2005.
- [6] *ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ VÝTAHŮ* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: [https://stavarna.com/download2/1538\\_1545\\_cs\\_vytahy.pdf](https://stavarna.com/download2/1538_1545_cs_vytahy.pdf)
- [7] *Výtahy Voto s.r.o.: Malé nákladní výtahy v Žižkovském vysilači v Praze* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.vytahy-voto.cz/realizace/male-nakladni-vytahy-v-zizkovskem-vysilaci-v-praze.htm>
- [8] *Stros s.r.o.: ALULIFT 200 V* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.stros.cz/produkt/lehky-nakladni-vytah-alulift-200-v>
- [8] *Eterlift* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.eterlifts.com/freight-lifts/small-goods-lift/warehouse-goods-lift.html>
- [9] *Tor Industries s.r.o.: Poloelektrický vysokozdvihový vozík* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://tor-industries.cz/cs/s-elektrickym-zdvihem/287-poloelektricky-vysokozdvizny-vozik-15t-35m-cdd15b-e35-s-posuvnymi-vidlemi-4630053672884.html>
- [10] *Hydroma - hydraulické systémy: Elektročerpadlo zubové* [online]. [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.hydroma.cz/elektrocerpadlo-zubove-19986.html>
- [11] SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 2010.
- [12] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 6. ALBRA, 2017.
- [13] BOLEK, Alfred a Josef KOCHMAN. *Části strojů: 1. svazek*. 5.
- [14] *Hydraulické výtahy* [online]. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.triplex.cz/fotogalerie/hydraulicke-vytahy-fotogalerie/>
- [15] *Trn bezpečnostního zámku* [online]. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/ie10-r2/p/p249387>
- [16] *Blokovací zařízení s jištěním i10 lock* [online]. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/blokovaci-zarizeni/blokovaci-zarizeni-s-jistenim/i10-lock/i10-m0233-lock/p/p12493>
- [17] *Bezdotyková blokovací zařízení TR4 Direct* [online]. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/blokovaci-zarizeni/bezdotykova-blokovaci-zarizeni/tr4-direct/tr4-sam02cb/p/p649493>

[18] Indukční snímače IME [online]. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z:  
<https://www.sick.com/cz/cs/indukcni-snimace/indukcni-snimace/ime/ime12-10npszc0s/p/p375926>

[19] Ovládací panel [online]. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z:  
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/us/Catalog/Product/3SB38040AA3>

[20] ELPRO [online]. [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://elproinc.com/>

Ostatní nereferované informace obsažené v práci použity z vlastní zkušenosti a zjištěny od zkušených osob.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Obchodní logo firmy Strkan s.r.o. ....	11
Obrázek 2 - Zobrazení prvního výtahu E.G.Otise [3] .....	12
Obrázek 3 - Pohled do šachty hydraulického výtahu [14].....	14
Obrázek 4 - Schéma uspořádání klece dle jejího typu [4].....	14
Obrázek 5 – Valivá vodítka od firmy ELPRO .....	15
Obrázek 6 – Válečkové zachycovače s mechanickým přenosem impulzu rychlosti.....	16
Obrázek 7 - Pohled do šachty výtahu firmy Voto s.r.o. [7].....	16
Obrázek 8 – Hydraulický nákladní výtah firmy Qingdao Eterlift [8] .....	17
Obrázek 9 – Malý stavební výtah firmy STROS v praxi [9].....	17
Obrázek 10 – Skica varianty A.....	21
Obrázek 11 – Skica varianty B.....	22
Obrázek 12 – Skica varianty C.....	23
Obrázek 13 - Zatěžovací diagram zdvižného mechanismu [9] .....	25
Obrázek 14 - Detailní stavební struktura zdvižného mechanismu 1 .....	25
Obrázek 15 - Detailní stavební struktura zdvižného mechanismu 2 .....	26
Obrázek 16 - Pohled na řez uložením řetězové kladky na zdvižném mechanismu.....	26
Obrázek 17 - Pohled na Fleyerův řetěz zdvižného mechanismu.....	27
Obrázek 18 - Rozměry použitého hydraulického válce a pístu .....	27
Obrázek 19 - Znázornění úprav jezdce na pojízdnou klec .....	29
Obrázek 20 – Detailní pohled na pomocné vedení.....	29
Obrázek 21 - Pohled na svařenec šachty z více perspektiv .....	30
Obrázek 22 – Detailní pohled na spojení konstrukce výtahu s konstrukcí lávek .....	31
Obrázek 23 - Zobrazení výsledků výpočtu napětí dle hypotézy Von Mises .....	31
Obrázek 24 - Zobrazení výsledků výpočtu napětí dle hypotézy Von Mises .....	32
Obrázek 25 - Zobrazení výsledků analýzy celkové deformace .....	32
Obrázek 26 - Zobrazení reakce v díře uchycení zdvižného mechanismu pomocí MKP.....	33
Obrázek 27 - Schématické zobrazení navrženého spoje .....	34
Obrázek 28 - Zobrazení stavební struktury otočných šachetních dveří.....	36

Obrázek 29 - Zobrazení stavební struktury strojovny 1 .....	37
Obrázek 30 - Zobrazení stavební struktury strojovny 2 .....	37
Obrázek 31 – Schéma zatížení čepu v pouzdře .....	38
Obrázek 32 – Stavební struktura aretačního čepu 1 .....	39
Obrázek 33 – Stavební struktura aretačního čepu 2 .....	40
Obrázek 34 – Stavební struktura aretačního čepu ve spodní stanici .....	40
Obrázek 35 – Transpondérový rádiový snímač od firmy SICK s.r.o. [17] .....	40
Obrázek 36 – Stavební struktura bezpečnostního zámku šachetních dveří .....	41
Obrázek 37 – Výklopný zamykací trn s nastavitelnou pohyblivostí od SICK s.r.o. [15] .....	41
Obrázek 38 – Blokovací zařízení s jištěním i10 se zasunutým trnem od SICK s.r.o. [16] .....	41
Obrázek 39 – Pohled na některé bezpečnostní a ovládací prvky ve stanici .....	42
Obrázek 40 – Indukční snímač řady IME od SICK s.r.o. [18] .....	42
Obrázek 41 – Ovládací panel od firmy Siemens s.r.o. [19] .....	42
Obrázek 42 – Pohled na celé zařízení v provozu 1 .....	44
Obrázek 43 – Pohled na celé zařízení v provozu 2 .....	44

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – SWOT hodnocení koncepčních variant .....	24
--	----

## Seznam příloh

Příloha 1 – Výkres sestavy svařence rámu šachty z dutých profilů
Příloha 2 – Výkres sestavy hlavního svařence rámu šachty
Příloha 3 – Výkres sestavy svařence držáku bezp. zámku
Příloha 4 – Výkres úpravy jezdce zdvižného mechanismu
Příloha 5 – Výkres sestavy svařence rámu klece z dutých profilů
Příloha 6 – Výkres sestavy hlavního svařence rámu klece výtahu
Příloha 7 – Výkres sestavy svařence pomocného vodítka
Příloha 8 – Výkres sestavy svařence držáku zdvižného mechanismu
Příloha 9 – Výkres sestavy svařence vany na olej
Příloha 10 – Výkres sestavy svařence příčky pro silentblok
Příloha 11 – Výrobní výkres úpravy pera
Příloha 12 – Výrobní výkres výsuvného čepu
Příloha 13 – Výrobní výkres pouzdra