

# Zařízení pro montáž kluzných ložisek

## Bakalářská práce

*Studijní program:*

B2301 Strojní inženýrství

*Studijní obor:*

Strojní inženýrství

*Autor práce:*

**Vojtěch Ondráček**

*Vedoucí práce:*

Ing. Josef Skřivánek, Ph.D.

Katedra textilních a jednoúčelových strojů





## Zadání bakalářské práce

# Zařízení pro montáž kluzných ložisek

*Jméno a příjmení:* **Vojtěch Ondráček**  
*Osobní číslo:* S17000096  
*Studijní program:* B2301 Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* Strojní inženýrství  
*Zadávací katedra:* Katedra textilních a jednoúčelových strojů  
*Akademický rok:* **2019/2020**

### Zásady pro vypracování:

Hlavním cílem práce je navržení zařízení pro lisování kluzných ložisek do zadní vidlice motocyklu. Na základě poznatků získaných v rešeršní části, budou sestaveny a porovnány možné varianty struktury lisovacího zařízení a bude vybrána ta nejvhodnější. Budou stanoveny potřebné lisovací síly, které budou sloužit k dimenzování součástí zařízení. Zvolená varianta bude podrobně zpracována do formy výrobní dokumentace

1. Rešerše v oblasti lisovacích zařízení. 2. Stanovení lisovacích sil k docílení bezproblémového zalisování kluzných ložisek. 3. Návrh a konstrukce zařízení pro montáž kluzných ložisek a pevnostní výpočet vybraných prvků konstrukce. 4. Tvorba výkresové dokumentace.

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

CAD dokumentace  
30  
tištěná/elektronická  
Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

- [1] PEŠÍK, Lubomír. Části strojů: stručný přehled. Díl 2 / Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-608-3;  
[2] JULIŠ, K., BREPTA, R.: Mechanika I. díl. Statika a kinematika. Technický průvodce 65. SNTL Praha 1986;  
[3] BRÁT, V., ROSENBERG, J., JÁČ, V.: Kinematika. SNTL/ALFA Praha 1987;  
[4] BENEŠ, Š. : Teorie stavby strojů. Stripta. Liberec, VŠST, 1986.  
[5] POKORNÝ, Přemysl. Výrobní stroje II. mechanické lisy. Liberec: Technická univerzita, 1998. ISBN 80-7083-608-3

*Vedoucí práce:*

Ing. Josef Skřivánek, Ph.D.  
Katedra textilních a jednoúčelových strojů

*Datum zadání práce:*

25. února 2020

*Předpokládaný termín odevzdání:*

2. července 2021

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan

L.S.

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 25. února 2020

## Prohlášení

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

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

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

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

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

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

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

30. června 2021

Vojtěch Ondráček



## **Abstrakt**

Úkolem této bakalářské práce je návrh zařízení na montáž kluzných ložisek zadní kyvné vidlice motocyklu. V první fázi byla provedena rešerše v oblasti lisovacích zařízení a montáže ložisek. Dále byly stanoveny síly nutné k zalisování ložiska. Na základě poznatků z rešerše a výpočtu lisovací síly bylo navrženo montážní zařízení, které splňuje vstupní požadavky. Na závěr byla vytvořena výrobní dokumentace zařízení.

## **Klíčová slova**

kluzné ložisko, kyvná vidlice, lisovací stanice, montáž lisováním, servo-elektrický lis

## **Abstract**

The objective of this bachelor's thesis was to design a machine for press-mounting of swingarm bearings. In the first phase, research in the field of machine presses and mounting of bearings was conducted. In the next step, minimal required press-fitting force was to be determined through theoretical calculations. Based on conclusions of the research and aforementioned calculations, a bearing mounting station was designed, which meets all initial requirements. Lastly, production documentation for this machine was created.

## **Keywords**

plain bearing, swingarm, press fitting station, press mounting, servo press

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat především Ing. Josefovi Skřivánkovi za trpělivý, pečlivý a důsledný dohled nad tvorbou této bakalářské práce a za podporu poskytnutou i nad rámec povinností vedoucího bakalářské práce. Dále děkuji Ing. Josefovi Žákovi za konzultaci v oblastech problematiky lisovaných spojů.

## Obsah

1	Úvod.....	10
2	Lisování.....	11
3	Lisy.....	11
4	Rozdělení lisů.....	12
4.1	Mechanické lisy.....	14
4.1.1	Klikový mechanismus a jeho odvozeniny.....	15
4.1.2	Ostatní mechanismy.....	16
4.2	Hydraulické lisy.....	17
4.2.1	Hlavní součásti hydraulických lisů.....	19
4.3	Pneumatické lisy.....	22
4.4	Elektrické lisy.....	23
5	Montáž ložisek.....	24
5.1	Kluzná ložiska.....	24
5.2	Montáž kluzných ložisek.....	24
6	Návrh zařízení.....	26
7	Výpočet lisovací síly.....	27
7.1	Teorie výpočtu.....	27
7.1.1	Stanovení okrajových a deformačních podmínek.....	31
7.2	Vstupní hodnoty a výsledky výpočtu.....	33
7.3	Konkrétní hodnoty pro bronzové kluzné ložisko.....	34
8	Konstrukce.....	35
8.1	Návrh pracovního jádra zařízení.....	35
8.2	Reakční matrice.....	36
8.2.1	Verze reakční matrice č.1.....	37

8.2.2	Verze reakční matrice č.2.....	38
8.2.3	Verze reakční matrice č.3.....	39
8.2.4	Čtvrtá verze matrice .....	40
8.3	Lisovací jednotka.....	41
8.4	Lisovací přípravek a vedení.....	42
8.5	Rám a ochranné prvky montážního zařízení .....	46
8.6	Sestava, další prvky .....	49
9	Pracovní cyklus montážního zařízení.....	50
10	Závěr.....	52

## Seznam symbolů, zkratek a termínů

$p$	tlak	[MPa]
$F_1$	síla působící na menší píst	[kN]
$F_2$	síla, kterou působí větší píst	[kN]
$S_1$	plocha menšího pístu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_2$	plocha většího pístu	[mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_r$	radiální napětí	[MPa]
$\sigma_t$	tečné napětí	[MPa]
$A$	integrační konstanta „A“	[MPa]
$B$	integrační konstanta „B“	[MPa/mm <sup>2</sup> ]
$r$	vnitřní poloměr nátrubku	[mm]
$h$	délka nátrubku	[mm]
$d\varphi$	úhel elementu výseče nátrubku	[rad]
$E$	Youngův modul	[MPa]
$\varepsilon_r$	relativní prodloužení v radiálním směru	[-]
$\varepsilon_t$	relativní prodloužení v tečném směru	[-]
$\mu$	Poissonovo číslo	[-]
$o'$	obvod po deformaci	[mm]
$o$	výchozí obvod	[mm]
$u$	posuv v radiálním směru	[mm]
$C$	integrační konstanta	[-]
$\lambda$	exponent odhadu řešení diferenciální rovnice	[-]
$R_1$	vnitřní poloměr kluzného ložiska	[mm]
$R_2$	styčný poloměr	[mm]
$R_3$	vnější poloměr nátrubku vidlice	[mm]
$\delta$	absolutní deformace	[mm]
$F_T$	třecí síla	[N]
$p_k$	kontaktní tlak	[MPa]
$S_k$	kontaktní plocha	[mm <sup>2</sup> ]
$f_{om}$	součinitel tření mezi ocelí a mosazí	[-]
$L$	délka pouzdra	[mm]

# 1 Úvod

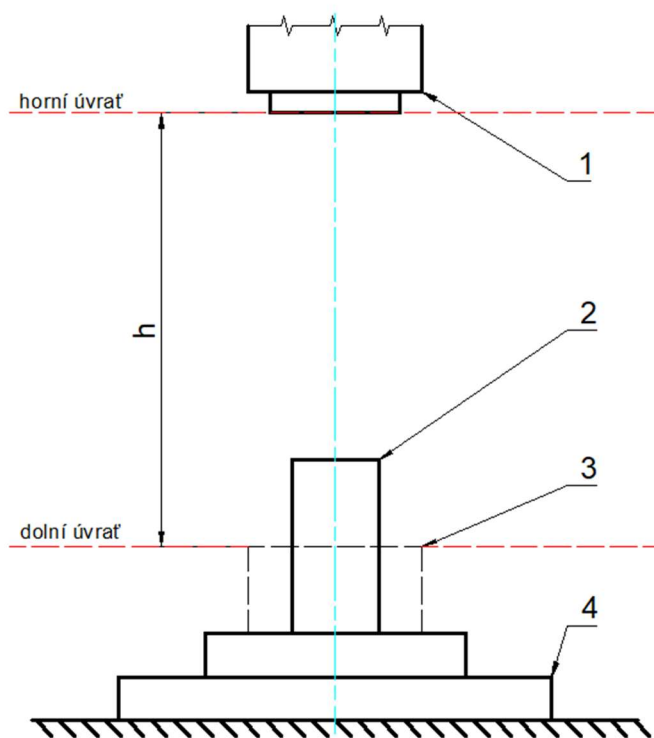
Předmětem této bakalářské práce je návrh zařízení pro montáž kluzných ložisek do zadní vidlice motocyklu. Ruční montáž těchto kluzných ložisek neboli „pouzder“ je obtížná bez použití pomůcek, ať už se jedná o ruční přípravky či využití tepelné roztažnosti ohřátím místa montáže a případně i ochlazením samotného ložiska. V lepších případech je využívána síla strojního lisu. Účelem této práce je navrhnout jednoúčelové lisovací zařízení, které by mělo umožnit snadnější a přesnější montáž kluzných ložisek.

## 2 Lisování

Lisování je proces, při kterém je vyvíjena tlaková síla na materiál za účelem docílení trvalých deformací. Tento proces má uplatnění nejen ve strojírenství při tváření různých druhů kovových i nekovových materiálů, ale také například při výrobě rostlinných olejů či zpracování různých druhů odpadu.

## 3 Lisy

Lisy jsou tvářecí stroje, které působí na materiál klidovou tlakovou silou [1]. V rámci strojírenství jsou použitelné pro objemové i plošné tváření.



Obr.1 – základní uspořádání tvářecího stroje s přímočarým pohybem nástroje [2]

(1 - beran, 2 – výchozí materiál, 3 – výrobek, 4 – stůl, h – zdvih)

## 4 Rozdělení lisů

### *Rozdělení lisů podle technologického účelu*

Lisy jsou užitečné pro výrobní procesy objemového tváření, vytlačování, zpracování plechů, nekovových materiálů atd.

<u>objemové tváření</u>	kování ostřihování lámání zápustkové kování ražení a kalibrování protlačování aj.
<u>vytlačování</u>	vytlačování trub vytlačování profilů
<u>zpracování plechu</u>	stříhání hluboké tažení lisování gumou ohýbání obrubování aj.
<u>zpracování nekovových materiálů</u>	keramické hmoty plastické hmoty
<u>rovnání a montáž</u>	rovnání montáž
<u>zpracování kovového odpadu a prášků</u>	briketování paketování lisování prášků

*Tab.1 – rozdělení lisů podle technologických procesů [2]*

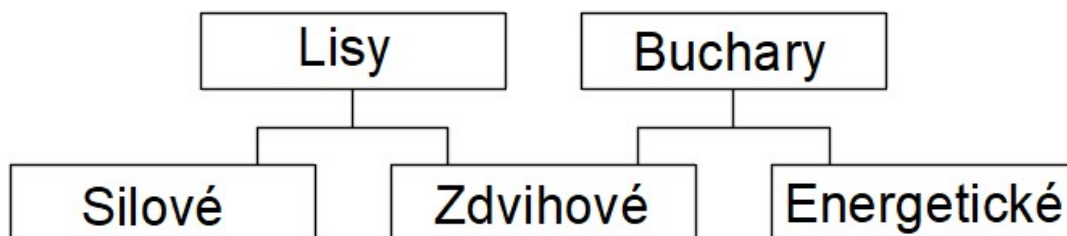


### *Podle druhu využití energie*

Podle druhu využití energie se lisy dělí na tvářecí stroje silové a zdvihové, viz tab.2.

Silové tvářecí stroje využívají k tváření potenciální energie, rychlost nástroje zpravidla nepřekračuje  $0,25 \text{ ms}^{-1}$ . Typickým zástupcem silových tvářecích strojů je hydraulický lis. Vyvinutá síla je konstantní a funkčně nezávisí na zdvihu. [2]

U zdvihových tvářecích strojů je pracovní síla i rychlost nástroje funkčně závislá na zdvihu beranu. Mezi tyto stroje lze zařadit například klikový lis. [2] V případě mechanických lisů dosahuje nástroj rychlosti až  $0,6 \text{ ms}^{-1}$  [1]



Tab.2 – rozdělení tvářecích strojů podle využití formy energie [2]

### *Podle pracovního rozsahu*

V závislosti na všestrannosti lze tvářecí stroje rozdělit na univerzální, speciální a jednoúčelové, přičemž univerzální stroje mají široké nesespecializované využití, speciální stroje většinou zpracovávají jeden konkrétní typ materiálu různých rozměrů a jednoúčelové stroje jsou pak určeny pouze pro jeden konkrétní typ, tvar a rozměr výchozího materiálu a jediný konečný výrobek. [2]

### *Podle způsobu přenosu energie*

Lisy používají několik různých druhů mechanismu pro přenos energie. Mezi typické příklady patří mechanické a hydraulické lisy. Dále jsou využívány lisy pneumatické, elektromagnetické a kombinované.[2]

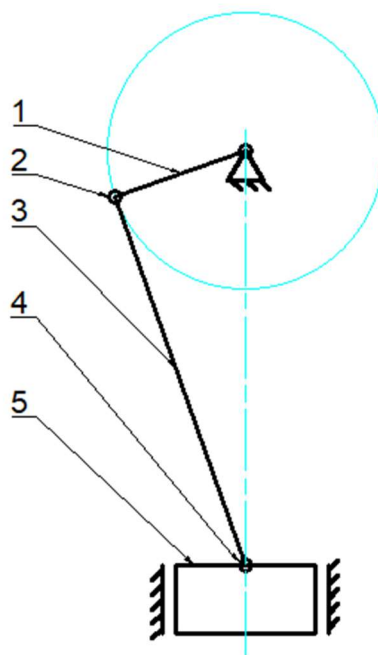
## 4.1 Mechanické lisy

Mechanické lisy jsou jednoduché, nenáročné na údržbu a relativně efektivní, avšak mají nevýhodný průběh rychlosti a síly. Následkem těchto charakteristik je obtížnost tváření velkou silou po velké dráze. Existuje také nebezpečí přetížení stroje, což musí být ošetřeno zavedením pojistek proti přetížení. [2]

Pohony těchto strojů vyžadují zakomponování převodových systémů a spojek.

„Mechanické lisy využívají k přenosu energie mechanických převodových systémů. Základní pohon je klikový, ostatní jsou odvozené, kombinované. Dle použitého převodového systému lze dělit mechanické lisy na výstředníkové, klikové, kolenové, šroubové, hřebenové atp.“ [1]

Základním prvkem těchto lisů je nejčastěji čtyřčlenný klikový mechanismus, viz obr.2.



Obr.2 – schéma klikového mechanismu [1]

(1 - klika, 2 - klikový čep, 3 - ojnice, 4 - čep, 5 - beran)

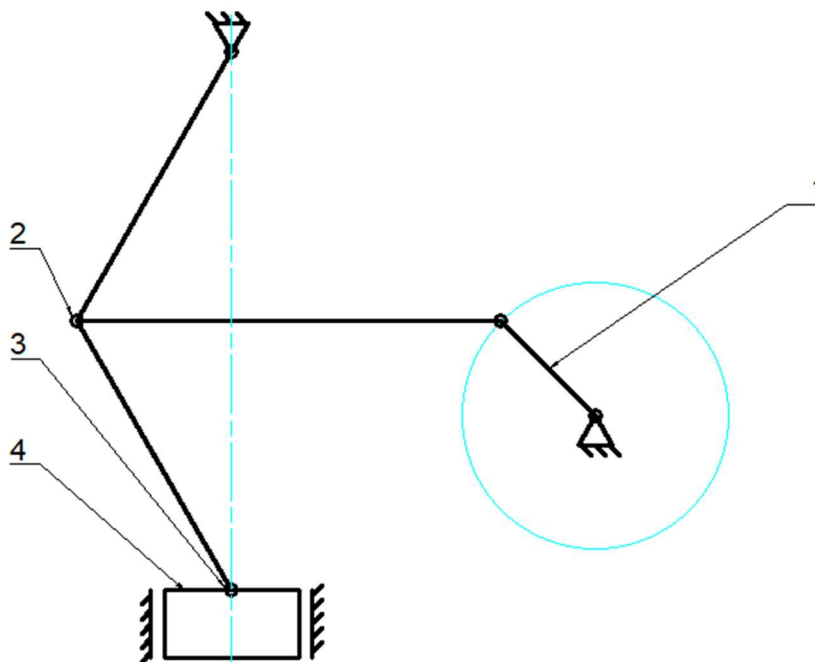
### 4.1.1 Klikový mechanismus a jeho odvozeniny

Kovácí stroje, tabulové nůžky a automaty na zpracování plechů používají základní klikový mechanismus a jeho jednoduché čtyřčlenné odvozeniny. [1]

Základní klikový mechanismus je pak součástí kombinovaných vícečlenných mechanismů, jako jsou kolenové a kliko-pákové lisy. [1]

Kolenové lisy jsou zvláště užitečné pro vyvíjení velké síly při malém zdvihu a relativně malém kroutícím momentu na vstupním členu mechanismu. Kliko-pákové lisy poskytují možnost dlouhého zdvihu při nízké rychlosti beranu, což je výhodné pro tažné a hlubokotažné lisy. [1]

Z pevných vazeb klikových a odvozených mechanismů vyplývají jejich nejzásadnější nevýhody. Největší tvářecí síla je k dispozici až těsně před dolní úvratí beranu, stroj lze snadno přetížit a rychlost beranu není snadno regulovatelná a její průběh často není výhodný [2]



Obr.3 - kolenový mechanismus [1]

(1 - klika, 2 - koleno, 3 - čep, 4 - beran)

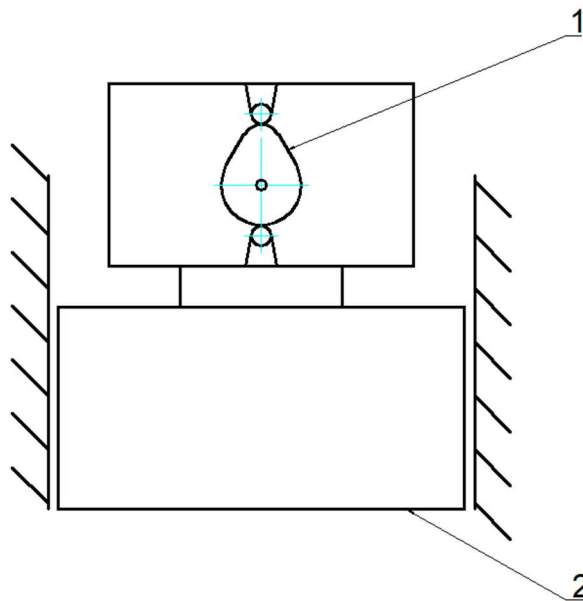
### 4.1.2 Ostatní mechanismy

Existují i alternativní mechanické systémy s odlišnými výhodami, nevýhodami a možnostmi aplikace.

Šroubové lisy jsou založeny na prostém principu otáčení šroubu v závitové díře. Pracovní cyklus je typicky velmi pomalý, ale pracovní síla je v celém rozmezí zdvihu konstantní, přičemž zdvih může být velmi dlouhý. Některé šroubové lisy dokážou vyvinout sílu až 31 000 tun. [3] Šroubový mechanismus byl také velmi často používán pro ruční lisy.

Hřebenové lisy sestávají z ozubeného kola (pastorku) a ozubeného hřebene. Výkon je přiváděn na pastorek a ten pohání ozubený hřeben, který koná posuvný pohyb.

Vačkový mechanismus má klidovou polohu v úvrti, čehož lze výhodně využít například pro přidržování materiálu např. u hlubokotažných lisů. [1]



Obr.4 – vačkový mechanismus [1]

(1 – vačka, 2 - beran)

## 4.2 Hydraulické lisy

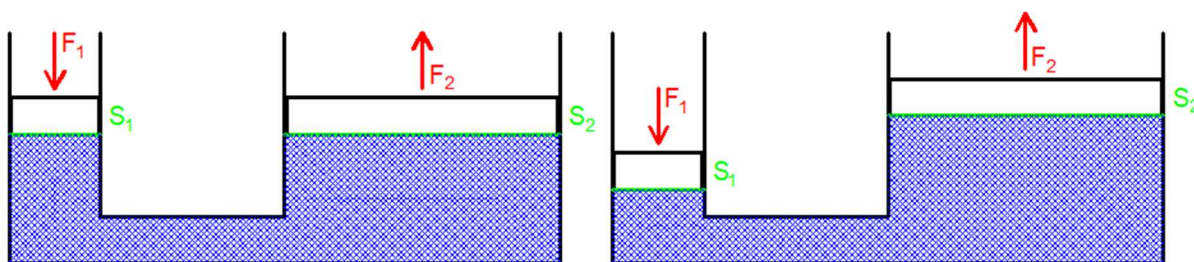
Přenos energie u hydraulických lisů zajišťuje pracovní kapalina (olej či emulze) v hydraulickém obvodu stroje.

Na rozdíl od mechanických lisů je možné nastavit velikost pracovního zdvihu libovolně v rozmezí celkového maximálního zdvihu beranu a zároveň lze odebírat maximální sílu v libovolném místě zdvihu, přičemž lze docílit konstantní síly po celé délce zdvihu. Rychlost pohybu beranu je plynulá a lehce regulovatelná. Tyto vlastnosti umožňují snadnou mechanizaci a automatizaci pracovních cyklů stroje. [2]

Mezi hlavní nevýhody hydraulických lisů patří délka pracovního cyklu v porovnání s alternativami, vyšší pořizovací cena i dražší a složitější údržba hydraulického systému. [2]

Hydraulické lisy patří mezi nejvýkonnější stroje v kategorii lisů, největší z nich mohou vyvinout síly až okolo 75 000 tun. [3]

Zatímco mechanické lisy spoléhají na princip páky a mechanické převody, funkčnost hydraulických lisů závisí na Pascalově zákoně, tedy zákoně o rovnoměrném šíření tlaku v celém objemu kapaliny.



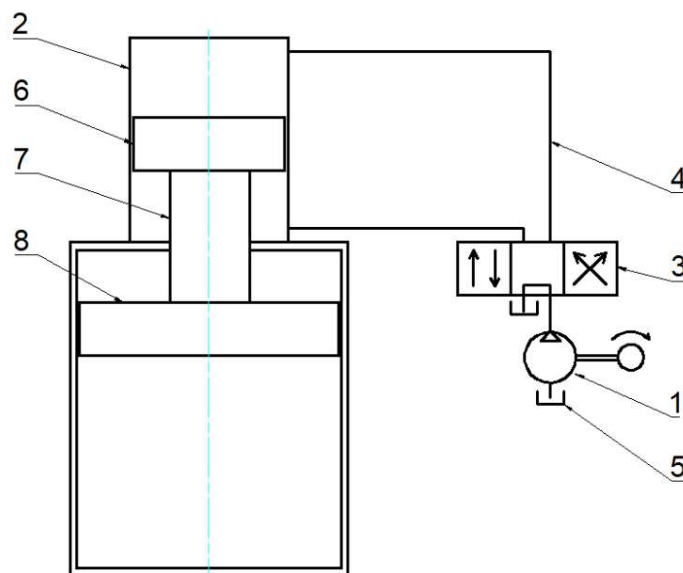
$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad (1)$$

Obr.5 – demonstrace Pascalova zákona

## Pohon hydraulického lisu

„Základním zdrojem energie v hydraulických lisech je tlaková energie kapaliny. Používaný tlak pracovní kapaliny v pohonu je 20, 32 a 40 MPa a v některých případech 100 až 120 MPa. Tlaková energie pracovní kapaliny se využívá na vyvození sil potřebných pro plastickou deformaci tvářeného materiálu, na pohon hydraulického válce při zdvihu naprázdno a na pohon pomocných mechanismů lisu.

Hydraulický pohon se skládá z čerpadla, hydraulického válce, rozdělovacího zařízení, regulačního zařízení, potrubí a pomocných mechanismů (nádrž, zásobníky, akumulátory, filtry a j.).“ [2]



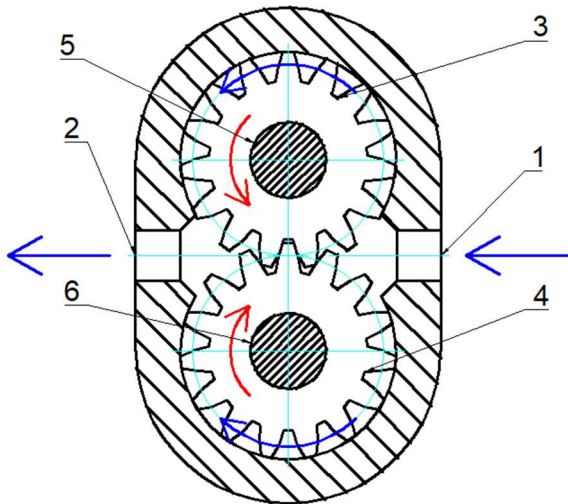
Obr.6 – příklad základního přímého hydraulického pohonu, 1 – čerpadlo s pohonem, 2 – hydraulický válec, 3 – regulační zařízení a rozdělovač, 4 - potrubí, 5 – pomocné mechanismy, 6 - hydraulický píst, 7 – pístnice, 8 – beran [2]

## 4.2.1 Hlavní součásti hydraulických lisů

### Čerpadla

„Úkolem čerpadla v hydraulickém lisu je udílet kapalině tlakovou energii a jistou energii kinetickou nutnou k dopravě kapaliny obvodem. Tlaková energie kapaliny se v pracovní jednotce mění v energii mechanickou.“ [4]

Mezi základní typy čerpadel patří čerpadla zubová, šroubová, lamelová a pístová.[4]



Obr.7 – zubové čerpadlo [2]

1 - vstup, 2 - výstup, 3 – kolo č.1, 4 – kolo č.2,  
5 – hřidel kola č.1, 6 – hřidel kola č.2, (modré  
šipky značí směr pohybu kapaliny)



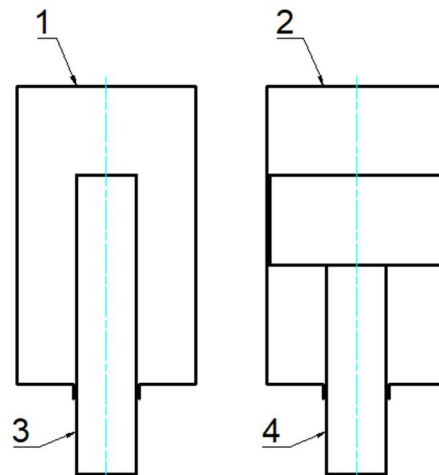
Obr.8 – příklad průmyslového zubového čerpadla [12]

### Rozváděče, rozvody lisu

Účel rozváděčů spočívá v řízení průtoku kapaliny v hydraulickém obvodu. Činí tak pomocí ventilů nebo šoupátek. Ventily mohou řídit tlak, průtok a směr toku kapaliny i při velmi vysokém tlaku. Šoupátkové rozváděče lze velice jednoduše a levně vyrobit.[4]

## Hydromotory

Hydromotory jsou pracovní jednotky tvářecích strojů, které přenášejí sílu na materiál. Pro stroje s přímočarým pohybem jsou vyráběny ve formě pracovního válce, přičemž existují dva typy, tedy pracovní válce s plunžrem nebo s diferenciálním pístem. [4]



Obr.9 – pracovní válce s plunžrem (vlevo) a diferenciálním pístem (vpravo) [2]  
(1,2 – pracovní válec, 3 – plunžr, 4 – diferenciální píst)

## Akumulátory

Pro hydraulické lisy je výhodné, aby byla k dispozici uložená v zásobě přídavná tlaková energie. K tomuto účelu slouží akumulátory setrvačnickové, závažové, pružinové a plynové. Akumulátory mohou též doplňovat objemové ztráty kapaliny, pohlcovat přebytečnou energii či tlumit tlakové výkyvy mezi čerpadlem a rozvaděčem.

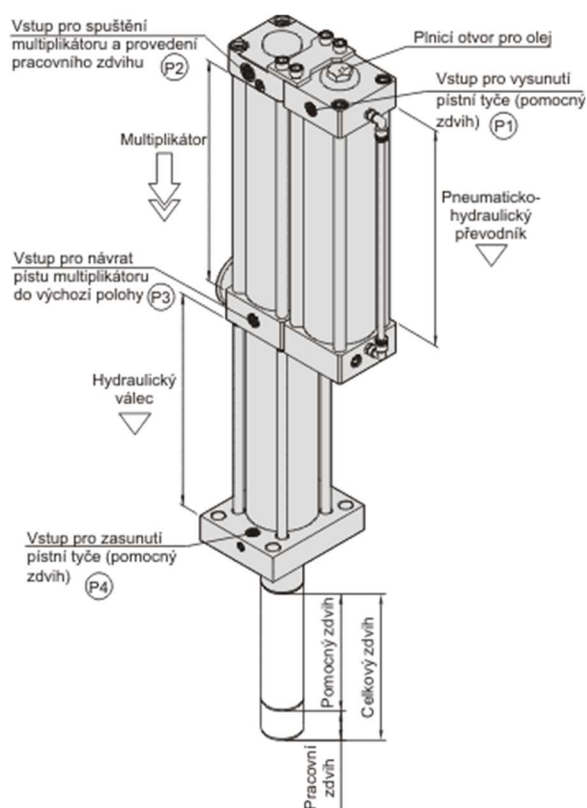
Stroj, jehož hydraulický obvod obsahuje akumulátor se nazývá stroj s nepřímým pohonem, stroje bez akumulátoru jsou tedy stroje s přímým pohonem. [4]



## Multiplikátory

Účel multiplikátoru spočívá ve zvyšování tlaku pracovní kapaliny. Dále lze využít multiplikátoru jako plunžrového generátoru. [2]

„Multiplikátor sestává z několika (obvykle dvou) válců různých průměrů. Na válec většího průměru působí síla vyvozená hydraulicky, pneumaticky, příp. i mechanicky pomocí klikového mechanismu.“ [2]



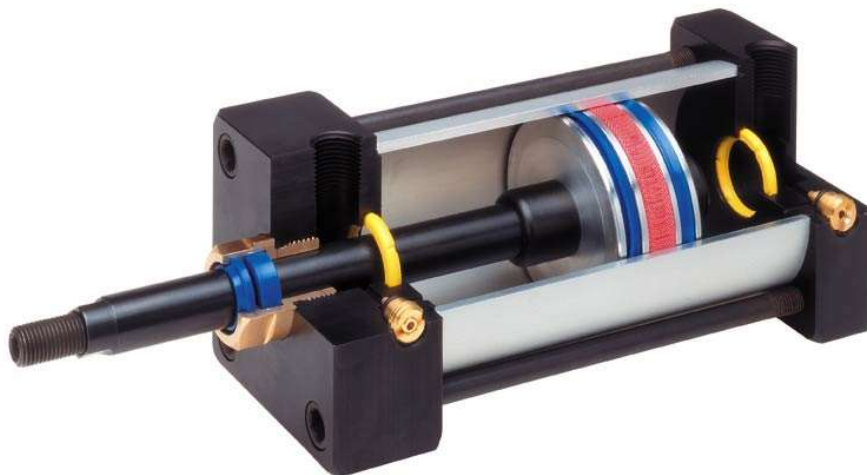
Obr.10 – příklad pneumaticko-hydraulického multiplikátoru [11]

### 4.3 Pneumatické lisy

Přenos energie v pneumatických lisích zajišťuje stlačený vzduch. Na začátku pracovního cyklu proudí stlačený vzduch do pracovního válce, beran se dává do pohybu a následně přenáší tlakovou energii na materiál. Po dokončení požadovaného procesu jsou otevřeny výpustné ventily a beran je vrácen tlačnými pružinami do výchozí polohy. [5]

Mezi velké výhody pneumatických lisů oproti hydraulickým je možnost jejich provozu v čistých prostorách. Při poruše totiž uniká pouze vzduch, nikoli olej, který při úniku výrazně znečistí pracovní prostředí a může způsobit riziko požáru či jiná ohrožení na zdraví obsluhy. [5]

V porovnání s hydraulickými lisami bývají opravy pneumatických lisů výrazně snazší a jejich pracovní cyklus bývá kratší. Nedosahují však takových tvářecích sil jako lisy hydraulické. [5]



Obr.11 – ukázka pneumatického válce [14]

## 4.4 Elektrické lisy

Lisovací zařízení mohou být poháněna čistě jen elektrickou energií. V takovém případě je jádrem pohonu elektrický servomotor. Lisy s elektrickým pohonem bývají oproti podobným mechanickým lisům výrazně jednodušší, jelikož nejsou nutné součásti jako převodový mechanismus, spojka či brzda.[9]

Elektrické lisy jsou obecně čistší, méně hlučné a jejich pracovní cyklus je velice dobře regulovatelný a programovatelný.[9]

Mechanismy přenosu energie jsou podobné jako u mechanických lisů, využívají se například varianty klikových mechanismů. Mezi nejoblíbenější mechanismy pro servomotorové lisy patří mechanismus vřetenový. [9]



Obr.12 – příklad pracovní jednotky elektrického lisu [13]

## 5 Montáž ložisek

Správná montáž ložisek často vyžaduje velké síly a zároveň přesnost. Nevhodný postup při montáži může způsobit poškození ložiska či jeho nesprávnou funkci. Pro montáž ložisek je dostupné množství různých specializovaných přípravků.

Pro montážní práce se také využívají strojní lisy. K tomuto účelu slouží lisy dílenské a specializované montážní, lze ale například využít i tažné lisy jednočinné, na kterých lze provádět například právě zalisování čepů a pouzder. [6]

### 5.1 Kluzná ložiska

V případě uložení pomocí kluzného ložiska po sobě styčné plochy kloužou, přičemž jsou styčné plochy obvykle odděleny vrstvou maziva.

Výběr druhu ložiska závisí především na druhu a velikosti působících sil a na obvodové rychlosti čepu, která určuje, jaký druh tření v uložení působí. [10]

### 5.2 Montáž kluzných ložisek

Pro montáž kluzných ložisek (např. bronzových pouzder) lze použít jednoduchých ručních mechanických přípravků, které jsou většinou složeny ze závitové tyče a dílců s odpovídající závitovou dírou (viz obr. 13).



Obr.13 – ruční přípravek pro montáž kluzných ložisek [7]

Pro náročnější montáže kluzných ložisek, kde jsou nutné vyšší lisovací síly lze využít strojní lisy či specializovaná lisovací zařízení s elektrickým či hydraulickým pohonem (viz obr.14). Tato zařízení často bývají modulární – pomocí adapterů a redukcí lze zařízení konfigurovat pro montáž kluzných ložisek různých typů a rozměrů [8]



*Obr.14 – hydraulické zařízení pro montáž kluzných ložisek [8]*

## 6 Návrh zařízení

Je požadováno zařízení, které umožní bezproblémovou montáž kluzného ložiska (pouzdra) lisováním do zadní kyvné vidlice motocyklu.

V zadání byl poskytnut 3D model kyvné vidlice. Návrh zařízení je tedy založený na rozměrech tohoto modelu.

Zařízení by mělo být ergonomické, bezpečné a nenáročné na obsluhu a údržbu. Mezi nejdůležitější úkoly patří výběr vhodného zdroje lisovací síly a dimenzování nejvíce namáhaných prvků konstrukce.

Pro efektivní dimenzování zařízení je potřeba stanovit potřebnou lisovací sílu

Oblast využití tohoto zařízení by teoreticky byla nejspíše servisní, např. v malém opravářském podniku, není tedy požadována vysoká produktivita stroje. Proto není vhodné, aby zařízení bylo příliš náročné na údržbu a provoz, použití hydraulického či pneumatického lisovacího pohonu je tedy nepříznivé či dokonce zbytečné. Elektrický pohon má výhodu všestrannosti a čistoty, zdroj elektrického proudu je obecně snadno dostupný. Nepředpokládá se, že by lisovací síla byla příliš velká, je tedy velice pravděpodobné, že elektrický pohon bude dostačující.

Nosné konstrukce lisů pro tento účel mohou být relativně lehké, přichází proto v úvahu například často používaný rám ve tvaru písmene „H“ vytvořený z ocelových profilů. Další možností je sestavení konstrukce z hliníkových profilů od společností ITEM či MayTec. Z těchto profilů bývají sestavovány jednoúčelové stroje či celé výrobní linky.

## 7 Výpočet lisovací síly

Při montáži kluzného ložiska se vytváří lisovaný spoj. Tento druh spoje závisí výhradně na třecí síle mezi tělesy. Třecí síla je vyvolávána kontaktním tlakem, který vzniká při pružných deformacích těles během lisování.

Aby bylo možné začít s návrhem montážního zařízení, je nutné alespoň přibližně stanovit sílu, která bude potřebná k zalisování kluzného ložiska do vidlice.

### 7.1 Teorie výpočtu

Nalisováním kluzného ložiska do nátrubku vidlice vznikají v materiálu obou těles mechanická napětí. K výpočtu lisovací síly je potřeba znát velikost kontaktního tlaku, jehož velikost se shoduje s velikostí radiálního napětí na ploše dotyku těles.

Odvozené vzorce pro radiální a tečná napětí vypadají takto:

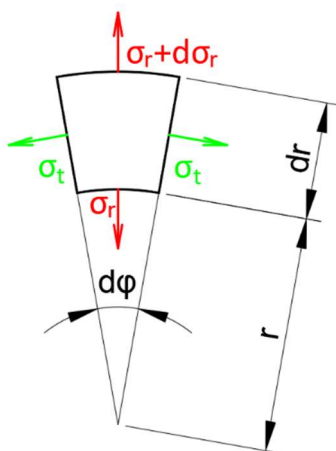
$$\sigma_r = A - \frac{B}{r^2} \quad (2)$$

$$\sigma_t = A + \frac{B}{r^2} \quad (3)$$

Vzorce (2) a (3) vycházejí z teorie tlakově namáhaných tlustostěnných nádob.

Platí následující rovnováha sil (viz obr.15):

$$(\sigma_r + d\sigma_r) \cdot (r + dr) \cdot h \cdot d\varphi - \sigma_r \cdot h \cdot r \cdot d\varphi - \sigma_t \cdot dr \cdot h \cdot d\varphi = 0 \quad (4)$$



Obr.15 – napětí působící na nekonečně malou výseč mezikruží

Po roznásobení a zjednodušení vzorce:

$$\sigma_r + \frac{d\sigma_r}{dr} \cdot r - \sigma_t = 0 \quad (5)$$

Dále platí tyto fyzikální vztahy, založené na Hookově zákoně:

$$\sigma_r = \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot (\varepsilon_r + \mu\varepsilon_t) \quad (6)$$

$$\sigma_t = \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot (\varepsilon_t + \mu\varepsilon_r) \quad (7)$$

Tyto vztahy lze dosadit do zjednodušené rovnice rovnováhy a upravit do tvaru:

$$(\varepsilon_r + \mu\varepsilon_t) + \frac{d}{dr} \cdot (\varepsilon_r + \mu\varepsilon_t) \cdot r - (\varepsilon_t + \mu\varepsilon_r) = 0 \quad (8)$$

Deformační podmínka v tečném směru popisuje změnu velikosti obvodu v závislosti na posuvu  $u$ :

$$\varepsilon_t = \frac{o' - o}{o} = \frac{2 \cdot \pi(r + u) - 2 \cdot \pi \cdot r}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{u}{r} \quad (9)$$

V radiálním směru je vztah pro deformace definován takto:

$$\varepsilon_r = \frac{u(r + dr) - u(r)}{dr} = \frac{u(r) + \frac{du}{dr} \cdot dr - u(r)}{dr} = \frac{du}{dr} \quad (10)$$

Těmito zjednodušenými vztahy lze podruhé upravit rovnici rovnováhy:

$$\left(\frac{du}{dr} + \mu \frac{u}{r}\right) + \frac{d}{dr} \cdot \left(\frac{du}{dr} + \mu \frac{u}{r}\right) \cdot r - \left(\frac{u}{r} + \mu \frac{du}{dr}\right) = 0 \quad (11)$$



Po vyřešení derivace:

$$\left(\frac{du}{dr} + \mu \frac{u}{r}\right) + \left(\frac{d^2u}{dr^2} - \mu \frac{u}{r^2} + \mu \frac{1}{r} \frac{du}{dr}\right) \cdot r - \left(\frac{u}{r} + \mu \frac{du}{dr}\right) = 0 \quad (12)$$

Po úpravě získává výraz tvar diferenciální rovnice, kterou je nutné vyřešit:

$$\frac{d^2u}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{du}{dr} - \frac{u}{r^2} = 0 \quad (13)$$

Odhad tvaru řešení pro rovnici (13):

$$u = C \cdot r^\lambda \quad (14)$$

První a druhá derivace odhadu (14):

$$\frac{du}{dr} = C \cdot \lambda \cdot r^{\lambda-1} \quad (15)$$

$$\frac{d^2u}{dr^2} = C \cdot \lambda \cdot (\lambda - 1) \cdot r^{\lambda-2} \quad (16)$$

Na základě rovnic (13), (14), (15) a (16) lze sestavit charakteristickou rovnicí (17):

$$\lambda(\lambda - 1) + \lambda + 1 = 0 \quad (17)$$

$$\lambda^2 + 1 = 0 \quad (18)$$

$$\lambda_1 = +1, \quad \lambda_2 = -1 \quad (19)$$

Sečtením jednotlivých řešení rovnice (14) pro hodnoty  $\lambda_1 = 1$  a  $\lambda_2 = -1$  lze získat řešení výchozí diferenciální rovnice:

$$u = C_1 r + C_2 \frac{1}{r}$$

Řešení diferenciální rovnice je dosazeno do odvozených vzorců pro deformace:

$$\varepsilon_t = \frac{u}{r} = C_1 + C_2 \cdot \frac{1}{r^2} \quad (14)$$

$$\varepsilon_r = \frac{du}{dr} = C_1 - C_2 \cdot \frac{1}{r^2} \quad (15)$$

Dosazením do fyzikálních rovnic dostávají vzorce pro napětí požadovanou formu:

$$\sigma_r = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \left( C_1 - C_2 \cdot \frac{1}{r^2} + \mu \cdot \left( C_1 + C_2 \cdot \frac{1}{r^2} \right) \right) = A - \frac{B}{r^2} \quad (16)$$

$$\sigma_t = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \left( C_1 + C_2 \cdot \frac{1}{r^2} + \mu \cdot \left( C_1 - C_2 \cdot \frac{1}{r^2} \right) \right) = A + \frac{B}{r^2} \quad (17)$$

Přičemž pro konstanty A a B platí vztahy v tomto tvaru:

$$A = K \cdot C_1 \cdot (1 + \mu) \quad (18)$$

$$B = K \cdot C_2 \cdot (1 - \mu) \quad (19)$$

V konkrétním případě, kterým se tato práce zabývá, používám zobecněný model lisování dvou dutých hřídelí do sebe. Obě součásti mají vlastní vzorce pro výpočty napětí. Kluznému ložisku přiřazuji označení římskou číslicí *I* a nátrubku vidlice přiřazuji označení římskou číslicí *II*

$$\sigma_{tI} = A_I + \frac{B_I}{r^2} \quad (20)$$

$$\sigma_{rI} = A_I - \frac{B_I}{r^2} \quad (21)$$

$$\sigma_{tII} = A_{II} + \frac{B_{II}}{r^2} \quad (22)$$

$$\sigma_{rII} = A_{II} - \frac{B_{II}}{r^2} \quad (23)$$

### 7.1.1 Stanovení okrajových a deformačních podmínek

Hodnoty některých napětí na konkrétních místech jsou známa, je tedy možné sestavit následující okrajové podmínky.

Radiální napětí na vnitřním průměru ložiska je nulové:

$$\sigma_{rI}|_{r=R_1} = 0 \quad (24)$$

$$\sigma_{rI} = A_I - \frac{B_I}{R_1^2} = 0 \quad (25)$$

Radiální napětí na vnějším průměru nátrubku se taktéž rovná nule:

$$\sigma_{rII}|_{r=R_3} = 0 \quad (26)$$

$$\sigma_{rII} = A_{II} - \frac{B_{II}}{R_3^2} = 0 \quad (27)$$

Velikostí radiálních napětí obou součástí se na styčném průměru rovnají:

$$-\sigma_{rI}|_{r=R_2} = -\sigma_{r2}|_{r=R_2} = p_k \quad (28)$$

$$A_I - \frac{B_I}{R_2^2} = A_{II} - \frac{B_{II}}{R_2^2} \quad (29)$$

Maximální přesah je známý, deformační podmínka vypadá takto:

$$\delta_I + \delta_{II} = \delta \quad (30)$$

$$-u_I|_{r=R_2} + u_{II}|_{r=R_2} = \delta \quad (31)$$

Dosazení do deformační podmínky:

$$\varepsilon_t = \frac{u}{r} = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_t - \mu \cdot \sigma_r) \quad (32)$$

$$u = \frac{r}{E} \cdot (\sigma_t - \mu \cdot \sigma_r) \quad (33)$$

$$-\frac{R_2}{E_I} \cdot (\sigma_{tI} - \mu_I \cdot \sigma_{rI}) + \frac{R_2}{E_{II}} \cdot (\sigma_{tII} - \mu_{II} \cdot \sigma_{rII}) = \delta \quad (34)$$

$$-\frac{R_2}{E_I} \left( \left( A_I + \frac{B_I}{R_2^2} \right) - \mu_I \left( A_I - \frac{B_I}{R_2^2} \right) \right) + \frac{R_2}{E_{II}} \left( \left( A_{II} + \frac{B_{II}}{R_2^2} \right) - \mu_{II} \left( A_{II} - \frac{B_{II}}{R_2^2} \right) \right) = \delta \quad (35)$$

Vyřešením sestavy rovnic deformačních a okrajových podmínek lze získat hodnoty jednotlivých integračních konstant  $A_I$ ,  $A_{II}$ ,  $B_I$  a  $B_{II}$ . Pak je již možné vypočítat jednotlivá napětí.

Jak již bylo zmíněno, napětí  $\sigma_r|_{r=R_2} = p_k$

Výpočetní vztah mezi kontaktním tlakem a třecí silou:

$$F_T = p_k \cdot S_k \cdot f \quad (36)$$

$$F_T = p_k \cdot 2\pi r \cdot L \cdot f \quad (37)$$

Výpočet byl proveden ve výpočetním softwaru wxMaxima.

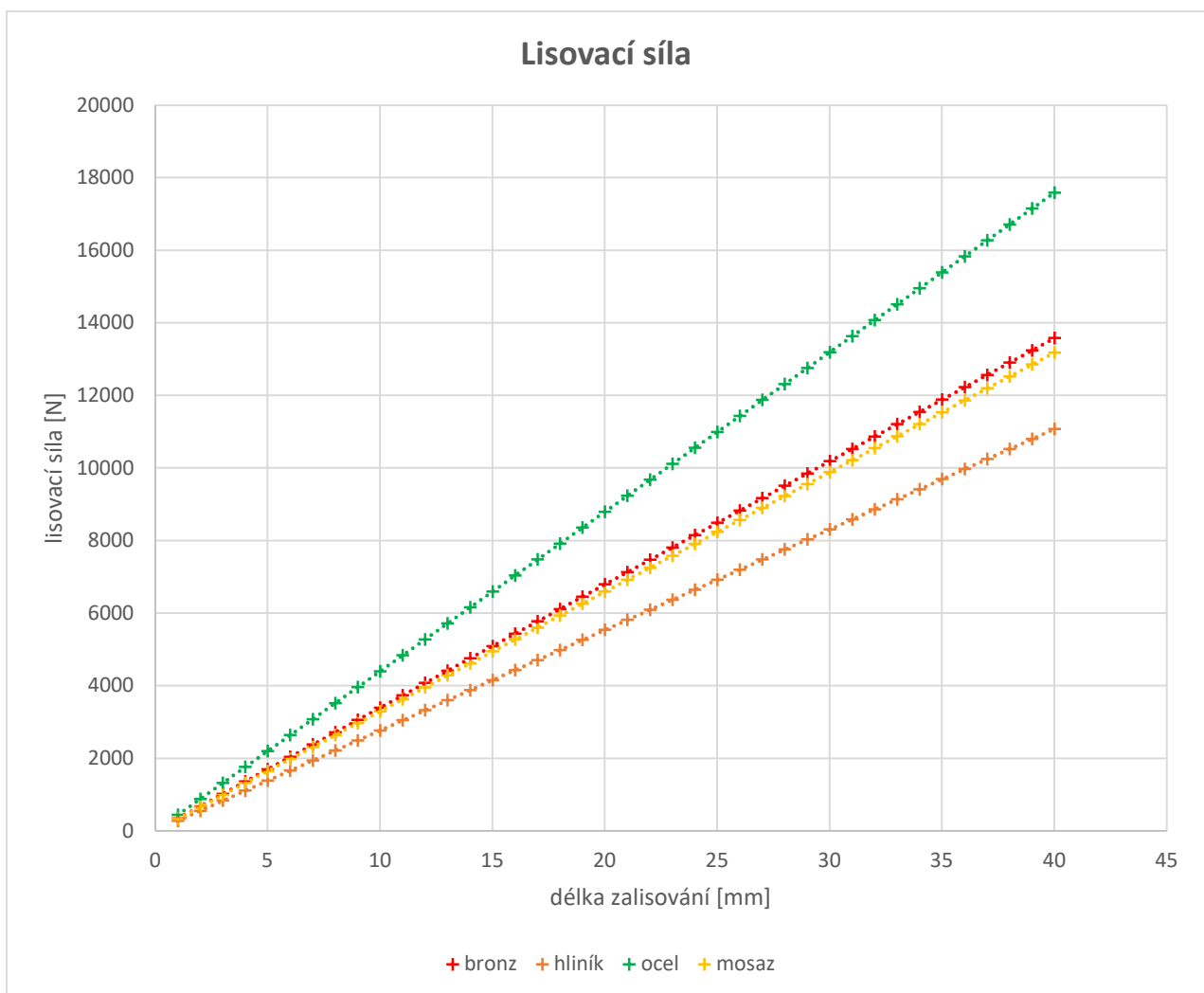
Vzorci a poznatky pocházejí z výukových zdrojů Ing. Josefa Žáka pro výuku předmětu PPII (Pružnost a pevnost 2). [15]

## 7.2 Vstupní hodnoty a výsledky výpočtu

Kluzné ložisko je 40 mm dlouhé. Jeho vnější průměr je stanoven na 28 mm při toleranci r7. Díra pro ložisko má stejný jmenovitý rozměr při toleranci H7.

Při daných tolerancích by měla nejmenší přijatelná díra průměr 28,000 mm a největší kluzné ložisko by mělo průměr 28,059 mm. Největší možný přesah je tedy 0,059 mm.

Výpočet maximální lisovací síly byl proveden pro 4 různé materiály kluzného ložiska: bronz, hliník, mosaz a ocel.



Graf 1 – lisovací síly pro různé materiály

### 7.3 Konkrétní hodnoty pro bronzové kluzné ložisko

Kontaktní tlak:

$$p_k = 28 \text{ MPa}$$

Třecí síla:

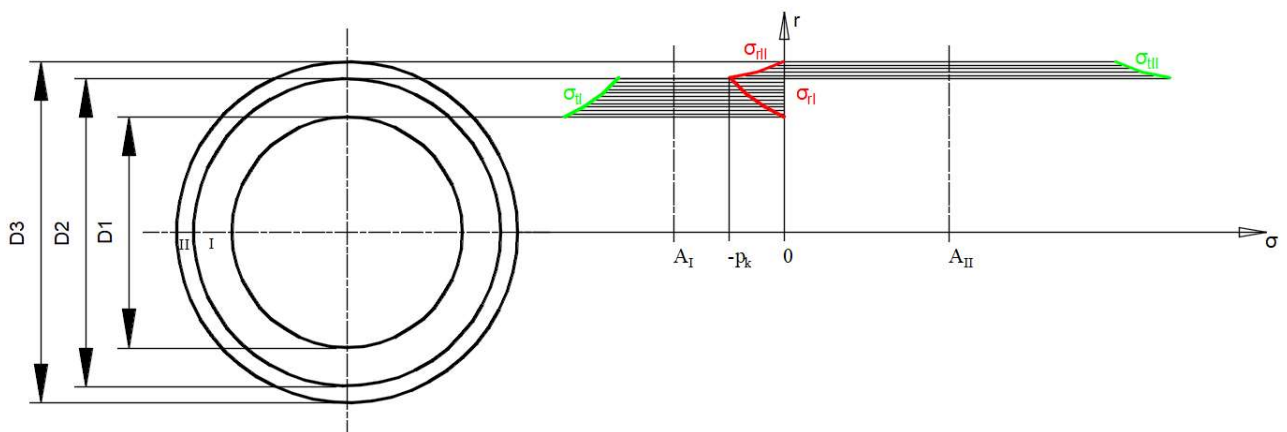
$$F_T = 13\,700 \text{ N}$$

Radiální deformace ložiska:

$$\delta_I = -0,013 \text{ mm}$$

Radiální deformace nátrubku vidlice:

$$\delta_{II} = 0,016 \text{ mm}$$



Graf 2 – radiální a tečná napětí v lisovaném spoji

#### 10 Minimální potřebná lisovací síla

```
(%i30) F:p_k*S*f;
(%o30) 4360.961205743469 pi

(%i31) float(F);
(%o31) 13700.36368655377
```

#### 11 Deformace

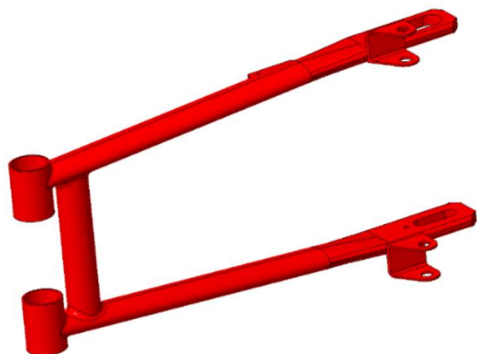
```
(%i32) delta_1:((R_2/E_1)*((A_I+B_I/R_2^2)-mu_1*(A_I-B_I/R_2^2)))*1000;
(%o32) -0.01301862148564171

(%i33) delta_2:((R_2/E_2)*((A_II+B_II/R_2^2)-mu_2*(A_II-B_II/R_2^2)))*1000;
(%o33) 0.01648137851435829
```

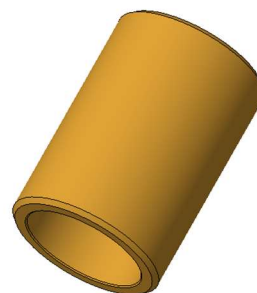
Obr.16 – výsledky výpočtu wxMaxima

## 8 Konstrukce

Konstrukční řešení montážní stanice by mělo odpovídat požadavkům zmíněným v kapitole: *6 Návrh zařízení*. Úkolem zařízení je nalisovat kluzné pouzdro, viz obr. 18, do zadní kyvné vidlice motocyklu. Model vidlice byl poskytnut v rámci zadání práce, viz obr. 17.



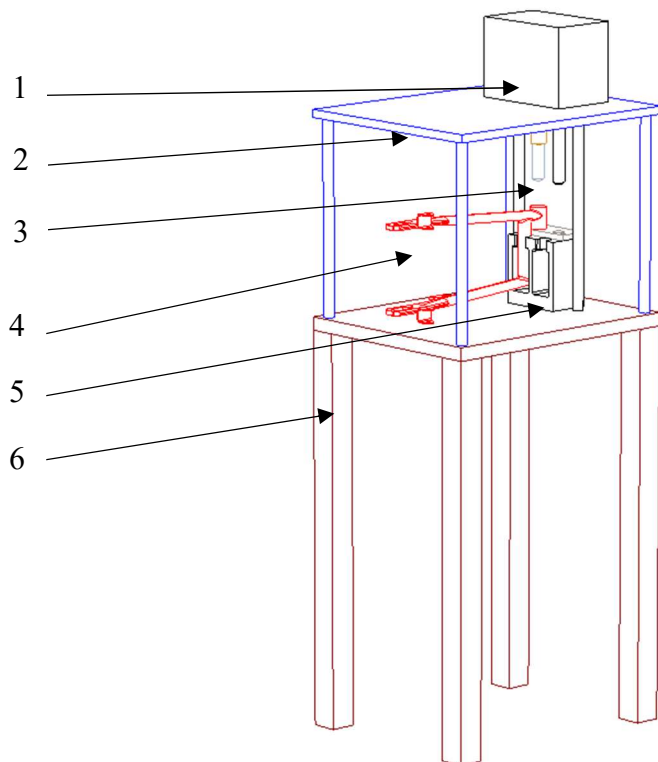
Obr.17 – model kyvné vidlice



Obr.18 – kluzné ložisko

### 8.1 Návrh pracovního jádra zařízení

Na základě poznatků získaných při provádění rešerše a po konzultaci s vedoucím práce byla stanovena základní koncepce pracovního jádra zařízení, viz obr. 19.



Obr.19 – hrubý návrh konstrukce pracovní části zařízení

(1 – lisovací jednotka, 2 – vrchní deska s podporami, 3 – lisovací stopka, 4 – vidlice, 5 – reakční matrice, 6 – stůl)

## 8.2 Reakční matrice

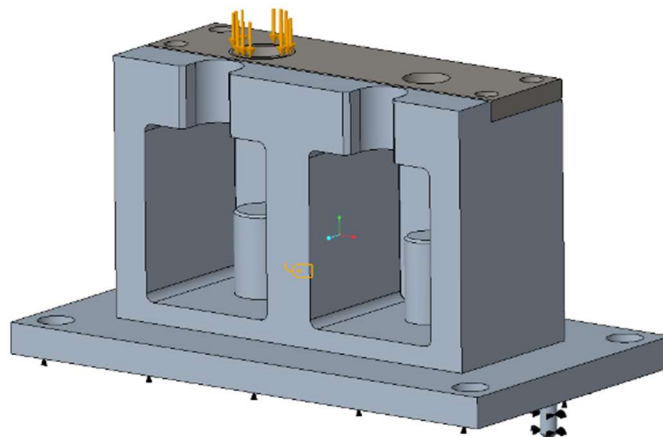
Je nutné najít způsob, jak pevně stanovit a zajistit polohu vidlice v montážním zařízení. Bylo zvoleno řešení tzv. „reakční matrice“. Tento prvek musí být správně dimenzován pro působení lisovací síly.

Tyto konstrukční prvky bylo nutné podrobit pevnostní analýze. Byla využita metoda konečných prvků v softwaru Creo Simulate.

V tomto programu je možné použít stávající model vytvořený v Creo Parametric. Modelu je potřeba přiřadit materiálové vlastnosti, okrajové podmínky a působící síly.

Okrajové podmínky závisely především na způsobu uchycení reakční matrice do montážního zařízení. Síla působí na povrchovou oblast ve tvaru mezikruží, které rozměrově odpovídá otisku nátrubku kyvné vidlice.

Ve všech testech tohoto konstrukčního prvku byla specifikována působící síla 25 kN, což je přibližně o 45% více než minimální stanovená síla. Takto bylo rozhodnuto kvůli možné nepřesnosti výsledku z důvodu zjednodušení modelové situace v teoretickém výpočtu. Je také samozřejmě příznivé počítat s horším případem, lze tak spolehlivě rozhodnout o bezpečnosti konstrukčních prvků.



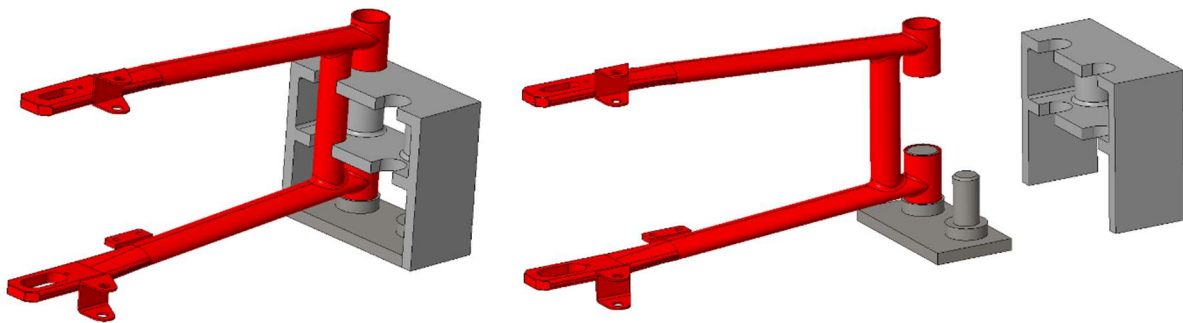
Obr.20 – ukázka modelu připraveného k analýze



### 8.2.1 Verze reakční matrice č.1

První verze využívá posuvné desky s dvěma kolíky, přičemž první kolík má jmenovitý průměr díry nátrubku vidlice a rozměr druhého kolíku odpovídá vnitřnímu jmenovitému průměru kluzného ložiska.

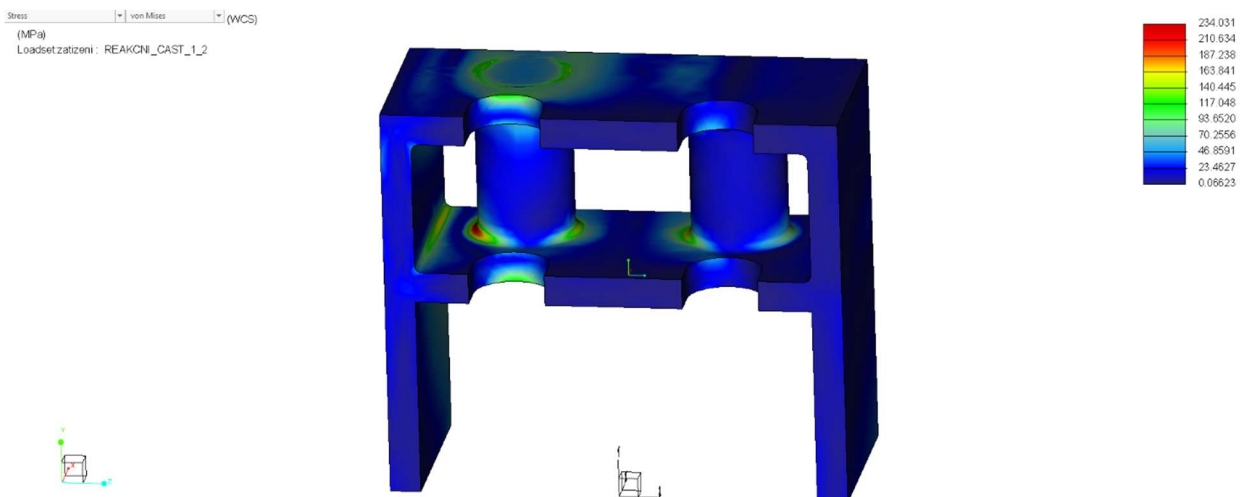
Samotná matrice je vyrobena svářením desek a trubkových profilů.



Obr.21 – verze matrice č.1

V pevnostní analýze této součásti se počítá s lisovací silou 25 kN, což je krajní případ, lisovací síla vycházející z teoretického výpočtu má velikost přibližně 13,7 kN.

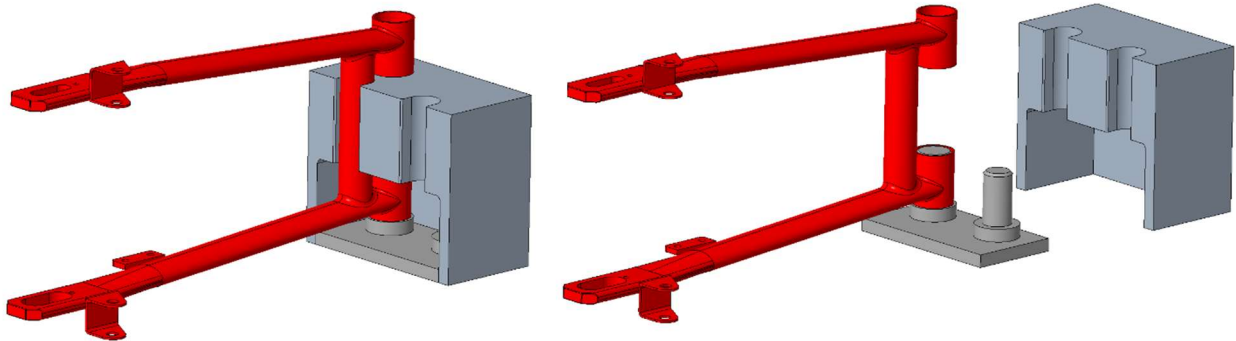
Pevnostní analýza pomocí metody konečných prvků odhalila zásadní nedostatek. Tato verze konstrukce nesplňuje maximální dovolené napětí v tlaku a smyku, toto řešení tedy nepřichází v úvahu.



Obr.22 – MKP analýza první verze

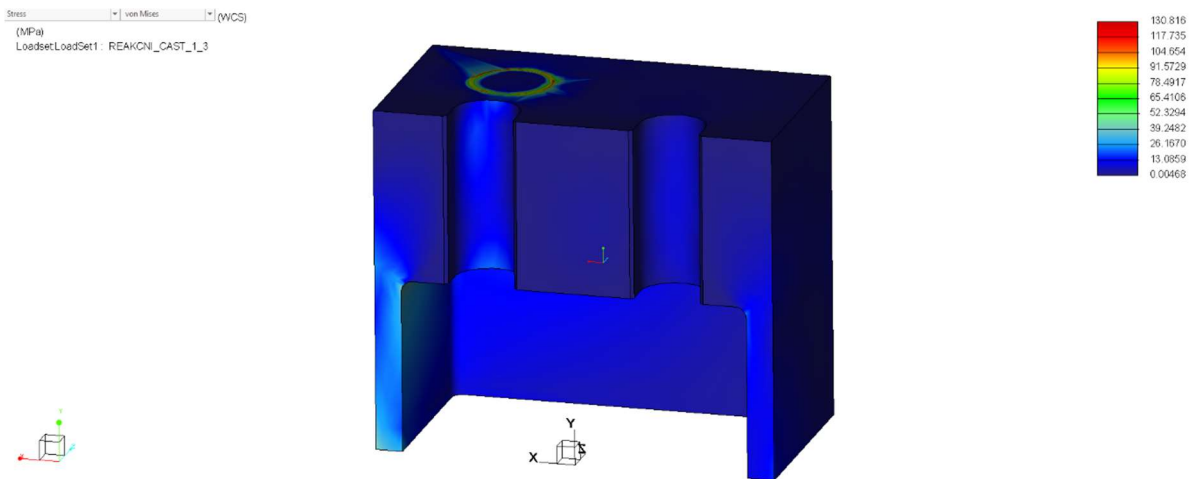
## 8.2.2 Verze reakční matrice č.2

Druhá verze využívá stejné posuvné desky s kolíky jako verze první. Rozdíl je v matrici, která je v tomto případě vyrobena obráběním, konkrétně frézováním a vrtáním.



Obr.23 – verze matrice č.2

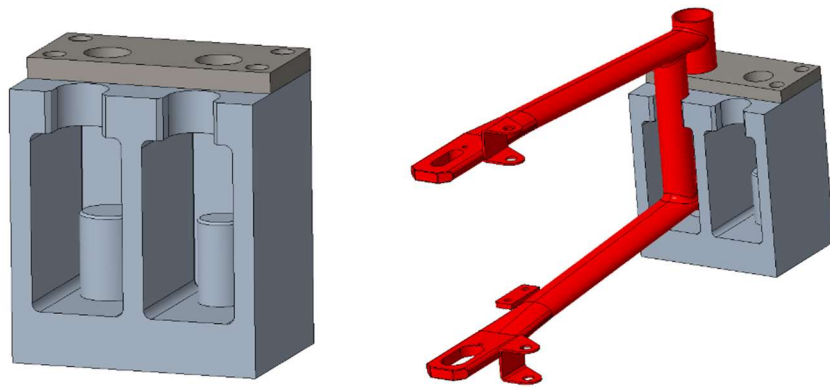
Díky mohutnější konstrukci jsou mechanická napětí v reakční matrici výrazně menší oproti první verzi, maximální dovolená napětí již nejsou přesahována. Z výsledků MKP analýz navíc není patrné, že při svařování vznikají další mechanická napětí, zatímco u frézování se tento problém neprojevuje.



Obr.24 – MKP analýza druhé verze

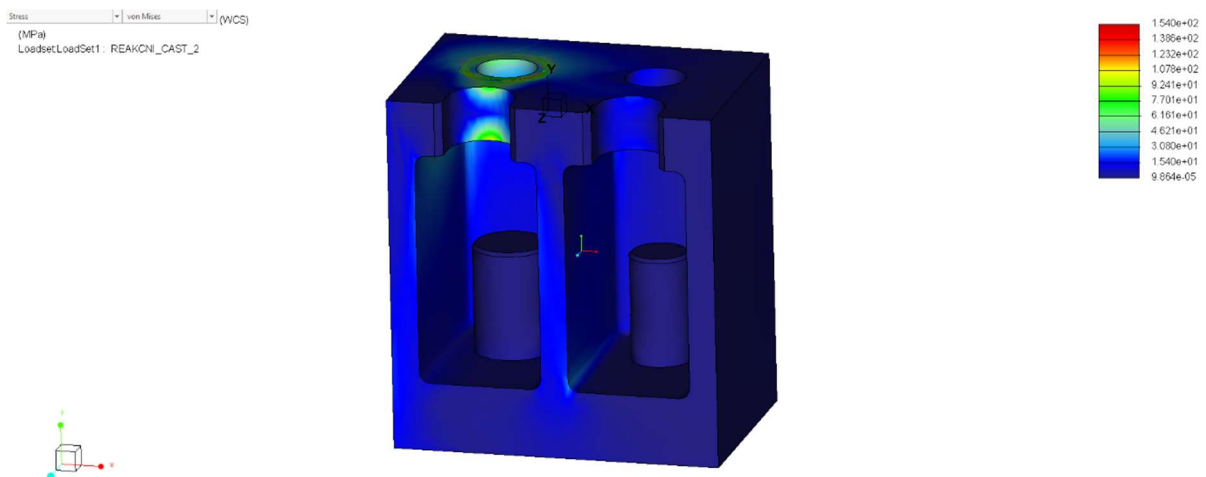
### 8.2.3 Verze reakční matrice č.3

Tato verze již nepoužívá pohyblivé části. Vidlice se pouze vsune do přípravku a nátrubek vidlice se nasadí na odpovídající trn. Matrice je frézovaná a trny jsou lisované zespod. U této verze se již počítá s výměnnou opěrnou destičkou na vrchní ploše matrice.



Obr.25 – verze matrice č.3

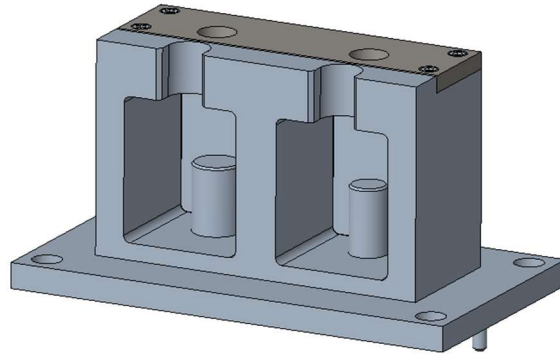
U této konstrukce byl potenciální problém velkých deformací řešen zesilujícím žebrem uprostřed matrice (mezi kolíky). Maximální napětí je zde horší, ale jedná se o otláčení horní plochy matrice. Určitě však nebude zcestné zhotovit návrh robustnější konstrukce.



Obr.26 – MKP analýza třetí verze

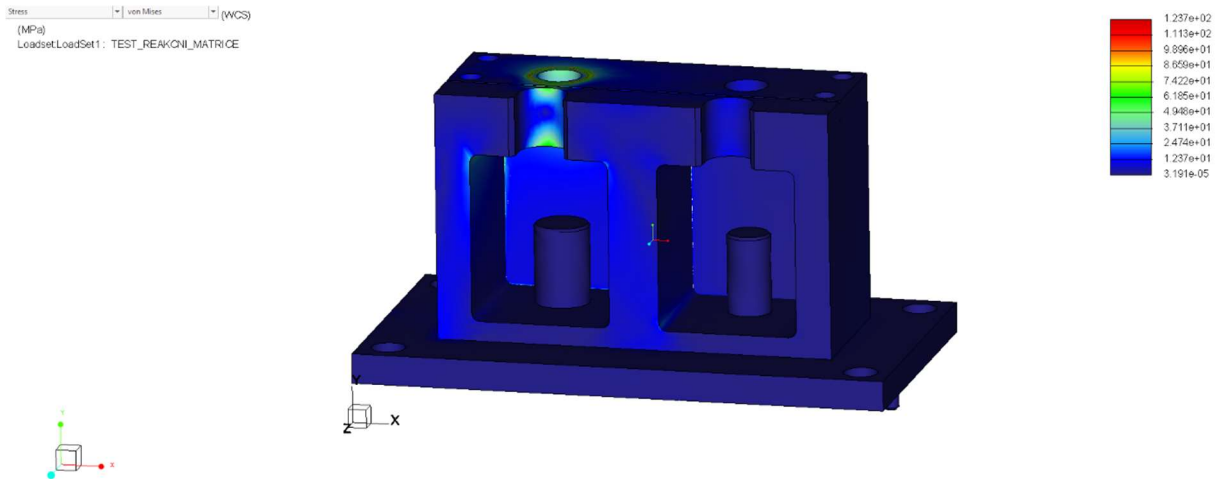
## 8.2.4 Čtvrtá verze matrice

Čtvrtá verze matrice byla přizpůsobena celkovému rozložení a rozměrům systému, dále byl zvolen vhodný způsob připevnění matrice do sestavy. Podstava matrice je nyní rozšířena do tvaru desky a byly přidány díry se zapuštěním pro šrouby M8, dále byly přidány i kolíky pro přesné stanovení polohy, jak lze vidět na obr.27.



Obr.27 - verze matrice č.4

Analýza čtvrté verze reakční matrice nepřinesla žádné nové poznatky a výsledná mechanická napětí vycházejí doposud nejlépe. Toto řešení je tedy uspokojivé a vhodné pro použití v sestavě.

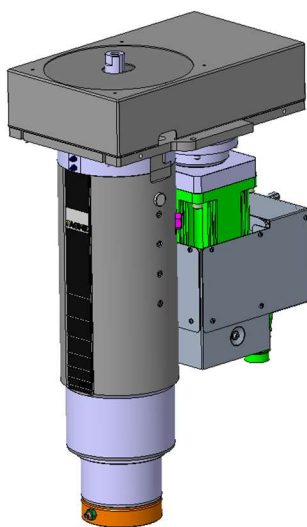


Obr.28 – MKP analýza čtvrté verze

### 8.3 Lisovací jednotka

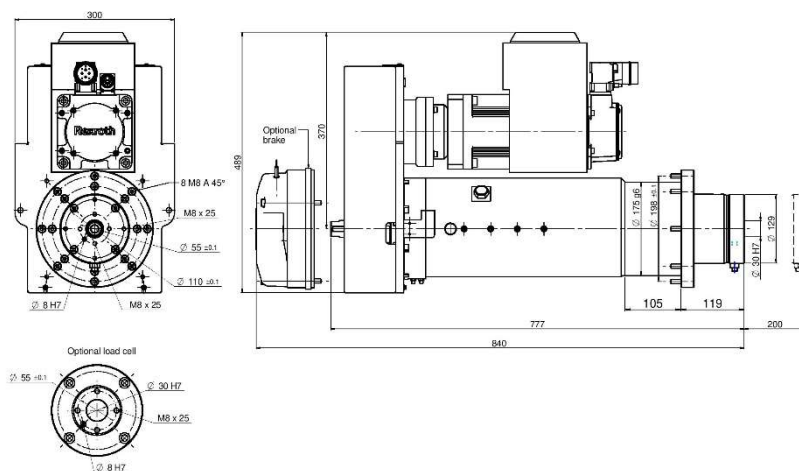
Na základě poznatků z rešerše byla vybrána lisovací jednotka s elektrickým servopohonem. Elektrické servomotorové lisy jsou čisté, potřeba je jen zdroj elektrického proudu a jejich pracovní cyklus je možné jednoduše řídit či automatizovat.

Pro účel této bakalářské práce byl poskytnut společností AGME S.A. model lisovací jednotky PE-50 UC, viz obr.29.



Obr.29 – lisovací jednotka

Maximální lisovací síla je 50 kN, maximální zdvih 200 mm. Servopohon značky Bosch-Rexroth. Montáž se provádí pomocí příruby a šroubů M8.



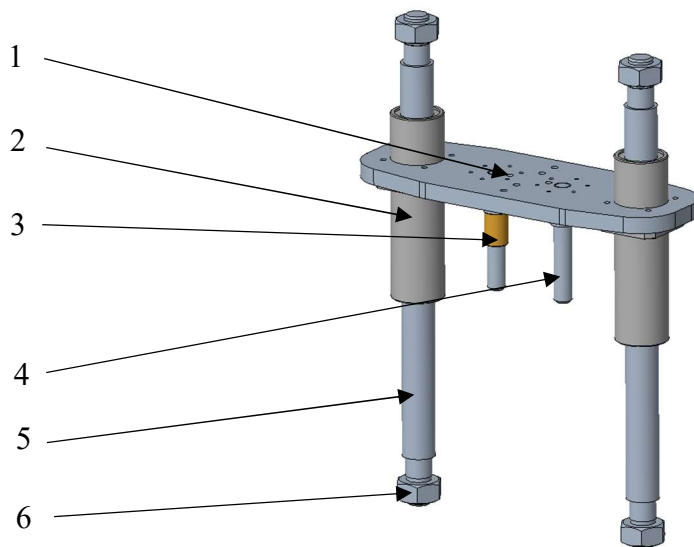
Obr.30 – výkres lisovací jednotky [13]

## 8.4 Lisovací přípravek a vedení

Na lisovací hlavu je našroubována deska, na kterou jsou pomocí šroubů připevněny lisovací stopky. Na stopky jsou nasazována kluzná ložiska. Stopky nástavce jsou při lisování vedeny přesnými dírami v reakční matrici.

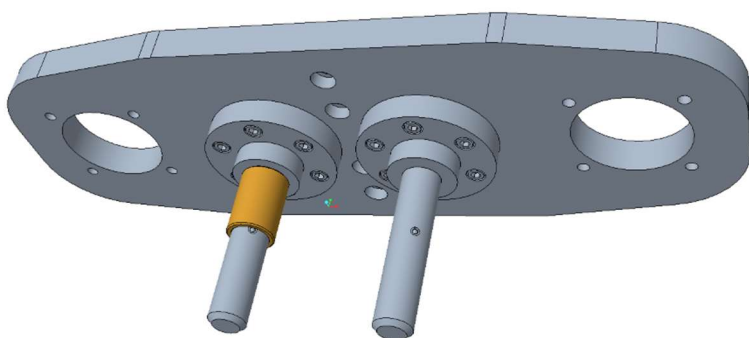
Nástavec beranu je veden na dvou tyčích o průměru 40 mm.

Vzpříčení zabraňují vodící pouzdra s kuličkovými ložisky (firma ECMU CSR).



Obr.31 – lisovací stopky a vedení

(1 – deska vedení, 2 – ložiska vedení, 3 – kluzné ložisko, 4 – stopka beranu, 5 – vodící tyč, 6 – matice M32)

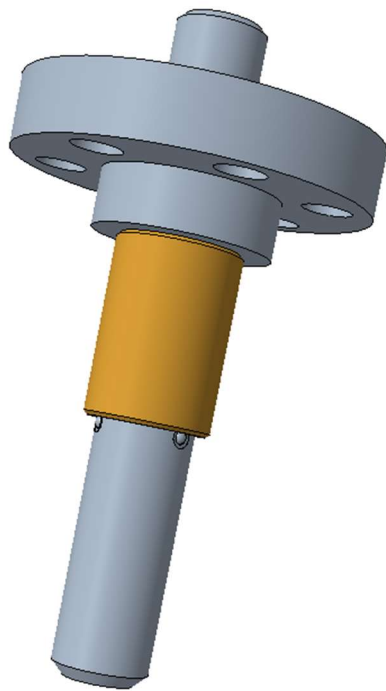


Obr.32 – detail desky vedení



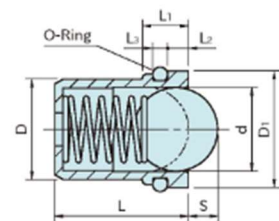
Obr.33 – vodící pouzdro [16]

Pouzdro je před zahájením lisování zajištěno v poloze třemi pojistnými kuličkovými tlačítky.



Obr.34 – lisoVací stopka

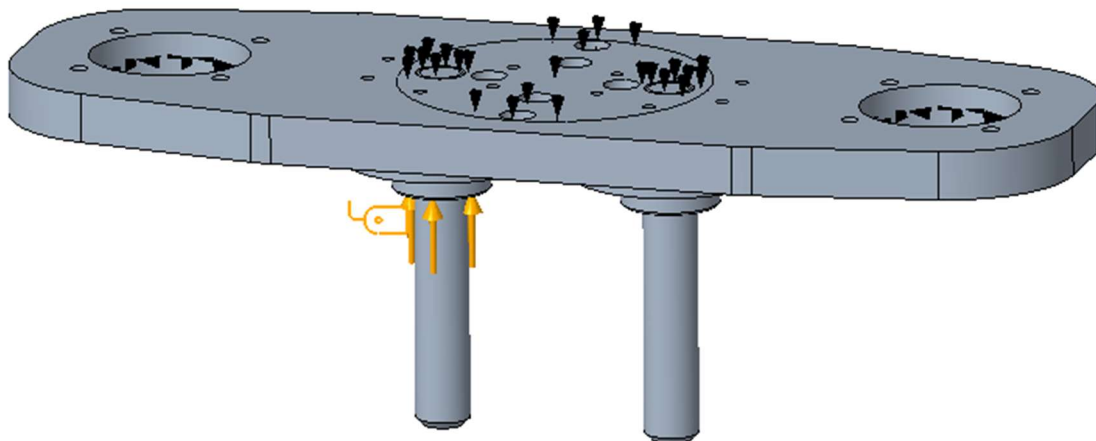
RHS SUS



Body	Spring	Ball	O-Ring
Stainless Steel (SUS303)	Stainless Steel (SUS301)	Stainless Steel (SUS420J2)	Nitrile rubber (NBR)

Obr.35 – pojistné kuličkové tlačítko [18]

Sestava desky vedení se stopkami byla podrobena MKP analýze. Do okrajových podmínek byly zahrnuty účinky vodících tyčí a vodících otvorů v reakční matrici. V tomto případě je nutné definovat zatěžující sílu tak, že teoreticky působí na stopku přes kluzné ložisko a je následně přenášena na desku, která se opírá o zastavený beran lisu.

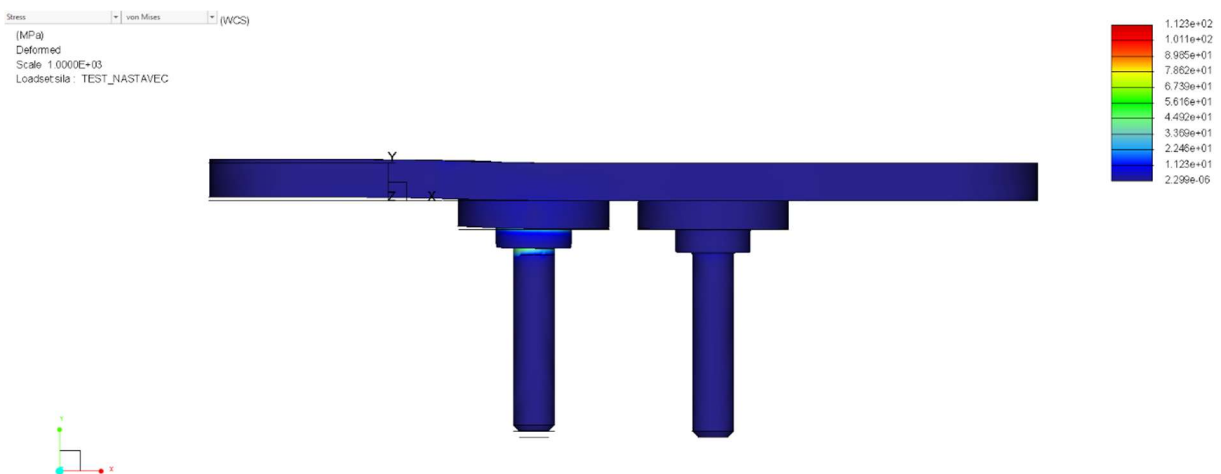


Obr.36 – okrajové podmínky a zadané síly pro MKP analýzu nástavce beranu



Obr.37 – MKP analýza desky lineárního vedení se stopkami, pohled shora a zdola.

Na obr. 38 jsou velikosti deformací zobrazeny v měřítku 500:1, lze tak získat dobrou představu o charakteru konkrétních deformací.

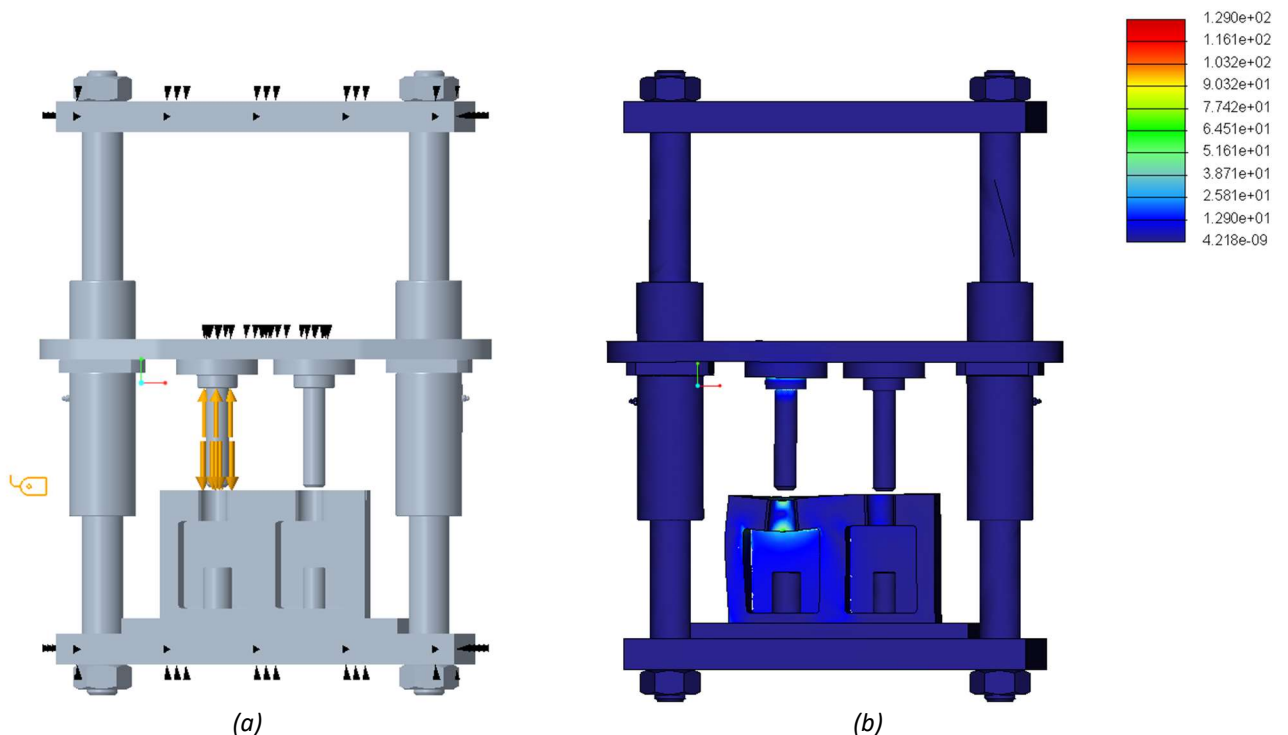


Obr.38 – zvýrazněná deformace desky vedení



Za účelem získání lepší představy o chování celého pracovního jádra zařízení pod zatížením byl vytvořen zjednodušený model a též byl podroben MKP analýze.

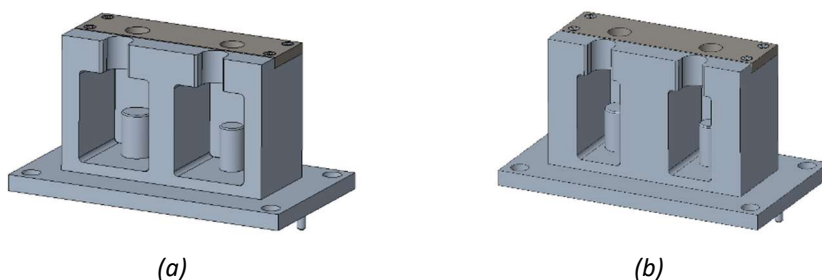
Okrajové podmínky byly zadávány na vodorovné desky. Definuje se síla lisovací a reakční, přičemž lisovací síla působí na plochu obtisku nátrubku vidlice na výměnné destičce reakční matrice a reakční síla vytváří obtisk kluzného pouzdra na ploše osazení lisovací stopky.



Obr.39 – MKP analýza pracovního jádra zařízení, okrajové podmínky a zadané síly (a) a výsledky analýzy (b)

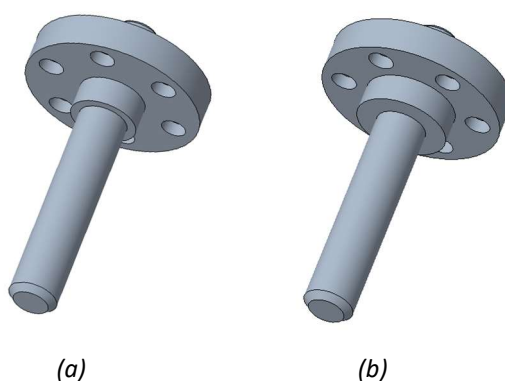
Výsledky potvrzují předpoklad, že reakční matrice musí být nejvýrazněji dimenzována pro zachycení lisovací síly. Deformace jsou na obr. 39 zobrazeny v měřítku 500:1. Mechanické napětí je v obrázku uvedené v jednotkách MPa. Vodicí tyče, ložiska vedení i desky jsou zřejmě dostatečně pevné, jelikož se v porovnání s reakční matricí deformují nepatrně.

Po posouzení těchto výsledků byly zesíleny vertikální stěny reakční matrice, viz obr. 40.



Obr.40 - porovnání verzí reakčních matic, před (a) a po zpevnění (b)

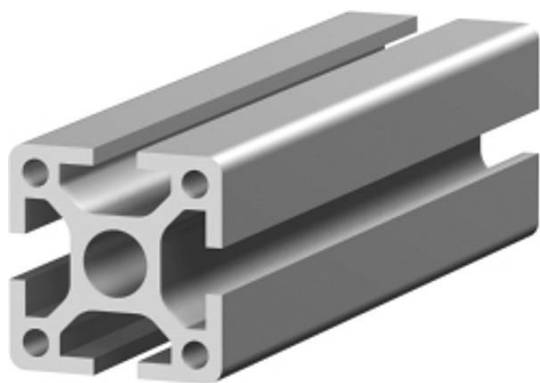
Na základě výsledků pevnostních analýz byla lehce upravena také stopka beranu, viz obr. 41.



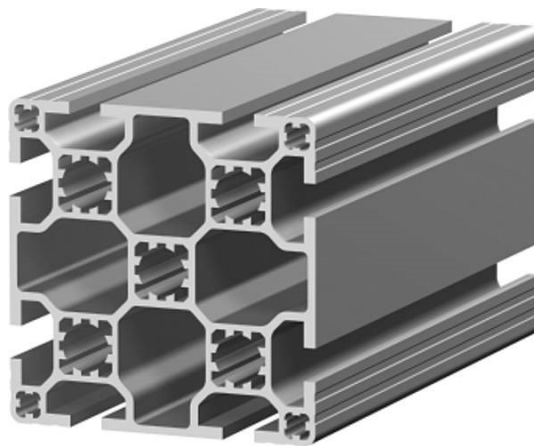
Obr.41 – lisovací stopka, původní (a) a po zpevnění (b)

## 8.5 Rám a ochranné prvky montážního zařízení

Rám a krycí prvky jsou sestaveny z hliníkových profilů od společnosti MayTec. Konstrukce vytvořené z těchto profilů jsou velice modulární, pomocí speciálních matic a dalších součástek je možné úseky profilů smontovat do takřka jakékoliv konstrukce, na jejich stěny lze potom připevnit i další prvky pomocí T-matic či jiného spojovacího materiálu.

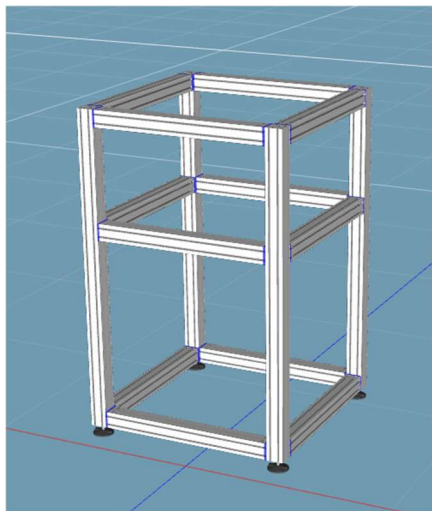


Obr.42 – profil 40x40, 4E, SP [17]

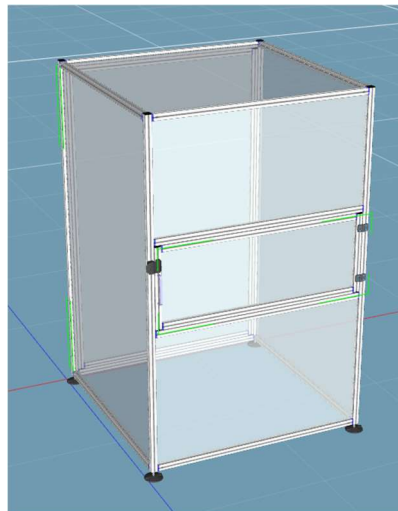


Obr.43 – profil 80x80, 8E, LB [17]

První verze byla složena ze dvou částí – nosné konstrukce a krytové sestavy. Pro nosnou konstrukci zařízení byly použity profily 80x80 mm. Krytová sestava je sestavena z profilů 40x40 mm a zahrnuje provozní dvířka i zadní servisní dveře.



*Obr.44 – vnitřní nosná konstrukce*



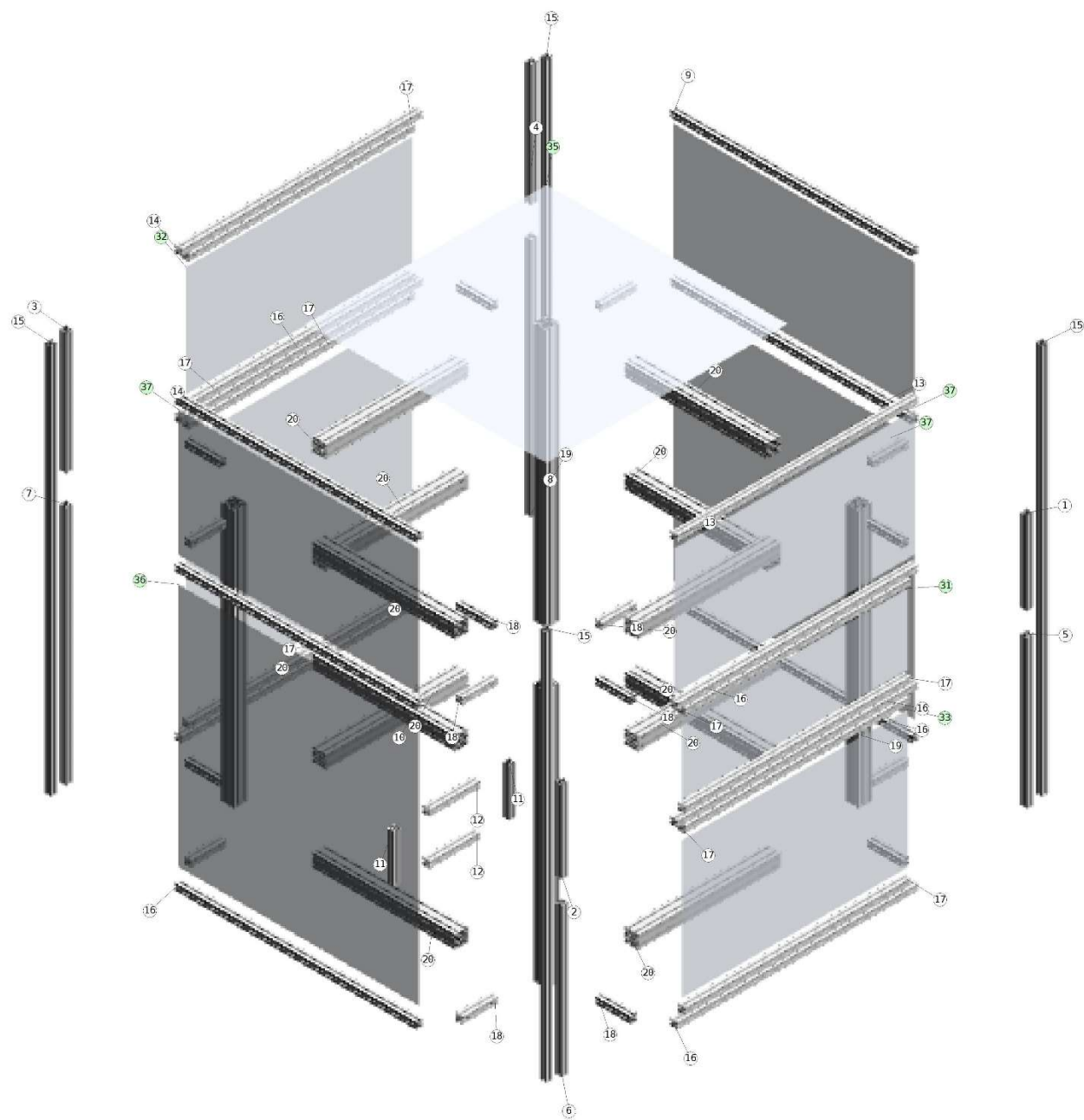
*Obr.45 – krytová sestava*

V druhé verzi jsou obě části spojeny v jedinou sestavu, do které byl zahrnut i rámeček pro připevnění PLC panelu. Nosná konstrukce byla zesílena koutovými vzpěrami a mechanicky spojena s krytovou sestavou pomocí krátkých profilů 40x40.



*Obr.46 – poslední verze konstrukce z hliníkových profilů*

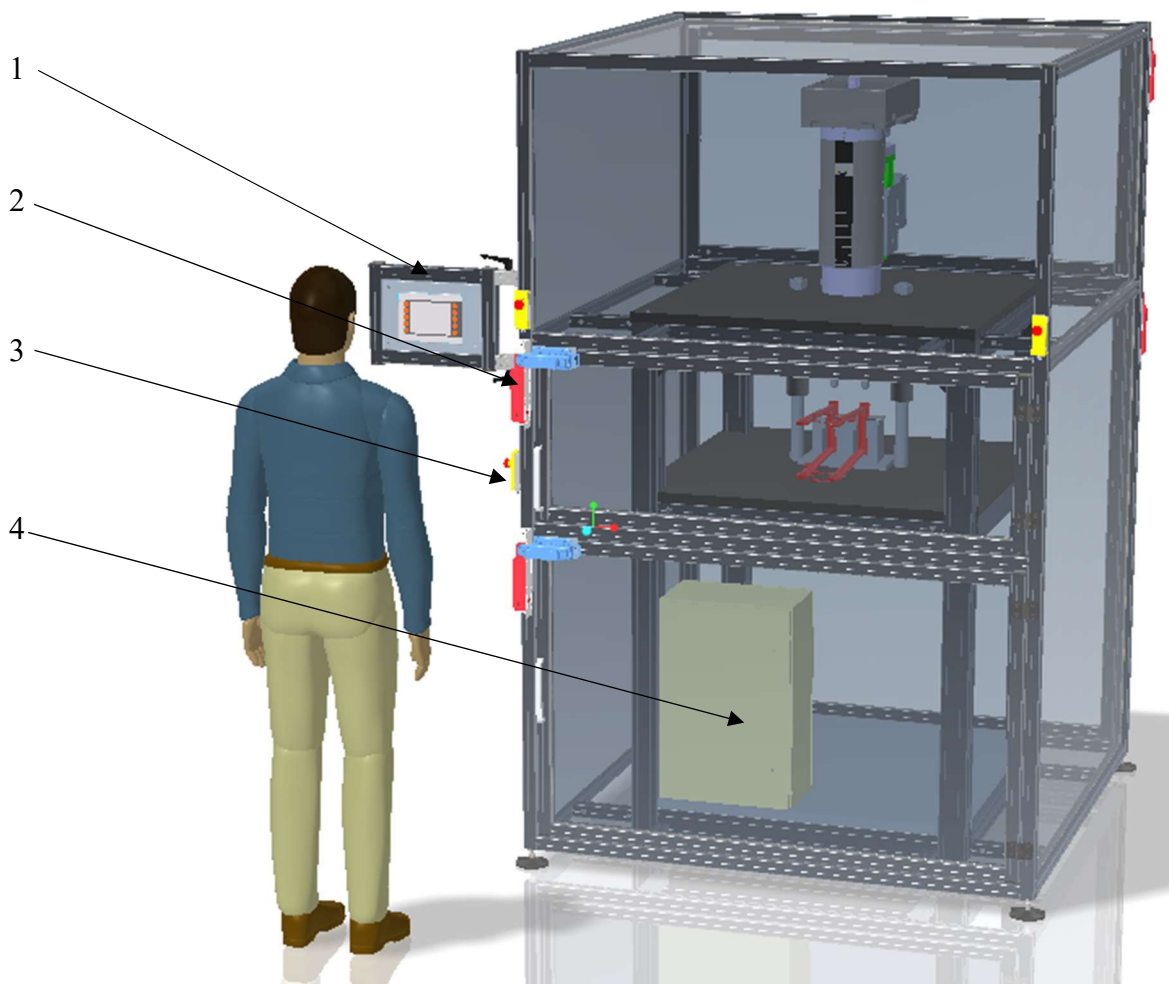
Hliníková konstrukce váží celkem 236 kg a cena celé konstrukce je € 4107.



Obr.47 – hliníková konstrukce, rozložený pohled

## 8.6 Sestava, další prvky

K doplňkům sestavy patří PLC panel, kliky s elektromagnetickým zámek, tlačítka pro nouzové zastavení, a rozvodová skříň.



Obr.48 – kompletní sestava

(1 – PLC panel, 2 – el. zámek, 3 – tlačítko pro nouzové zastavení, 4 – rozvodová skříň)

## 9 Pracovní cyklus montážního zařízení

Pracovní cyklus zařízení je následující:

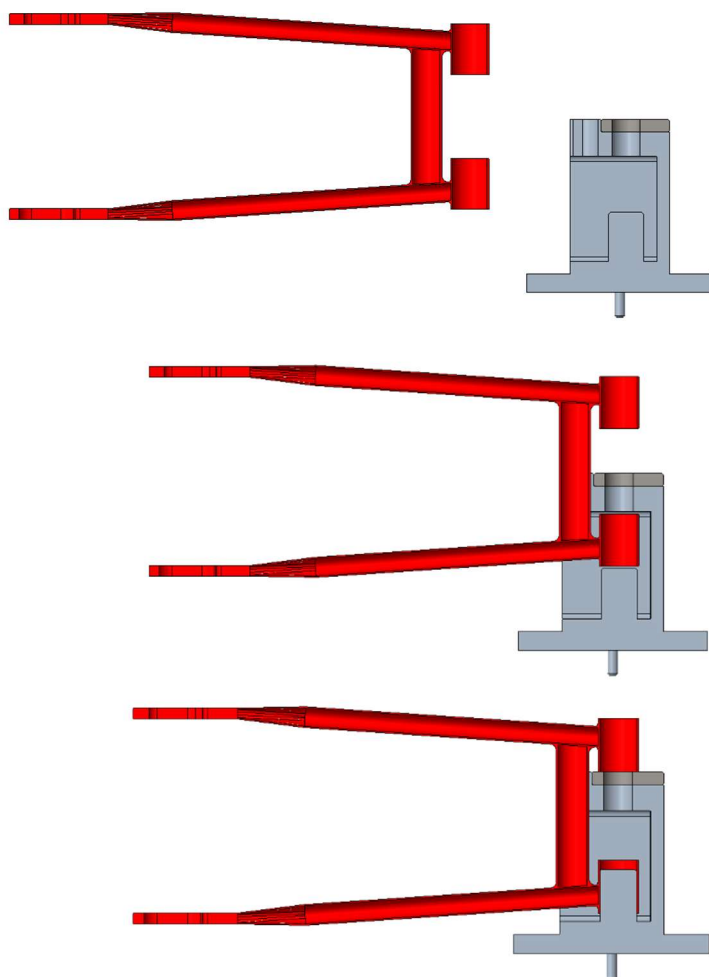
Operátor otevře přední přístupový bod a vloží kyvnou vidlici zepředu do reakční matrice, pak nasadí nátrubek vidlice na levý trn reakční matrice, viz obr. 49.

Následně navlékne kluzné ložisko na levou lisovací stopku a přední dvířka zavře.

Nyní lze zahájit lisovací cyklus.

Během této fáze není možné otevřít žádný z přístupových bodů.

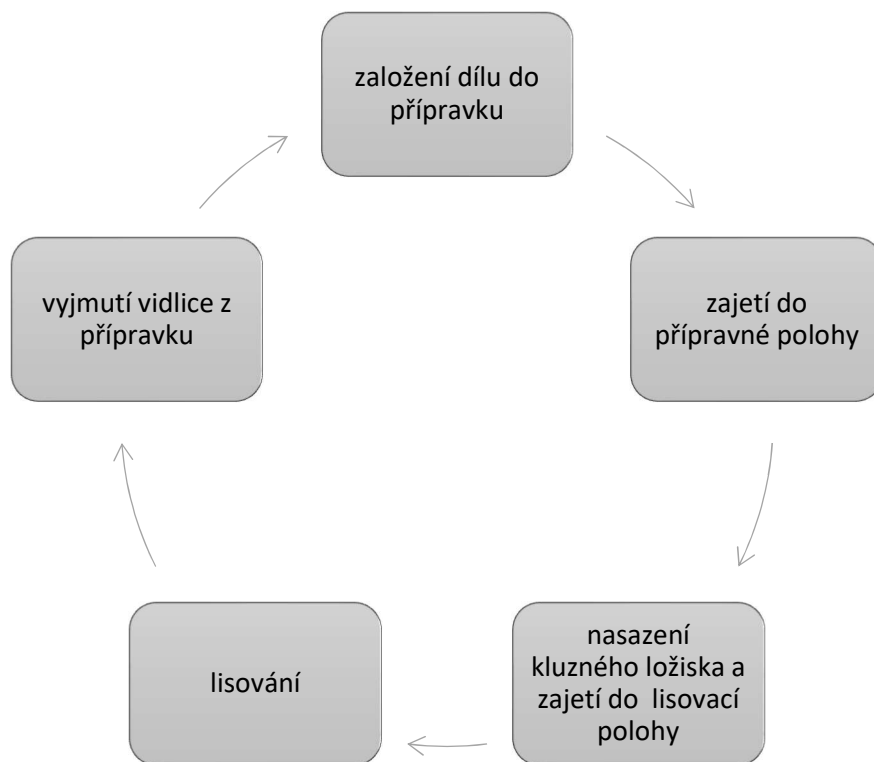
Po dokončení lisovací cyklu operátor otevře přední dvířka a vyjme vidlici z reakční matrice.



Obr.49 – proces uložení kyvné vidlice do lisovací polohy

Cyklus montáže kluzného ložiska se opakuje i pro montáž druhého ložiska, pravý trn reakční matrice má rozměr vnitřního průměru kluzného ložiska, lze tedy na něj nasadit stranu vidlice s již nalisovaným ložiskem.

Je možné lisovat ložiska do dvou vidlic najednou, ale v jedné z vidlic musí již být jedno ložisko zalisované. Popřípadě je možné zhotovit nástavec, rozměry a tvarem téměř totožný s kluzným ložiskem. Ten by zajistil přesné určení polohy na pravém trnu.



Obr.50 – pracovní cyklus zařízení

## 10 Závěr

Úkolem této bakalářské práce byl návrh zařízení pro montáž kluzných ložisek kyvné vidlice motocyklu. Jedná se o servisní zařízení, mezi důležité vlastnosti tohoto jednoúčelového stroje tedy patří jednoduchost provozu a údržby, kompaktní rozměry a nízká pořizovací cena. Nepočítá se s velkou vytížeností, vysoká produktivita není požadována.

V první části práce byla provedena rešerše v oblasti lisovacích zařízení, nejdříve obecně a poté v kontextu montáže lisování. Byly popsány především různé druhy pohonů lisovacích zařízení, jejich využití a případné výhody a nevýhody.

V druhé části byl proveden teoretický výpočet, jehož cílem bylo stanovit minimální potřebnou lisovací sílu pro bezproblémovou montáž kluzného ložiska do kyvné vidlice. Byl sestaven výpočtový model na základě obecných přístupů teoretické mechaniky. Výpočet byl numericky vyčíslen ve výpočtovém prostředí wxMaxima.

Na základě poznatků z rešerše a výsledků výpočtů byla zahájena fáze návrhu zařízení. Bylo nutné navrhnout pracovní jádro zařízení tak, aby bylo funkční a kompaktní, ale zároveň dostatečně robustní. Mezi nejvíce mechanicky namáhané součásti patřila reakční matrice, která byla během návrhu modifikována tak, aby vyhovovala pevnostně vyhovovala provozním podmínkám.

V dalším kroku byl navržen vhodný krytový a nosný systém, sestavený z hliníkových profilů, polykarbonátových desek a dalšího příslušenství od firmy MayTec.

V závěru práce byla vytvořena technická a výrobní dokumentace vztahující se ke standardizovaným a vyráběným dílům montážního zařízení.



## Seznam použité literatury

- [1] POKORNÝ, Přemysl. *Výrobní stroje II.: tvářecí stroje*. Liberec: Technická univerzita, 2001. ISBN 80-7083-482-X.
- [2] NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje*. Sv. 1, Tváření. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1987.
- [3] Hydraulic And Mechanical Presses. *The Library of Manufacturing* [online]. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://thelibraryofmanufacturing.com/presses.html>
- [4] KOPECKÝ, Miloslav a Bedřich RUDOLF. *Tvářecí stroje: mechanické a hydraulické lisy*. Praha: SNTL, 1967. Učební texty vysokých škol.
- [5] How does a Pneumatic Press Work. *AIMJORACO* [online]. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.joraco.com/>
- [6] ŽENÍŠEK, Josef a Milan JENKUT. *Výrobní stroje a zařízení*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986.
- [7] Rear shock bushing tool. [online]. [cit.2020-12-03]. Dostupné z: [www.bike24.com](http://www.bike24.com)
- [8] OTC Suspension bushing tool. [online]. [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: [www.otctools.com](http://www.otctools.com)
- [9] OSAKADA, K., MORI, K., ALTAN, T., GROCHE, P. Mechanical servo press technology for metal forming. *ScienceDirect* [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [10] VINŠ, Jindřich. *Kluzná ložiska*. 2., přeprac. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1971. Řada strojírenské literatury.
- [11] Pneumatiko-hydraulické multiplikátory. [online]. [cit.2021-02-20]. Dostupné z: [www.stranskyapetrzik.cz](http://www.stranskyapetrzik.cz)
- [12] Principy průmyslových čerpadel – 1.díl – zubová čerpadla. [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/>
- [13] AGME SERVO PRESSES. [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: [www.agme.net](http://www.agme.net)
- [14] Starcyl Cylinders, Pneumatic & Hydraulic . [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: [www.starcyl.com](http://www.starcyl.com)

[15] ŽÁK, Josef. *Materiály k výuce předmětu Pružnost a pevnost II*, Liberec: Technická univerzita

[16] Ball bush (triple square flange type), ECMU CSR. [online]. [cit. 2021-06-09] Dostupné z: [www.ecmu-csr.com](http://www.ecmu-csr.com)

[17] MayTec Profile System. [online]. cit. [2021-06-09]. Dostupné z: [www.maytec.com.de](http://www.maytec.com.de)

[18] Press-fit ball plungers. [online]. cit. [2021-06-14]. Dostupné z: <https://www.imao.biz/en/>

# /PE-50/UC/UCC

The AGME **PE-50** electric press comprises of the frame, electric cylinder, electric components and safety systems. The press works in a self-sufficient and intelligent way and is managed by a Siemens PLC, control software and a 12" HMI Interface tactile panel in an integrated industrial PC.

The **PE-50 UC** servo press heads are electric press systems which include the servomotor and a driver but exclude the control unit. This allows the customer the flexibility to integrate a controller and software of their choice and complete their own cabling / electrical cabinet design.

The **PE-50 UCC** servo press head is an intelligent press which has a servomotor / driver and PLC (with the press programs installed) supplied with a mounting plate. All that's required is the integration into the machine electrical cabinet and programming through a laptop or the machine PC.

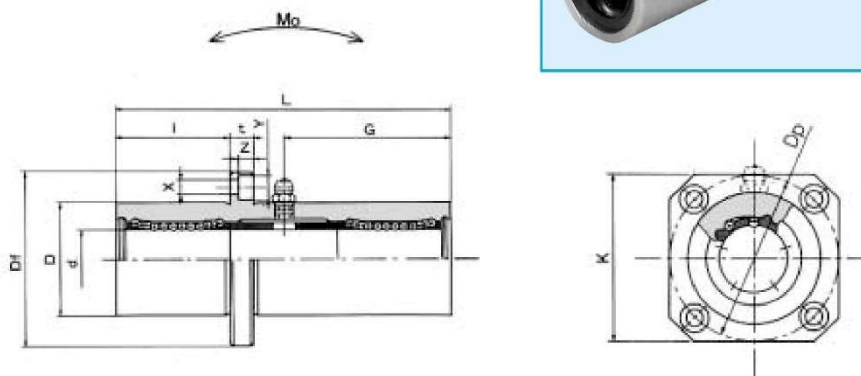


/PE-50 UC

## / TECHNICAL CHARACTERISTICS

MODEL	PE-50	PE-50 UC	PE-50 UCC
Load capacity	5 - 50 kN	5 - 50 kN	5 - 50 kN
Máximum stroke	200 mm	200 mm	200 mm
Maximum approach speed without load	240 mm/sec	240 mm/sec	240 mm/sec
Working speed under load	1- 35 mm/sec	1- 35 mm/sec	1 - 35 mm/sec
Position repeatability	±0.01 mm	±0.01 mm	±0.01 mm
Load measurement accuracy (see options)	±5%	±5%	±5%
Voltage	3 x 400VAC 50Hz.	3 x 400VAC 50Hz.	3 x 400VAC 50Hz.
Installed power	17KVA	7KVA	7KVA
Maximum die weight	100 Kg	100 Kg	100 Kg
Tool coupling diameter	Ø30 H7 x 40 mm	Ø30 H7 x 40 mm	Ø30 H7 x 40 mm
Machine's general dimensions	1094 x 940 x 2190 mm	489 x 300 x 777 mm	489 x 300 x 777 mm
Weight	560 Kg	120 Kg	130 Kg
CE certification	●	●	●
Servo motor and driver	Bosch-Rexroth	Bosch-Rexroth	Bosch-Rexroth
PLC Siemens	Integrated	-	On a mounting plate
Control Circuit	24V DC	-	24V DC
Control software	●	-	●
Complete electric cabinet	●	-	-
12" HMI Interface tactile panel	●	-	-
Safety brake	●	-	-
Die maximum dimensions	500 x 200 x 390 mm	-	-
Bench dimensions	300 x 198 mm	-	-
"T" dimensions	M10	-	-
Throat depth	165 mm	-	-
Distance between machine table and spindle	400 mm	-	-
OPTIONS			
Load measurement accuracy with a load cell	±0,5%	±0,5%	±0,5%
Special course up to 400 mm	●	●	●
Safety brake	-	●	●
10" HMI Interface tactile PC-panel	-	-	●

## DOUILLE À BILLES TRIPLE À COLLERETTE



Monorail

Douille à billes anti-rotation

Douille à billes

Le moment statique de cette douille à billes est environ **21** fois supérieur à une douille simple (KB, SM, SW)

Référence	Dimensions mm											Concentricité Perpendicularité $\mu$	Moment statique $M_0$ Nm	Capacité		Poids Cage phéno (G) g.			
	d	D	L	Df	I	K	t	Dp	X	Y	Z			G	Dyn.		Stat.		
															C Kg/50 Km		C0 Kg		
TRKC 6	-	-	6	15	51	32	17	25	5	24	3,5	6	3,1	20,5	20	8	51	106	58
TRKC 8	-	-	8	19	66	40	22	30	6	29	4,5	7,5	4,1	29	20	16	69	156	117
TRKC 10	-	-	10	23	80	43	27	34	6	33	4,5	7,5	4,1	38	20	27	94	220	189
TRKC 12	-	-	12	26	84	46	28	35	6	36	4,5	7,5	4,1	41	20	40	130	314	228
TRKC 13	-	-	13	28	90	48	30	37	6	38	4,5	7,5	4,1	45	20	43	130	314	286
TRKC 16	-	-	16	32	103	54	35	42	8	43	5,5	9	5,1	51	25	74	196	470	376
TRKC 20	-	-	20	40	118	62	40	50	8	51	5,5	9	5,1	59	25	98	224	548	714
TRKC 25	-	-	25	45	165	74	55	58	10	60	6,6	11	6,1	82,5	25	157	249	628	1 163
TRKC 30	-	-	30	52	182	82	61	64	10	67	6,6	11	6,1	91	25	297	398	908	1 543
TRKC 35	-	-	45	60	200	96	67	75	13	78	9	14	8,1	100	30	373	424	1 254	2 400
TRKC 40	-	-	40	65	230	101	77	80	13	83	9	14	8,1	115	30	553	548	1 608	2 510
TRKC 50	-	-	50	85	290	129	97	100	18	107	11	17	11,1	145	30	1 370	972	3 180	6 400
TRKC 60	-	-	60	100	310	144	104	116	18	122	11	17	11,1	155	30	1 800	1 208	4 000	9 200

Table

Guidage à galet

Vis à billes

UU = Douille à billes avec joints d'étanchéité intégrés.

G = Cage de recirculation en résine synthétique.

Note : les douilles à billes TRKC.. sont stockées sans graisseur. Pour commander ces douilles avec graisseur, ajouter le suffixe Q.

Exemple : TRKC 20 G UU Q



TÉL : 01 39 14 32 32



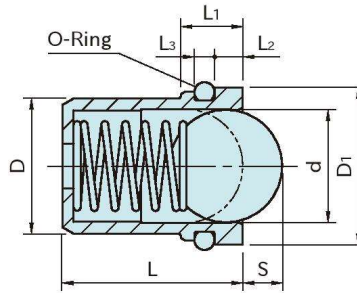
FAX : 01 39 14 23 23



# SBPR

# PRESS-FIT BALL PLUNGERS

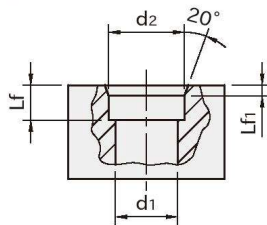
ROHS SUS



Body	Spring	Ball	O-Ring
Stainless Steel (SUS303)	Stainless Steel (SUS301)	Stainless Steel (SUS420J2)	Nitrile rubber (NBR)

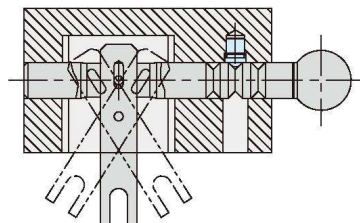
Part Number	D ( $_{-0.1}^0$ )	D1 ( $_{-0.05}^0$ )	d	L	S	L1	L2	L3	Force (N) Initial - Final	Weight (g)
<b>SBPR 4</b>	4	4.95	3	5	0.8	2.3	1	0.7	3~7	0.4
<b>SBPR 5</b>	5	5.95	4	6	1				4~7	0.7
<b>SBPR 6</b>	6	7.95	5	7	1.5	3.7	1.5	1.2	6~12	1.4
<b>SBPR 8</b>	8	9.95	6.5	9	1.8	4.2	2			3.1
<b>SBPR10</b>	10	11.95	8	13.5	2.7	5.3	2.5	1.8	10~20	6.3
<b>SBPR12</b>	12	13.95	10	16	3.5	5.5			15~25	10.1

### Mounting-Hole Dimensions



Part Number	d1 ( $_{+0.1}^0$ )	d2 (H11)	Lf ( $\pm 0.1$ )	Lf1
<b>SBPR 4</b>	4.1	5	2.3	0.7
<b>SBPR 5</b>	5.1	6		
<b>SBPR 6</b>	6.1	8	3.7	1
<b>SBPR 8</b>	8.1	10	4.2	1.5
<b>SBPR10</b>	10.1	12	5.3	2
<b>SBPR12</b>	12.1	14	5.5	

### Application Example



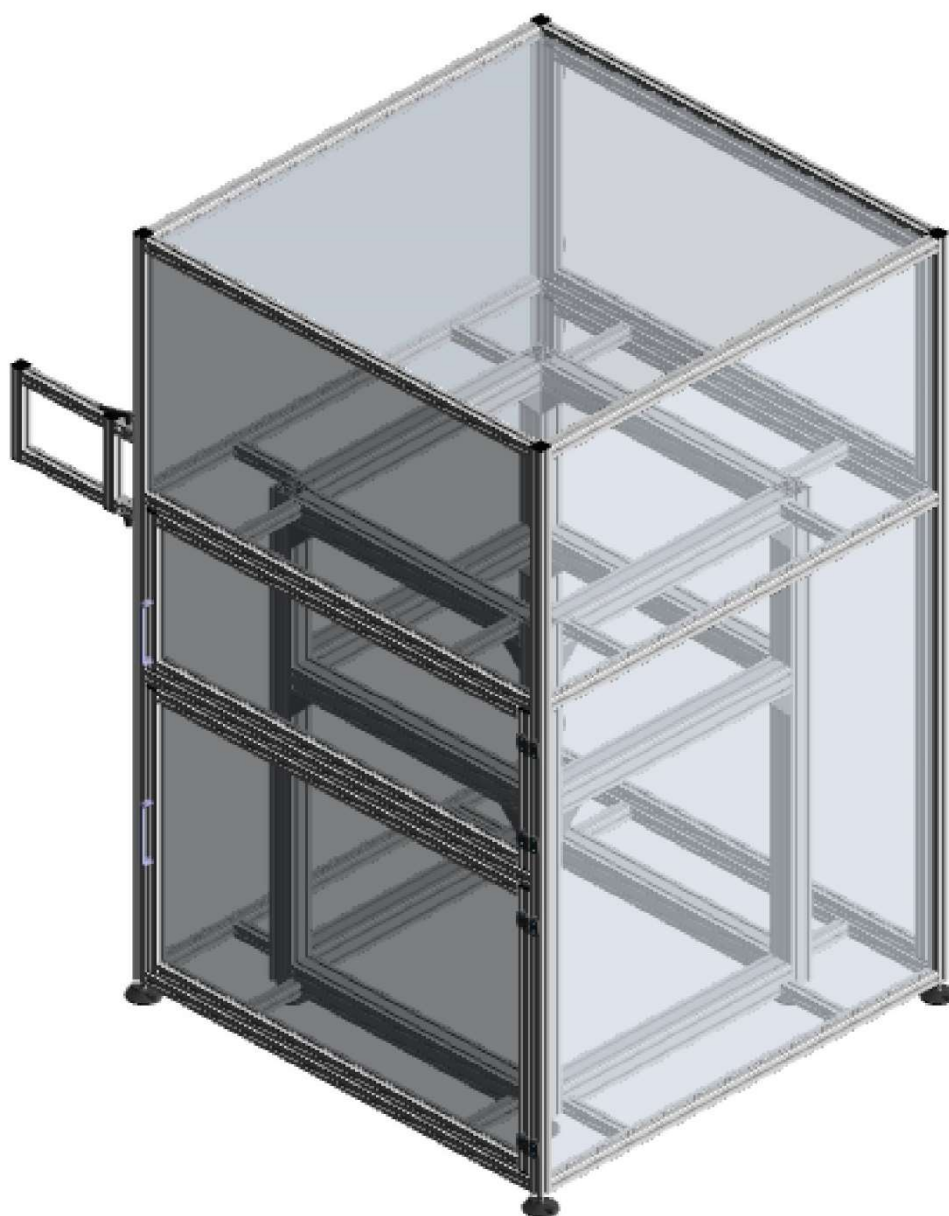
#### Feature :

The elastic force of the O-ring allows locking the plunger in the mounting hole.

#### Technical Information

Heat resistance : Up to 90°C

Design Title : konstrukce.scene  
Revision Level :  
Approved by :  
Designer :  
Company :  
Address :  
E-Mail :  
Phone :  
Date : 2021-06-11





Design Title : konstrukce.scene  
 Customer Name :  
 Date : 2021-06-11

## Bill of materials (Number of kits: 1)

Pos	Article-No	Description	Units	Qty	Each €	Price €
1	1.11.040040.43LP-A00A00/483	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	7.75	7.75
2	1.11.040040.43LP-A00A00/483	Profile 40x40, 4E, light, plain ***PER DRAWING 1***	MM	1	13.75	13.75
2.A	Q11A4I07161-5.5	Counterbore, left Side: 4 Ø 5.5 mm, distance 271.5 mm,	EA	1		0.00
2.B	Q11A4I07161-5.5	Counterbore, left Side: 4 Ø 5.5 mm, distance 451.5 mm,	EA	1		0.00
3	1.11.040040.43LP-A00A00/718	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	10.79	10.79
4	1.11.040040.43LP-A00A00/718	Profile 40x40, 4E, light, plain ***PER DRAWING 2***	MM	1	16.79	16.79
4.A	Q11A4I07161-5.5	Counterbore, left Side: 4 Ø 5.5 mm, distance 269.0 mm,	EA	1		0.00
4.B	Q11A4I07161-5.5	Counterbore, left Side: 4 Ø 5.5 mm, distance 449.0 mm,	EA	1		0.00
5	1.11.040040.43LP-A00A00/873	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	12.79	12.79
6	1.11.040040.43LP-A00A00/873	Profile 40x40, 4E, light, plain ***PER DRAWING 3***	MM	1	18.79	18.79
6.A	Q11A4I07161-5.5	Counterbore, left Side: 4 Ø 5.5 mm, distance 346.5 mm,	EA	1		0.00
6.B	Q11A4I07161-5.5	Counterbore, left Side: 4 Ø 5.5 mm, distance 526.5 mm,	EA	1		0.00
7	1.11.040040.43LP-A00A00/1418	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	19.84	19.84
8	1.11.040040.43LP-A00A00/1418	Profile 40x40, 4E, light, plain ***PER DRAWING 4***	MM	1	25.84	25.84
8.A	Q11A4I07161-5.5	Counterbore, left Side: 4 Ø 5.5 mm, distance 619.0 mm,	EA	1		0.00
8.B	Q11A4I07161-5.5	Counterbore, left Side: 4 Ø 5.5 mm, distance 799.0 mm,	EA	1		0.00
9	1.11.040040.43LP-AA2AA2/1420	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	22.87	22.87
10	1.11.040040.43LP-AA1AA4/1420	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	22.87	22.87
11	1.11.040040.43LP-A00A00/280	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	2	5.12	10.24
12	1.11.040040.43LP-AA4AA4/300	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	2	8.38	16.76
13	1.11.040040.43LP-AA1AA1/1420	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	2	22.87	45.74
14	1.11.040040.43LP-AA4AA1/1420	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	2	22.87	45.74
15	1.11.040040.43LP-AL0A00/2300	Profile 40x40, 4E, light, plain Depth of thread, left: 100.0 mm	MM	4	33.25	133.01
16	1.11.040040.43LP-AA4AA4/1420	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	7	22.87	160.08
17	1.11.040040.43LP-AA4AA4/1330	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	8	21.70	173.64
18	1.11.040040.43LP-AA4AA4/210	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	16	7.22	115.46

Design Title : konstrukce.scene  
 Customer Name :  
 Date : 2021-06-11

## Bill of materials (Number of kits: 1)

Pos	Article-No	Description	Units	Qty	Each €	Price €
19	1.11.080080.83LBP-LL0L00/1520	Profile 80x80, 8E, light, B, plain Depth of thread, left: 100.0 mm Position of thread, left: c	MM	4	83.32	333.27
20	1.11.080080.83LBP-LD1LD1/840	Profile 80x80, 8E, light, B, plain Position for cross bushing bore, left: ABEF; Position for cross bushing bore, right: ABEF;	MM	12	58.28	699.36
21	1.41.E314.1-A00A00/415	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)	MM	2	2.04	4.09
22	1.41.E314.1-A00A00/650	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)	MM	2	2.35	4.70
23	1.41.E314.1-A00A00/805	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)	MM	2	2.55	5.11
24	1.41.E314.1-A00A00/1330	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)	MM	2	3.24	6.48
25	1.41.E314.1-A00A00/1348	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)	MM	2	3.26	6.53
26	1.41.E314.1-A00A00/1418	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)	MM	2	3.36	6.71
27	1.41.E314.1-A00A00/1438	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)	MM	4	3.38	13.53
28	1.41.E314.1-A00A00/738	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)	MM	6	2.47	14.80
29	1.41.E314.1-A00A00/1328	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)	MM	6	3.24	19.43
30	1.41.E314.1-A00A00/1420	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)	MM	12	3.36	40.31
38	1.42.20404.2	Cover cap 40x40, dia: 12, black	EA	24	0.96	23.04
39	1.46.204.7476.2	Angle GD-Zn, 74x76, powder-coated	EA	16	13.27	212.32
40	1.61.210	Handle light	EA	4	7.56	30.24
41	1.63.14041	Joint 40x40 with clamping lever	EA	2	54.31	108.62
42	0.63.D06912.05035	Cylindric head screw, DIN 6912 - M5x35	EA	8	0.18	1.44
43	0.63.D06912.08016	Cylindric head screw, DIN 6912 - M8x16	EA	4	0.18	0.72
44	0.63.D07991.06014	Flat head screw, DIN 7991 - M6x14	EA	32	0.18	5.76
45	0.63.WN7381.08016	Round head flange screw, M8x16, WN7381	EA	128	0.18	23.04
46	1.21.4E0	Connector, universal	EA	174	2.30	400.20
47	1.32.4EM6	T-Nut for subsequent insertion, w. spring E, M6	EA	32	1.13	36.16
48	1.32.4EM8	T-Nut for subsequent insertion, w. spring E, M8	EA	132	1.13	149.16
49	1.44.411100	Adjustable tilt-foot plate PA, 100, w. mounting holes	EA	8	7.68	61.44
50	1.44.4614100	Adjustable tilt-foot spindle steel, M14x100	EA	8	2.96	23.68
51	1.44.46M14	Nut M14	EA	8	0.37	2.96
52	1.46.204.7476A	Cover cap for angle GD-Zn, 74x76	EA	16	2.30	36.80
53	1.62.448.22/22	Hinge 48 fixed, A 22.5	EA	8	3.58	28.64
54	1.63.04042	Anti-twist device for joint, L40	EA	2	5.85	11.70

**Frame weight:** 171.18 kg (377.38 lbs) **Frame price:** € 3182.99



Design Title : konstrukce.scene  
 Customer Name :  
 Date : 2021-06-11

## Bill of materials (Number of kits: 1)

Pos	Article-No	Description	Units	Qty	Each €	Price €
31	1.87.041-99	Polycarbonate 4 mm, transparent, SIZE: 435.00MM x 1350.00MM ***PER DRAWING 5***	SM	1	48.59	48.59
32	1.87.041-99	Polycarbonate 4 mm, transparent, SIZE: 670.00MM x 1350.00MM ***PER DRAWING 6***	SM	1	65.66	65.66
33	1.87.041-99	Polycarbonate 4 mm, transparent, SIZE: 825.00MM x 1350.00MM ***PER DRAWING 7***	SM	1	76.92	76.92
34	1.87.041-99	Polycarbonate 4 mm, transparent, SIZE: 1350.00MM x 1370.00MM ***PER DRAWING 8***	SM	1	116.50	116.50
35	1.87.041-99	Polycarbonate 4 mm, transparent, SIZE: 1440.00MM x 1440.00MM ***PER DRAWING 9***	SM	1	128.56	128.56
36	1.87.041-99	Polycarbonate 4 mm, transparent, SIZE: 1440.00MM x 1460.00MM ***PER DRAWING 10***	SM	2	130.11	260.22
37	1.87.041-99	Polycarbonate 4 mm, transparent, SIZE: 760.00MM x 1440.00MM ***PER DRAWING 11***	SM	3	75.88	227.64

**Panels weight:** 65.00 kg (143.29 lbs) **Panels price:** € 924.09

**Total Weight:** 236.17 kg (520.67 lbs) **Total (EURO):** € 4107.08

\* The price indicated above, does not include assembly, packaging, taxes and transport.

Design Title : konstrukce.scene  
Customer Name :  
Date : 2021-06-11

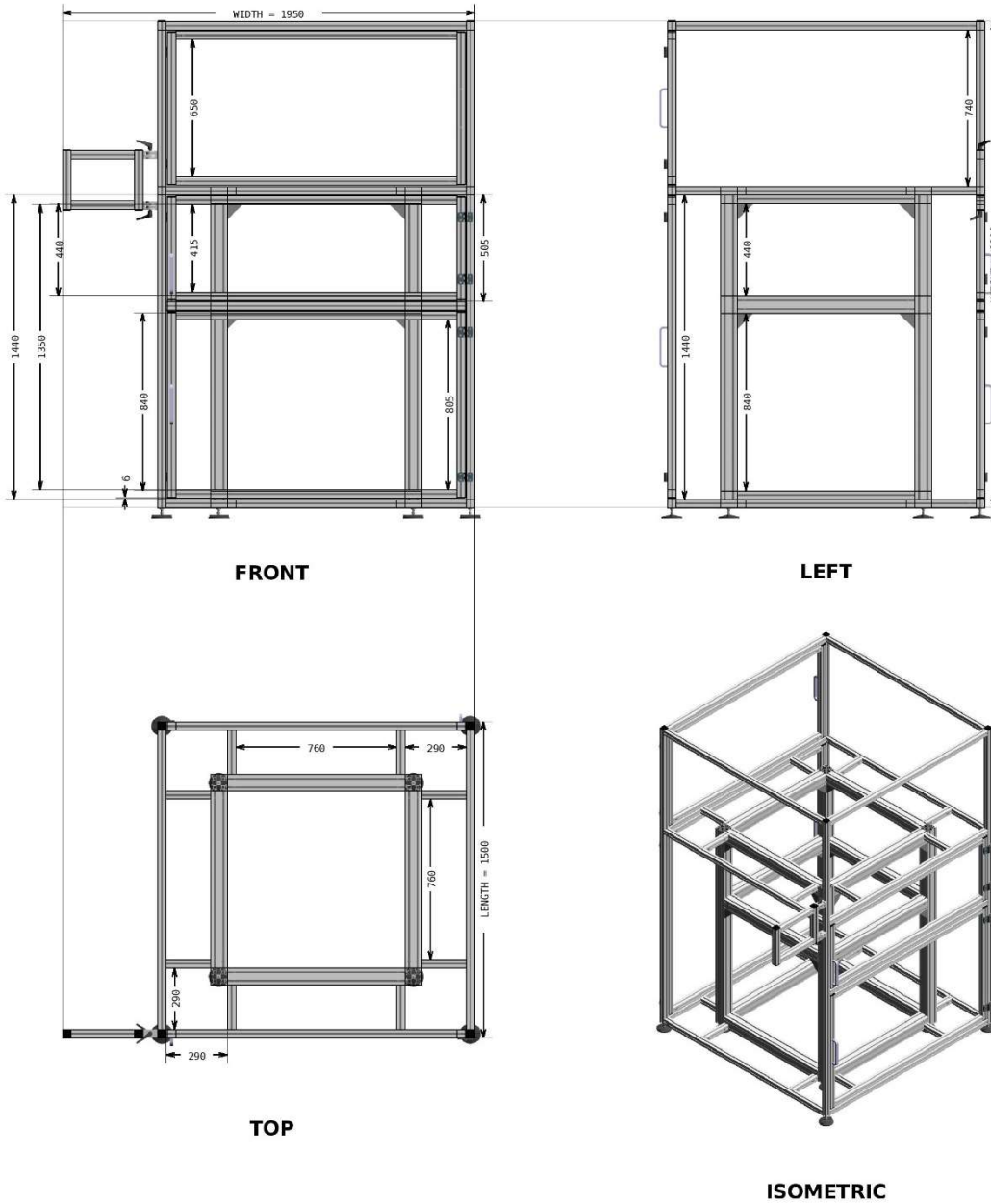
---

## Isometric view

Some accessories may not be shown

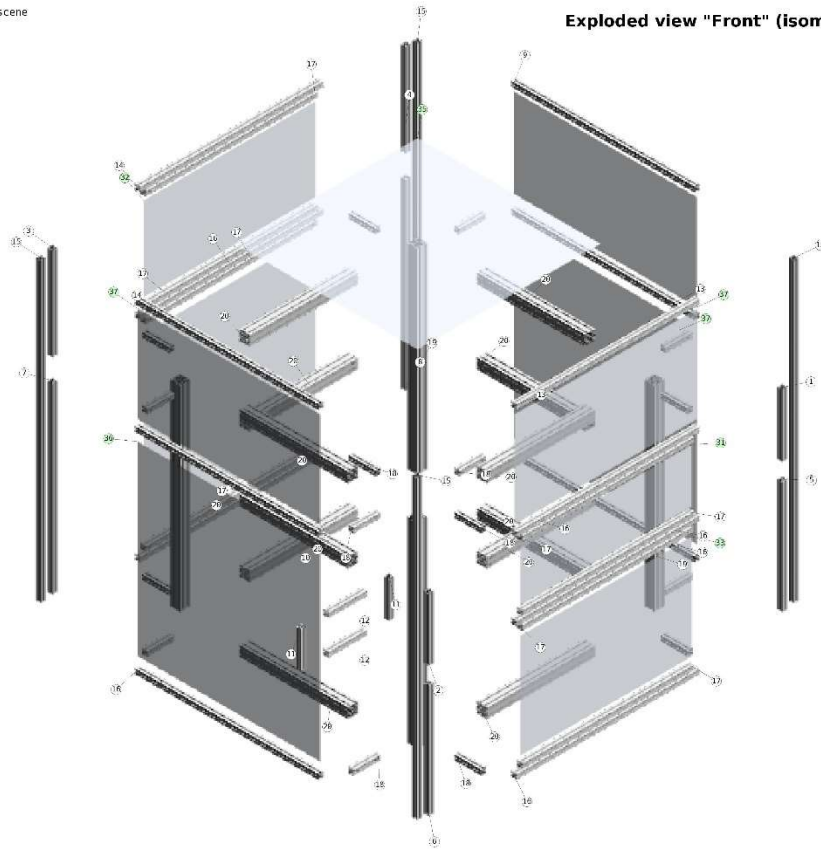


## Multiview



Design Title : konstrukce.scene  
Customer Name :  
Date : 2021-06-11

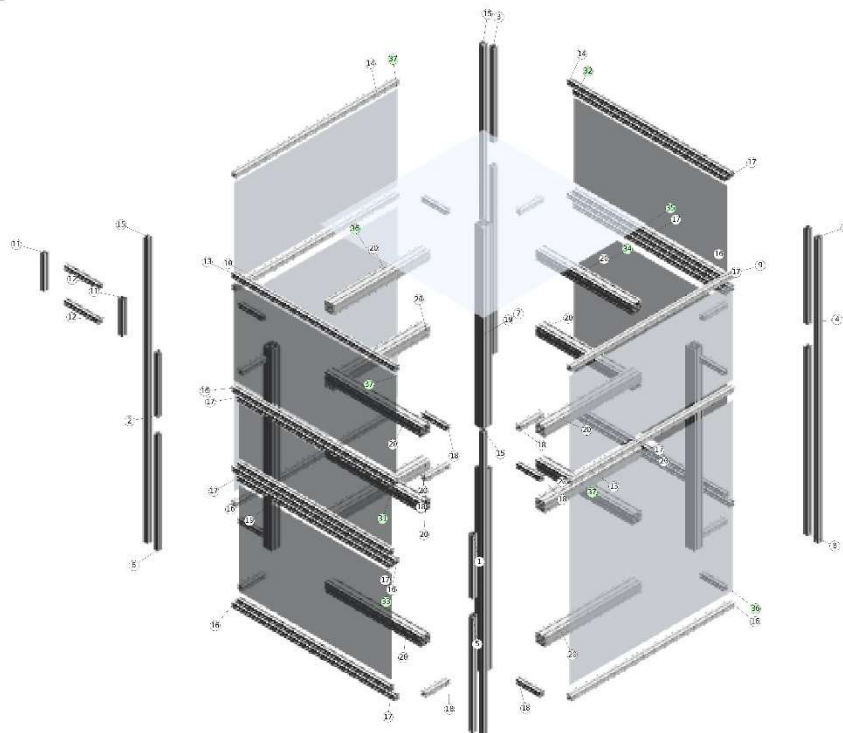
Exploded view "Front" (isometric)



Page 7

Design Title : konstrukce.scene  
Customer Name :  
Date : 2021-06-11

Exploded view "Back"



Page 8

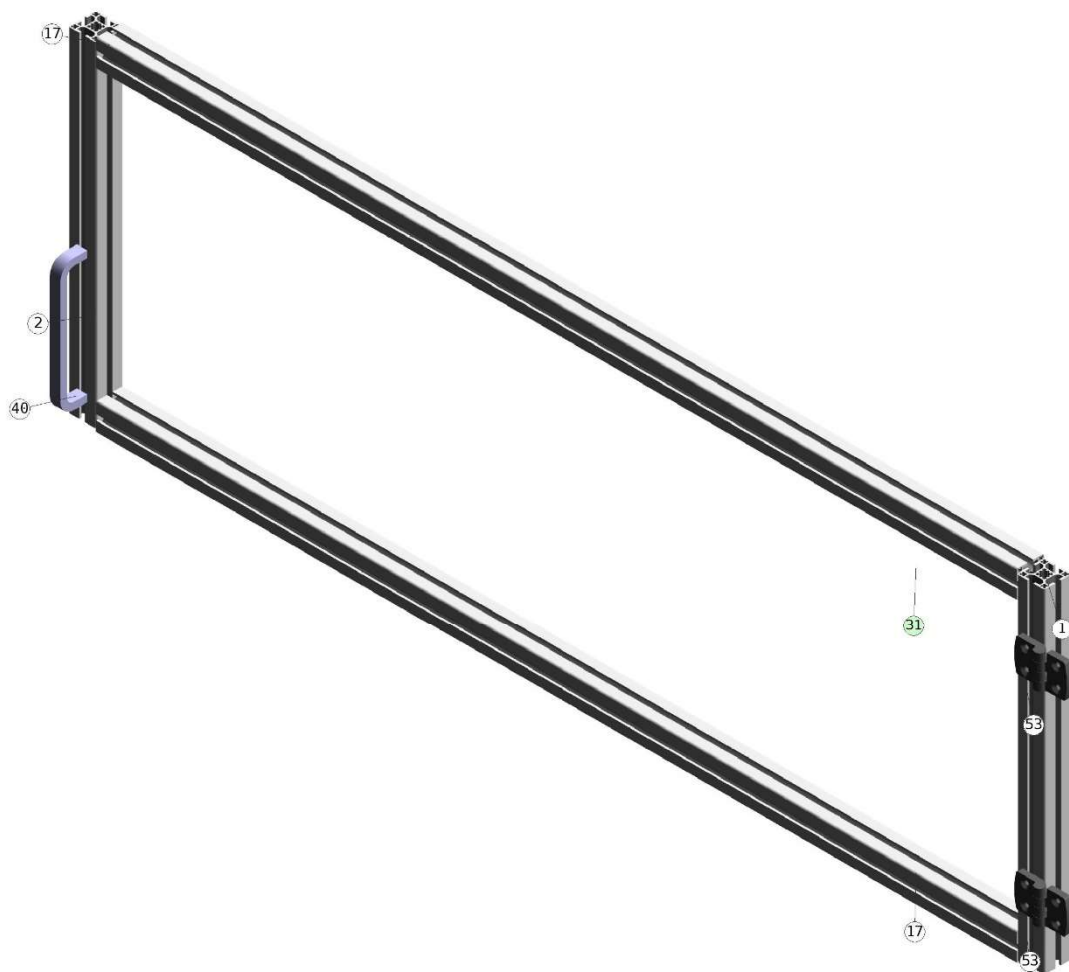
## Components of group: Door(2)

Panels are not shown for image clarity, their locations are marked by green balloons



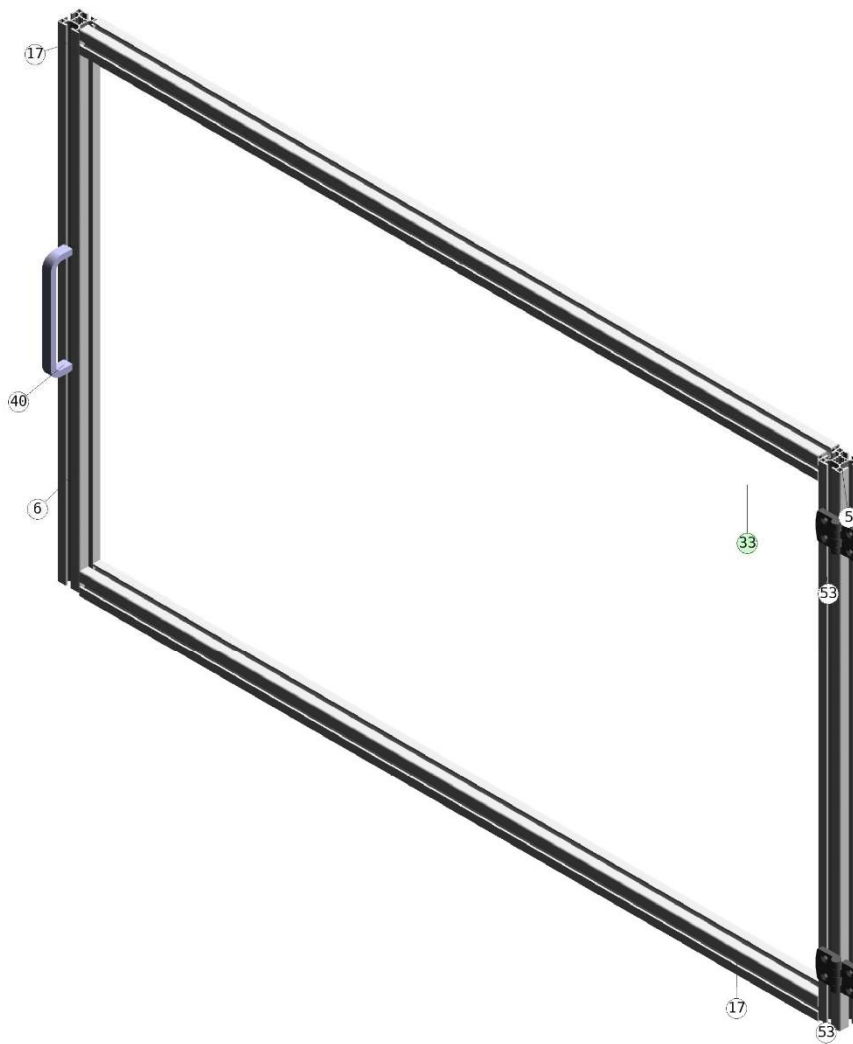
## Components of group: Door

Panels are not shown for image clarity, their locations are marked by green balloons



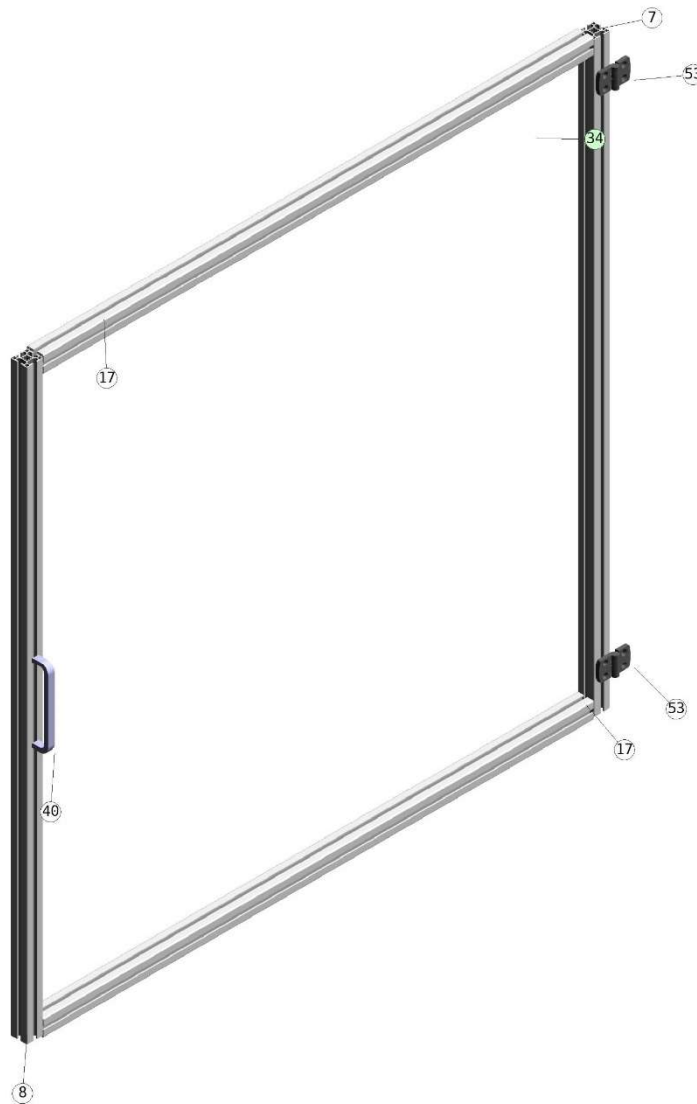
## Components of group: Door(1)

Panels are not shown for image clarity, their locations are marked by green balloons



## Components of group: Door(3)

Panels are not shown for image clarity, their locations are marked by green balloons



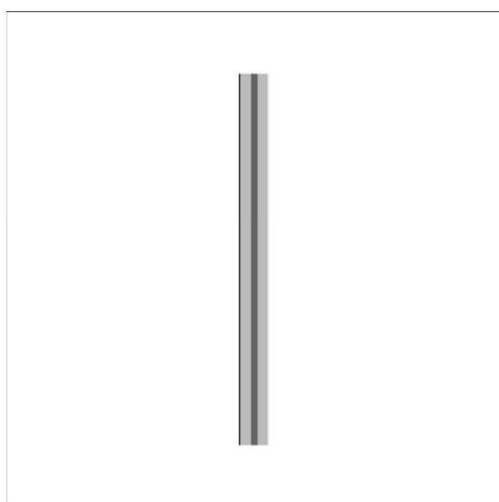


Design Title : konstrukce.scene  
 Customer Name :  
 Date : 2021-06-11

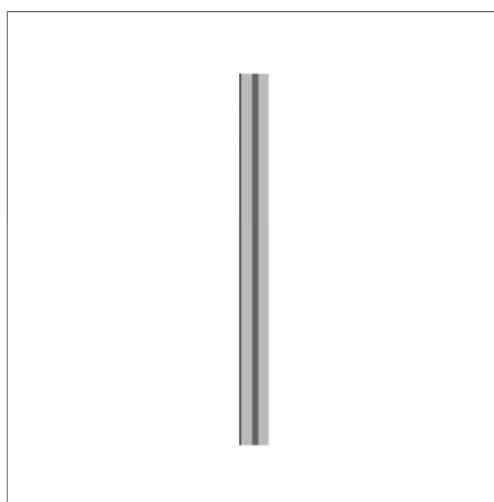
## Assembly List

Pos	Article-No	Description	Related parts	Qty
9	1.11.040040.43LP-AA2AA2/1420	Profile 40x40, 4E, light, plain	1.21.4E0. Connector. universal	2
10	1.11.040040.43LP-AA1AA4/1420	Profile 40x40, 4E, light, plain	1.21.4E0. Connector. universal	2
12	1.11.040040.43LP-AA4AA4/300	Profile 40x40, 4E, light, plain	1.21.4E0. Connector. universal	4
13	1.11.040040.43LP-AA1AA1/1420	Profile 40x40, 4E, light, plain	1.21.4E0. Connector. universal	4
14	1.11.040040.43LP-AA4AA1/1420	Profile 40x40, 4E, light, plain	1.21.4E0. Connector. universal	4
16	1.11.040040.43LP-AA4AA4/1420	Profile 40x40, 4E, light, plain	1.21.4E0. Connector. universal	14
17	1.11.040040.43LP-AA4AA4/1330	Profile 40x40, 4E, light, plain	1.21.4E0. Connector. universal	16
18	1.11.040040.43LP-AA4AA4/210	Profile 40x40, 4E, light, plain	1.21.4E0. Connector. universal	32
20	1.11.080080.83LBP-LD1LD1/840	Profile 80x80, 8E, light, B, plain	1.21.4E0. Connector. universal	96
39	1.46.204.7476.2	Angle GD-Zn, 74x76, powder-coated	1.32.4EM8, T-Nut for subsequent insertion, w. spring E, M8 1.46.204.7476A, Cover cap for angle GD-Zn, 74x76	128 16
			0.63.WN7381.08016, Round head flange screw, M8x16. WN7381	128
40	1.61.210	Handle light	0.63.D06912.05035, Cylindric head screw, DIN 6912 - M5x35	8
41	1.63.14041	Joint 40x40 with clamping lever	1.32.4EM8, T-Nut for subsequent insertion, w. spring E, M8 1.63.04042, Anti-twist device for joint, L40	4 2
			0.63.D06912.08016, Cylindric head screw, DIN 6912 - M8x16	4
53	1.62.448.22/22	Hinge 48 fixed, A 22.5	1.32.4EM6, T-Nut for subsequent insertion, w. spring E, M6 0.63.D07991.06014, Flat head screw, DIN 7991 - M6x14	32 32

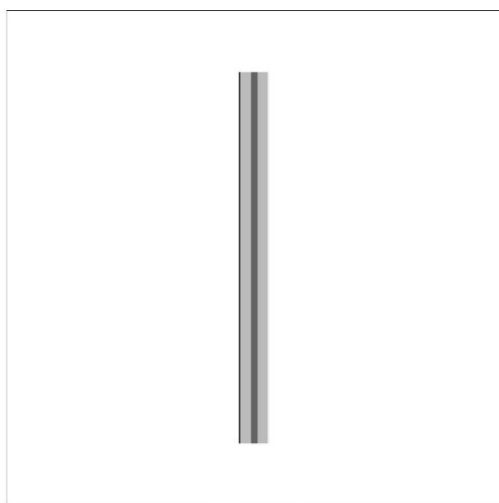
## Profile machining details



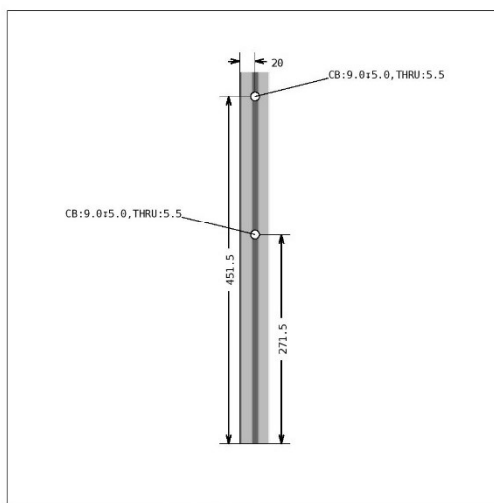
**DRAWING 1, Pos 2**  
**SIDE 1, bar length: 483.0 mm**



**DRAWING 1, Pos 2**  
**SIDE 2**



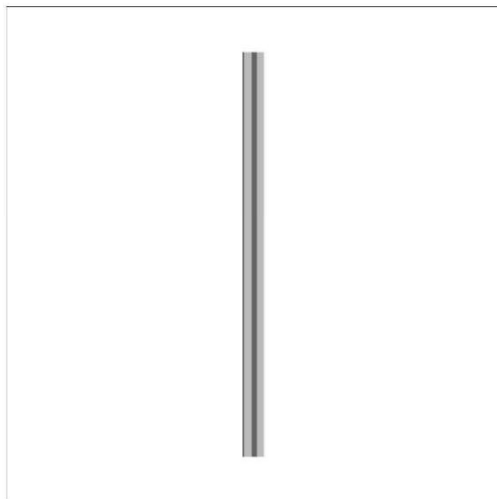
**DRAWING 1, Pos 2**  
**SIDE 3**



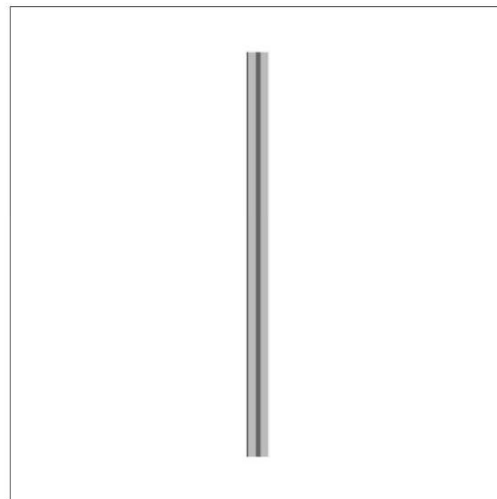
**DRAWING 1, Pos 2**  
**SIDE 4**

← Profile "left end" is always at the bottom of the drawing. All dimensions are from "left".

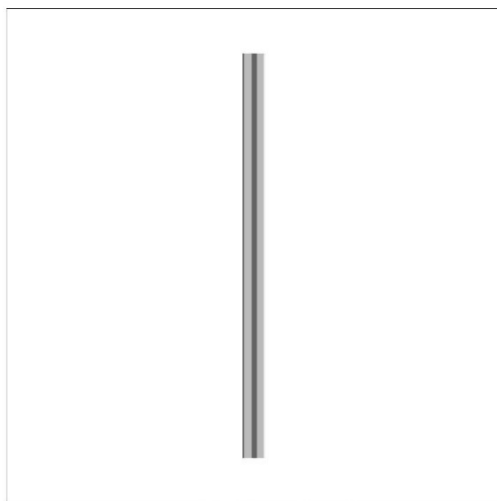
## Profile machining details



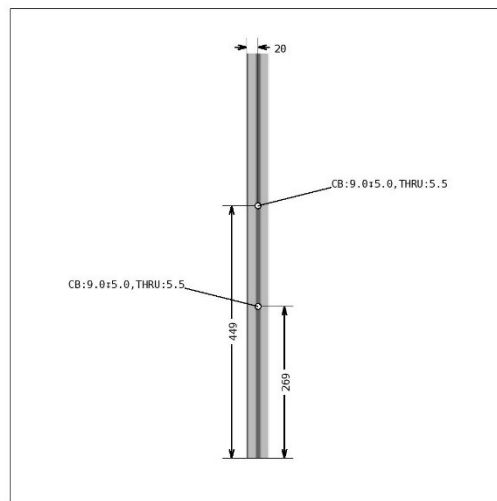
**DRAWING 2, Pos 4  
SIDE 1, bar length: 718.0 mm**



**DRAWING 2, Pos 4  
SIDE 2**



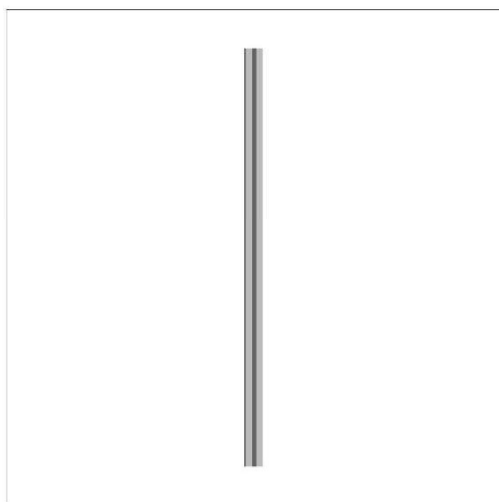
**DRAWING 2, Pos 4  
SIDE 3**



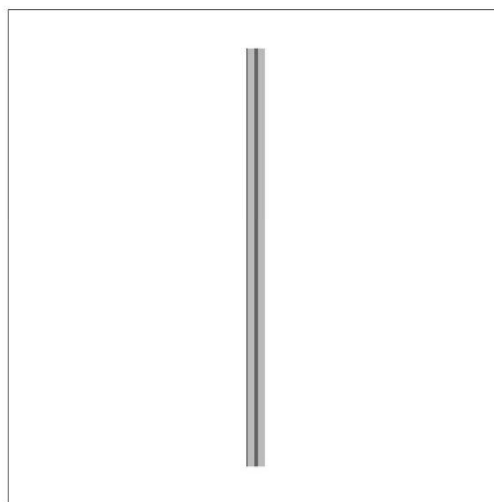
**DRAWING 2, Pos 4  
SIDE 4**

← Profile "left end" is always at the bottom of the drawing. All dimensions are from "left".

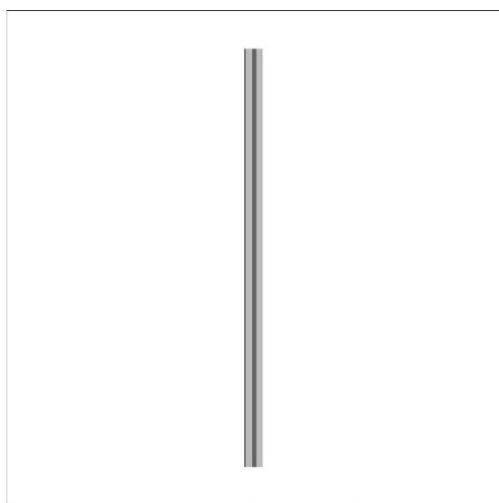
## Profile machining details



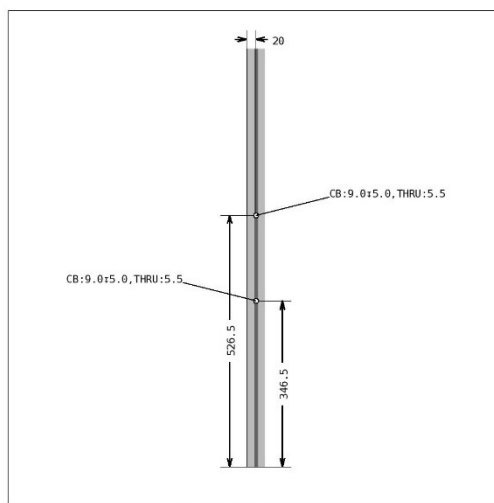
**DRAWING 3, Pos 6**  
**SIDE 1, bar length: 873.0 mm**



**DRAWING 3, Pos 6**  
**SIDE 2**



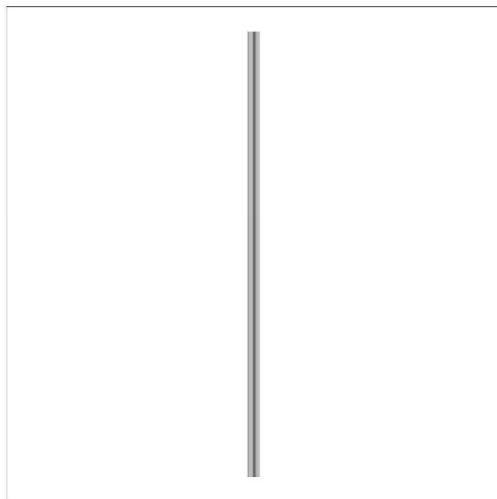
**DRAWING 3, Pos 6**  
**SIDE 3**



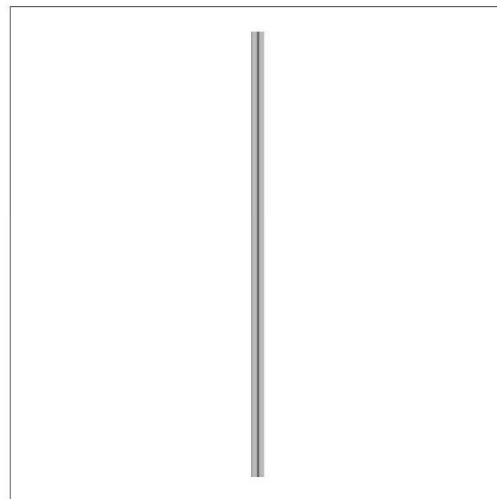
**DRAWING 3, Pos 6**  
**SIDE 4**

← Profile "left end" is always at the bottom of the drawing. All dimensions are from "left".

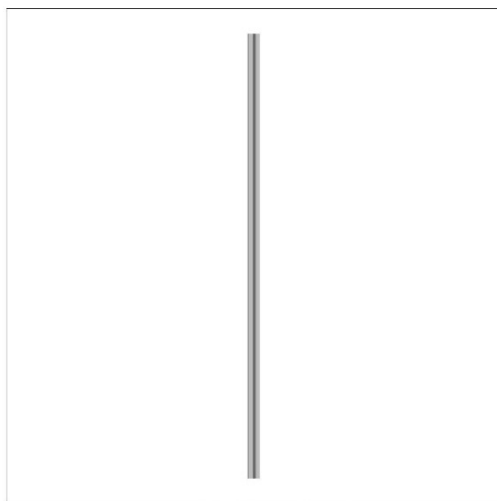
## Profile machining details



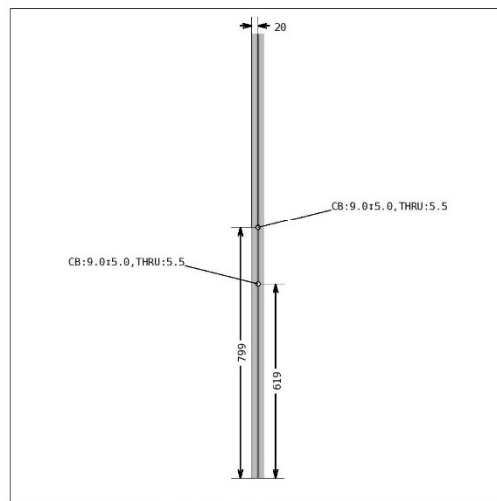
**DRAWING 4, Pos 8**  
**SIDE 1, bar length: 1418.0 mm**



**DRAWING 4, Pos 8**  
**SIDE 2**



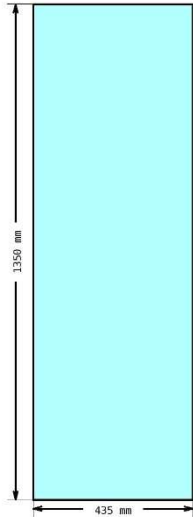
**DRAWING 4, Pos 8**  
**SIDE 3**



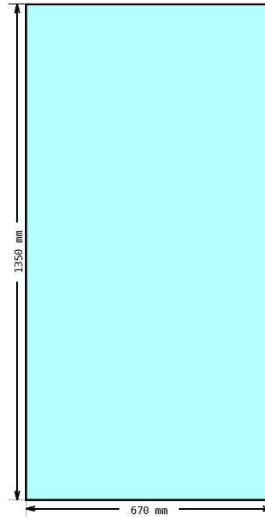
**DRAWING 4, Pos 8**  
**SIDE 4**

← Profile "left end" is always at the bottom of the drawing. All dimensions are from "left".

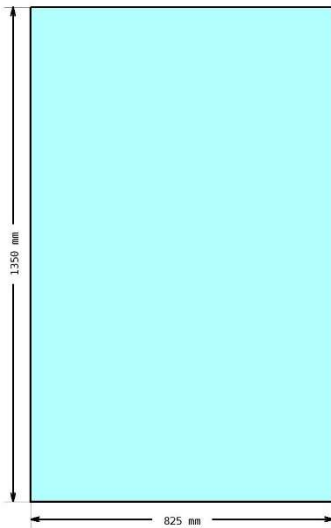
## Panels



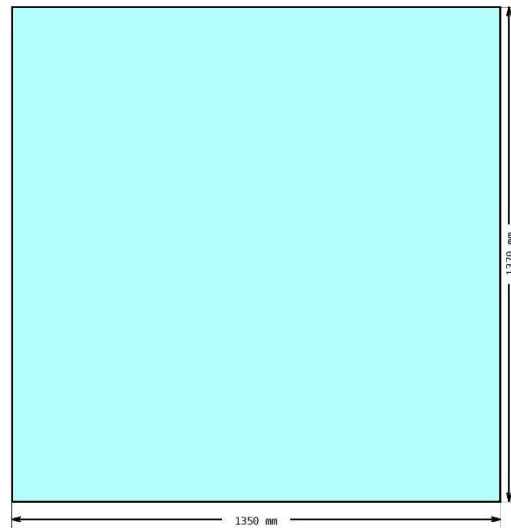
**DRAWING 5, Pos 31**  
Shape measurements



**DRAWING 6, Pos 32**  
Shape measurements

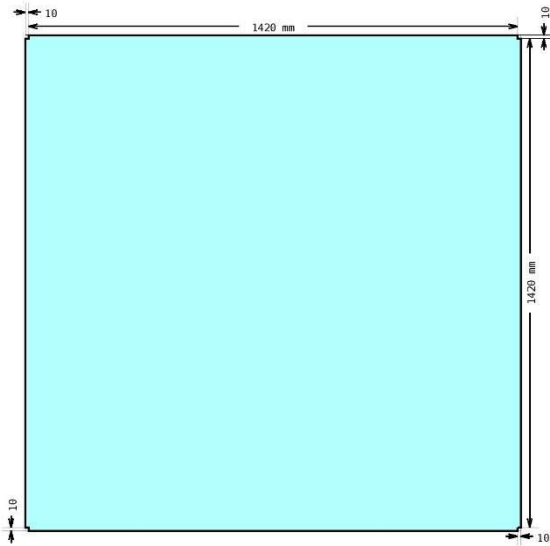


**DRAWING 7, Pos 33**  
Shape measurements

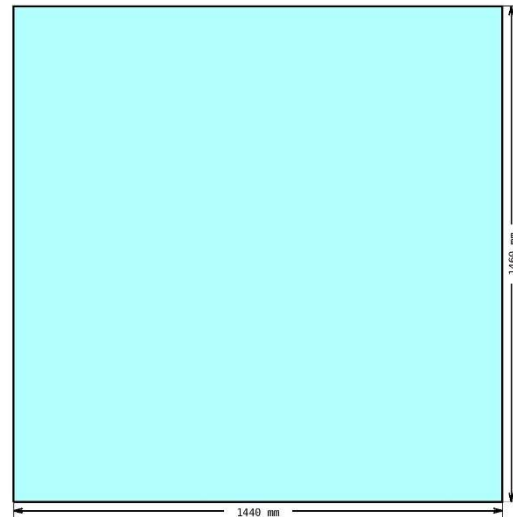


**DRAWING 8, Pos 34**  
Shape measurements

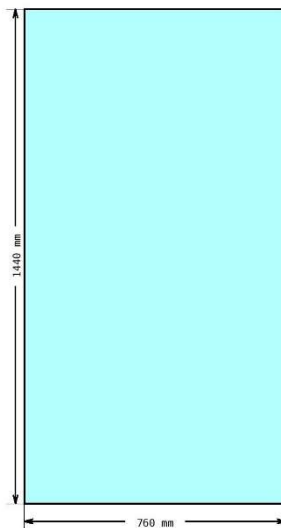
## Panels



**DRAWING 9, Pos 35**  
Shape measurements



**DRAWING 10, Pos 36**  
Shape measurements



**DRAWING 11, Pos 37**  
Shape measurements


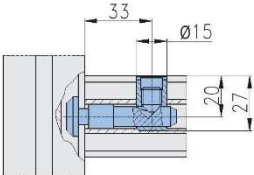
Design Title : konstrukce.scene  
 Customer Name :  
 Date : 2021-06-11

# Product Data Sheets



Verbinder für Profile mit Kernloch-Ø12

1.21.4E0

Verbindung	Verbinder	Bearbeitungsmaße	PG	Bestell-Nr. für Verbinder mit E-Kopf		
				Stahl Standard	E	VA
Universal			40	1.21.4E0	E	V

## Verbinder-Ausführungen

Technische Daten				
Verbinder	Artikel-Nr.	Material	Festigkeit	Oberfläche
Standard Erdung	1.21.4E0 1.21.4E0 E	Stahl	≥ 650 N/mm <sup>2</sup>	verzinkt
Standard VA	1.21.4E0 V	Edelstahl rostfrei 1.4305	490 - 685 N/mm <sup>2</sup>	gebeizt und passiviert

## Festigkeitswerte für Profilverbindungen mit MayTec-Verbindern

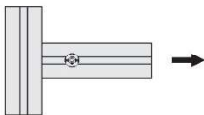
### Anzugsmomente für Verbinder-Gewindestift

PG	Nutm	Gewindestift Sonderausführung	Anzugsmoment	
			empfohlen	max.
40	E	M10×12	30,0 Nm	40,0 Nm

#### Hinweis

Die max. Anzugswerte gelten nur für Gewindestifte in MayTec-Sonder-Qualität und können mit der handelsüblichen Standardausführung nicht erreicht werden.

### Zug-Belastung

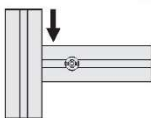


PG	Nutm	Verbinder	max. Zug-Festigkeit
40	E	Universal	12.000 N

#### Hinweis

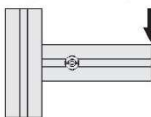
Die Festigkeitswerte wurden bei einer Vorspannung der Verbinder mit dem max. Anzugsmoment ermittelt und beziehen sich auf die Verbindung von jeweils zwei gleichen Profilen.

### Schiebe-Belastung



PG	Nutm	Profil	Stck	max. Schiebe-Festigkeit			max. Biege-Festigkeit		
				Verbinder, Universal			Verbinder, Universal		
				E-Verbinder					
40	E	40×40	1	6.000 N	9.000 N	250 Nm	500 Nm	1.000 Nm	
		40×80	2	12.000 N	18.000 N				
		80×80, 8E	4	24.000 N	36.000 N	2.000 Nm			

### Biege-Belastung



Die angegebenen Werte gelten für alle Leicht- und Schwer-Profile

E = Erdungs-Verbinder, VA = Edelstahl rostfrei 1.4305


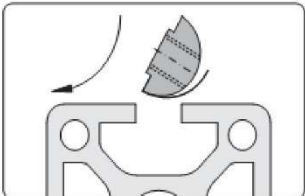



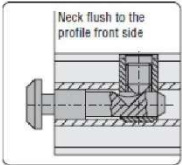
1





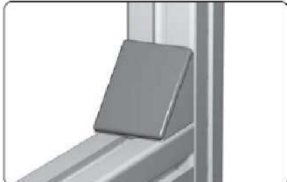

## Suggested profile cuts (incl. kerf: 3.5 mm)

Article-No	Cuts	Waste (mm)
1.11.040040.43LP		59.5 mm
		59.5 mm
		2.5 mm
		2.5 mm
		22.5 mm
		116.5 mm
		179.5 mm
		130.0 mm
		3438.0 mm
1.11.080080.83LBP		586.0 mm
		259.0 mm
		939.0 mm

## Assembly hints

ACCESSORY	1.32.4EM6 1.32.4EM8	T-Nut for subsequent insertion, w. spring E, M6 T-Nut for subsequent insertion, w. spring E, M8
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p style="font-size: small;">Fixing with leaf spring</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>Application</b> Fastening element for screw-type connections</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;">  <p style="font-size: small;">Insert front-sided and rotate</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>Technical data</b>            Design steel:            • material: steel            • surface: galvanised            Design stainless:            • material: stainless steel 1.4305            • surface: pickled and passivated            max. moment of torque: <math>M_{A, max}</math></p> </div> </div>		<p>These t-nuts are easily inserted into assembled frames</p>
CONNECTOR	1.21.4E0	Connector, universal
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: x-small;">Insert the cross bushing</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: x-small;">Push in the anchor</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: x-small;">Pretension the anchor</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 10px;"> <div style="width: 45%;">  <p style="font-size: x-small;">Neck flush to the profile front side</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>Comments</b> For the optimal assembly of the profiles the connector is to be installed in such a way that the neck is flush to the profile front side</p> </div> </div>		<p>Most MayTec connectors follow these assembly steps. Tightening torque is: 5-15 Nm for 20mm profiles, 30 Nm for 30mm group, 35 Nm for 40mm and larger profiles.</p>

## Assembly hints

None	1.41.E314.1	Combination profile PP, E, 1 - 4.5, grey (bar 2.5 m)
 <p>Use as reduction profile</p>  <p>Use as slot-cover profile</p> <p><b>Application</b>        Combination profiles for use as reduction or cover profiles</p> <p><b>Technical data</b>        bar length: 2.5 m        material: PP        • oil and water resistant</p> <p><b>Colours:</b> grey        black        orange        red        blue        green</p>		<p>These profiles fill the space between the panel and the walls of the T-slot.</p>
ACCESSORY	1.46.204.7476.2 1.46.204.7476A	Angle GD-Zn, 74x76, powder-coated Cover cap for angle GD-Zn, 74x76
  <p>For mounting cross to the slot the noses can be broken off</p> <p><b>Application</b>        For supporting profiles and mounting various machine components</p> <p><b>Technical data</b>        material:        • angle: GD-Zn        • cover cap: PA-GK 30        • T-slot nut: steel, galvanised        • screw: steel, galvanised        surface: natural or aluminium coloured powder-coated</p>		<p>These corner brackets or gussets can be used to reinforce or completely replace the Universal or Standard profile connector, make sure to choose the kit appropriate for your slot type H, F or E. These parts could also be used to mount additional parts and hardware.</p>

**Emergency stop with 2 positive opening**

contacts in a 42mm enclosure

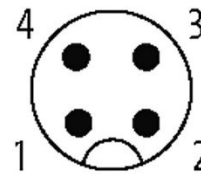
E-Stop 42 2NC M12(4)  
with M12 connection  
4-pole  
Emergency-Stop button  
2 NC (positively-opening)

[Link to Product](#)

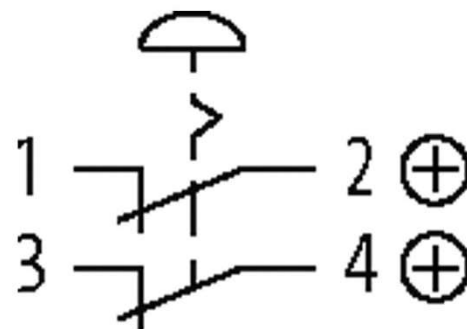
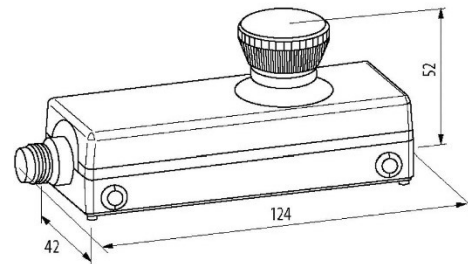
Illustration



Male



- PIN 1: N/C 1
- PIN 2: N/C 1
- PIN 3: N/C 2
- PIN 4: N/C 2



Product may differ from image

**Approvals**

The information in this brochure has been compiled with the utmost care. Liability for the correctness completeness and topicality of the information is restricted to gross negligence. Version: 05/21

Murrelektronik GmbH | Falkenstr. 3 | 71570 Oppenweiler | Fon +49 (71 91) 47-0 | Fax +49 (71 91) 47-491000 | shop@murrelektronik.com | shop.murrelektronik.com



Technical Data	
Switching capacity	15 A (AC 15); 2.2 A (DC 13)
Contact bounce time	max. 10 ms
General data	
Mech./ elect. life	50 000 actuations, load-temperature dependent
Lambda (d)	20% (N/C)
Material (contact)	Ag Ni
B10d	250 000
Protection	IP65
Connection	M12 (4-pole)
Mounting method	with clip on back
Temperature range	-25...+70 °C (storage temperature -25...+85 °C)
Dimensions H×W×D	52×124×42 mm
Contact Layout	
PIN 1	N/C 1
PIN 2	N/C 1
PIN 3	N/C 2
PIN 4	N/C 2
Utilization category	
AC-15	1.5 A (240 V AC)
DC-13	2 A (24 V DC)
Commercial data	
country of origin	DE
customs tariff number	85365080
EAN	4048879594097
eClass	27371244
Packaging unit	1



- All rights reserved -  
- The herein specified product properties and technical data do not represent any warranty -

## 1 About Safety

### 1.1 Safety Regulations

⚠ These operating and mounting instructions must be provided to the person who installs the emergency-stop/emergency switch-off device. Please read them carefully and keep them for future reference.

### 1.2 Application

The Murrelektronik emergency-stop is an electromechanical switchgear serving to protect persons working with machinery or close to it. It is used to stop or switch off machinery and equipments in order to avert impending or minimise existing dangers to persons or damages on machines /material.

The following (inter)national statutory provisions apply to installation, commissioning and regular technical inspections:

- Machinery Directive 2006/42/EG
- Low-Voltage Directive 2014/35/EU
- Safety Regulations as well as
- Regulations of the Accident Prevention / Safety Rules.

Manufacturers and operators of machines using emergency-stops or emergency switch-off devices should retain the responsibility for the adherence of these instructions as well as for compliance with the relevant Safety Regulations and Rules.

For the application of emergency-stops /emergency switch-off devices as directed the respective requirements for installation and operation must be observed:

- EN60204-1
- EN13849-1/2
- EN ISO 13850

⚠ Disconnect equipment and device from the mains before installation!

⚠ Emergency-stops / emergency switch-off devices fulfil the function of personal protection. Improper installation or unauthorised modification may lead to severe personal injuries!

⚠ Emergency-stops /emergency switch-off devices should not be bypassed, removed or otherwise disabled!

- (!) Improper installation or tampering may result in machine and material damages!
- (!) The emergency-stop / emergency switch-off function should not replace the applicable safety precautions or other safety functions but should rather be used as a back-up safeguarding measure.
- (!) The emergency-stop /emergency switch-off function should not impair the effectiveness of other safety devices or equipment with other safety functions.
- (!) Based on his hazard analysis the design engineer must ensure that in combination with the control system the emergency-stop/ emergency switch-off device meets the required safety category.

### 1.3 Technical Data and Connection

see data sheet in online-shop: [shop.murrelektronik.com](http://shop.murrelektronik.com)

## 2 Product Description

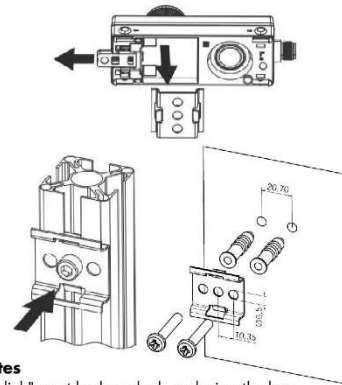
### 2.1 Construction

The emergency-stop box has been designed for cable entries M16 (lateral) and M20 (bottom-side) as well as for M12 connection. An illuminated version of the emergency-stop button is optionally available. The button is actuated by pushing and reset by turning into both directions.

## 2.2 Product References

Ref. No.	Article	Connection	Ag /Au
69000	E-Stop 42 2NC M12(4)	M12	Ag
69001	E-Stop 42 2NC M12(5)		Ag
69002	E-Stop 42 2NC L M12(8)		Ag
69003	E-Stop / R-B 42 2NC 1NO M12(8)		Ag
69004	E-Stop / R-B 42 2NC 1NO L M12(8)		Ag

## 3 Assembly and Commissioning



### 3.1 Notes

A "click" must be heard when closing the box.

(!) Check whether the two emergency-stop box parts are snapped together properly.

Depending on the operating condition suitable installation material has to be used, e.g. hexagon socket head cap screw, low head (DIN 7984) M6x12 and M6 serrated lock washer DIN 6798  
Recommended tightening torque for fixation to a profile: 4 – 5 Nm

⚠ Make sure that the emergency-stop is always easily accessible.

## 4 Testing Before First Operation:

Mechanical Test: Emergency-stop/switch-off device latches when operated.  
Electrical Test: Machine stops / switches off when operated.

## 5 Regular Technical Inspection

- Based on his risk assessment, the machine designer has to determine the inspection interval. It is, however, recommended that the competent safety officer activates and tests the emergency-stop or emergency switch-off device at least once a year to ensure its proper functioning.
- Mechanical and electrical functional testing acc. to paragraph 4
- Secure mounting
- No visible unauthorised modifications or damages
- No loose connections

## 6 Dismounting

⚠ Before dismounting disconnect equipment and device from the mains!!

## 7 Incident Management:

⚠ Mechanical overload or external impact damage may impair the function of the emergency-stop / switch-off device. Make functional tests as mentioned under paragraph 5.

**8 EU Declaration of Conformity:**

Name/address of issuer: Murrelektronik GmbH  
Falkenstraße 3 , D-71570 Oppenweiler  
info@murrelektronik.com

Product description: Emergency-stop / Emergency-stop box  
Type references: see above table 2.2

The specified products comply with the provisions of the following directives:  
Directive: of: applied norms:  
2006/42/EG 17.05.2006 EN 60947-5-1:2004+A1:2009  
EN 60947-5-5:1997+A1:2005 +A11:2013  
EN ISO 13850: 2015 [D]