



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav konstruování a částí strojů**

**Návrh mechanismu pro automatické  
otevírání dveří kontejneru**

**Design of a Device for Automatic Opening  
Container Doors**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2018**

**Marek FABÍNI**

**Studijní program:** B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

**Studijní obor:** 2301R000 Studijní program je bezoborový

**Vedoucí práce:** Ing. Jan Hoidekr



## Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Janu Hoidekrovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh mechanismu pro automatické otevírání dveří kontejneru“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Hoidekra, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 15.6.2018

.....

## Anotační list

Jméno autora:	Marek Fabíni
Název práce:	Návrh mechanismu pro automatické otevírání dveří kontejneru
Název práce v angličtině:	Design of a Device for Automatic Opening Container Doors
Rok zpracování:	2018
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojního inženýrství
Ústav:	Ú 12113 Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí práce:	Ing. Jan Hoidekr
Rozsah:	-počet stran: 33 -počet obrázků: 27 -počet tabulek: 1 -počet příloh: 5

**Klíčová slova:** dveřní mechanismus, směsný komunální odpad, těsnění, automatický mechanismus

**Key words:** door mechanism, mixed municipal waste, gasket, automatic mechanism

**Anotace:** Bakalářská práce přináší konstrukční návrh mechanismu pro automatické otevírání dveří kontejneru a návrh jednokřídlých vysouvacích čelních dveří kontejneru s možností duálního otevírání. V úvodu práce je rozebrána zásadní problematika nakládání s komunálním odpadem v oblastech Hlavního města Prahy. Další část obsahuje rešerši, která sumarizuje současné způsoby otevírání a zajištění kontejnerových dveří. Praktická část řeší samotný návrh konstrukce automatického otevíracího mechanismu a dveří. Výpočtová část práce navrhuje spojení všech součástí pohonu a je doplněna o kontrolní výpočty. K práci je přiložen 3D model zařízení.

**Abstract:** The aim of this bachelor thesis is a design of a device for automatic opening container doors and the design of sliding container doors with the possibility of dual opening. In the introduction of this thesis the summary of municipal waste management in Prague is described. The following part includes a research which summarizes current methods of opening and locking of container doors. The construction part deals with the design of construction of automatic opening door mechanism. The other part deals with the connection of all components of the drive and is completed with checking calculations. A 3-D model of the mechanism is attached to my work.

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	- 6 -
<b>2</b>	<b>Rozbor problému</b> .....	- 7 -
2.1	Současný stav .....	- 7 -
<b>3</b>	<b>Rešerše</b> .....	- 9 -
3.1	Typy kontejnerových dveří .....	- 9 -
3.2	Zajišťovací mechanismy .....	- 10 -
3.2.1	Pákové zajištění.....	- 10 -
3.2.2	Trezorové zajištění .....	- 11 -
3.2.3	Zajištění pomocí válečků a pružin .....	- 12 -
<b>4</b>	<b>Konstrukční návrh automatického výsuvného mechanismu</b> .....	- 14 -
4.1	Sled pohybů mechanismu .....	- 14 -
4.2	Konstrukce rámu .....	- 15 -
4.3	Zasazení rámu do stávajícího konceptu .....	- 16 -
<b>5</b>	<b>Konstrukční návrh jednokřídlých duálních dveří</b> .....	- 17 -
5.1	Návrh vysouvacích dveří.....	- 17 -
5.1.1	Konstrukce dveří bez zajišťovacího mechanismu.....	- 18 -
5.1.2	Zajišťovací mechanismus.....	- 19 -
5.2	Dveřní rám .....	- 19 -
<b>6</b>	<b>Výpočtová část</b> .....	- 22 -
6.1	Výpočet přítláčné síly .....	- 22 -
6.2	Rozložení sil na hranolu.....	- 23 -
6.3	Výpočet napětí v nosníku.....	- 25 -
6.4	Kontrola čepů výsuvného rámu .....	- 26 -
<b>7</b>	<b>Závěr</b> .....	- 30 -
	<b>Seznam zkratk a symbolů</b> .....	- 31 -
	<b>Seznam použité literatury</b> .....	- 32 -
	<b>Seznam obrázků</b> .....	- 33 -
	<b>Seznam příloh</b> .....	- 33 -

## 1 Úvod

Stále větší počet velkých měst tíží problém s hromadícím se množstvím směsného komunálního odpadu. Nárůst souvisí se zvýšeným zájmem po různých produktech a vytváří značné riziko do budoucna. O tom se mluví zejména v souvislosti s nadměrným skladováním odpadu. Vzhledem k tomu se stále více diskutují možnosti způsobů recyklace a také spalování odpadu.

Otázkou likvidace odpadu se zabývá i město Praha. Řeší, jak zužitkovat tisíce tun komunálního odpadu, aniž by se příliš zatížila příroda s ohledem na ekologii. Důležitý faktor, který při likvidaci odpadů hraje nemalou roli je jejich efektivní svoz do spalovny. S ním souvisí jak vhodný způsob přepravy, tak i efektivní plnění kontejnerů.

Bakalářská práce reaguje na požadavky zadaného projektu firmou Pražské služby, a.s. a snaží se přispět do společného konceptu, který se týká právě efektivního svozu odpadu, svým návrhem.

Cílem mé práce je navrhnout nejvhodnější mechanismus pro automatické otevírání dveří kontejneru, který bude splňovat všechny požadavky na jeho konstrukci. Dále navrhnout výsuvné dveře s možností duálního vyklápění se zajišťovacím mechanismem i dveřní rám s vhodným lineárním vedením a těsněním.

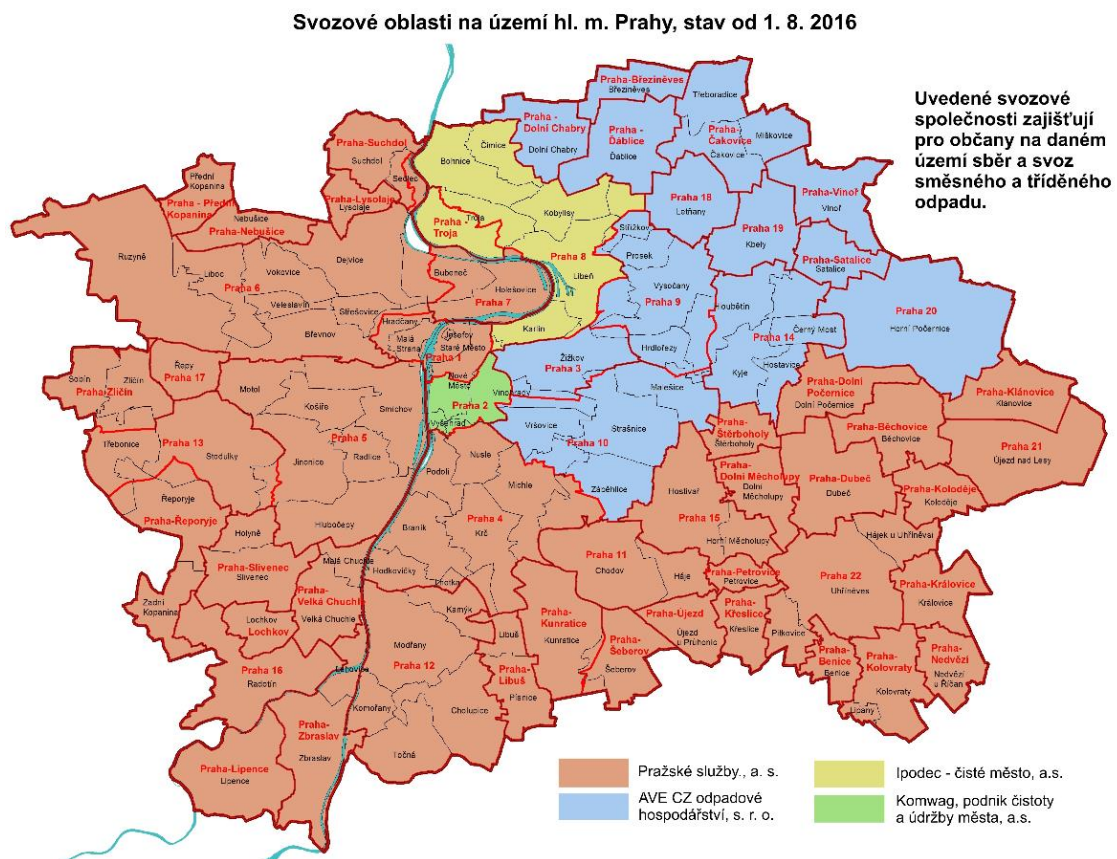
## 2 Rozbor problému

Zadání bakalářské práce souvisí s problematikou nakládání s komunálním odpadem v oblasti hlavního města Prahy a střeďočeského kraje a vychází z požadavků společnosti Pražské služby, a.s. na zefektivnění svozu odpadu z této oblasti do spalovny Malešice.

Důvodům volby výsuvných dveří kontejneru předchází řešerše problematiky horizontálního, resp. vertikálního lisování, která vznikla v rámci předmětu SK4. Porovnáním výhod i nevýhod těchto dvou způsobů pomocí multikriteriálních tabulek bylo rozhodnuto o způsobu vertikálního plnění a lisování.

### 2.1 Současný stav

Svoz směšného a tříděného komunálního odpadu na území hl. m. Prahy zajišťují společnosti Pražské služby, a.s., AVE CZ, odpadové hospodářství s.r.o., IPODEC ČISTÉ MĚSTO, a.s. a KOMWAG, podnik čistoty a údržby města, a.s. [6]



Obr. 1.: Svozové oblasti na území hl. m. Prahy

Odpad z těchto oblastí je z převážné většiny svážen do ZEVO MALEŠICE k jeho energetickému využití. Zbytek je ukládán na skládky směšného odpadu převážně na území

Středočeského kraje (např. v Benátkách nad Jizerou provozované spol. AVE CZ odpadové hospodářství, s.r.o.) nebo na území města na skládce v Ďáblicích provozované spol. FCC Česká republika, s.r.o. Vývoj nakládání s vyprodukovaným odpadem zachycuje následující tabulka. <sup>[6]</sup>

Tab. 1.: *Produkce a nakládání se směsným komunálním odpadem v letech 2009 – 2013*

<b>Nakládání \ rok</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
produkce [t]	<b>367 168,00</b>	<b>382 307,28</b>	<b>380 111,90</b>	<b>381 553,98</b>	<b>382 985,60</b>
<i>produkce [%]</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>
materiálové využití [t]	<b>4 186,38</b>	<b>19 325,17</b>	<b>35 237,85</b>	<b>28 556,82</b>	<b>9 995,51</b>
<i>materiálové využití [%]</i>	<i>1,14</i>	<i>5,05</i>	<i>9,27</i>	<i>7,48</i>	<i>2,61</i>
energetické využití [t]	<b>199 518,50</b>	<b>226 144,90</b>	<b>258 636,70</b>	<b>275 465,80</b>	<b>289 476,35</b>
<i>energetické využití [%]</i>	<i>54,34</i>	<i>59,15</i>	<i>68,04</i>	<i>72,20</i>	<i>75,58</i>
skládkování [t]	<b>60 146,62</b>	<b>52 429,39</b>	<b>29 537,01</b>	<b>11 967,54</b>	<b>20 517,83</b>
<i>skládkování [%]</i>	<i>16,38</i>	<i>13,71</i>	<i>7,77</i>	<i>3,14</i>	<i>5,36</i>
spalování [t]	<b>30,31</b>	<b>25,39</b>	<b>8,93</b>	<b>4,79</b>	<b>0,00</b>
<i>spalování [%]</i>	<i>0,01</i>	<i>0,01</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>

Tabulka poukazuje na klesající tendenci skládkování odpadu. Lze vyčíst, že se podíl skládkování na celkové roční produkci odpadu snížil od roku 2009 do roku 2013 o 11,02 %. Tento klesající trend souvisí s cílem budoucího hospodaření s SKO. Jde zejména o zvýšení podílu energetického využití v zařízeních k tomu určených v souladu s platnou legislativou a výrazné omezení skládkování směsného komunálního odpadu. Jako jedno z hlavních opatření pro dosažení efektivního svozu do spalovny je podpora vybudování odpovídající infrastruktury. <sup>[6]</sup>

Od 23. září roku vstoupil v platnost zákon ze sbírky zákonů číslo 229 o odpadech, jehož součástí je i článek 1, odst. 7: „Na skládky je od roku 2024 zakázáno ukládat směsný komunální odpad a recyklovatelné a využitelné odpady stanovené prováděcím právním předpisem.“ <sup>[7]</sup>



## 3 Rešerše

Rešerše obsahuje zejména souhrn používaných typů kontejnerových dveří ve světě a některé potenciálně vhodné zajišťovací dveřní mechanismy.

### 3.1 Typy kontejnerových dveří

Dveře kontejnerů se nejčastěji vyklápějí přes panty. Vyklápěcí způsob otevírání zahrnuje jednokřídlé nebo dvoukřídlé dveře. Další možností jsou také výsuvné dveře, rolovací dveře či dveře jednokřídlé, zcela oddělitelné od kontejneru.

Dvoukřídlého otevírání využívá téměř u všech svých kontejnerů společnost Cargo, a.s. Dveře se otevírají pomocí pantů, které jsou součástí dveřního rámu. Po obvodu dveří je umístěna těsnicí guma zajišťující vodotěsnost. Kontejner s dvoukřídlými dveřmi využívaný nejčastěji v lodní přepravě lze vidět na obr. 2.



Obr. 2.: Dvoukřídlé dveře

Jednokřídlé vyklápěcí dveře jsou stejně jako dvoukřídlé umístěné na pantech dveřního rámu. Tento způsob otevírání využívá například čínská společnost CN-NL, zabývající se rovněž svozem komunálního odpadu.



Obr. 3.: Jednokřídlé vyklápěcí dveře

Dalším typem jsou výsuvné dveře, které jsou využívány pouze zřídka. Jejich součástí bývá zpravidla lineární vedení, v němž se dveře pohybují valivým či kluzným způsobem. Výsuvných dveří využívá například radlická překládací stanice.



Obr. 4.: Výsuvné dveře

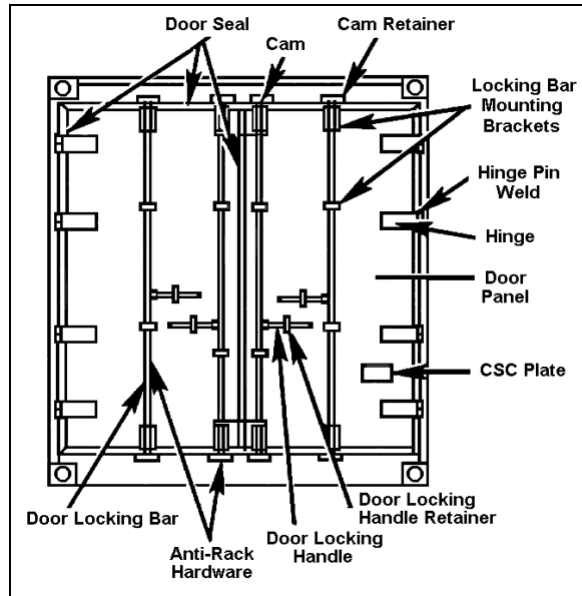
## 3.2 Zajišťovací mechanismy

Při návrhu kontejnerového dveřního zajištění hrál největší roli požadavek na dostatečné utěsnění proti kapalným složkám odpadu. Rešerše zajišťovacích mechanismů proto obsahuje stávající užívané způsoby uzavírání v různých oblastech průmyslu, kde se dbá na dostatečnou vodotěsnost.

### 3.2.1 Pákové zajištění

Tento způsob zajištění dvoukřídlých dveří je typický pro kontejnery námořních dopravních společností či chladicí kontejnerové jednotky.

Součástí konstrukce dveří jsou páky, které jsou napojeny na 3 nebo 4 vertikální tyče, které svou rotací způsobují zapadnutí háků do západek umístěných na vrchní a spodní části samotné konstrukce kontejneru. Pro možnou manipulaci s pákou je nejprve nutné otočit zajišťovacími plíšky a odemknout zámkový mechanismus (angl. „locking box“) spojující obě dveřní křídla. Pro dostatečnou vodotěsnost je po obvodu křídel dveří nalepena těsnicí pryž, která je díky vhodně umístěným západkám a zvolené délce háků dostatečně přitlačena ke dveřnímu rámu. Detailní konstrukce pákového zajištění je znázorněna na následujícím obrázku. <sup>[8]</sup>

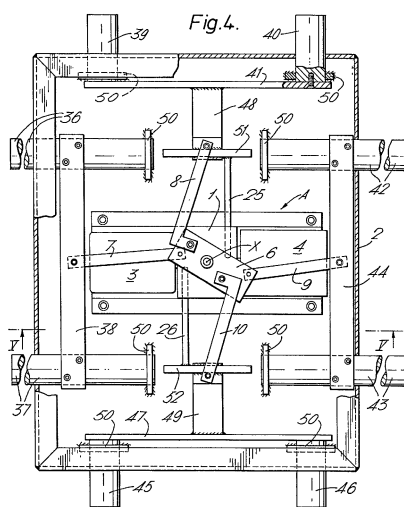


Obr. 5.: Pákové zajištění

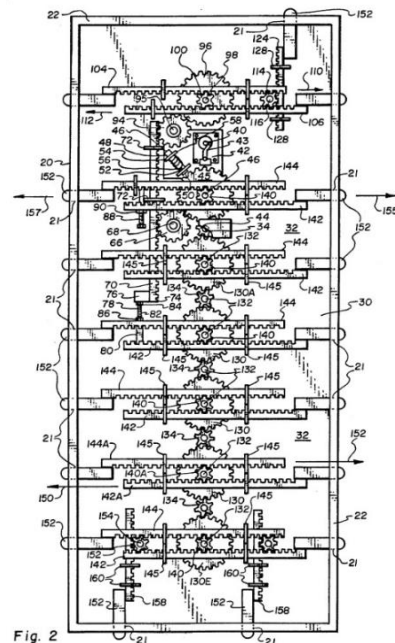
### 3.2.2 Trezorové zajištění

Jak už název napovídá, tento způsob zajištění se používá zejména u trezorových dveří, nicméně nachází své uplatnění jak u vodotěsných lodních dveří, tak i u různých vík a poklopů.

Princip spočívá ve výsuvu těles (nejčastěji krátkých tyčí, ale i hranolů) umístěných po obvodu dveří z mezidveřního prostoru, které se zasunou do drážek umístěných ve dveřním rámu. Posuvný pohyb vysouvajících se těles vychází z rotačního pohybu ručního kola, který je vyvolán vnější silou. Přenos síly zajišťují pospojované příčky (Obr. 6.) nebo ozubená kola s ozubenými hřebeny (Obr.7.).

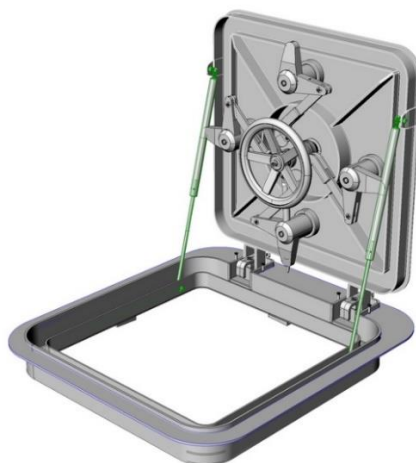


Obr. 7.: Přenos síly pomocí příček



Obr. 6.: Přenos síly pomocí ozubených kol

Velmi podobný princip zajišťování se využívá i u ponorkových poklopů (dveří) a vodotěsných palubních dveří (Obr. 8.). Na rozdíl od trezorového principu se zde většinou ovšem rotační pohyb nepřenáší na posuvný pohyb, ale na rotační pohyb klapků, které se zaháknou za hranou dveřního rámu a nevjíždí do vytvořených drážek. Celé dveře jsou také na rozdíl od trezorových polepeny těsnicím prvkem po jejich obvodu.

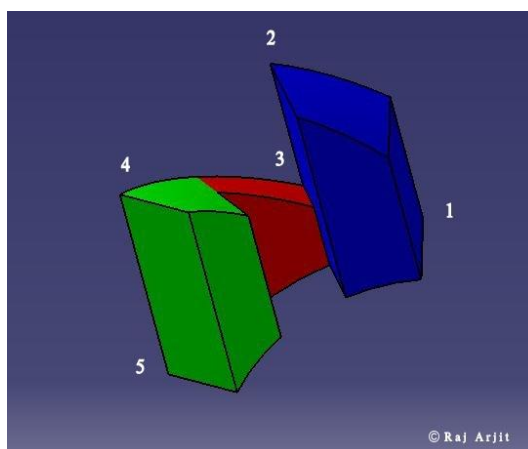


Obr. 8.: Princip uzávěru ponorkového poklopu

### 3.2.3 Zajištění pomocí válečků a pružin

Tento způsob zajištění se velmi podobá principu mechanismu, který je součástí většiny propisovacích tužek, jehož nejdůležitějšími elementy jsou nerotující váleček, na jehož jednom konci jsou vytvořeny zkosené drážky, rotující váleček a zkosené drážky po obvodu tuby, jíž jsou oba válečky součástí. Nezbytnou roli hraje pružina umístěná ve spodní části propisky, která zapříčiní odjištění, resp. zajištění rotujícího válečku.

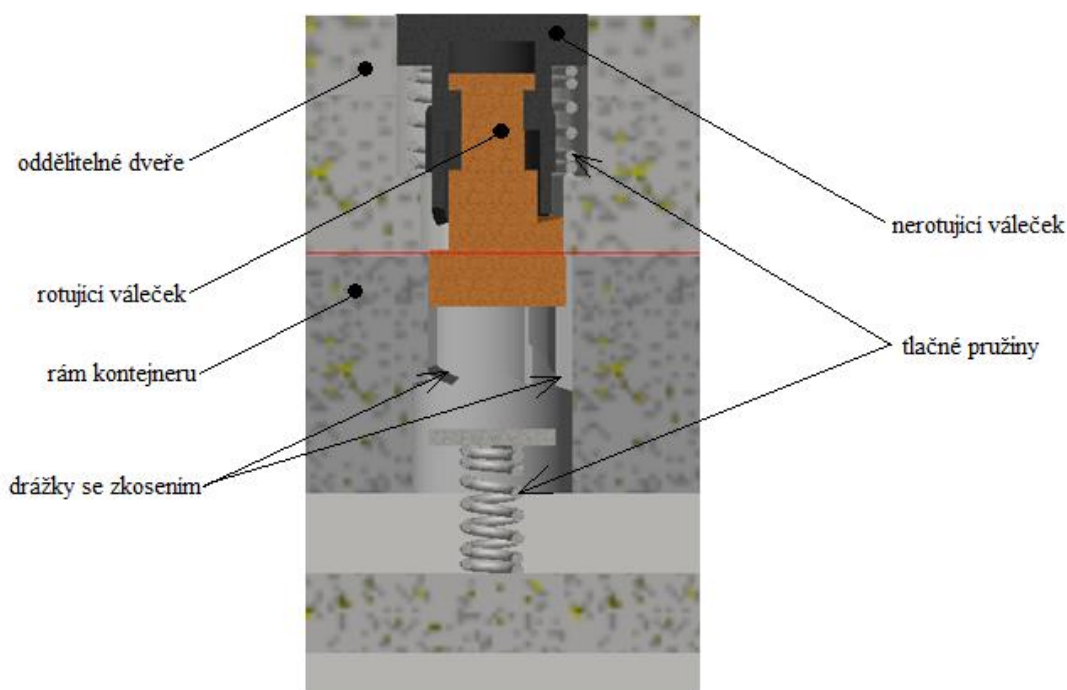
Princip zajištění lze vysvětlit pomocí následujícího obrázku (Obr. 9.). Čísla 1-5 značí pozice do kterých se postupně dostává rotující váleček. <sup>[9]</sup>



Obr. 9.: Drážky vytvořené v tubě

V pozici 1 se dostane rotující váleček do drážky. Po prvním kliknutí se zkosený výběžek rotujícího válečku překlene přes pozici 2 a spadne do pozice 3. Zpětný posuvný pohyb zajišťuje tlačná pružina. V pozici 3 je rotující váleček zajištěn, tzn. hrot propisky je vysunut. Pro odjištění je zapotřebí opět kliknout. Po kliknutí dosáhne váleček pozice 4 (maximum) a poté opouští drážku (pozice 5) opět díky opačné síle tlačné pružiny. Hrot je zasunut. <sup>[9]</sup>

Jedním z konceptů způsobu zajištění dveří, který vznikl v průběhu práce na projektu byl způsob podobající se zmíněnému mechanismu. Na Obr. 10. lze vidět řez hrubého modelu tohoto mechanismu.



Obr. 10.: Řez zajišťovacím mechanismem

Tento koncept předpokládá 8-12 děr po obvodu dveří s komponentami popsány na Obr. 10. Tyto komponenty jsou umístěny ve všech dírách. Stlačení vytváří rám s výběžky, který je součástí automatického otevíracího mechanismu.

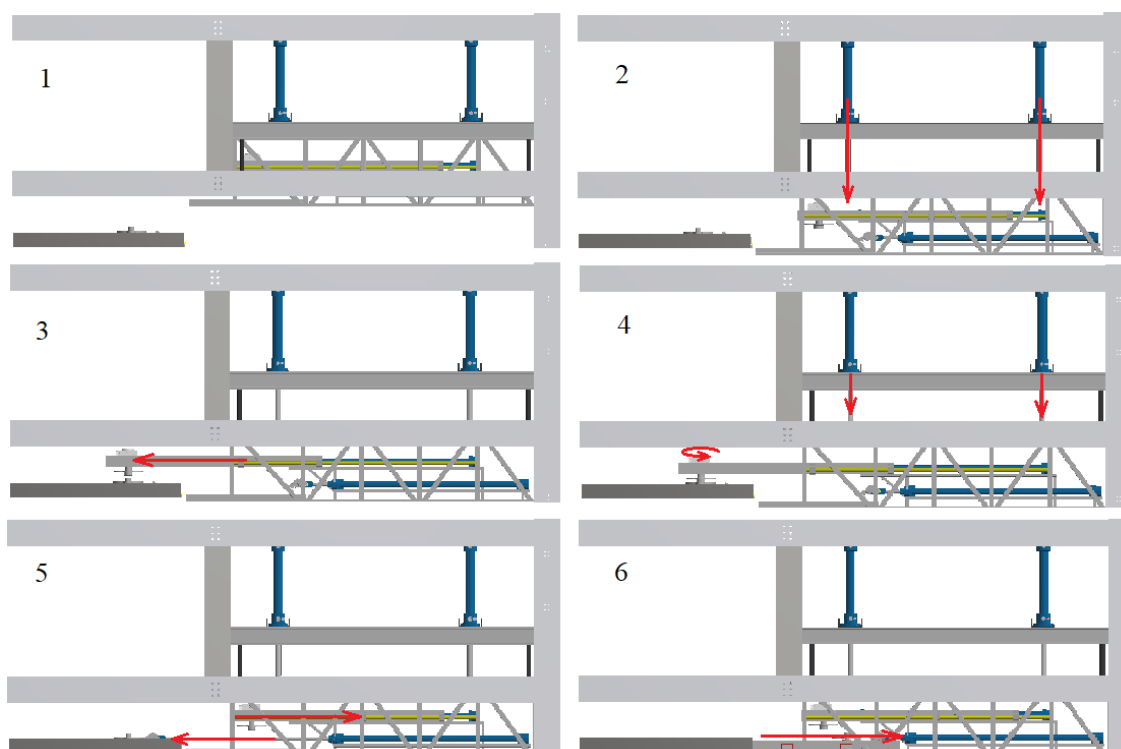
Návrh byl nakonec zamítnut zejména vzhledem k předpokládané vysoké ceně výroby jednotlivých komponent.

## 4 Konstrukční návrh automatického výsuvného mechanismu

Návrh mechanismu pro automatické otevírání výsuvných dveří kontejneru respektuje požadavek na zasazení jeho konstrukce do již navržené konstrukce lisu s mezinásypkou i rozměry manipulačního zařízení pro otáčení kontejneru. Vzhledem k nedostatku místa pro výsun dveří ovšem počítá s rozšířením stávající konstrukce mezinásypky. V průběhu vývoje projektu došlo k rozhodnutí o použití hydraulického pohonu. Návrh mechanismu jsem tudíž uzpůsobil tomuto rozhodnutí.

### 4.1 Sled pohybů mechanismu

Začátek činnosti mechanismu je podmíněn zastavením pohybu manipulačního zařízení, které otočí kontejner do vertikální polohy. V tu chvíli rám (konkrétně spodní rovina rámu), který drží dva vertikálně umístěné hydraulické válce, sjede mírně pod úroveň roviny spodního plechu dveří. V této pozici dojde k horizontálnímu výsuvu hydraulického aktuátoru díky válcům, které jsou součástí svařeného rámu. Pohyb válců je ukončen ve chvíli, kdy se osa rotace aktuátoru dostane nad osu rotace otevíracího kola dveří.



Obr. 11.: Sled pohybů mechanismu

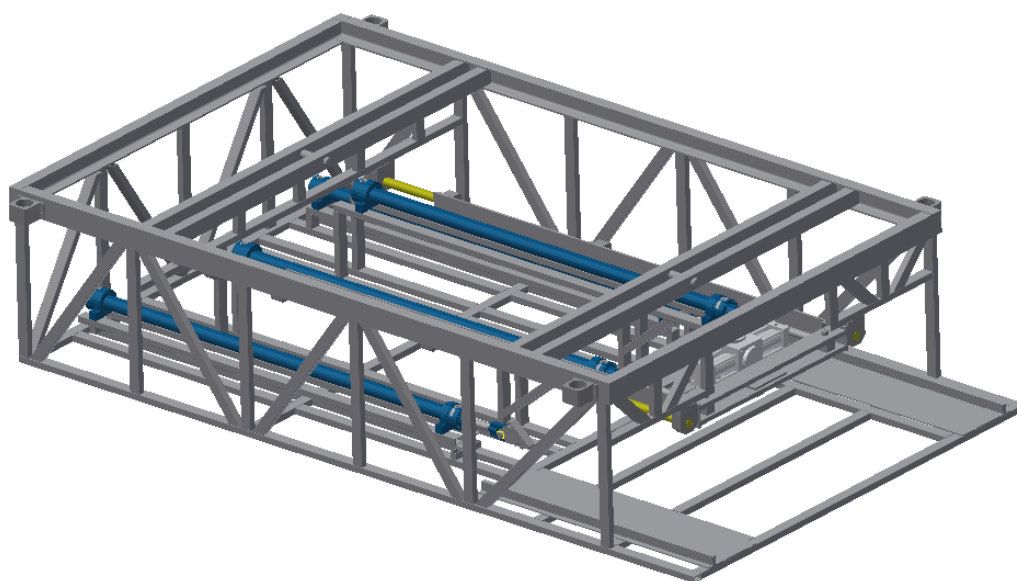
Hmotnost konstrukce s aktuátorem je přibližně 100 kg. Po výsuvu aktuátoru se tato hmotnost bude rozkládat mezi elementy, které jsou součástí podpůrného vedení.



Následuje další vertikální pohyb celého rámu směrem dolů, dojde ke spojení kola dveří s kolem, který je připevněn k aktuátoru. Rám se zastaví ve chvíli, kdy dojde k dostatečnému stlačení otevíracího kola, které je opatřeno zajišťovacím mechanismem. Díky rotačnímu pohybu, který vyvolá aktuátor dojde k odjištění dveří od rámu. Rám se poté opět mírně vysune směrem vzhůru a dojde k zasunutí konstrukce s aktuátorem. Výsun dveří na plošinu zajistí dva válce umístěné po stranách konstrukce rámu. Po zasunutí a zajištění dveří se rám opět vysune do počáteční polohy. Celý sled pohybů lze vidět na Obr. 11.

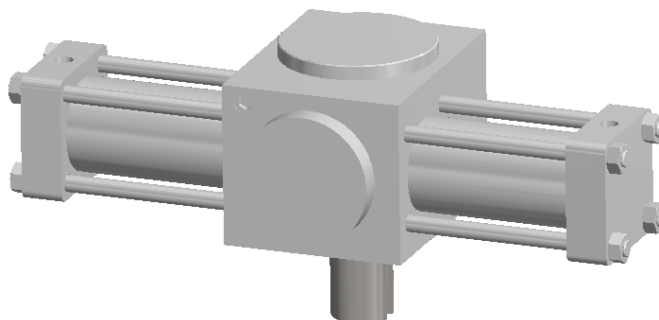
## 4.2 Konstrukce rámu

Rám (Obr. 12.) o rozměrech 3600x2100x780 mm a hmotnosti cca 1000 kg je svařen z normalizovaných jablek 50x30x3, 70x50x3 a U profilů (U100). Jeho součástí jsou 4 hydraulické válce od firmy Bosch (viz příloha), které jsou k rámu připevněny pomocí šroubů, matic a podložek. Dva z válců jsou umístěny ve středu rámu a nesou hydraulický aktuátor (Obr. 13.), který vytváří rotační pohyb a jehož funkcí je zajištění, resp. odjištění výsuvných dveří. Další dva válce, které jsou umístěny po stranách rámu a jejich konce jsou opatřeny hydraulickými háky, mají za funkci vysouvání, resp. zasouvání dveří. Součástí rámu je také plošina, na níž se dveře vysouvají. Ta je opatřena dvěma plechy, na nichž je přivařeno vedení.



Obr. 12.: Konstrukce rámu

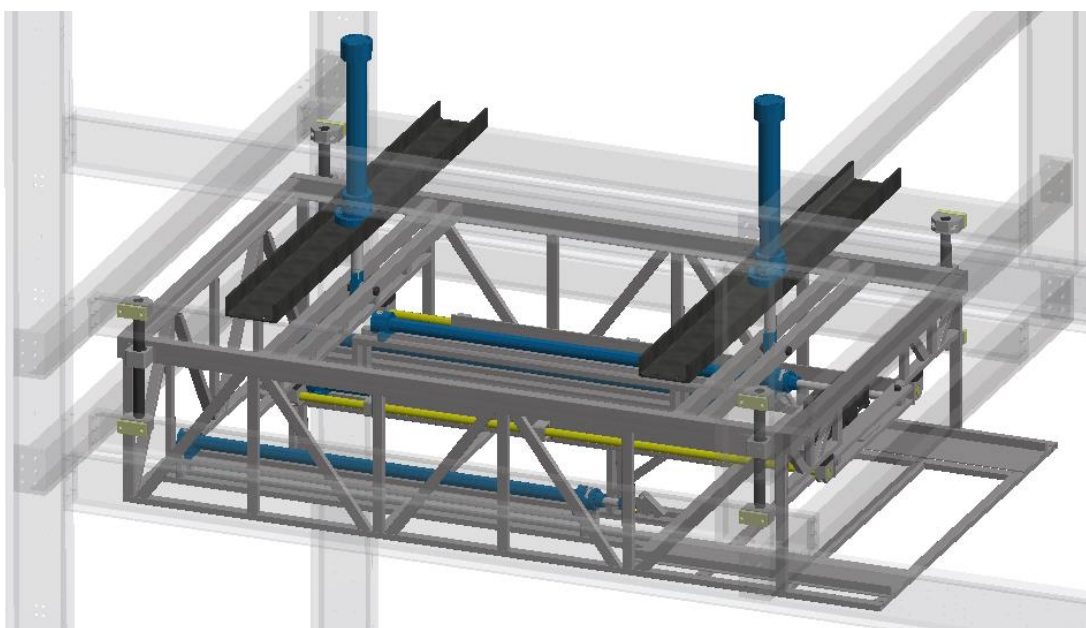
Hydraulické válce nesoucí aktuátor, se vysouvají o 1650 mm a vzhledem ke hmotnosti aktuátoru i konstrukce, ke které je připojen, bylo zapotřebí zkonstruovat pomocné nosné vedení. Zvolil jsem vodící tyče s těsněnými kuličkovými pouzdry o průměru 40 mm (viz příloha). Tyče jsou uchyceny pomocí uchycení typu A od firmy Matis s.r.o. (viz příloha).



*Obr. 13.: Rotační hydraulický aktuátor*

### 4.3 Zasazení rámu do stávajícího konceptu

Celý rám je přichycen k upravené konstrukci mezinásypky. Jeho hmotnost nesou dva nosníky, kterými jsou U profily o šířce 240 mm. Jejich součástí jsou dva hydraulické válce se zdvihem 600 mm (viz příloha), které zajišťují vertikální pohyb konstrukce. Spojení válců k rámu je provedeno pomocí čepů o průměru 30 mm. Rám je veden kuličkovými pouzdry (stejný typ jako na nosném vedení na rámu) po lineárních tyčích o průměru 50 mm.

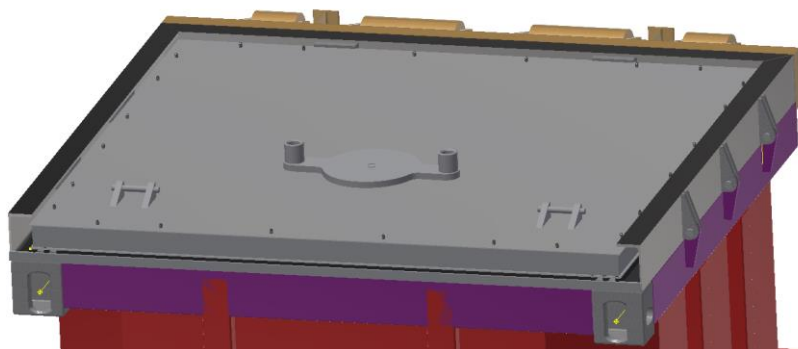


*Obr. 14.: Zasazení rámu do konstrukce lisu*



## 5 Konstrukční návrh jednokřídlých duálních dveří

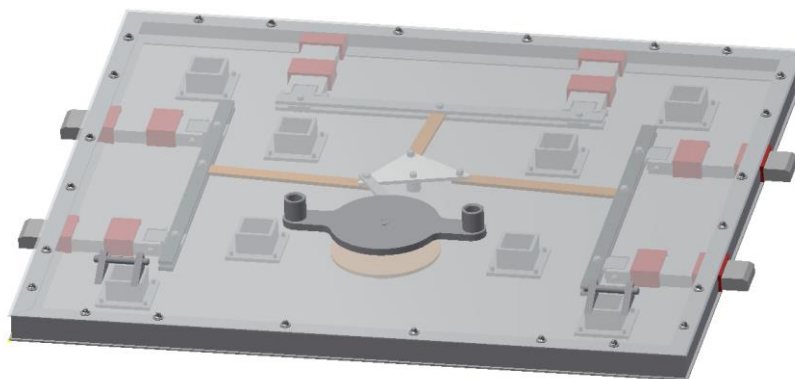
Konstrukční návrh jednokřídlých duálních dveří (Obr. 15.) s sebou nese návrh samotných jednokřídlých dveří, vhodného zajišťovacího mechanismu a dveřního rámu. Součástí rámu musí být vzhledem k požadavku výsuvných dveří lineární vedení a také panty umístěné na boční straně rámu vzhledem k požadavku na možnost vyklápění dveří. Jak výsuvné, tak vyklápěcí dveře je také nutno po obvodech vhodně utěsnit, aby nedocházelo k úniku kapalných složek odpadu. V následujících podkapitolách je popsána většina návrhů, které se snaží vyhovět zmíněným požadavkům, další z nich budou detailněji navrhovány v další fázi řešení.



Obr. 15.: Duální jednokřídlé dveře

### 5.1 Návrh vysouvacích dveří

Vzhledem k požadavku na návrh koncepce výsuvných dveří jsem vycházel z jistých předpokladů, které jsou nezbytné pro návrh jakéhokoliv typu výsuvných dveří. Jedná se především o předpoklad existence lineárního vedení umístěného ve dveřním rámu, vhodného způsobu zajištění jak axiálně, tak i radiálně. Další důraz jsem kladl na vhodné utěsnění před kapalnými složkami odpadu i co nejnížší hmotnost, to zejména vzhledem k požadavku na možnost duálního vyklápěcího otevírání. Také jsem vycházel z požadavku na maximální tloušťku dveří 150 mm. Na Obr. 16. lze vidět konečný návrh výsuvných dveří kontejneru.



Obr. 16.: Výsuvné dveře kontejneru

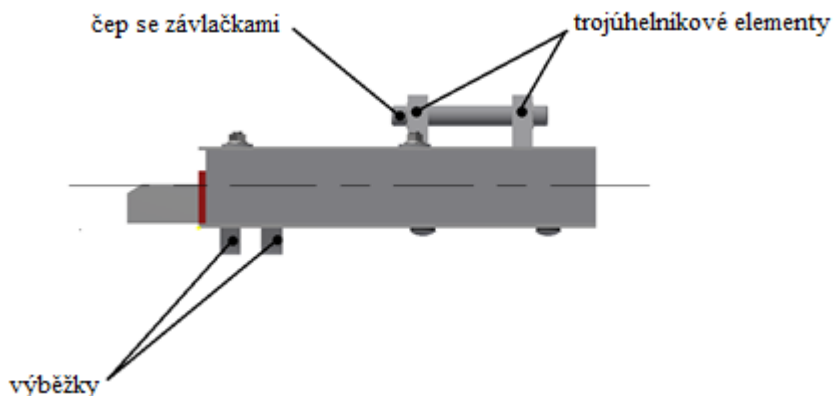
### 5.1.1 Konstrukce dveří bez zajišťovacího mechanismu

Samotná konstrukce se skládá ze dvou plechů, spodního a horního, o tloušťkách 5 a 3 mm. Součástí spodního plechu je zajišťovací mechanismus, který byl navržen po vzoru „trezorového zajišťovacího mechanismu“ (viz podkapitola 5.2). Plechy od sebe dělí normalizované L-profilu (L70), které jsou ke spodnímu plechu přivařeny, k hornímu přišroubovány (kvůli možnosti rozmontování). Do nich jsou vytvořeny díry v místech výsuvu zajišťovacích hranolů „trezorového mechanismu“. Celé dveře jsou vyztuženy normalizovanými jākly 120x100 mm, s přivařenou přírubou, která je spojena šrouby ke spodnímu plechu. Ke spojení jsem zvolil vratový šroub (Obr. 17.), vzhledem k malé tloušťce hlavy, což je vyžadováno kvůli malé vzdálenosti mezi spodním plechem a těsnicí gumou přední příčky, přes kterou se dveře nutně musí dostat při výsuvu. Vzhledem k ochraně před kapalnými složkami odpadu je pod hlavou šroubu umístěna gumová těsnicí podložka. Spojením šroubů se spodním plechem se předpokládá omezení průhybu plechu.



Obr. 17.: Vratový šroub

K hornímu plechu jsou v rozích přivařeny trojúhelníkové elementy spojené čepy a závlačkami. Pomocí hydraulických háků, které jsou součástí hydraulických válců, dojde k zachycení čepů a následnému výsuvu dveří na plošinu. Součástí spodního plechu jsou čtyři přivařené výběžky, které se kluzně pohybují v lineárním vedení dveřního rámu. Elementy přivařené k hornímu a spodnímu plechu lze vidět na následujícím obrázku.



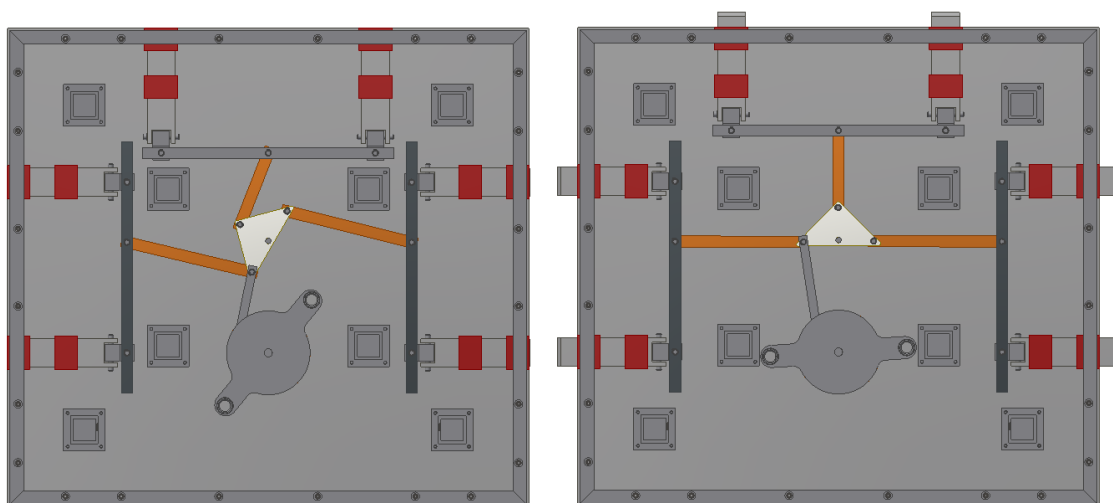
Obr. 18.: Elementy přivařené k plechům

### 5.1.2 Zajišťovací mechanismus

Při volbě zajišťovacího mechanismu jsem vycházel z předpokladu potřeby vhodného axiálního i radiálního zajištění. Návrh se inspiroje principem zajištění trezorových dveří, který se ze všech konceptů jevil jako nejlepší řešení. Princip spočívá ve výsuvu elementů (tyčí či hranolů), které jsou součástí mechanismu umístěného přímo ve dveřích. Tyto elementy se zasouvají do drážek, jež jsou součástí dveřního rámu.

Celý mechanismus se skládá z příček spojených čepy a závlačkami, plechu ve tvaru trojúhelníku, který je umístěn ve středu dveří a příčky jsou k němu připojeny v jeho vrcholech a již zmíněných výsuvných hranolů, které jsou vidlicově přichyceny ke dvěma příčkám pomocí čepů se závlačkami. Počet hranolů je 6 a jsou rovnoměrně rozmístěny po třech stranách dveří. Hranoly jsou umístěny v domcích, které zajišťují jejich posuvný pohyb a zároveň na jejich plochy působí napětí, které vznikne při stlačení těsnicího prvku. Toto napětí se rovnoměrně rozkládá mezi plochy dvanácti domků. Hranoly jsou na svých koncích zkoseny o úhel  $30^\circ$ .

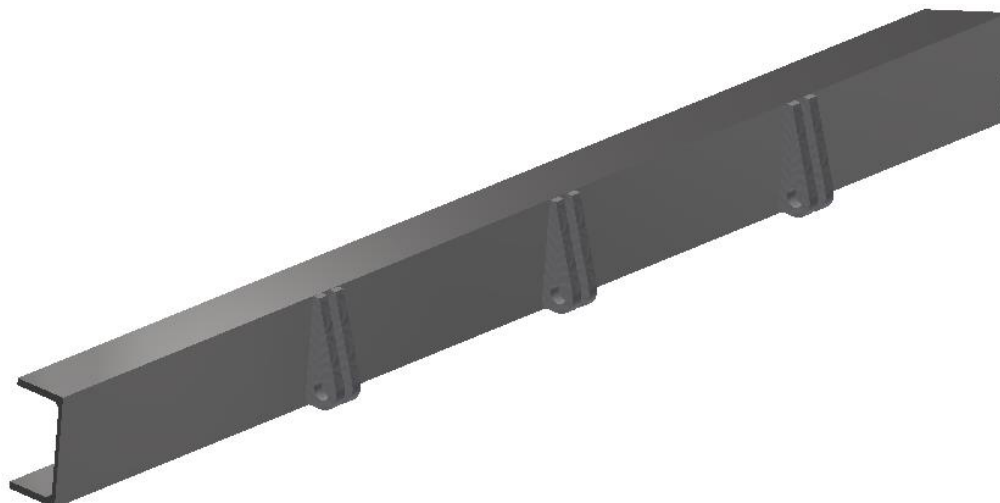
Pohyb mechanismu vychází z rotačního pohybu kola, který je vyvolán hydraulickým rotačním aktuátorem. Rotace kola zapříčiní rotaci válce, který je příčkou spojen k trojúhelníku. Obr. 18. znázorňuje funkčnost mechanismu – na levé straně je pozice, kdy dveře nejsou zajištěny (nejsou vysunuty hranoly), vpravo lze vidět pozici mechanismu při zajištění.



Obr. 19.: Pozice dveřního mechanismu

### 5.2 Dveřní rám

Vzhledem k požadavku na možnost duálního vyklápěcího otevírání dveří není rám pevně uchycen ke kontejneru a lze ho vyklápět přes panty umístěnými po jeho boku (Obr. 20.). Mezi rámem a kontejnerem bude umístěno těsnění a vyklápěcí dveře budou zajištěny přes páku.



*Obr. 20.: Panty*

Dveřní rám o rozměrech 2000x1760 mm (Obr. 21.) se skládá z normalizovaných profilů U150 svařených k sobě. K profilům jsou přivařeny plechy o tloušťce 10 mm a šířce 85 mm. V přední části (tam, kde se vysouvají dveře), je mezi U profily navařen plech o tloušťce 10 mm. Součástí rámu je lineární vedení, v němž se pohybují výběžky, které jsou součástí spodního plechu dveří. Lineární vedení obsahuje čtyři drážky, do nichž výběžky zapadnou po úplném zasunutí dveří.

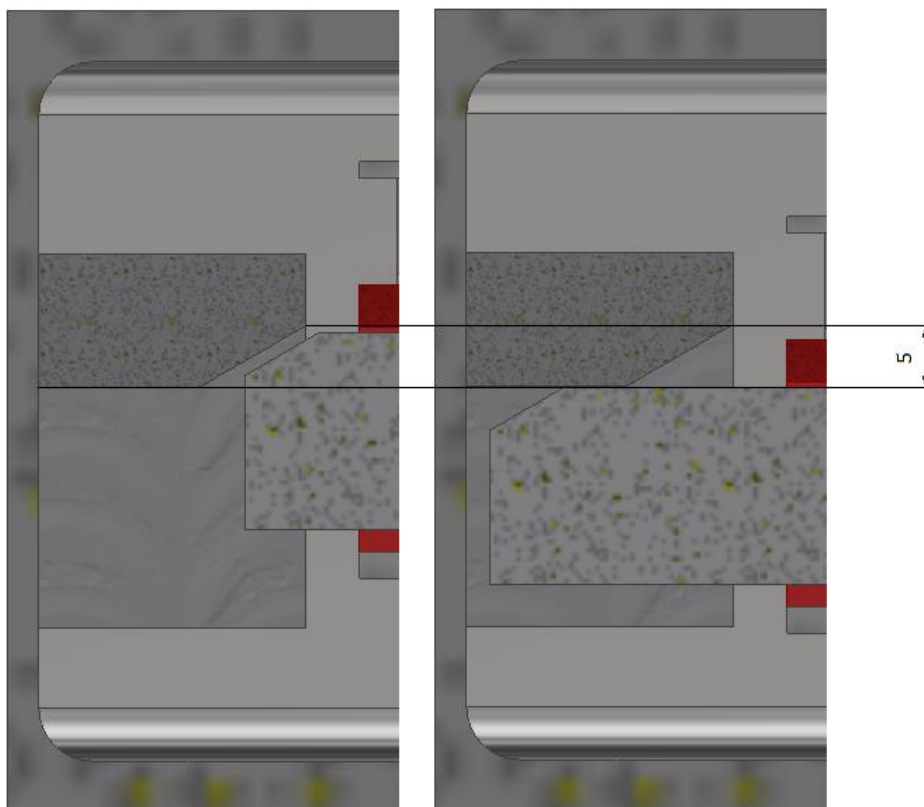


*Obr. 21.: Dveřní rám*

Důležitým prvkem dveřního rámu je těsnění, které zabraňuje úniku kapalných složek odpadu. To je rozmístěno po obvodu dveřního rámu a předpokládá se, že bude upevněno ve speciálních drážkách. Jako vhodný materiál se ukázala být pryž o menším modulu pružnosti. S volbou materiálu úzce souvisí výpočet přitlačné síly, o kterém je pojednáno v následující kapitole.

Po zasunutí dveří a zapadnutí výběžků do drážek dosednou dveře na těsnicí materiál a v této poloze dochází k výsuvu zkosených hranolů. Aby došlo k dostatečnému utěsnění, je zapotřebí

pryž stlačit o několik milimetrů, tzn. vyvinout dostatečnou přítlačnou sílu. Navrhnutý princip stlačení spočívá v zasunutí zkosených hranolů do drážek, jež jsou součástí dveřního rámu. Ke stlačení pryže dojde poté, co zkosená plocha hranolu přijde do kontaktu se zkosenou částí drážky. Hranol se postupně vlivem působící vnější síly, kterou vyvolává rotační aktuátor, posouvá po zkosené ploše drážky až se dostane za hranu zkosení a dojde k zajištění dveří. Stlačení těsnící plochy zajistí vodotěsnost. Naznačení principu utěsnění, resp. zajištění dveří radiálně i axiálně, lze vidět na následujícím obrázku.



Obr. 22.: Princip utěsnění

## 6 Výpočtová část

### 6.1 Výpočet přitlačné síly

Volba přitlačné síly má zásadní vliv na správné utěsnění proti kapalným složkám odpadu. Kromě toho je také její hodnota důležitá při dalších výpočtech svarů i čepů.

Stávající návrh zajištění a utěsnění spočívá v přitlačení dveří na těsnicí materiál, kterým je pryž o zvoleném modulu pružnosti  $E = 0,002 \cdot 10^9 \text{ GPa}$ . Tento materiál je zapotřebí stlačit o několik milimetrů, zvoleno  $4 \text{ mm}$ . Podle udávaných tabulkových hodnot se modul pružnosti pryže pohybuje v intervalu  $0,0015 - 0,005 \cdot 10^9 \text{ GPa}$ . Zvolená hodnota modulu pružnosti je vzhledem k požadavku na co nejnižší hodnotu přitlačné síly, nižší. <sup>[1]</sup>

Samotný výpočet vychází z předpokladu lineárního průběhu závislosti přitlačné síly na hloubce stlačení pryže, což je vzhledem k materiálu opravdu pouze předpoklad. Pro vhodnou volbu pryže a přesný výpočet přitlačné síly navrhuji experimentální tlakovou zkoušku několika různých materiálů.

Pro absolutní stlačení, konstantní po celé délce pryže platí vztah: <sup>[2]</sup>

$$\Delta L = \varepsilon \cdot L \quad (1)$$

Zvolená hodnota absolutního stlačení je  $4 \text{ mm}$ . Stejně tak je známa i hodnota délky, resp. výšky pryže, která činí  $30 \text{ mm}$ . Vzhledem ke zvoleným hodnotám již není obtížné určit relativní prodloužení materiálu:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{4}{30} = 0,133.$$

Z Hookova zákona platí, že napětí je přímo úměrné relativnímu prodloužení: <sup>[2]</sup>

$$\sigma_r = E_r \cdot \varepsilon, \quad (2)$$

kde  $E_r$  je zvolený Youngův modul pružnosti v tahu (index r odpovídá anglickému „rubber“), který se často rovná Youngově modulu pružnosti v tlaku 2).

$$\sigma_r = 0,002 \cdot 10^9 \cdot 0,167 = 266\,000 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}.$$

Dále je obecně známo, že napětí lze vypočítat ze vztahu: <sup>[2]</sup>

$$\sigma_r = \frac{N}{A}, \quad (3)$$

kdy  $N$  je síla, která působí na plochu  $A$ . Plocha  $A$  je známou hodnotou, jedná se totiž o plochu těsnění čili lze spočítat hodnotu síly  $N$ .

$$N = \sigma_r \cdot A = 266\,000 \cdot 0,2673 = 71\,101,8 \text{ N}$$

V případě návrhu představuje  $N$  sílu působící na plochu těsnění a je výsledkem součtu dvou sil.

$$N = F_{přitl.} + F_d, \quad (4)$$

kde  $F_{přitl.}$  je přitlačná síla, kterou chceme spočítat, a  $F_d$  je síla vzniklá samotnou hmotností dveří. Tato síla je tedy ekvivalentem tíhové síly a lze ji spočítat ze vztahu: <sup>[3]</sup>

$$F_d = m \cdot g, \quad (5)$$

kde  $m$  je hmotnost dveří a  $g$  hodnota gravitačního zrychlení. Hodnota  $F_d$  tedy bude:

$$F_d = 250 \cdot 9,81 = 2452,5 \text{ N.}$$

Hodnotu přitlačné síly pak lze již lehce spočítat jako:

$$F_{přitl.} = N - F_d,$$

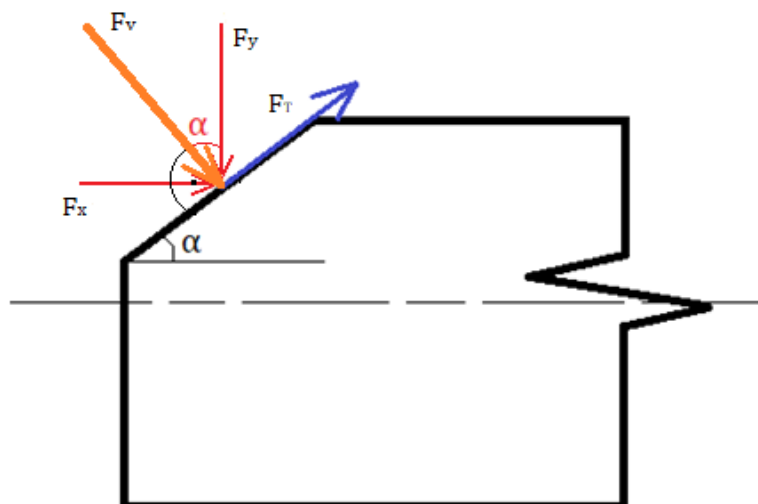
po dosazení

$$F_{přitl.} = 71\,101,8 - 2452,5 = 68\,649,3 \text{ N}$$

## 6.2 Rozložení sil na hranolu

Díky výpočtu přitlačné síly lze nyní zjistit hodnoty složek sil na výsuvné hranoly, které jsou nezbytné pro další dílčí kontrolu čepů.

Po dosednutí dveří na těsnicí materiál dojde k výsuvu hranolů a kontaktu jejich plochy s plochou drážky. Nejprve dojde ke styku zkosených ploch. V době kontaktu ploch budou na hranol působit síly znázorněné na následujícím obrázku. <sup>[8]</sup>



Obr. 23.: Rozložení sil na zkosené hraně hranolu

Svislá síla  $F_{h_1}$  bude šestinou hodnoty přítláčné síly. Jedná se o sílu působící na jeden hranol.

$$F_y = \frac{F_{přitl.}}{i}, \quad (6)$$

kde  $i$  je počet zámků.

Po dosazení vychází velikost této síly:

$$F_y = \frac{F_{přitl.}}{i} = \frac{68\,649}{6} = 11\,442\, N.$$

Díky vypočtené hodnotě lze následně zjistit velikosti ostatních rozkládajících se složek sil na hranol a určit napětí působící na zkosenou plochu jednoho hranolu.

Výsledná síla  $F_v$  bude mít hodnotu: <sup>[8]</sup>

$$F_v = \frac{F_y}{\cos \alpha}, \quad (7)$$

kde  $\alpha$  je úhel zkosení hranolu, který je vypočten z pravoúhlého trojúhelníka pomocí goniometrické funkce tangens a odpovídá hodnotě  $21,8^\circ$ . Po dosazení do tohoto vychází velikost síly:

$$F_v = \frac{11\,442}{\cos(21,8^\circ)} = 12\,323\, N.$$

Zkosená plocha jednoho hranolu má velikost  $1600\, \text{mm}^2$  a výsledná síla  $F_v$  na ní vyvolá napětí, které je dáno vztahem: <sup>[2]</sup>

$$\sigma_h = \frac{F_v}{A}, \quad (8)$$

po dosazení

$$\sigma_h = \frac{12\,323}{1600} = 7,7\, N \cdot \text{mm}^{-2}.$$

Složka síly  $F_T$  představuje třecí sílu, která je dána vztahem: <sup>[8]</sup>

$$F_T = f \cdot F_N, \quad (9)$$

kde  $f$  je součinitel smykového tření mezi tělesem (hranolem) a zkosenou plochou drážky a  $F_N$  je normálová síla, která odpovídá síle  $F_v$ . Hodnota  $f$  pro ocel-ocel je 0,1 a tudíž třecí složka bude mít hodnotu: <sup>[1]</sup>

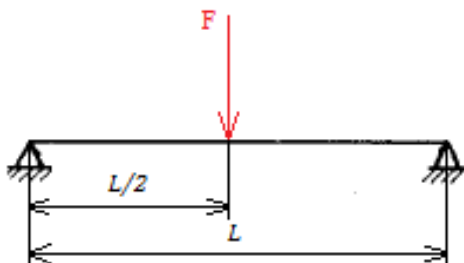
$$F_T = 0,1 \cdot 12\,323 = 1232,3\, N.$$



### 6.3 Výpočet napětí v nosníku

Jak již bylo uvedeno (viz kapitola 4), konstrukce rámu je nesena na dvou nosnících o průřezu tvaru U profilu. Na jeden nosník tedy připadá přibližně polovina hmotnosti rámu.

Nosník je umístěn ve dvou podpěrách a v polovině jeho délky na něj působí síla  $F$  (Obr. 24.).



Obr. 24.: Staticky neurčitý nosník

Na rám působí gravitační síla  $F_g$ , která je ekvivalentní síle  $F$  a její velikost je dána vztahem:

[3]

$$F_g = m \cdot g,$$

kde  $m$  je hmotnost rámu.

Na jeden nosník bude působit síla o velikosti:

$$F = F_g = 500 \cdot 9,81 = 4905 \text{ N}.$$

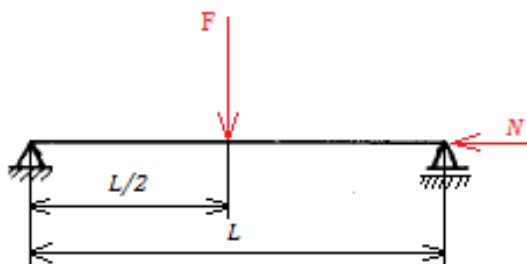
Následuje výpočet počtu stupňů volnosti, který je dán vztahem:

$$n = m - r, \tag{10}$$

kde  $m$  je počet nezávislých statických rovnic rovnováhy a  $r$  je celkový počet reakčních účinků působících na nosník. V případě obr. 25. se bude jednat o staticky neurčitou soustavu, neboť: [4]

$$n = 3 - 4 = -1.$$

Neurčitý nosník lze ovšem převést na určitý uvolněním pevné vazby na posuvnou (Obr. 25.). V místě uvolnění bude na podporu působit síla  $N$ , která je kolmá na sílu  $F$ . [2]



Obr. 25.: Staticky určitý nosník

Vzhledem k pozici síly  $F$  na nosníku je jisté, že maximální ohybový moment bude vznikat ve středu nosníku. Maximální moment je dán vztahem: <sup>[2]</sup>

$$M_{max} = \frac{F}{2} \cdot \frac{L}{2}, \quad (11)$$

po dosazení získáme hodnotu:

$$M_{o_{max}} = \frac{4905}{2} \cdot \frac{2525}{2} = 3\,096\,281 \text{ N} \cdot \text{mm}.$$

Provozní maximální napětí získáme ze vztahu: <sup>[2]</sup>

$$|\sigma_{max}| = \frac{M_{o_{max}}}{W_o}, \quad (12)$$

kde  $W_o$  je průřezový modul v ohybu a pro zvolený U profil má hodnotu  $291\,163 \text{ mm}^3$ . Hodnota  $\sigma_{max}$  vychází:

$$\sigma_{max} = \frac{3\,096\,281}{291\,163} = 10,63 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Při prostém ohybu nastává jednoosá napjatost a pevnostní podmínka má tvar: <sup>[2]</sup>

$$\sigma_{max} \leq \sigma_D, \quad (13)$$

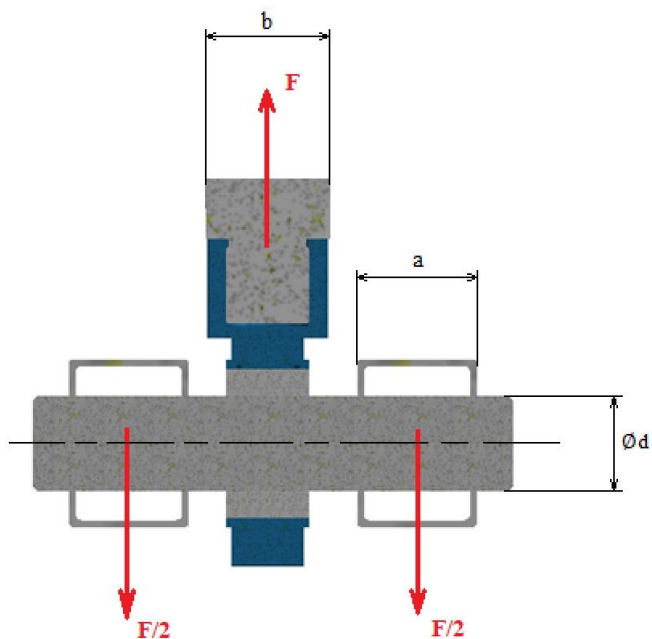
kde  $\sigma_D$  je dovolené napětí materiálu v tahu i v tlaku. Pro ocel 11 500 je tato hodnota  $150 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ . Po dosazení do pevnostní podmínky je zřejmé, že nosník vyhovuje: <sup>[10]</sup>

$$10,63 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq 150 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}.$$

## 6.4 Kontrola čepů výsuvného rámu

Vzhledem k vůli mezi spojovanými díly čepu je čep namáhán na smyk a ohyb současně. Při jeho dimenzování je zapotřebí vypočítat redukované napětí, které se následně porovná s dovoleným napětím materiálu čepu.5) Jako materiál byla zvolena ocel 11 500, jejíž dovolená napětí odpovídají hodnotám  $\sigma_{o_{DOV}} = 100 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  pro ohyb a  $\tau_{s_{DOV}} = 70 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  pro stříh (smyk). <sup>[5][13]</sup>

Následující obrázek (Obr. 26.) znázorňuje rozložení sil působících na čep a další důležité rozměry.

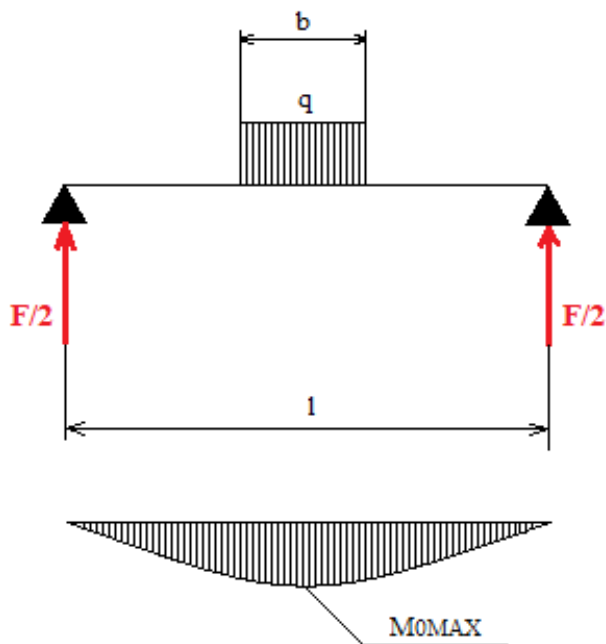


Obr. 26.: Rozložení sil na čep

Základní pevnostní podmínka pro ohyb čepu je: <sup>[5]</sup>

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{o\text{ DOV}}. \quad (14)$$

Následuje odvození výpočtu ohybového napětí. Čep je přitom pokládán za nosník se spojitým zatížením (viz obr. 27.). <sup>[13]</sup>



Obr. 27.: Nosník se spojitým zatížením

Za ohybový moment dosadíme: <sup>[13]</sup>

$$M_o = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2} - \frac{F}{2} \cdot \frac{b}{4}, \quad (15)$$

kde po úpravě dostaneme vztah:

$$M_o = \frac{F}{8} \cdot (2l - b),$$

nebo také

$$M_o = \frac{F}{8} \cdot (2a + b).$$

Síla  $F$  se bude rovnat gravitační síle  $F_g$ , jejíž velikost je závislá na hmotnosti konstrukce rámu  $m$  a hodnotě gravitačního zrychlení  $g$ :

$$F = F_g = m \cdot g,$$

po dosazení:

$$F = F_g = 500 \cdot 9,81 = 4905 \text{ N}.$$

Vzorec pro ohybový modul průřezu je: <sup>[5]</sup>

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32}. \quad (16)$$

Po dosazení do pevnostní podmínky pro ohyb dostáváme tvar:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F}{8} \cdot (2a + b)}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{4F \cdot (2a + b)}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_{o \text{ DOV}},$$

po číselném dosazení vychází hodnota:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{4 \cdot 4905 \cdot (2 \cdot 50 + 40)}{\pi \cdot 25^3} = 55,96 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq 100 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}.$$

Následuje výpočet kolíku na smyk: <sup>[13]</sup>

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot 2} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{s \text{ DOV}}, \quad (17)$$

po dosazení

$$\tau_s = \frac{2 \cdot 4905}{\pi \cdot 30^2} = 3,47 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq 70 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}.$$



Celkové redukované napětí má tvar: <sup>[5]</sup>

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau_s^2} \leq \sigma_{o DOV}. \quad (18)$$

Celkové redukované napětí vychází:

$$\sigma_{RED} = \sqrt{55,96^2 + 3 \cdot 3,47^2} = 59,28 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq 100 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}.$$

## 7 Závěr

Podle zadaných požadavků jsem navrhl mechanismus pro automatické otevírání dveří kontejneru a výsuvné dveře s možností duálního vyklápění včetně jejich rámu. Řešení je kompatibilní s návrhem linky pro manipulaci s kontejnerem, plnění a lisování odpadu, který vznikl v rámci řešení projektu SKOTRANS.

Z rešerše vyplynulo, že konstrukce mechanismu i dveří kontejneru přináší koncept, který je nejen v Evropě, ale i ve světě ojedinělý. Většina podniků, která pracuje v oblasti svozu komunálního odpadu totiž využívá především vyklápěcích dveří, které se otevírají mechanickým způsobem. Další odlišností oproti současným způsobům je také poloha kontejneru při plnění a následném lisování odpadu. Ten je během těchto operací povětšinou v horizontální poloze.

Během práce na daném problému vyšlo na povrch hned několik možných řešení, která byla postupem času zavrhnuta. K úpravám a průběžným změnám docházelo i na stávajícím modelu, zejména kvůli ohledu na náklady konstrukce, ale i z důvodu průběžně vyvstávajících požadavků ze strany kolegů.

Tento koncept počítá s rozměry kontejneru 2000x2000x5000 mm a šířkou konstrukce mezináspyky 9500 mm. V budoucnu se plánuje změna konstrukce linky pro nové rozměry kontejneru 2500x2500x5000 mm, a proto dojde k dalším úpravám na nynějším řešení dveří i automatického výsuvného mechanismu v další fázi práce na projektu. Koncept také nedořešil některé problémy, přičemž většina z nich se týká těsnícího materiálu.

V rámci výpočtové části bakalářské práce jsem kontroloval nosníky nesoucí hmotnost rámu automatického výsuvného mechanismu a také čepy, které spojují hydraulické válce s rámem. Navržené rozměry nosníků i čepů vyhovují pevnostním podmínkám. Další výpočet se týká dveří kontejneru, kde hlavní roli hraje vzhledem k navrženému způsobu těsnění, velikost přítláčné síly. Zde jsem pro malé deformace uvažoval pryž jako izotropní model, resp. jsem předpokládal lineární průběh závislosti přítláčné síly na malé deformaci těsnícího materiálu. Poslední výpočet se týká rozložení sil na zkosených plochách hranolů, díky němuž jsem mohl určit maximální napětí, které bude působit na zkosenou plochu jednoho hranolu.

Na zařízení byla podána přihláška k zápisu do rejstříku užitných vzorů.

## Seznam zkratek a symbolů

Značka	Jednotka	Význam
$\Delta L$	$mm$	Absolutní stlačení
$\varepsilon$	-	Relativní stlačení
$L$	$mm$	Délka
$\sigma_r$	$N \cdot m^{-2}$	Relativní prodloužení
$E_r$	$GPa$	Modul pružnosti v tlaku
$N$	$N$	Síla
$A$	$m^2$	Plocha těsnění
$F_{přítl.}$	$N$	Přítlačná síla
$F_d$	$N$	Síla vyvolaná hmotností dveří
$m$	$kg$	Hmotnost
$g$	$m \cdot s^{-2}$	Gravitační zrychlení
$F_x$	$N$	Vodorovná síla
$F_y$	$N$	Svislá síla
$F_v$	$N$	Výsledná síla
$\alpha$	$^\circ$	Úhel
$\sigma_h$	$N \cdot mm^{-2}$	Napětí působící na hranol
$S$	$mm^2$	Plocha hranolu
$F_T$	$N$	Třecí síla
$f$	-	Součinitel smykového tření
$F_N$	$N$	Normálová síla
$F_g$	$N$	Gravitační síla
$n$	$^\circ$	Počet stupňů volnosti
$m$	-	Počet rovnic rovnováhy
$r$	-	Počet reakčních účinků
$M_{o_{max}}$	$N \cdot mm$	Maximální ohybový moment
$\sigma_{max}$	$N \cdot mm^{-2}$	Maximální provozní napětí
$W_o$	$mm^3$	Modul průřezu v ohybu
$\sigma_D$	$N \cdot mm^{-2}$	Dovolené napětí materiálu
$\tau_S$	$N \cdot mm^{-2}$	Smykové napětí
$d$	$mm$	Průměr čepu
$\tau_{s_{DOV}}$	$N \cdot mm^{-2}$	Dovolené smykové napětí

## Seznam použité literatury

- [1] MIKULČÁK, Jiří. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy*. Praha: Prometheus, 2003. ISBN 80-7196-264-3.
- [2] MICHALEC, Jiří. *Pružnost a pevnost I*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04224-3.
- [3] ČERNÝ, František, Ladislav SAMEK a Bruno SOPKO. *Fyzika I*. 5. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06358-3.
- [4] VALÁŠEK, Michael a Jiří BŘEZINA. *Mechanika A*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 978-80-01-02890-2.
- [5] BOLEK, Alfred a Josef KOCHMAN. *Části strojů*. Vyd. 5., přeprac. (v SNTL 1. vyd.). Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. Technický průvodce. ISBN 8003000467.
- [6] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. *Konstruování strojních součástí*. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [7] ORTEGA, Vincent. *Shipping-container door handle extender*. 2005. Uděleno 2005-11-01. Zapsáno 2005-11-01.
- [8] JACOT, Anton Johan. *Door-locking mechanisms for security enclosures*. 1981. Uděleno 14.04.1981. Zapsáno 31.12.1981.
- [9] SCHULTZ, H. *Retractable pen*. 1972. Uděleno 1972-11-02. Zapsáno 1972-11-02.
- [10] Systém sběru komunálního odpadu v Praze. *Portál životního prostředí Hlavního města prahy* [online]. Praha: Portál životního prostředí, 2018 [cit. 2018-06-06]. Dostupné z: [http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/odpady/pro\\_obcany/system\\_sberu\\_komunalniho\\_odpadu\\_v\\_praze/index.xhtm](http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/odpady/pro_obcany/system_sberu_komunalniho_odpadu_v_praze/index.xhtm)
- [11] Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů č. 229*. Praha, ročník 2014, Částka 96.
- [12] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETEČKA. Těleso na nakloněné rovině. *Encyklopedie fyziky* [online]. Praha, 2012 [cit. 2018-06-24]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1540-teleso-na-naklonene-rovine>
- [13] Hodnoty mezi pevnosti, kluzu, únavy a dovolených napětí pro ocel. *E-konstruktor* [online]. Praha, 2017 [cit. 2018-06-24]. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/prakticka-informace/hodnoty-mezi-pevnosti-kluzu-unavy-a-dovolenych-napeti-pro-ocel>
- [14] PALÁT, Hynek. *Kolíky a čepy* [online]. Opava, 2012 [cit. 2018-06-24]. Dostupné z: [http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/\\_sablon/SPS\\_II/VY\\_32\\_INOVACE\\_C-07-04.pdf](http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablon/SPS_II/VY_32_INOVACE_C-07-04.pdf). SPŠ Opava.



## Seznam obrázků

Obr. 1.: Svozové oblasti na území hl. m. Prahy .....	- 7 -
Obr. 2.: Dvoukřídlé dveře .....	- 9 -
Obr. 3.: Jednokřídlé vyklápěcí dveře .....	- 9 -
Obr. 4.: Výsuvné dveře .....	- 10 -
Obr. 5.: Pákové zajištění .....	- 11 -
Obr. 6.: Přenos síly pomocí ozubených kol .....	- 11 -
Obr. 7.: Přenos síly pomocí příček .....	- 11 -
Obr. 8.: Princip uzávěru ponorkového poklopu .....	- 12 -
Obr. 9.: Drážky vytvořené v tubě .....	- 12 -
Obr. 10.: Řez zajišťovacím mechanismem .....	- 13 -
Obr. 11.: Sled pohybů mechanismu .....	- 14 -
Obr. 12.: Konstrukce rámu .....	- 15 -
Obr. 13.: Rotační hydraulický aktuátor .....	- 16 -
Obr. 14.: Zasazení rámu do konstrukce lisu .....	- 16 -
Obr. 15.: Duální jednokřídlé dveře .....	- 17 -
Obr. 16.: Výsuvné dveře kontejneru .....	- 17 -
Obr. 17.: Vratový šroub .....	- 18 -
Obr. 18.: Elementy přivařené k plechům .....	- 18 -
Obr. 19.: Pozice dveřního mechanismu .....	- 19 -
Obr. 20.: Panty .....	- 20 -
Obr. 21.: Dveřní rám .....	- 20 -
Obr. 22.: Princip utěsnění .....	- 21 -
Obr. 23.: Rozložení sil na zkosené hraně hranolu .....	- 23 -
Obr. 24.: Staticky neurčitý nosník .....	- 25 -
Obr. 25.: Staticky určitý nosník .....	- 25 -
Obr. 26.: Rozložení sil na čep .....	- 27 -
Obr. 27.: Nosník se spojitým zatížením .....	- 27 -

## Seznam tabulek

Tab. 1.: Produkce a nakládání se směsným komunálním odpadem v letech 2009 – 2013 .....	- 8 -
--	-------

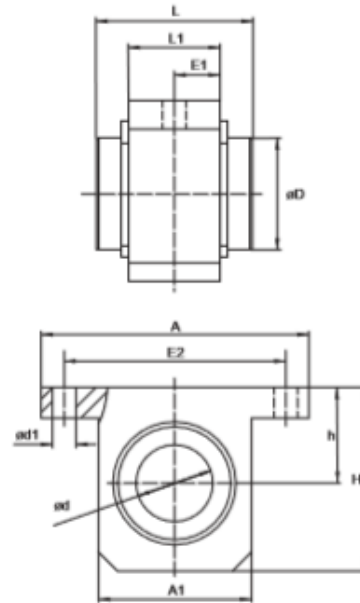
## Seznam příloh

Příloha 1.: Linear set ALGS-40-KS .....	- 1 -
Příloha 2.: Kuličkové pouzdro typu KH 4060 .....	- 2 -
Příloha 3.: Uchycení tyčí typu WBA-40 .....	- 3 -
Příloha 4.: Parametry hydraulického válce o délce 1800 mm .....	- 4 -
Příloha 5.: Parametry hydraulického válce o délce 600 mm .....	- 4 -

## ALGS

## Linear-sety

### Standardní uzavřené provedení



Označení	Rozměry [mm]											Únosnost [N]		Hmotnost [kg]
	ød	øD	h <sup>±0,15</sup>	H	A	A1	E1	E2	L	L1	ød1	C <sub>e</sub>	C <sub>o</sub>	
ALGS-12-KS	12	22	18	35	52	30	10	42 <sup>+0,15</sup>	32	20	5,3	830	910	0,09
ALGS-16-KS	16	26	22	41	56	34	11	46 <sup>+0,15</sup>	36	22	5,3	1020	1120	0,12
ALGS-20-KS	20	32	25	48	70	40	14	58 <sup>+0,15</sup>	45	28	6,4	2020	2220	0,25
ALGS-25-KS	25	40	30	58	80	50	20	68 <sup>+0,15</sup>	58	40	6,4	3950	4350	0,49
ALGS-30-KS	30	47	35	68	88	58	24	76 <sup>+0,2</sup>	68	48	6,4	4800	5280	0,78
ALGS-40-KS	40	62	45	85	108	74	28	94 <sup>+0,2</sup>	80	56	8,4	8240	9060	1,28
ALGS-50-KS	50	75	50	100	135	96	36	116 <sup>+0,2</sup>	100	72	10,5	12060	13270	1,70

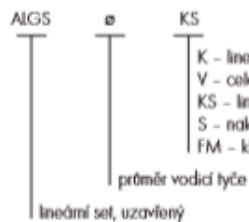
Upevnění pouzdra v tělese pojistnými kroužky podle DIN 471.

Odpovídající příslušenství - viz str. 52 - 64.

Únosnost jsou stanoveny při použití kalených a broušených vodičích tyčí - viz str. 66 - 69.

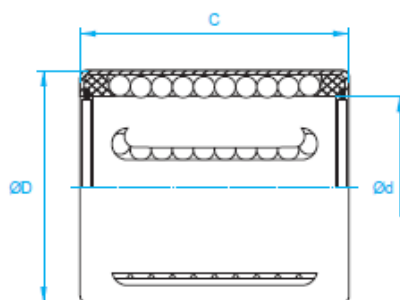
Upevňovací šrouby DIN 912.8.8, pružné kroužky DIN 7980.

#### Objednací číslo:



- K - lineární kuličkové pouzdro standard LME (str. 15)
- V - celokovové kuličkové pouzdro SDE (str. 18)
- KS - lineární kuličkové pouzdro standard s/bez naklápnění (str. 19)
- S - naklápněcí pouzdro pro velká zatížení SSE (str. 20)
- FM - kluzné pouzdro, samomazné (str. 22)

DOUILLES A BILLES COMPACTE - COMPACT LINEAR BEARING



TYPE KH



Référence Type	Nombre Rangées Billes Number of ball circuits	Dimensions - mm			Charges - N - Basic load		Poids Weight g
		Ø d	D	C	Dyn. C	Stat. Co	
KH 0824	4	8	15	24	435	280	11,3
KH 1026	4	10	17	26	500	370	14,4
KH 1228	5	12	19	28	620	510	18,1
KH 1428	5	14	21	28	620	520	20,6
KH 1630	5	16	24	30	800	620	27,2
KH 2030	6	20	28	30	950	790	32,7
KH 2540	6	25	35	40	1 090	1 670	66
KH 3050	7	30	40	50	2 800	2 700	95
KH 4060	8	40	52	60	4 400	4 450	180
KH 5070	9	50	62	70	5 500	6 300	250

1N = 0,102 Kgf

Les douilles peuvent être montées dans les paliers : pages 90, 91, 92, 93.

Avantage : Douilles à billes économiques



Exemple de désignation

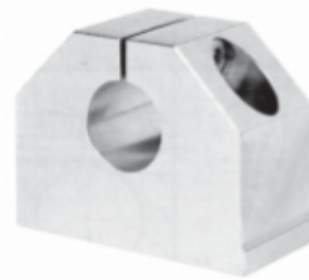
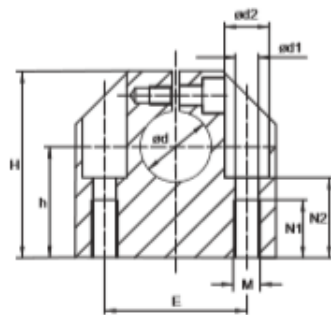
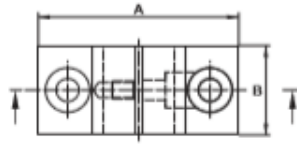
		KH	20	30	PP
Type de douilles	Linear bearing type				
Ø Arbre de précision	Precision shaft Ø				
Longueur de la douille	Linear bearing length				
Joint d'étanchéité	Seals on both sides				

## Uchycení tyčí

**WBA**

**Z legovaného hliníku**

Uchycení typ A



Označení	Rozměry [mm]													Hmotnost [kg]
	ød	A	B	H	h <sup>max</sup>	ε <sup>max</sup>	ød1	ød2	M	M1	N1	N2		
WBA-08	8	32	18	28	15	22	3,3	6	M3	M4	9	13	0,04	
WBA-12	12	43	20	35	20	30	5,2	10	M4	M6	13	16,5	0,10	
WBA-16	16	53	24	42	25	38	6,8	11	M5	M8	18	21	0,15	
WBA-20	20	60	30	50	30	42	8,6	15	M6	M10	22	25	0,23	
WBA-25	25	78	38	60	35	56	10,3	18	M8	M12	26	30	0,41	
WBA-30	30	87	40	70	40	64	10,3	18	M8	M12	26	34	0,53	
WBA-40	40	108	48	90	50	82	14,25	20	M10	M16	34	44	0,99	
WBA-50	50	132	58	105	60	100	17,5	26	M10	M20	43	49	1,25	

Odpovídající typy vodících tyčí - viz str. 66-69.

Tiskové chyby vyřazeny. Obrázky mají informační charakter.

malis s.r.o., Kaňtanová 34, 620 00 Brno, tel.: +420 548 214 438, fax: +420 548 214 439, e-mail: info@malis.cz, www.malis.cz

51

Příloha 3.: Uchycení tyčí typu WBA-40



Description		
Mode of operation	CD	Single rod cylinder
Range	H1	Range H1
Mounting types	MS2	Foot mounting
Bore diameter	50	D = 50 mm
Piston rod diameter	36	d = 36 mm
Stroke length	1800	Stroke length = 1800 mm
Design principle	A	Flanged head and cap
Component series	3X	30 to 39 unchanged installation and connection dimensions
Port connection / types	B	according to ISO 1179-1 (pipe thread ISO 228-1) EE = G 1/2 D4 = 34 (max. 0.5 mm deep)
Line connection/located at head	1	Top - viewed on the piston rod
Line connection/located at base	1	Top - viewed on the piston rod
Piston rod version	C	Hard chromium-plated
Piston rod end	S	With self-aligning clevis fitted CGAS KK = M24x2 CH = 75 CN = 30
End position cushioning	U	Without
Seal version	M	Standard sealing system (for mineral oil HL, HLP and HFA)
Option	W	Without option

*Příloha 4.: Parametry hydraulického válce o délce 1800 mm*

Description		
Mode of operation	CD	Single rod cylinder
Range	H1	Range H1
Mounting types	MF3	Round flange at head end
Bore diameter	80	D = 80 mm
Piston rod diameter	56	d = 56 mm
Stroke length	600	Stroke length = 600 mm
Design principle	A	Flanged head and cap
Component series	3X	30 to 39 unchanged installation and connection dimensions
Port connection / types	B	according to ISO 1179-1 (pipe thread ISO 228-1) EE = G 3/4 D4 = 42 (max. 0.5 mm deep)
Line connection/located at head	1	Top - viewed on the piston rod
Line connection/located at base	1	Top - viewed on the piston rod
Piston rod version	C	Hard chromium-plated
Piston rod end	N	With plain clevis head fitted CSA KK = M35x1.5 CA = 85 CK = 40
End position cushioning	U	Without
Seal version	M	Standard sealing system (for mineral oil HL, HLP and HFA)
Option	W	Without option

*Příloha 5.: Parametry hydraulického válce o délce 600 mm*