

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T001 Dopravní a manipulační technika

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Přestavba jednoúčelového stroje na experimentální víceúčelové zařízení

Autor: **Bc. Michal MAJER**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Martin HYNEK, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal MAJER**  
Osobní číslo: **S14N0025P**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**  
Název tématu: **Přestavba jednoúčelového stroje na experimentální víceúčelové zařízení**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Zhodnoťte stávající jednoúčelové lisovací zařízení z pohledu funkčnosti, spolehlivosti a využití. Dále pak navrhnete konstrukční úpravy tohoto zařízení, které povedou k širším možnostem využití. Zejména pak využití na poli experimentů nebo testování nových metod, ale i k využití stávajících forem konstruovaných pro univerzální lisy. Vypracujte výkresovou dokumentaci vybraného konstrukčního uzlu a ověřte zařízení pomocí MKP.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Zhodnocení současného stavu zařízení
2. Specifikace požadavků
3. Konstrukční návrh univerzálního lisovacího stroje
4. Ověření a vyhodnocení návrhu pomocí MKP

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah kvalifikační práce: **50-70 stran A4**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:


**HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra 1. Brno: Computer Press, 1999**

**HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra 2. Brno: Computer Press, 2000**


**LAŠOVÁ, V. Metoda konečných prvků ve výpočtech obráběcích strojů. Plzeň: ZČU, 2011**

*Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Martin Hynek, Ph.D.**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant diplomové práce: **Jaroslav Vykoukal**  
GENERAL ENGINEERING SERVICES s.r.o.  
Datum zadání diplomové práce: **21. září 2015**  
Termín odevzdání diplomové práce: **20. května 2016**

  
Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 21. září 2015

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora



## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu práce Doc. Ing. Martinu Hynkovi, Ph.D. a konzultantu Jaroslavu Vykoukalovi za poskytnutí cenných rad při zpracování diplomové práce. Jejich zkušenosti a znalosti byly nezbytným zdrojem informací potřebných k řešení dané problematiky.

Dále bych rád poděkoval nejen mé rodině za podporu a pomoc po celou dobu studia, ale také všem pracovníkům Západočeské univerzity v Plzni, kteří se na mém vysokoškolském vzdělání podíleli.

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Majer	<b>Jméno</b> Michal		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T001 „Dopravní a manipulační technika“			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	<b>Jméno</b> Martin		
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Přestavba jednoúčelového stroje na experimentální víceúčelové zařízení			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	99	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	67	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	32
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce obsahuje popis konstrukce a funkce původního jednoúčelového lisovacího zařízení. Nejdůležitější částí je návrh přestavby hlavních komponent stroje. Takto vzniklá hrubá stavba navrženého zařízení je podrobena kontrolnímu výpočtu pomocí MKP. Dále je součástí diplomové práce popis přepracování nebo přizpůsobení všech ostatních subsystémů stroje s ohledem na navrženou hrubou stavbu stroje. Výsledkem diplomové práce je návrh nového experimentálního univerzálního lisu.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	konstrukce, návrh přestavby, lisovací zařízení, víceúčelové strojní zařízení, experimentální lis, CAD, MKP

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Majer	<b>Name</b> Michal	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T001 "Transport vehicles and handling machinery"		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	<b>Name</b> Martin	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Reengineering of a special purpose machine to an experimental multipurpose machine		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2016
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	99	<b>TEXT PART</b>	67	<b>GRAPHICAL PART</b>	32
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION</b> <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The thesis includes description of structure and function of initial special purpose press machine. The main task is a reengineering of the main components of the machine. The new rough construction of designed machine is subjected to control FEM simulation. Next part of the thesis is a description of reworking and adaptation of all machine's subsystems with respect to the rough construction of designed machine. The result of the thesis is a new design of an experimental multipurpose press machine.
<b>KEY WORDS</b>	structure, reengineering, press machine, multipurpose machine, experimental press, CAD, FEM

## Obsah

Seznam použitých symbolů.....	3
1 Úvod .....	5
1.1 Téma diplomové práce .....	5
1.2 Základní informace o zařízení .....	5
1.3 Postup řešení DP.....	6
1.4 Zadávající společnost .....	6
2 Zhodnocení současného stavu zařízení.....	7
2.1 Popis konstrukce stávajícího zařízení.....	7
2.2 Popis funkce stávajícího zařízení .....	10
2.3 Zkušební výpočet stávajícího zařízení pomocí MKP .....	10
3 Návrh přestavby hlavních komponent stroje .....	13
3.1 Specifikace požadavků .....	13
3.2 Rám lisu .....	14
3.3 Horní blok.....	14
3.4 Pohyblivý blok.....	14
3.5 Spodní blok.....	17
3.6 Lineární vedení stroje .....	20
3.7 Hydraulické válce .....	20
3.8 MKP analýza navržené konstrukce stroje - varianta I.....	21
3.8.1 Příprava konečno-prvkového modelu .....	21
3.8.2 Stanovení okrajových podmínek.....	22
3.8.3 Materiálové a geometrické vlastnosti konečno-prvkového modelu .....	25
3.8.4 Nastavení kontaktů v konečno-prvkovém modelu .....	26
3.8.5 Analýza výsledků MKP analýzy.....	27
3.9 MKP analýza navržené konstrukce stroje - varianta II.....	29
3.10 MKP analýza navržené konstrukce stroje - varianta III .....	31
4 Návrh přestavby ostatních subsystémů stroje.....	33
4.1 Návrh podávacího ústrojí.....	33
4.1.1 Lineární pohyb ve směru osy X .....	34
4.1.2 Rotační pohyb okolo osy Y.....	35
4.1.3 Lineární pohyb ve směru osy Z .....	37

4.1.4	Úchop podávacího ústrojí - varianta I.....	39
4.1.5	Úchop podávacího ústrojí - varianta II .....	40
4.1.6	Základní parametry navrženého podávacího ústrojí.....	41
4.2	Zamykací systém dorazových sloupků.....	42
4.3	Hydraulický obvod .....	44
4.4	Pneumatický obvod .....	47
4.5	Elektroinstalace .....	50
4.5.1	Elektrické pohony .....	50
4.5.2	Senzory .....	50
4.5.3	Ostatní prvky elektroinstalace.....	54
4.6	Stabilizační torzní hřídel.....	55
4.7	Ostatní komponenty stroje.....	56
4.7.1	Nouzová brzda .....	56
4.7.2	Horní dorazové sloupky .....	57
4.7.3	Podstavné nohy .....	57
4.8	Krytování .....	57
5	Základní parametry navrženého zařízení.....	59
6	Závěr .....	62
	Seznam použité literatury .....	63
	Seznam použitého softwaru .....	65
	Seznam obrázků .....	65
	Seznam tabulek .....	67
	Seznam příloh.....	67

## Seznam použitých symbolů

Symbol	Název	Jednotky
$A_S$	Plocha čepu namáhaná smykem	$\text{mm}^2$
$A_P$	Plocha čepu namáhaná na otláčení	$\text{mm}^2$
$a_t$	Zrychlení (zpomalení) rotujících hmot podávacího ústrojí	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
$d_{\dot{c}}$	Průměr čepu bočního zámku	mm
$E_0$	Modul pružnosti materiálu v tahu (Youngův modul)	MPa
$F_C$	Síla působící na svěrný spoj v těžišti rotujících hmot podávacího ústrojí	N
$F_S$	Síla vyvolaná působením tlaku v dutině formy	N
$F_{Si}$	Síla vyvolaná působením tlaku v dutině formy připadající na jeden čep	N
$g$	Gravitační zrychlení	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
$i_p$	Převodový poměr převodovky	-
$l_{\dot{c}1}$	Délka čepu v dorazovém sloupku	mm
$l_{\dot{c}2}$	Délka čepu v dorazu	mm
$M_C$	Moment zatěžující svěrný spoj	$\text{N}\cdot\text{m}$
$m_t$	Hmotnost rotujících hmot podávacího ústrojí	kg
$n_h$	Otáčky hřídele podávacího ústrojí	$\text{s}^{-1}$
$n_p$	Otáčky elektromotoru	$\text{min}^{-1}$
$p_d$	Dovolený tlak ve stykových plochách	MPa
$p_e$	Odhadovaný tlak vyvolaný expanzí polyuretanové pěny	bar
$p_{eMAX}$	Maximální odhadovaný tlak vyvolaný expanzí polyuretanové pěny	bar
$p_F$	Tlak přivedený do dutiny formy	MPa
$p_p$	Tlak ve stykových plochách	MPa
$p_v$	Výpočtový tlak vyvolaný expanzí polyuretanové pěny	MPa
$R_e$	Napětí na mezi kluzu	MPa
$S_F$	Výpočtová plocha, na kterou působí tlak přivedený do dutiny formy	$\text{mm}^2$
$S_{FP}$	Plocha průmětu dutiny formy do vodorovné roviny	$\text{mm}^2$
$s_k$	Součinitel bezpečnosti vůči mezi kluzu	-
$s_s$	Součinitel bezpečnosti při smykovém namáhání	-
$s_p$	Součinitel bezpečnosti při otláčení	-
$y_t$	Vzdálenost těžiště rotujících hmot podávacího ústrojí od osy otáčení	mm
$\alpha_t$	Úhlové zrychlení (zpomalení) rotujících hmot podávacího ústrojí	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}$
$\Delta t_p$	Čas zastavení elektromotoru	s
$\pi$	Ludolfovo číslo	-
$\rho$	Měrná hmotnost	$\text{kg}/\text{m}^3$
$\sigma_{red}$	Redukované napětí	MPa

$\tau_{dS}$	Dovolené napětí ve smyku	MPa
$\tau_S$	Napětí ve smyku	MPa
$\omega_h$	Úhlová rychlost rotujících hmot podávacího ústrojí	rad·s <sup>-1</sup>
$\mu$	Poissonovo číslo	-

# 1 Úvod

## 1.1 Téma diplomové práce

Úkolem této diplomové práce je návrh přestavby jednoúčelového strojního zařízení na víceúčelový experimentální stroj. Během návrhu je nutné co nejvíce využít konstrukce stávajícího zařízení, avšak ne s dopady na budoucí univerzálnost stroje. V první řadě je nezbytné zhodnocení stávajícího jednoúčelového zařízení, a to z pohledu jeho funkčnosti, spolehlivosti a využití. Dále dojde k úpravě tohoto stroje s využitím softwareových nástrojů Catia V5R19 a MSC Marc Mentat 2011. Během návrhu přestavby bude kladen důraz na budoucí univerzálnost a možnost co nejširšího použití výsledného zařízení tak, aby bylo možné nejen jeho využití pro testovací účely při vývoji nových metod zpracování materiálu, ale i možnost využití pro stávající formy určené pro univerzální lisy.

## 1.2 Základní informace o zařízení

Zařízením, které je předmětem přestavby této diplomové práce, se rozumí lis, jenž pracuje jako střížník. Dříve se využíval k produkci tkaninového obložení předních dveří automobilů značky BMW, konkrétně řady E90, která se vyráběla od roku 2005 do roku 2013. [2]



Obrázek 01 - Stávající podoba lisu - pohled zepředu



Obrázek 02 - Stávající podoba lisu - pohled zprava



Na obrázcích 01 a 02 je vyobrazena stávající podoba lisu. Katedra konstruování strojů Západočeské univerzity v Plzni obdržela toto zařízení právě po ukončení produkce zmíněných vozů, kdy již nebyly díly potřebné. Zařízení bylo při doručení ve velmi špatném stavu, především chyběla veškerá elektroinstalace. Hydraulické a pneumatické vedení nebylo kompletní, a stroj tedy nebyl funkční.

### **1.3 Postup řešení DP**

Postup řešení problému této diplomové práce bude následující. Aby bylo možné návrh přestavby vůbec realizovat, bude nutné mít k dispozici alespoň hrubý 3d model lisovacího zařízení. K dispozici je však zařízení existující fyzicky. Tento hrubý model původního lisu se bude vytvářet jako první. Během této činnosti, kdy se bude fyzicky ztvárněný stroj převádět do digitální podoby, dojde k poměrně podrobnému seznámení se se stávajícím řešením.

Jakmile bude k dispozici hrubý 3d model lisu, začne se uvažovat nad změnami konstrukčních uzlů v několika variantách s ohledem na specifikaci požadavků, jež bude v průběhu řešení diplomové práce upřesněna.

Po provedení zásadních změn na konstrukci budou novému návrhu přizpůsobeny ostatní konstrukční prvky, rozvody tlakových médií a elektroinstalace nebo krytování.

### **1.4 Zadávající společnost**

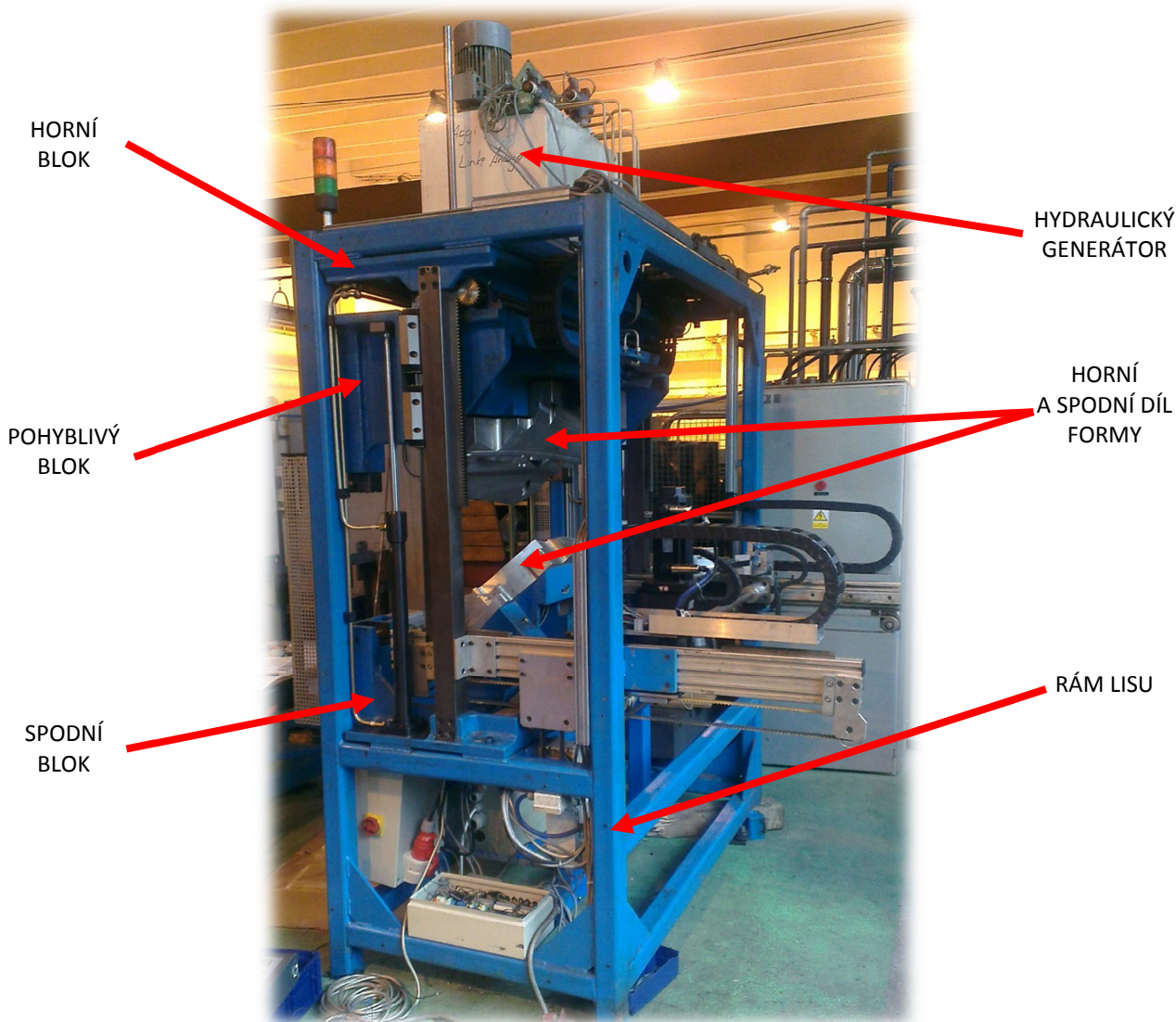
Zadávající společností je General Engineering Service, s.r.o., jež sídlí v Plzni. Jedná se o poměrně mladou firmu, která působí na trhu od roku 2008 a v současné době se její činnost soustřeďuje nejen na strojírenskou konstrukci, ale také na poskytování IT služeb. [3]

## 2 Zhodnocení současného stavu zařízení

Aby bylo možné začít s návrhem přestavby stroje, je nutné se nejprve podrobně seznámit se stávajícím zařízením. A to nejdříve z hlediska jeho konstrukce a poté i z hlediska jeho funkce. Jelikož navrhovaná konstrukce by měla z ekonomických důvodů co nejvíce vycházet z konstrukce původní, je tento krok naprosto nezbytný. Zmíněné ekonomické důvody ovšem nesmí zásadně ovlivnit budoucí konstrukční řešení s ohledem na funkčnost a co nejširší rozpětí aplikace. Dále by bylo vhodné podrobit původní konstrukci analýze pomocí metody konečných prvků (MKP). Tato analýza může odhalit kritická místa na stávajícím zařízení, což umožní přizpůsobení návrhu případným nedostatkům.

### 2.1 Popis konstrukce stávajícího zařízení

Hlavní nosnou částí je **rám lisu**, vytvořený z normalizovaných trubek čtvercového průřezu, které jsou vzájemně svařeny. Tento rám se rozkládá na ploše 1800 x 1000 mm s výškou 2200 mm. Dalšími základními konstrukčními uzly jsou tři bloky, základem každého bloku je vždy poměrně masivní svařenec.

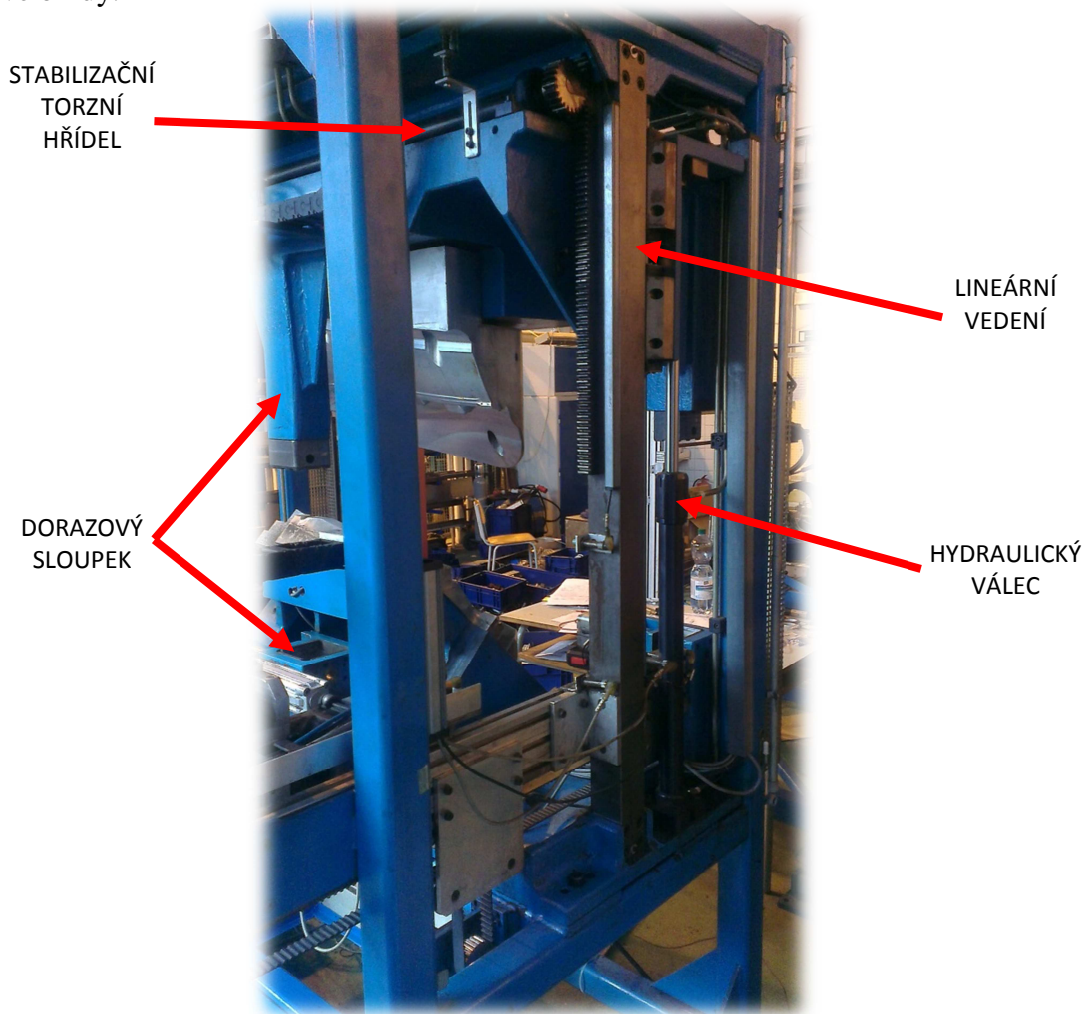


Obrázek 03 - Popis stávajícího zařízení - pohled zleva

**Horní blok** je šrouby upevněn k horní části rámu a slouží především k uchycení prvků sloužících k vedení nástroje. Dále jsou k němu připevněna doprovodná zařízení, jako hydraulické prvky včetně hydraulického generátoru nebo pevná část nouzové brzdy.

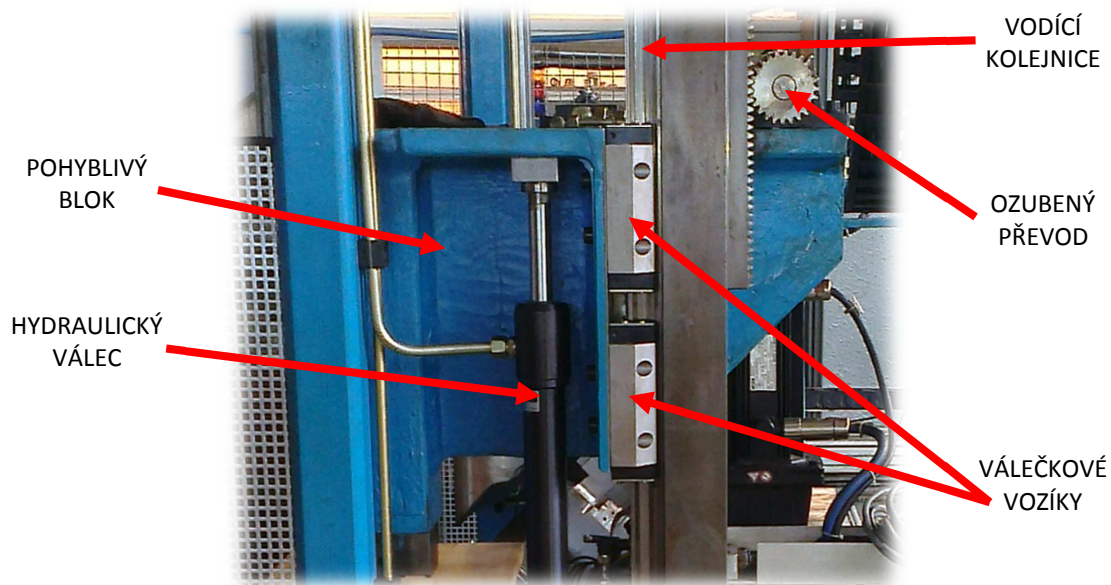
**Spodní blok** je šrouby připevněn k rámu v jeho spodní části. Stejně jako horní blok slouží k uchycení prvků sloužících k vedení nástroje. Především je ale k tomuto bloku připevněna samotná forma, resp. její spodní část. Jedná se o nejmohutnější komponent celého zařízení a jeho součástí jsou tři dorazové sloupky, které slouží ke středění, vedení, dosednutí a následnému uzamčení formy během jeho pracovní fáze. Sloupky jsou opatřeny vnitřním obložním a pneumaticky ovládanými zámky. Ke spodnímu bloku je dále připevněno několik prvků souvisejících s pneumatickým vedením.

Základem pohyblivé části zařízení je tzv. **pohyblivý blok**. Ten tvoří nosnou část pro horní díl samotné formy a pomocí lineárního vedení je mu umožněn vertikální pohyb. K tomu slouží válečkové lineární vedení. Na každé straně se nacházejí dva vozíky pohybující se na jedné vodící kolejnici. Tento pohyb zajišťují dva hydraulické válce umístěné taktéž po stranách. Synchronizaci pohybu v případě nerovnoměrného chodu hydraulických válců by měla zajistit stabilizační torzní hřídel připevněná k vrchní ploše pohyblivého bloku. Hřídel je pomocí ozubeného převodu sprzęžená se sestavou lineárního vedení. Na pohyblivém bloku jsou dále umístěny střižníky a jejich hydraulický pohon spolu s prvky hydraulického vedení. Tyto střižníky procházejí dutinami v pohyblivém bloku i v horním dílu samotné formy. V neposlední řadě jsou pak součástí pohyblivého bloku tři sloupky, které tvoří protikus pro dorazové sloupky ze spodního bloku. Dále je na pohyblivý blok připevněna pohyblivá část nouzové brzdy.



Obrázek 04 - Popis stávajícího zařízení - pohled zprava

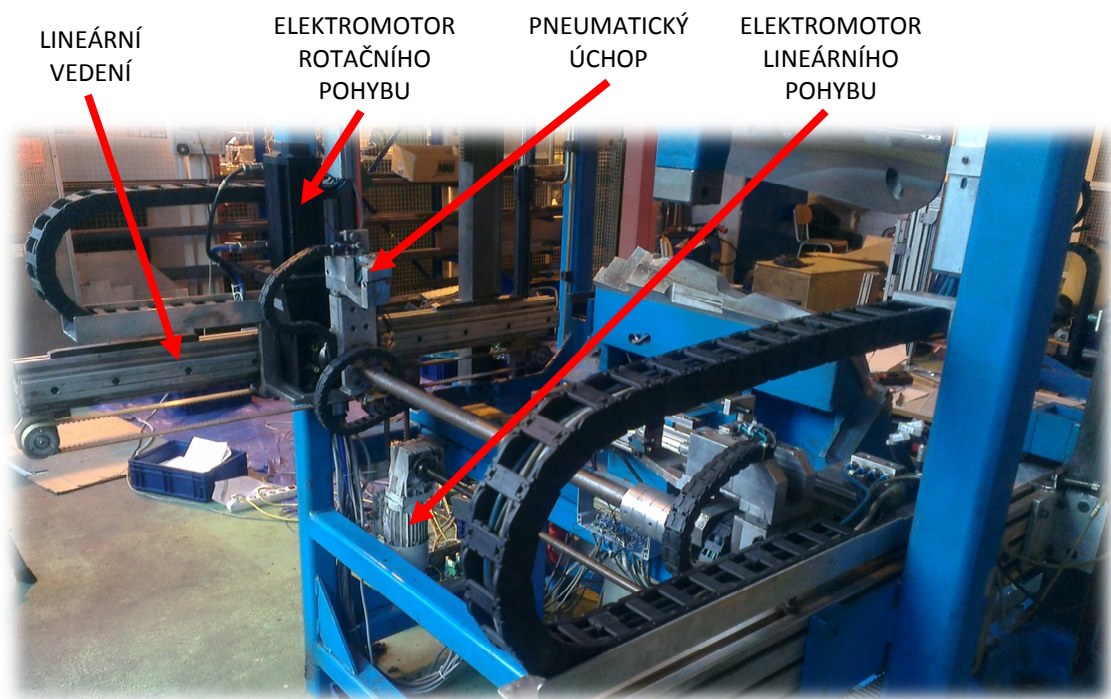




Obrázek 05 - Popis prvků sloužících k vedení nástroje

Součástí celého zařízení je také poměrně důmyslné **podávací ústrojí** pro manipulaci se zpracovávaným materiálem. Jedná se o sestavu z velké části vytvořenou z nakupovaných komponent. Podavač je ovládán kombinací dvou elektromotorů a několika pneumatických prvků. Tlakový vzduch je nutno přivádět z vnějšího zdroje do centrálního rozvaděče zařízení, jelikož zařízení nedisponuje vlastním generátorem tlakového vzduchu.

Zařízení je dále opatřeno velkým množstvím indukčních senzorů, aby bylo možné ho provozovat automaticky dle naprogramovaného postupu, a také velkým množstvím elektroinstalačních součástek a kabelového vedení či ochranných krytů kabeláže. Stroj je také vybaven krytováním a optickou závorou v prostoru, kde se může pohybovat obsluha. Zmíněné krytování je na veškerých uvedených fotografiích demontováno z důvodů probíhajících úprav na stroji.



Obrázek 06 - Popis stávajícího podávacího ústrojí

## 2.2 Popis funkce stávajícího zařízení

Jak již bylo řečeno, lisovací zařízení funguje spíše jako střížník a je schopno pracovat automaticky, a to včetně podávání materiálu do pracovního prostoru. Nyní tedy bude celý pracovní proces stručně popsán:

- a) Vhodně umístěný a tvarově upravený tkaninový materiál, který je připraven ke zpracování, je uchopen pneumaticko-elektrickým podavačem. Konkrétně je plát tkaniny uchopen pneumatickými chapadly. Je zvednut a pootočen, aby bylo možné podavač posunout až do prostoru lisu.
- b) Po zasunutí konstrukce podavače do prostoru lisu (tkaninový plát se nachází mezi horním a spodním dílem formy) dochází k posunu pohyblivého bloku směrem dolů a tkanina je stlačena mezi oběma díly formy. Pohyb bloku směrem dolů je vyvozen spíše gravitační silou, protože hydraulický obvod pohyb směrem dolů brzdí.
- c) Po dosednutí formy dojde k uzamčení celého zařízení pomocí třech pneumaticky ovládaných zámků. Pneumatická chapadla se zpracovávaného materiálu po celou dobu pracovního procesu nemusejí pustit.
- d) Když je tkanina pevně umístěna ve formě, nemůže dojít k jejímu vychýlení z požadované polohy, a může tedy dojít k vystřížení dvou otvorů. To se děje aktivací hydraulických válců umístěných na pohyblivém bloku, které ovládají dva střížníky procházející samotným pohyblivým blokem i horním dílem formy. Dojde tedy k provedení hlavního úkolu našeho stroje - prostřížení dvou tvarových otvorů ve zpracovávaném materiálu.
- e) Po prostřížení se forma otevírá. Hydraulické válce vytlačí pohyblivý blok směrem vzhůru a podavač již zpracovaný materiál kombinací pohybů, kterých je schopen, umístí mimo zařízení. Po tomto kroku se může celý cyklus opakovat.

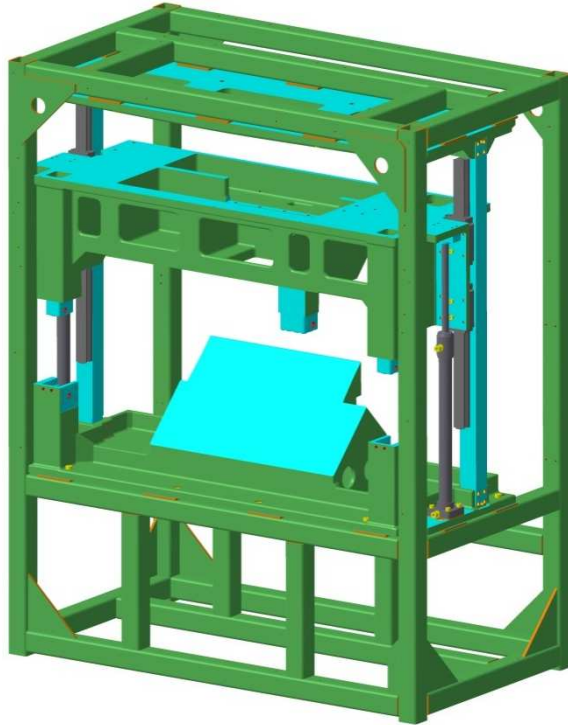
## 2.3 Zkušební výpočet stávajícího zařízení pomocí MKP

Po vytvoření hrubého 3d modelu stávajícího lisu je možné podrobit konstrukci statickému výpočtu, kde je možné odhalit případná kritická místa. Modely vznikají pomocí programu Catia V5, zde byl také hrubý model částečně rozdělen na konečný počet prvků (nasíťován), aby bylo možné aplikovat výpočet pomocí MKP. Konečná úprava sítě a nastavení veškerých parametrů nezbytných pro výpočet, stejně jako samotný výpočet a analýza výsledků, pak probíhá za pomoci programu MSC Marc Mentat.

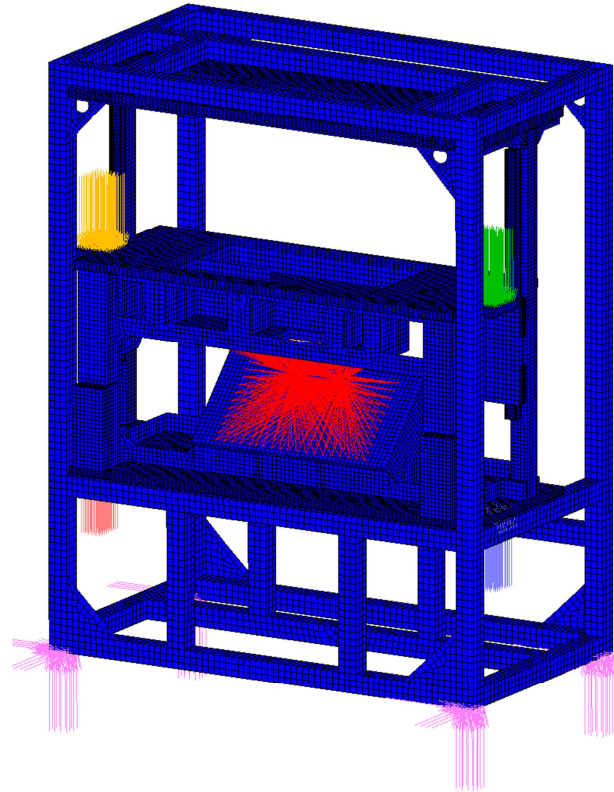
Na následujících obrázcích je znázorněn hrubý 3d model původního zařízení a z něj vytvořený konečno-prvkový model. Tento výpočtový model byl využit pro statický výpočet, kde bylo aplikováno několik okrajových podmínek:

- a) Zamezen posuv rohů podstavy ve všech třech směrech souřadného systému.
- b) Pevně spojeny středy pohyblivého a spodního bloku pomocí absolutně tuhých linků.
- c) Hydraulické válce nahrazeny silou 19 kN - tato síla přitlačuje pohyblivý a spodní blok k sobě a byla vypočtena z průměru vrtání hydraulického válce, průměru pístnice a maximálního předepsaného tlaku pro válec.
- d) Gravitační zrychlení aplikováno na všechny komponenty.
- e) Umožněn posuv lineárního vedení.

Pozn.: Zařízení se tímto způsobem během provozu nezatěžuje, nicméně se jedná o kombinaci okrajových podmínek, která je schopna odhalit případné nedostatky v původní konstrukci. Navíc není vyloučeno, že při návrhu přestavby se tomuto zatěžujícímu stavu budeme přibližovat.



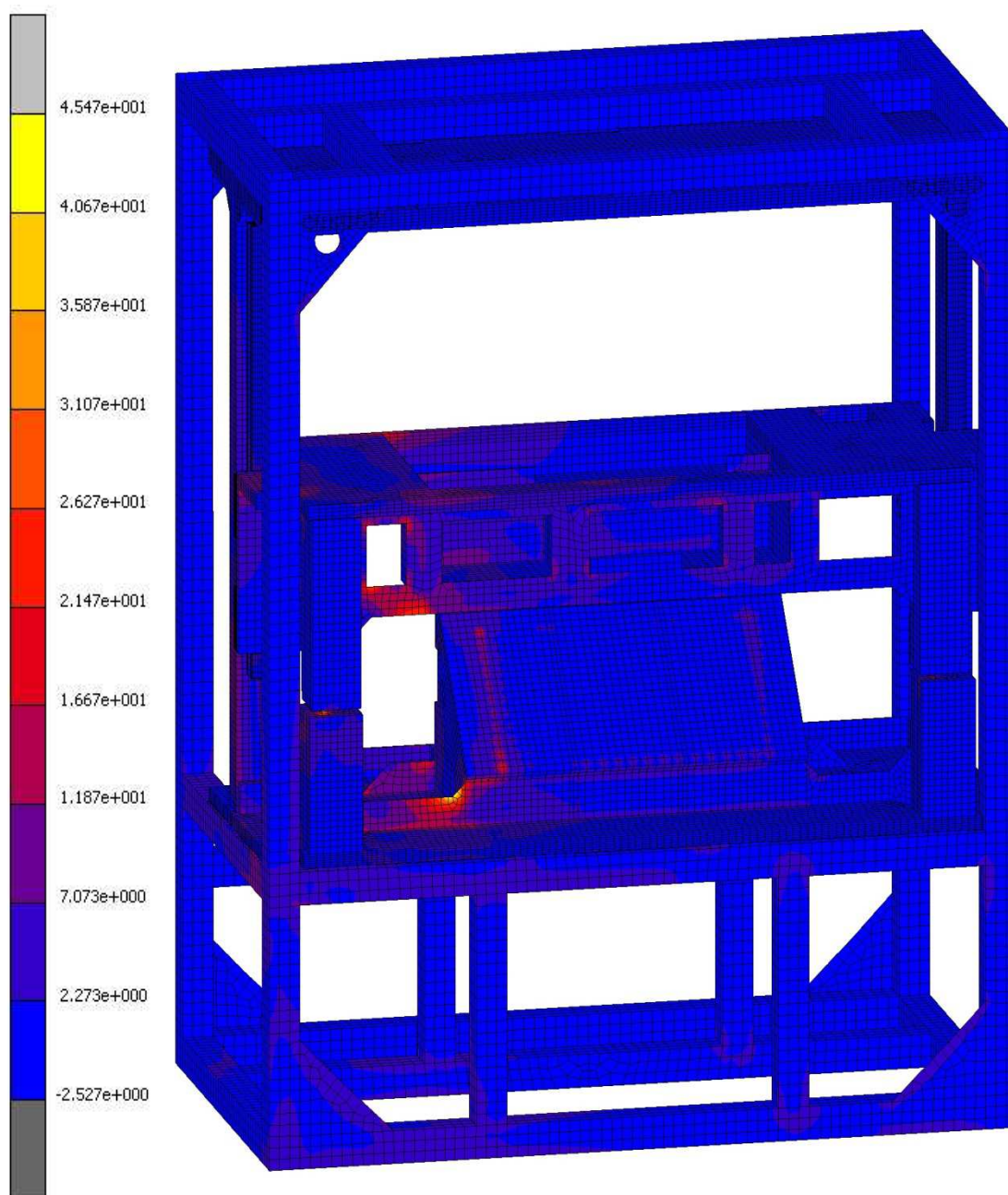
Obrázek 07 - Hrubý model původního zařízení



Obrázek 08 - Výpočtový model původního zařízení

Na obrázku 09 zobrazujícím redukované napětí můžeme pozorovat špičky napětí okolo 45 MPa. I přes to, že byla aplikována extrémní varianta okrajových podmínek, tato hodnota nepřekročila hodnotu meze kluzu, kterou literatura uvádí u většiny konstrukčních ocelí až několikanásobně vyšší [1]. To je vhodné z hlediska dalších úprav, jelikož návrh nebude zásadním způsobem limitován tuhostí původní hrubé stavby. Co lze ovšem jasně vypořadovat je nesymetrické namáhání konstrukce. To je způsobeno nesymetričností celého stroje, jež není na první pohled viditelná. Tento nedostatek může vést ke zvýšenému opotřebením vedení lisu, a proto se tímto faktem bude následující přestavba také zabývat.





Obrázek 09 - Výsledek výpočtu původního modelu - redukované napětí dle HMH [MPa]

### 3 Návrh přestavby hlavních komponent stroje

#### 3.1 Specifikace požadavků

Základní specifikaci požadavků shrnují následující tabulky. Z ekonomických důvodů je nutné využít stávající nosnou konstrukci stroje a stejně tak i stávající zdroje tlakové i elektrické energie. Důležitými parametry jsou minimální rozměry univerzální formy, kterou bude možné do zařízení ustavit. To zohledňují minimální rozměry upínacího stolu a minimální prostor mezi upínacími deskami. Pro budoucí využití stroje se počítá se zpracováváním zejména tkaninových, textilních nebo jiných lehkých materiálů. Bude možno testovat nové metody vstřikováním plastů nebo polyuretanových substancí. Tomu také odpovídá požadavek na vývod hydraulického a pneumatického tlaku na pohyblivém bloku. Činnost zařízení bude do jisté míry kopírovat činnost zařízení původního, kdy došlo nejprve k uzavření a uzamčení stroje, resp. formy, a poté dochází k hlavnímu pracovnímu procesu, který se děje výhradně při pevném spojení horní a spodní části formy pomocí pneumatických zámků. Instalací vhodných elektrotechnických komponent by mělo být možno ovládat stroj jak automatickým programem, tak i manuálně.

Zvláštní požadavky jsou stanoveny pro podávací ústrojí. Zde je nutné navrhnout alespoň dvě navzájem jednoduše vyměnitelné odlišné varianty úchopu. Dále jsou stanoveny rozměry zpracovávaného materiálu, který podavač musí být schopen přemístit do prostoru zpracování. Také je stanoveno, v jakých směrech musí být pohyb materiálu umožněn. Při čemž se počítá s tím, že zpracovávaným materiálem bude vždy textilní nebo tkaninový plát vzhledem k účelu stroje a rozhodně nebude nutné podávacím ústrojím přemísťovat silné plechy nebo jiné kovové součásti o vyšší hmotnosti.

Specifikace požadavků pro přepracování ostatních konstrukčních uzlů jako jsou pneumatické nebo hydraulické vedení, elektrotechnika nebo krytování bude probíhat operativně s ohledem na to, jak se bude vyvíjet návrh hlavních částí stroje.

##### a) Obecné požadavky

Využit původní pohon	hydraulický (5 MPa)
Využit původní nosnou konstrukcí stroje	-
Minimální plocha upínacích desek	320 x 700 [mm]
Minimální vzdálenost upínacích desek při uzamčení stroje	320 [mm]
Zachovat maximální zdvih zařízení	480 [mm]
Chod stroje	automatický, manuální

Tabulka 01 - Specifikace požadavků - obecně

##### b) Požadavky pro podávací ústrojí

Využit původní pohon	pneumaticko-elektrický
Využit stávající elektrické motory pro pohon podávacího ústrojí	-
Umožnit automatický chod	-
Zachovat možné pohyby podávacího ústrojí	posuv: X, Z ; rotace: Y
Počet vyměnitelných variant úchopu	min. 2
Minimální obslužná plocha podávacího ústrojí	250 x 600 [mm]
Uchopení materiálu o velikosti	50-300 x 100-600 [mm]

Tabulka 02 - Specifikace požadavků - podávací ústrojí



c) Ostatní požadavky

Vývod hydraulického tlaku na pohyblivém bloku	-
Vývod pneumatického tlaku na pohyblivém bloku	-

Tabulka 03 - Specifikace požadavků - ostatní

### 3.2 Rám lisu

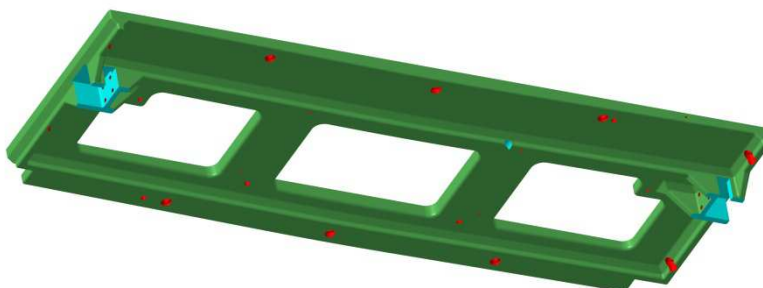
Sestava rámu lisu zůstává prakticky nezměněna. Jedná se o svařenec z normalizovaných trubek. Konstrukce je vyztužena plechovými trojúhelníkovými výstřižky o tloušťce 10 mm. Materiálem je s nejvyšší pravděpodobností konstrukční ocel třídy 11. Horní a spodní blok je připevněn k rámu pomocí šroubů. Neleží však přímo na svařovaných trubkách, ale na podložných destičkách tloušťky 8 mm, které jsou k trubkám přivařeny. Vytvořil se tak prostor pro vytvoření závitu a zároveň vzniká možnost korekce nepřesností při montáži bloků obrobením těchto destiček.



Obrázek 10 - Model rámu lisu

### 3.3 Horní blok

Svařenec horního bloku zůstává taktéž beze změny. Zmíněn je ale kvůli snaze přehledně prezentovat hlavní komponenty lisu.

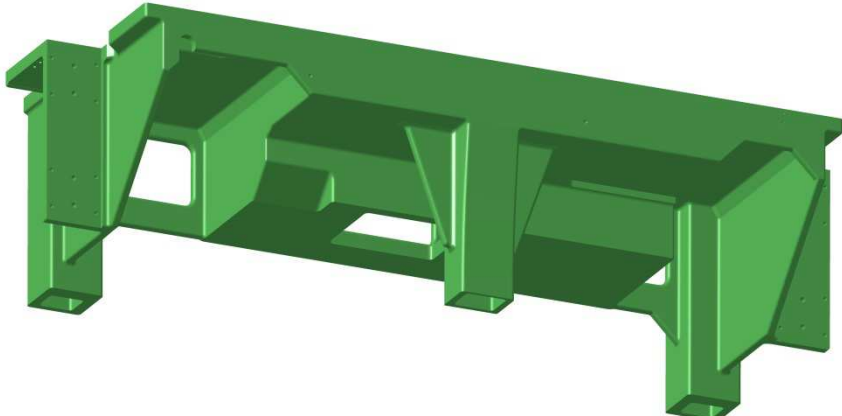
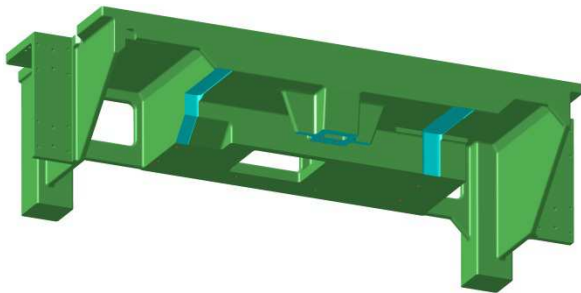
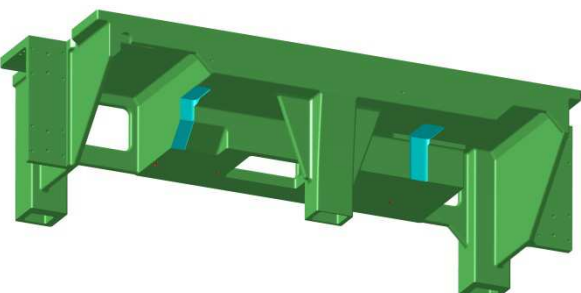
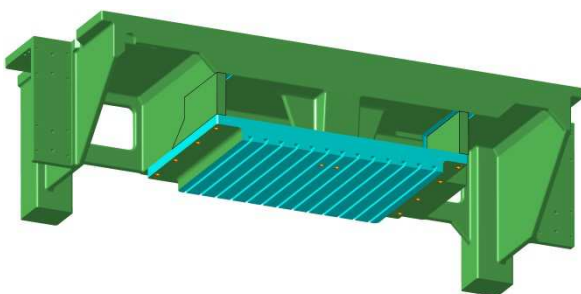
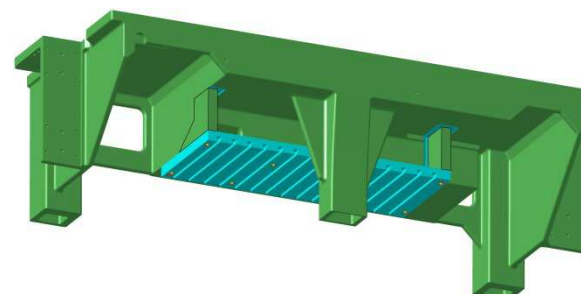


Obrázek 11 - Model horního bloku

### 3.4 Pohyblivý blok

Pohyblivý blok společně s blokem spodním jsou zcela zásadní svařence, jejichž úpravou docílíme základní požadavku, což je možnost upnutí univerzálních forem stanovených maximálních rozměrů. Jejich materiálem bude pravděpodobně konstrukční ocel. A jelikož se jedná o poměrně komplikované svařence, bude tento materiál svařitelný, a není tedy nutné se svarům vyhýbat. Stejně tak obrobitelnost by neměla činit problémy vzhledem k velkému množství obráběných ploch na původní konstrukci.

Při úpravě bloku pohyblivého byly stanoveny dvě varianty návrhu:

<b>Původní svařenec</b>	
	
<b>Varianta A</b>	<b>Varianta B</b>
<p><b>Obrobený svařenec:</b></p> 	<p><b>Obrobený svařenec:</b></p> 
<p><b>Kompletní pohyblivý blok:</b></p> 	<p><b>Kompletní pohyblivý blok:</b></p> 
<p><b>Výhody/nevýhody:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ širší stůl (470 mm)</li> <li>+ vyšší tuhost stolu</li> <li>- složitější výroba stolu</li> <li>- vyšší hmotnost stolu</li> <li>- kratší stůl (660 mm)</li> <li>- odstranění jednoho dorazového sloupku</li> <li>- nutnost přivařit dvě žebra</li> <li>- nutnost obrobit plochy pro žebra a dorazový sloupek</li> </ul>	<p><b>Výhody/nevýhody:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ delší stůl (788 mm)</li> <li>+ jednodušší výroba stolu</li> <li>+ nižší hmotnost stolu</li> <li>- užší stůl (334 mm)</li> <li>- nutnost přivařit tři žebra</li> <li>- nutnost obrobit plochy pro žebra</li> </ul>

Tabulka 04 - Návrh variant pohyblivého bloku (A, B)

Obě varianty návrhu samozřejmě nedisponují původní horní částí formy, která je zobrazena na obrázku 03. Taktéž byly odstraněny oba dva střížníky, které byly, z hlediska původní funkce stroje, nejdůležitějším prvkem. Stejně tak byla odstraněna konstrukce, která sloužila k uchycení a vedení zmíněných střížníků a část hydraulického okruhu sloužícího k ovládní těchto střížníků. Odstraněné komponenty je možné vidět na obrázku 12. Došlo tak k výraznému úbytku komponentů, což se projeví na hmotnosti celkové sestavy pohyblivého bloku.

Pohyblivý blok je vybaven ocelovou deskou stolu opatřenou normalizovanými T-drážkami pro co nejjednodušší upnutí forem. Tato deska je připevněná ke svařenci pomocí několika šroubů. V obou variantách jsou použita žebra pro podepření desky stolu. Tato žebra jsou přivařena k obrobeným plochám na původním svařenci. Tabulka 04 ilustruje blok pohyblivý v původní podobě, dále obě varianty po příslušných úpravách provedených obráběním, resp. frézováním, a v poslední řadě zobrazuje podobu bloku včetně upínacího stolu a žeber.

Z hlediska spolehlivosti a tuhosti zamykacího ústrojí je nepřijatelné odstranit jeden ze tří dorazových sloupků, jehož odstranění by si navíc vyžádalo další a poměrně náročnou obráběcí operaci. Proto byla akceptována varianta B, a to i přes podstatně menší šířku stolu. Další argumenty jsou zřejmé z kapitoly 3.5, kde jsou uvažovány celkem tři varianty návrhu přestavby pro spodní blok.

Celkové rozměry horního upínacího stolu jsou tedy 788 x 334 x 31 [mm]. Stůl je opatřen celkem patnácti drážkami dle normy ČSN 02 1030, jejich rozteč je 50 mm. Deska stolu je uložena na ploše svařence, kde byla připevněna původní horní část formy a částečně na třech žebrech, která jsou přivařena k nově obrobeným plochám svařence. Upevnění desky ke svařenci je provedeno celkem osmi šrouby M10, jejichž hlavy jsou do desky zapuštěny a jsou umístěny v desce stolu s ohledem na prostorové možnosti původního svařence a rozmístění T-drážek. Přesná poloha stolu je pak zajištěna dvěma diagonálně umístěnými kolíky průměru 10 mm.

Jak je možné vidět na obrázku 13, deska stolu nesedí na celé možné ploše původního svařence. Je tomu tak z důvodu nesymetričnosti původní konstrukce. V tomto případě je deska stolu umístěná tak, aby se nesymetrické namáhání konstrukce, které je popsáno v kapitole 2.3, co nejvíce eliminovalo. Touto úpravou ale dojde k omezení velikosti upínacího stolu. V tomto případě to ale není podstatné, jelikož by, jak bude popsáno v kapitole 3.5, nebylo možné vytvořit stůl stejných rozměrů i na spodním bloku.

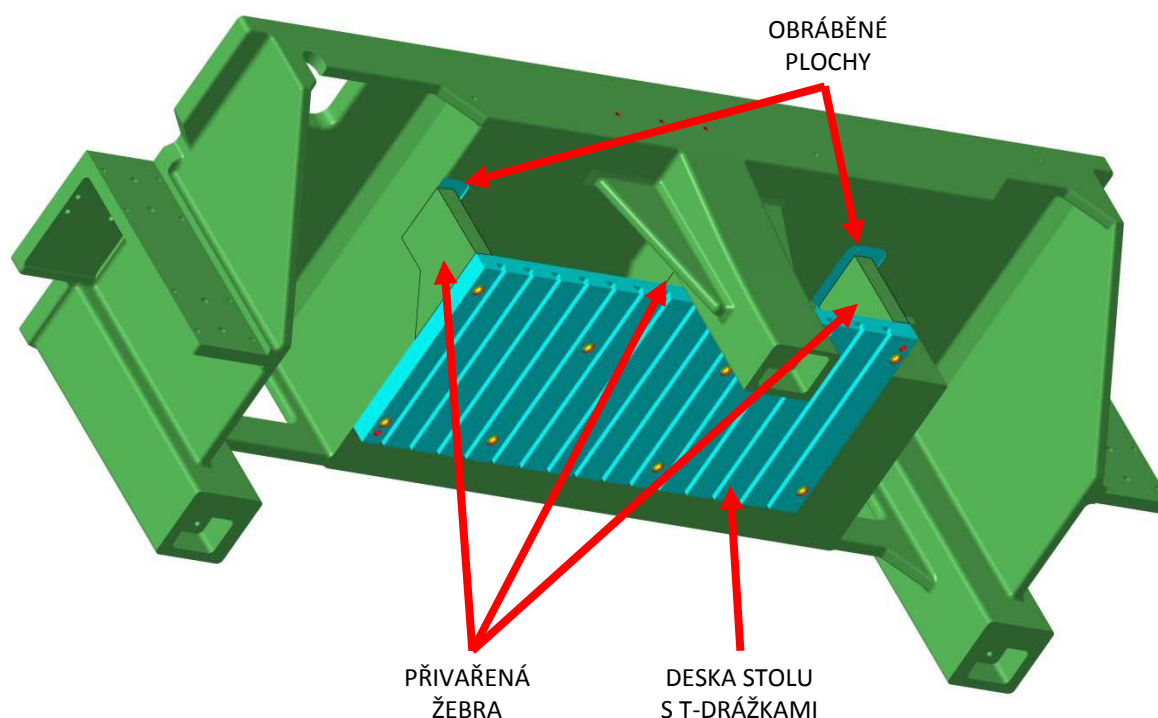
ODSTRANĚNÉ  
KOMPONENTY

STABILIZAČNÍ  
TORZNÍ HŘÍDEL

HORNÍ PLOCHA  
POHYBLIVÉHO  
BLOKU



Obrázek 12 - Původní blok pohyblivý - pohled shora



Obrázek 13 - Model pohyblivého bloku

### 3.5 Spodní blok

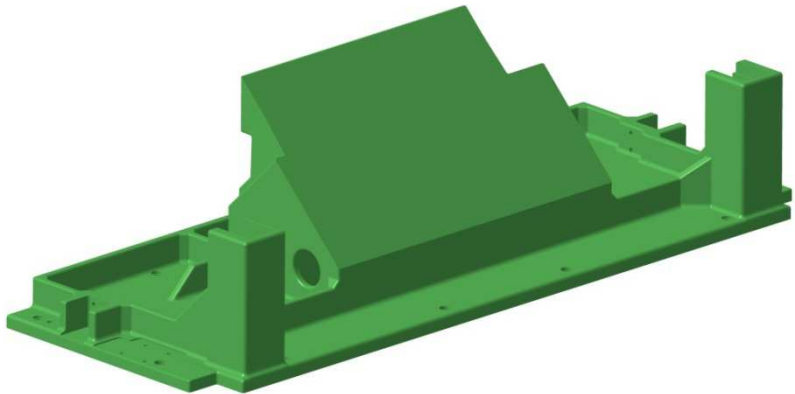
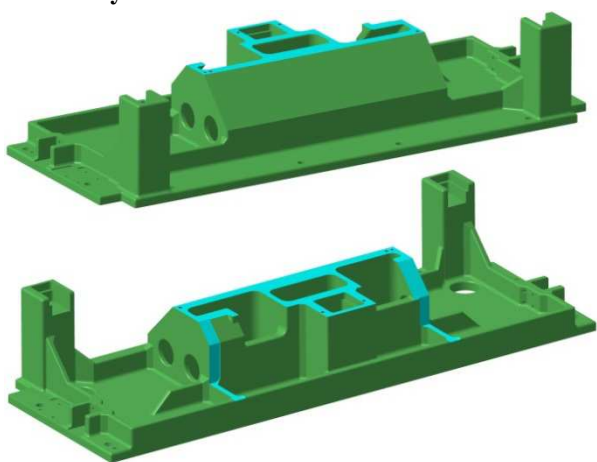
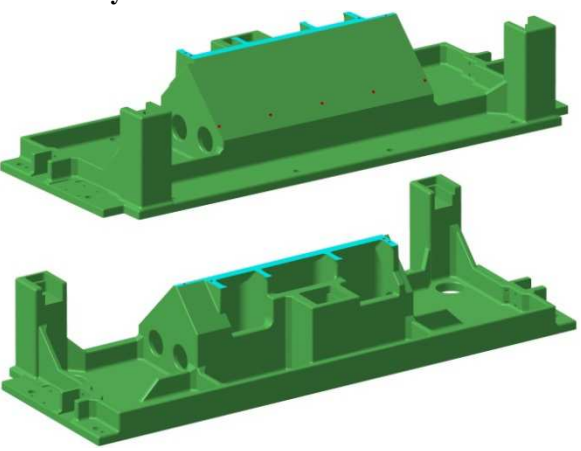
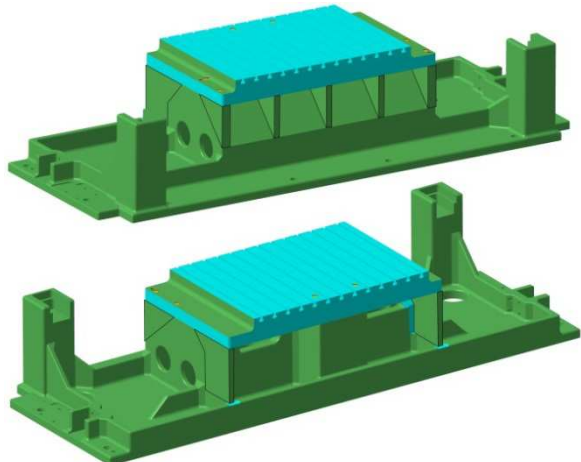
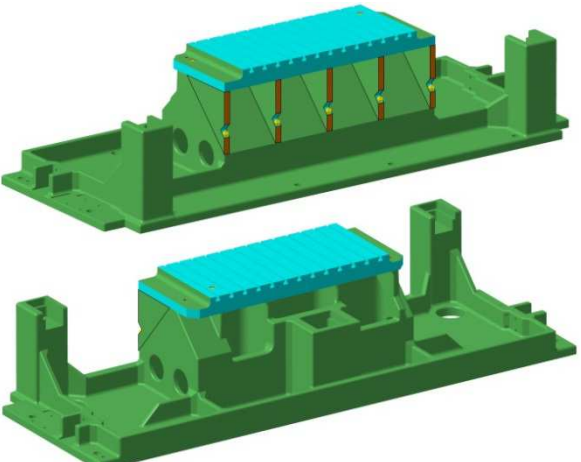
Spodní blok, jakožto nejmohutnější komponent celého zařízení, bude vyžadovat značné tvarové úpravy. Stejně jako u bloku pohyblivého bude spodní blok opatřen upínací deskou s T-drážkami, pochopitelně stejných rozměrových parametrů. Tato upínací deska musí být umístěna přímo naproti upínací desce z horního bloku, aby bylo možné ji maximálně využít. Pokud odstraníme spodní část původní formy, není k dispozici rovná plocha, nýbrž plocha šikmá pod úhlem  $45^\circ$ . Bude tedy nutné rovnou plochu nějakým způsobem vytvořit. Byly vytvořeny celkem tři odlišné varianty návrhu přestavby spodního bloku. Varianty A a B jsou vzhledem ke složitosti řešení v tabulce 05 zobrazeny vždy pomocí dvou izometrických pohledů z opačných stran.

Varianta A je kompatibilní s variantou A z kapitoly 3.4, což znamená, že tuto variantu můžeme zavrhnout. Její nevýhody jsou podobné - odstranění třetího dorazového sloupku, vysoká pracnost při výrobě upínacího stolu a jeho vyšší hmotnost. Dále je nutné využít celkem sedm žeber a nutno obrobít velké množství materiálu.

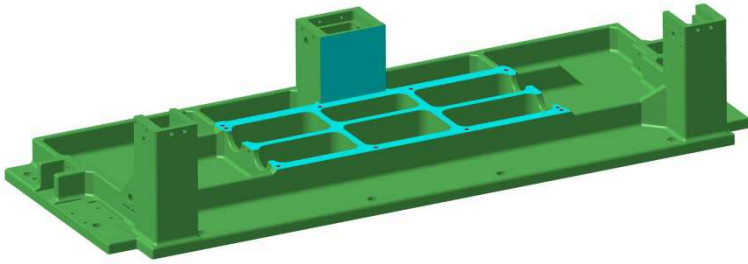
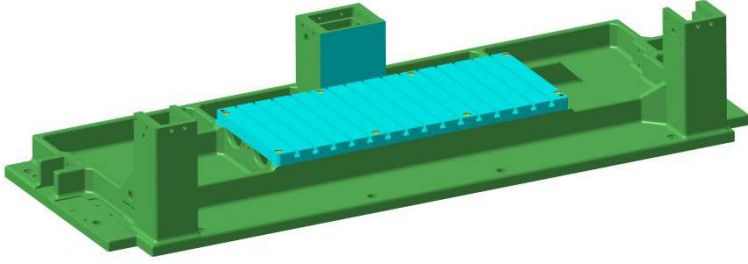
Varianta B je kompatibilní s variantou B z kapitoly 3.4. Její předností je menší počet žeber, kterých je pět, a především jejich rozebíratelné spojení nejen s upínací deskou, ale i se spodním blokem, k čemuž jsou využity lícované šrouby. Není tedy vůbec potřeba svařovat. Lícované šrouby vedou skrz žebra ve směru kolmém na původní šikmou plochu, na kterou byla uložena spodní část formy. To je umožněno vybráním v každém žebře. Další výhodou je, že se obrábí menší vrstva materiálu než v předchozí variantě. Naopak velmi nešťastné je řešení rozložení stolu, které nabízí jen velmi omezené rozměry.

Varianta C je taktéž kompatibilní s variantou B z kapitoly 3.4. Je sice nutné odstranit velké množství materiálu, ale vznikne tak alespoň velký prostor mezi horní a spodní upínací deskou. Tato varianta byla nakonec zvolena jako nejlepší, protože jako jediná dovoluje vznik dostatečného prostoru mezi upínacími deskami, dle specifikace požadavků.



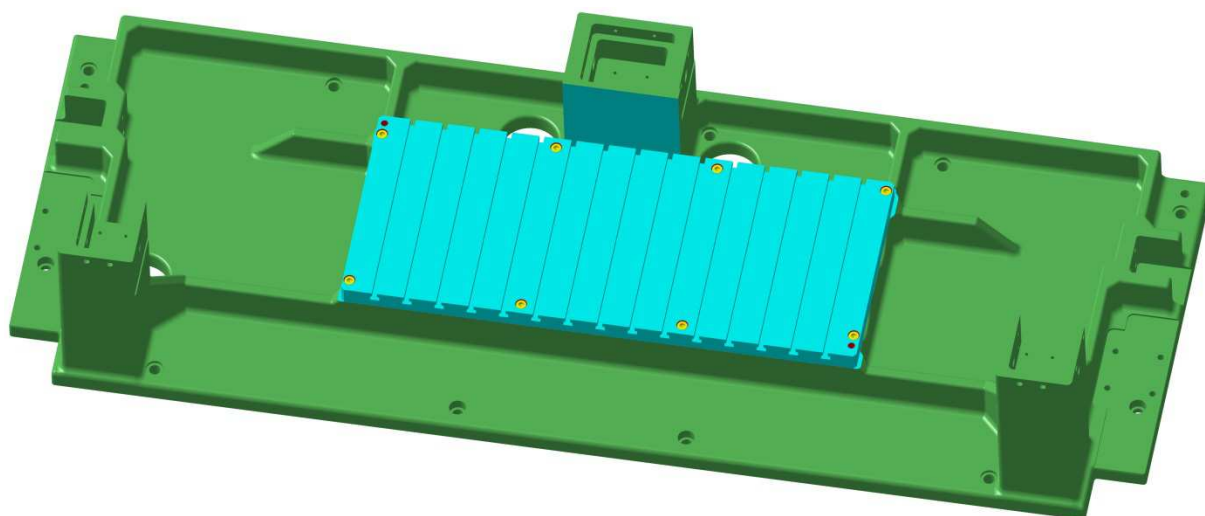
Původní svařenec	
	
Varianta A	Varianta B
<p><b>Obrobený svařenec:</b></p> 	<p><b>Obrobený svařenec:</b></p> 
<p><b>Kompletní spodní blok:</b></p> 	<p><b>Kompletní spodní blok:</b></p> 
<p><b>Výhody/nevýhody:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ širší stůl (470 mm)</li> <li>+ vyšší tuhost stolu</li> <li>- složitější výroba stolu</li> <li>- vyšší podíl obrábění</li> <li>- vyšší hmotnost stolu</li> <li>- kratší stůl (660 mm)</li> <li>- odstranění jednoho dorazového sloupku</li> <li>- nutnost přivařit sedm žeber</li> </ul>	<p><b>Výhody/nevýhody:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ kompletně rozebíratelná konstrukce</li> <li>+ nízký podíl obrábění</li> <li>- užší stůl (306 mm)</li> <li>- kratší stůl (660 mm)</li> <li>- složitější výroba stolu</li> </ul>

Tabulka 05 - Návrh variant spodního bloku (A, B)

Varianta C
<b>Obrobený svařenec:</b> 
<b>Kompletní spodní blok:</b> 
<b>Výhody/nevýhody:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>+ optimální velikost stolu</li><li>+ není potřeba žeber</li><li>+ není potřeba svařování</li><li>+ jednodušší výroba stolu</li><li>- vysoký podíl obrábění</li></ul>

Tabulka 06 - Návrh variant spodního bloku (C)

Úprava spodního bloku vzhledem k vybrané variantě vyžaduje obrobit velké množství materiálu. Deska upínacího stolu je k obrobené ploše připevněna osmi šrouby M10, jejichž hlavy jsou zapuštěny v desce a umístěny jsou opět s ohledem na prostorové možnosti původního svařence. Přesná poloha spodní upínací desky je, stejně jako v případě horní upínací desky, zajištěna dvěma diagonálně umístěnými kolíky průměru 10 mm. Rozměry spodního upínacího stolu jsou 800 x 334 x 31 [mm]. Spodní upínací deska je opatřena totožnými T-drážkami jako deska horní, přičemž jsou umístěny přesně nad sebou.

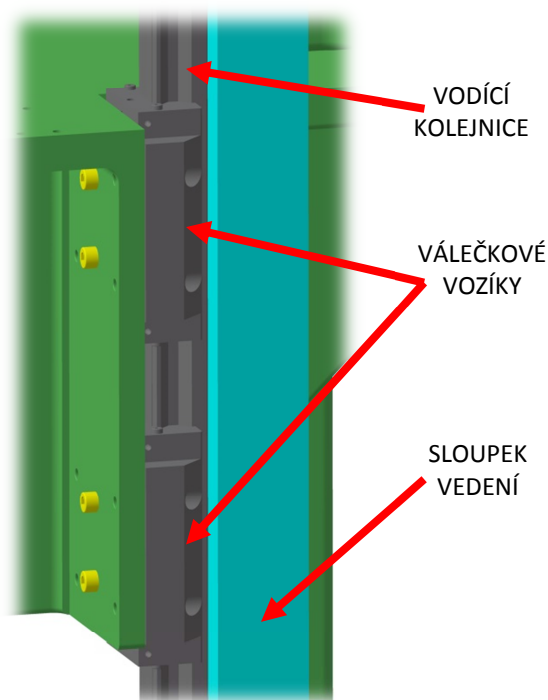


Obrázek 14 - Model spodního bloku

### 3.6 Lineární vedení stroje

Lineární vedení pohyblivého bloku ve vertikálním směru umožňují dvě zrcadlově totožné sestavy lineárního vedení umístěné na bocích stroje. Jejich umístění je viditelné na obrázku 17, kde je zobrazena sestava všech hlavních komponent, kterými se zabývá kapitola 3. Sestavy lineárního vedení se během přestavby žádným způsobem nemění, neboť jsou tvořeny nakupovanými komponenty s vysokou pořizovací cenou.

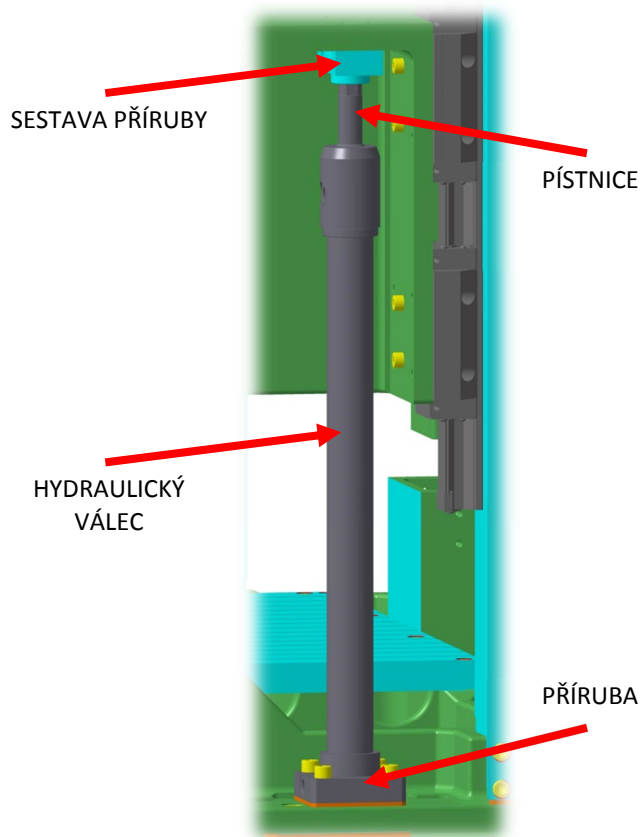
Každá ze dvou sestav je tvořena dvěma válečkovými vozíky a jednou vodící kolejnici. Jedná se o komponenty od firmy Bosch Rexroth a stále jsou na trhu pod katalogovým číslem R1853 422 10 pro vozík a R180546362 pro kolejnici. Toto vedení je schopné zachycovat síly a momenty ve všech směrech, vyjma síly ve směru svislém. V tomto směru dochází k pohybu vozíků po kolejnici. Vozíky jsou pomocí šroubů připevněny k pohyblivému bloku, zatímco kolejnici je šrouby připevněna ke sloupku, jenž je vsazen do vybrání v horním a spodním bloku a k nim připevněn šrouby.



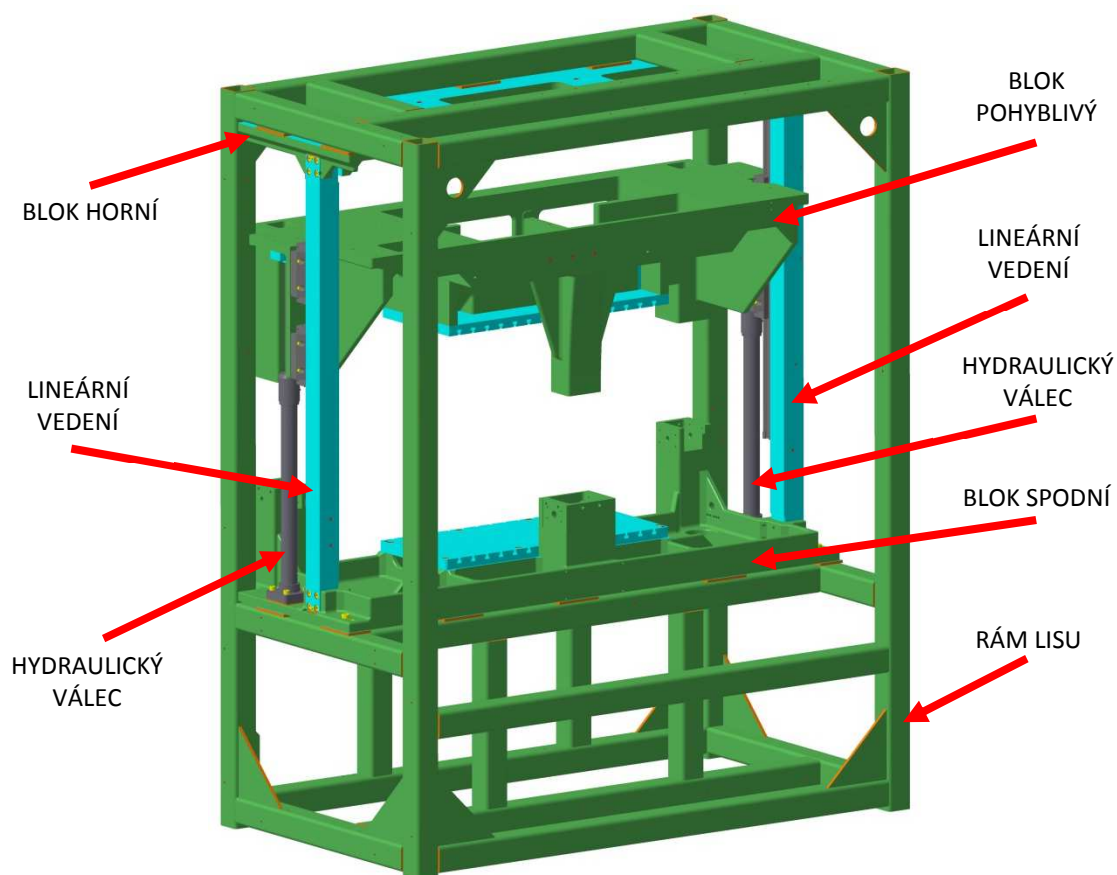
Obrázek 15 - Detail modelu sestavy lineárního vedení

### 3.7 Hydraulické válce

Dvojice hydraulických válců, které jsou produkty společnosti Merkle, zajišťují pohyb pohyblivého bloku. Na těchto komponentech opět nedochází k žádným úpravám. Jedná se o válce s katalogovým číslem HZ250.40/25/500.05.204. Každý je dimenzovaný na maximální tlak 25 MPa, průměr pístu je 40 mm a průměr pístnice 25 mm. Jejich umístění je zřejmé z obrázku 17. Spodní část hydraulického válce disponuje přírubou, která je šrouby připevněna k spodnímu bloku. Vrchní část pístnice je v našem případě opatřena závitem. Aby bylo možné pístnici ukotvit na pohyblivý blok, je k ní prostřednictvím závitu přidělána sestava příruby, která je připevněna k bloku taktéž několika šrouby. Hydraulické válce jsou zásobeny tlakovým médiem z generátoru hydraulického tlaku, jenž je součástí stroje. Hydraulický okruh bude podrobně popsán v kapitole 4.3.



Obrázek 16 - Detail modelu sestavy hydraulického válce

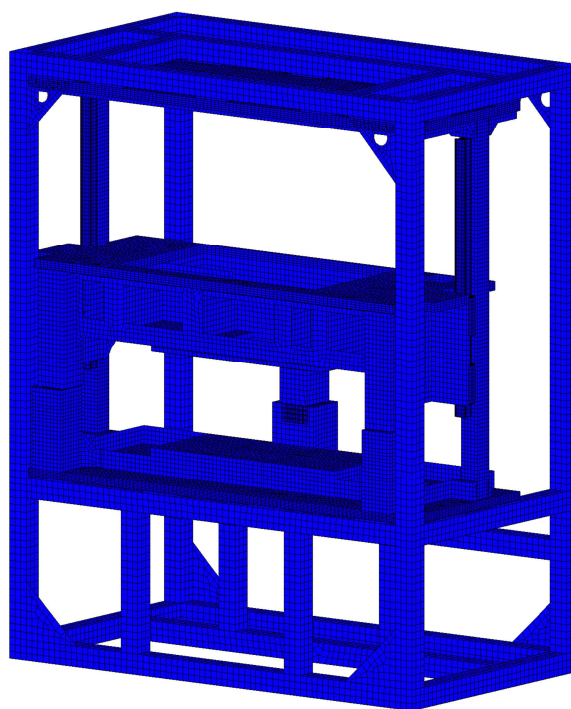


Obrázek 17 - Model sestavy hlavních komponent stroje

### 3.8 MKP analýza navržené konstrukce stroje - varianta I

#### 3.8.1 Příprava konečno-prvkového modelu

Pro analýzu pomocí MKP byl využit konečno-prvkový model, který byl použit pro zkušební výpočet uvedený v kapitole 2.3. Ten však bylo nutné upravit s ohledem na změny v konstrukci. Byla tedy upravena síť za pomoci programu MSC Marc Mentat. A stejně jako při zkušebním výpočtu v tomto prostředí probíhá nastavení parametrů, výpočet a analýza výsledků. Úpravy se týkaly dvou komponent, a to bloku pohyblivého a bloku spodního. Elementy, které ztvárňovaly materiál, jenž byl úpravami konstrukce odstraněn, byly taktéž odstraněny. Naopak bylo nutné zahrnout do konečno-prvkového modelu i upínací desky, takže několik vrstev elementů bylo přidáno. Upevnění těchto desek považujeme za dokonale tuhé a vliv tuhosti šroubů, kterými jsou desky k blokům připevněny, je zanedbán.



Obrázek 18 - Konečno-prvkový model



### 3.8.2 Stanovení okrajových podmínek

Pro stanovení okrajových podmínek je nutné si ujasnit, jakým způsobem bude stroj fungovat a jaký vliv to bude mít na namáhání celé konstrukce. Základním předpokladem je, že stroj bude provádět hlavní pracovní operaci v momentě, kdy bude uzamčen, tzn. za pomoci dorazových sloupků a pneumatických zámků bude pevně spojen pohyblivý a spodní blok. Forma ustavená v lisu je tedy uzavřena. Pneumatické zámky a dorazy budou ještě podrobněji popsány, nicméně pro tento výpočet uvažujeme, že jejich funkce zajistí dokonale tuhé spojení pohyblivého a spodního bloku.

Pokud je stroj uzamčen, horní a spodní upínací deska jsou ve vzdálenosti 350 mm nad sebou. Maximální výška formy, kterou je možno ustavit do navrhovaného zařízení, je tedy 350 mm. Pokud bude výška formy nižší, je nutné ji pomocí vhodných přípravků podložit tak, aby celková výška formy i s podložkami činila právě avizovaných 350 mm. Jinak by nebylo možné formu správně uzavřít. Hmotnost ustavené formy se do výpočtu nebude zohledňovat, jelikož vzhledem ke hmotnostem ostatních komponent zařízení by se gravitační zrychlení formy výrazněji neprojevovalo na celkovém namáhání konstrukce.

Dalším neméně důležitým předpokladem pro tuto analýzu je, že děj ve formě, která je ustavena v uzamčeném stroji, bude způsobovat její rozpínání, což se přeneso do upínacích desek a dále do celé konstrukce zařízení. Obě upínací desky tak budou tlačeny silou směrem od sebe. Bude velmi obtížné definovat velikost této síly.

Jednou z možností, jak k hodnotě síly dojít, je předpoklad, že zpracovávaným materiálem je pěnový materiál, který při zpracování zvětšuje svůj objem. Často jsou těmito materiály polyuretanové pěny obsahující nadouvadlo většinou na bázi CO<sub>2</sub>. Jedná se o tlakové lití do uzavřených forem a používá se především při sériové výrobě prvků, u kterých se požaduje vysoká přesnost a kvalita výsledného povrchu. Především pak pro automobilový průmysl, nebo stavebnictví. Technická dokumentace trhem nabízených polyuretanových pěnových materiálů neobsahuje údaje o tom, jakou sílu na plochu je při nadouvání schopen materiál vyvodit.

Literatura [5] zabývající se produkcí tlakové síly při zpracování polyuretanových materiálů uvádí jako jeden z empirických vzorců pro stanovení produkovaného tlaku následující rovnici, jež je závislostí hustoty výsledného produktu a hustoty volně expandované polyuretanové pěny:

$$\textit{Estimated pressure} = \frac{\textit{density of the product}}{\textit{density of the freely rising foam}} \text{ [bar]}$$

Jelikož ale neexistuje jedna univerzální polyuretanová pěna, byla vyhledána skupina produktů, jejichž katalogové listy údaje potřebné pro dosazení do výše uvedené rovnice uvádějí. Bylo vypočteno několik hodnot produkovaného tlaku při rozpínání polyuretanové pěny. Vybrána byla hodnota nejvyšší a s ohledem na omezený počet produktů, které jsou vzaty v úvahu, je vybraná hodnota zdvojnásobena.

#### 1. Covestro - Bayfill 53IF40 U [6]

Typical molded density = 138 kg/m<sup>3</sup>  
Free rise density = 67 kg/m<sup>3</sup>

$$p_e = \frac{138}{67} = 2,46 \text{ [bar]}$$

## 2. Covestro - Bayfit 25SA01 [7]

Recommended molded density = 53-65 kg/m<sup>3</sup>

Free rise density = 32 kg/m<sup>3</sup>

$$p_e = \frac{65}{32} = 2,03 \text{ [bar]}$$

## 3. Covestro - Bayfit 49BM02 [8]

Recommended molded density = 70-95 kg/m<sup>3</sup>

Core density = 70 kg/m<sup>3</sup>

$$p_e = \frac{95}{70} = 1,36 \text{ [bar]}$$

## 4. Covestro - Bayfit 15108/OA [9]

Mould density (suggested) = 55-60 kg/m<sup>3</sup>

Free rise density = 50 kg/m<sup>3</sup>

$$p_e = \frac{60}{50} = 1,2 \text{ [bar]}$$

## 5. Den Braven – Pistolová pěna MAXI 750 [10]

Hustota pěny ve spáře = 14-18 kg/m<sup>3</sup>

Hustota pěny volně expandované = 9-13 kg/m<sup>3</sup>

$$p_e = \frac{18}{9} = 2 \text{ [bar]}$$

## 6. Den Braven – Pistolová pěna MEGA 70 [11]

Hustota pěny ve spáře = 10-14 kg/m<sup>3</sup>

Hustota pěny volně expandované = 8-12 kg/m<sup>3</sup>

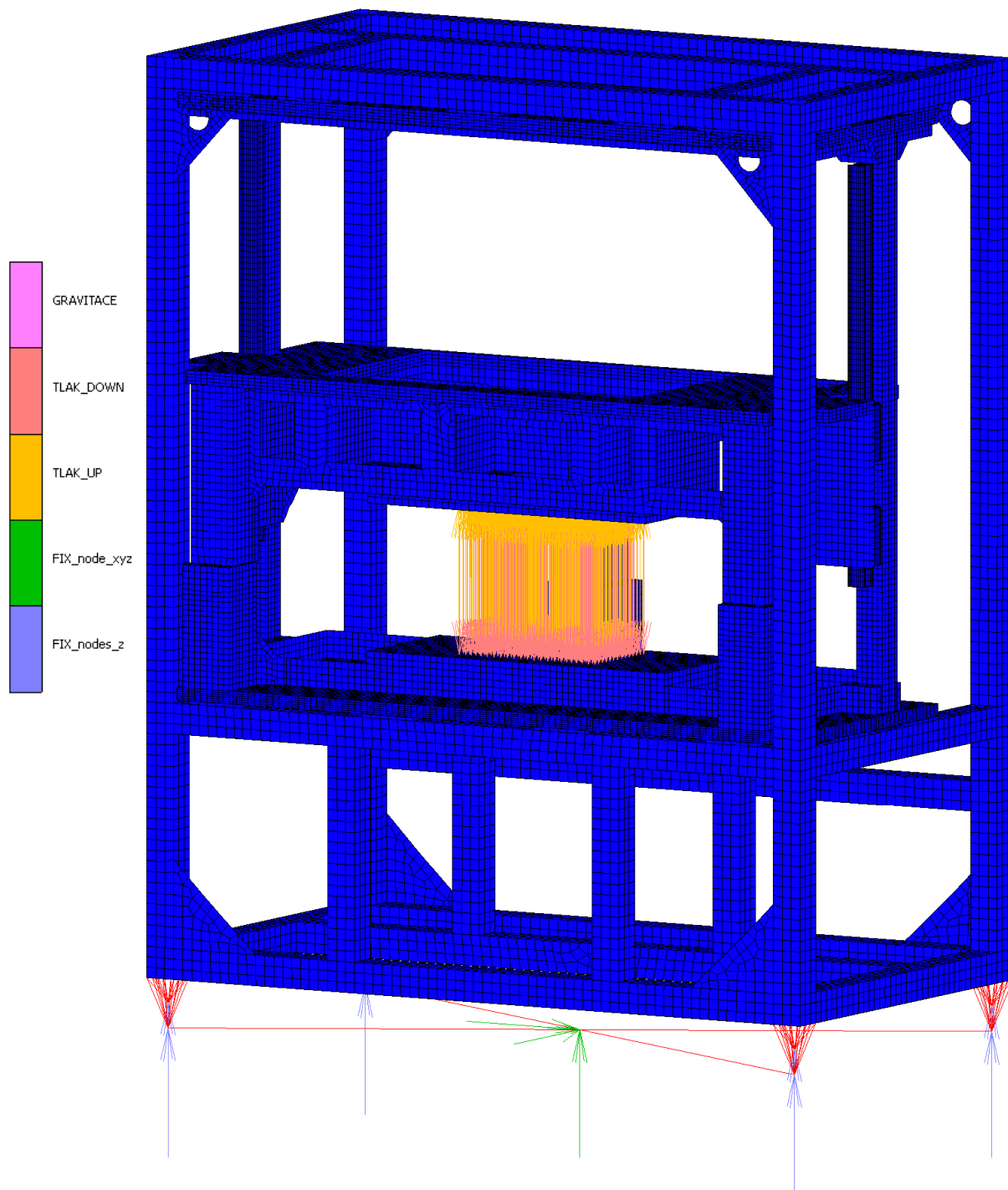
$$p_e = \frac{14}{8} = 1,75 \text{ [bar]}$$

Výpočtová hodnota, která bude součástí okrajových podmínek:

$$p_v = p_{eMax} \cdot 2 = 2,46 \cdot 2 = 5 \text{ [bar]} = 0,5 \text{ [MPa]}$$

Všechny okrajové podmínky jsou uvedeny v následujícím shrnutí:

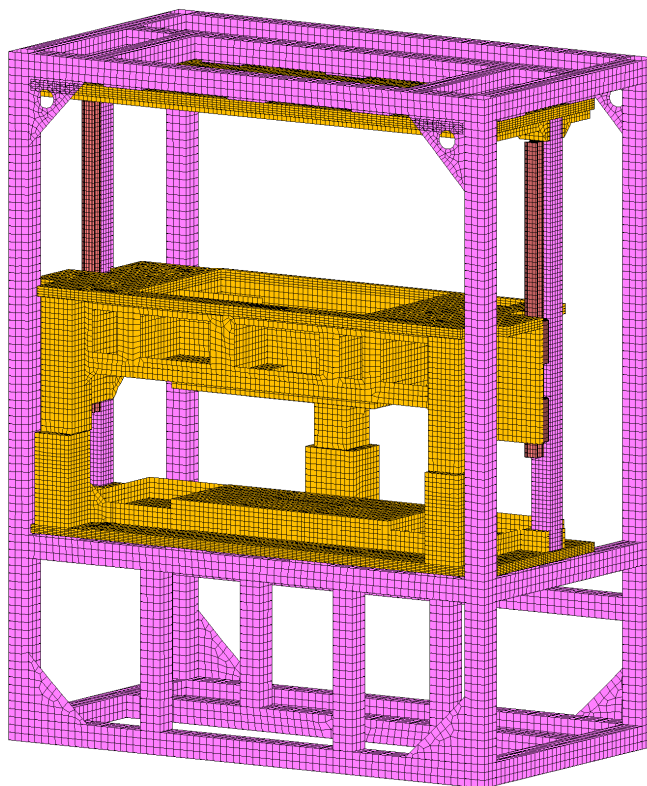
- Uchycení konečno-prvkového modelu v prostoru - každý ze čtyř spodních rohů rámu stroje je pomocí pružné vazby zanedbatelné tuhosti uchycen k pevně ukotvenému bodu nacházejícímu se pod zařízením uprostřed půdorysné plochy. Zmíněným rohům rámu je zamezen posuv ve svislém směru.
- Zatěžující tlak 0,5 MPa působící na střední části obou upínacích desek.
- Gravitační zrychlení aplikováno na všechny komponenty.
- Pevné spojení dorazových sloupků pohyblivého a spodního bloku.



Obrázek 19 - Konečno-prvkový model - počáteční podmínky

### 3.8.3 Materiálové a geometrické vlastnosti konečno-prvkového modelu

Z hlediska materiálových vlastností byl konečno-prvkový model rozdělen do tří skupin. V první skupině je zařazen svařovaný rám a sloupky vedení, zde předpokládáme použití konstrukční oceli, ze které se nejčastěji vyrábí normalizované polotovary. Je jí ocel S235, které dle normy ČSN odpovídá materiál s označením 11 375. Další skupinu tvoří všechny tři svařované bloky. Na ně bude kladen především požadavek na dobrou svařitelnost, popřípadě vyšší pevnost než na svařenec rámu. Podle údajů uvedených v literatuře [1] by se mohlo jednat například o ocel značenou dle normy ČSN 11 481 nebo 11 523. Oba tyto materiály totiž disponují zaručenou svařitelností a jsou vhodné pro svařované konstrukce strojů. V poslední skupině se nacházejí nakupované komponenty související s vedením stroje. Jsou to vozíky a vodící kolejnice. Katalogové listy těchto komponentů neuvádějí označení materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Nicméně vzhledem k důležitosti vodících komponent se bude jednat o materiálově nejsilnější články celého zařízení.



Obrázek 20 - Rozdělení konečno-prvkového modelu dle materiálu

Modelu byly nadefinovány základní materiálové vlastnosti s ohledem na použitý výpočtový program, jenž vyžaduje zadání Youngova modulu, Poissonova čísla a měrné hmotnosti materiálu. Tyto hodnoty jsou prozatím nastaveny pro všechny použité skupiny materiálů stejně a jsou uvedeny v tabulce 07. Provedené dělení by se dalo využít pro další zpřesňování parametrů a následného výpočtu. U materiálů se liší především mez kluzu a ta se bude porovnávat s maximálním dosaženým redukovaným napětím během analýzy.

$E_0$ [MPa]	$2,1 \cdot 10^5$
$\mu$ [-]	0,3
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$7,8 \cdot 10^3$

Tabulka 07 - Základní materiálové vlastnosti oceli

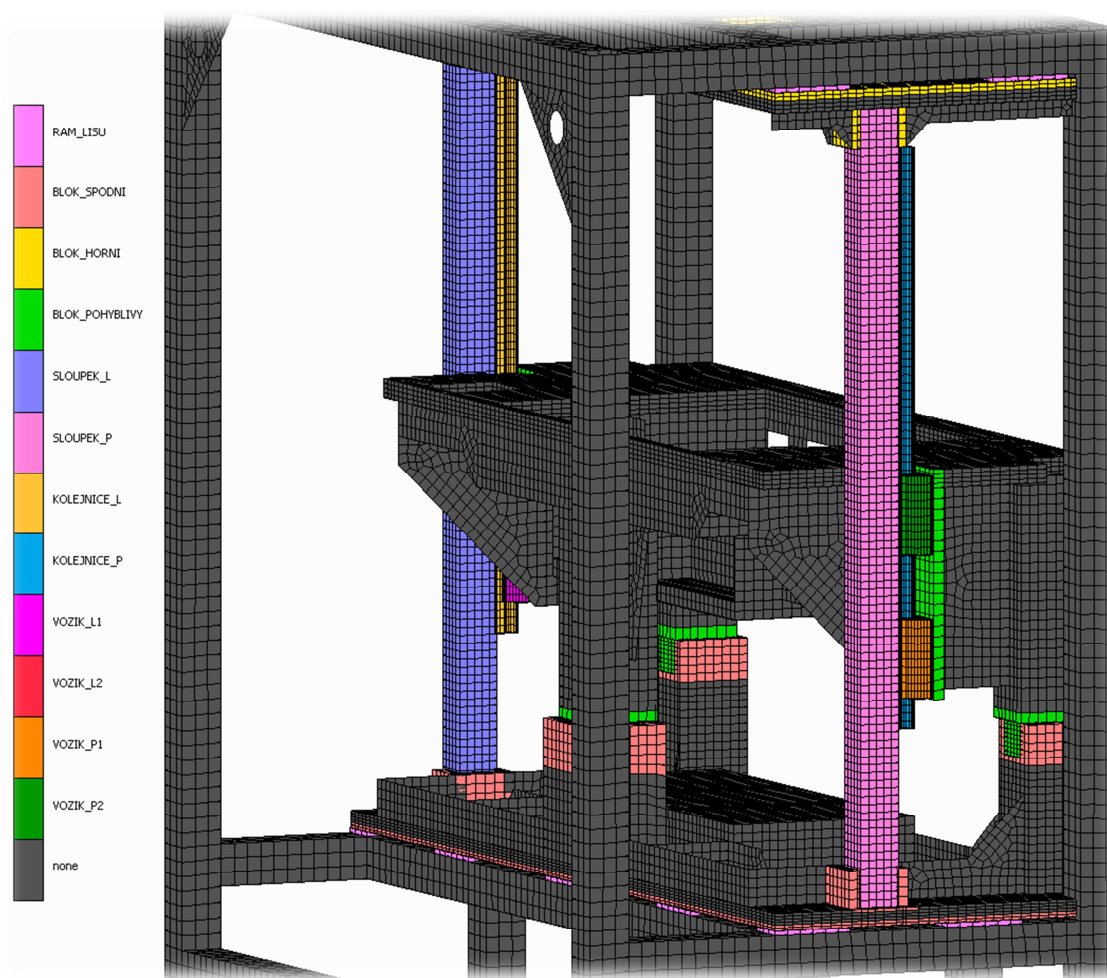
Z hlediska geometrických vlastností bylo rozlišeno mezi elementy objemovými a plošnými, a to pro každý komponent zvlášť s ohledem na budoucí přehlednost. Plošné elementy se využívají, protože snižují časovou náročnost výpočtu a byly použity například u rámu stroje nebo pro většinu žebér na svařovaném bloku horním, spodním i pohyblivém. Plošným elementům je nutné navíc definovat jejich skutečnou tloušťku.

### 3.8.4 Nastavení kontaktů v konečno-prvkovém modelu

Nastavení kontaktů mezi jednotlivými komponenty bylo použito především pro zjednodušení přípravy konečno-prvkového modelu a dále pro snížení časové náročnosti výpočtu. Výpočtový model neobsahuje žádné spojovací prvky, jako šrouby, čepy nebo kolíky, a předpokládá se, že tyto prvky zajišťují dokonale tuhé spojení jednotlivých komponent a také že tyto spojovací prvky nebudou namáháním ohroženy vznikem vyššího napětí než je mez kluzu jejich materiálu vzhledem k tomu, že stroj již dlouhá léta spolehlivě fungoval.

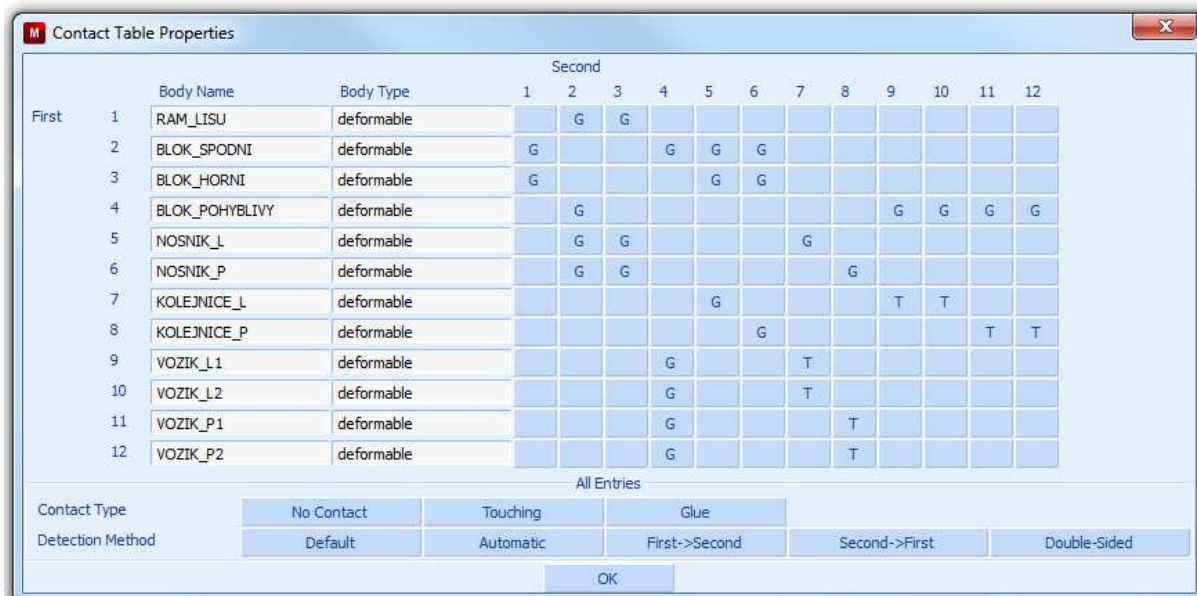
MSC Marc Mentat nabízí jako základní typy kontaktů “pevné spojení“ (G), “volný dotyk“ (T) nebo “žádný kontakt“ a komponenty se v tomto případě chovají tak, že během analýzy nijak nerespektují vzájemný průnik elementů. Kontakt je možné nastavit pouze mezi objemovými elementy, nikoli však mezi elementy plošnými a s ohledem na to byly plošné elementy také vytvářeny.

V první řadě bylo nastaveno pevné spojení mezi horním blokem a podložnými destičkami, které jsou součástí rámu, a mezi spodním blokem zmíněnými podložnými destičkami rámu. Blok spodní i blok horní pak byly pevně spojeny s oběma sloupky vedení. Na sloupky vedení jsou pevně připojeny vodící kolejnice. K těmto kolejnicím jsou volným dotykem uchyceny vozíky, což umožňuje vzájemný pohyb těchto komponent. Pevné spojení je dále nadefinováno mezi všemi čtyřmi vozíky a pohyblivým blokem. V poslední řadě je nastaveno pevné spojení dorazových sloupků spodního a pohyblivého bloku, což simuluje funkci pneumatických zámků, která se v tomto případě projevuje jako dokonale tuhá. Souhrn kontaktů je přehledně viditelný na obrázcích 21 a 22.



Obrázek 21 - Definice kontaktů konečno-prvkového modelu





Obrázek 22 - Tabulka kontaktů konečno-prvkového modelu

### 3.8.5 Analýza výsledků MKP analýzy

Po spuštění výpočtu, který trvá díky použité poměrně výkonné výpočetní technice řádově jednotky minut, můžeme konstatovat, že navržená konstrukce z hlediska pevnosti vyhovuje.

Maximální redukované napětí, které se vyskytuje během analýzy, je 26 MPa. Tato špička napětí se v první řadě vyskytuje v místech spojení spodního a pohyblivého bloku středním dorazovým sloupkem, kde ovšem bylo využito značné zjednodušení, a nedá se tedy tento výsledek považovat za relevantní. Ve skutečnosti totiž bude použit pneumatický zámek a bloky bude pohromadě udržovat poměrně masivní čep, který momentálně není předmětem analýzy.

Dále můžeme zvýšené napětí pozorovat na pohyblivém bloku, a to spíše po jedné straně vyztužení, jak je patrné z obrázku 23. Zde hodnota dosahuje taktéž hodnoty 26 MPa, ale dá se považovat za korektní. Materiál 11 481, resp. 11 523, ze kterého je pohyblivý blok vyroben, disponuje minimální pevností na mezi kluzu 284 MPa, což uvádí literatura [1]. Podle následující rovnice byla stanovena bezpečnost vůči mezi kluzu v inkriminovaném místě na 11, což je hodnota mnohem vyšší, než by bylo nutné.

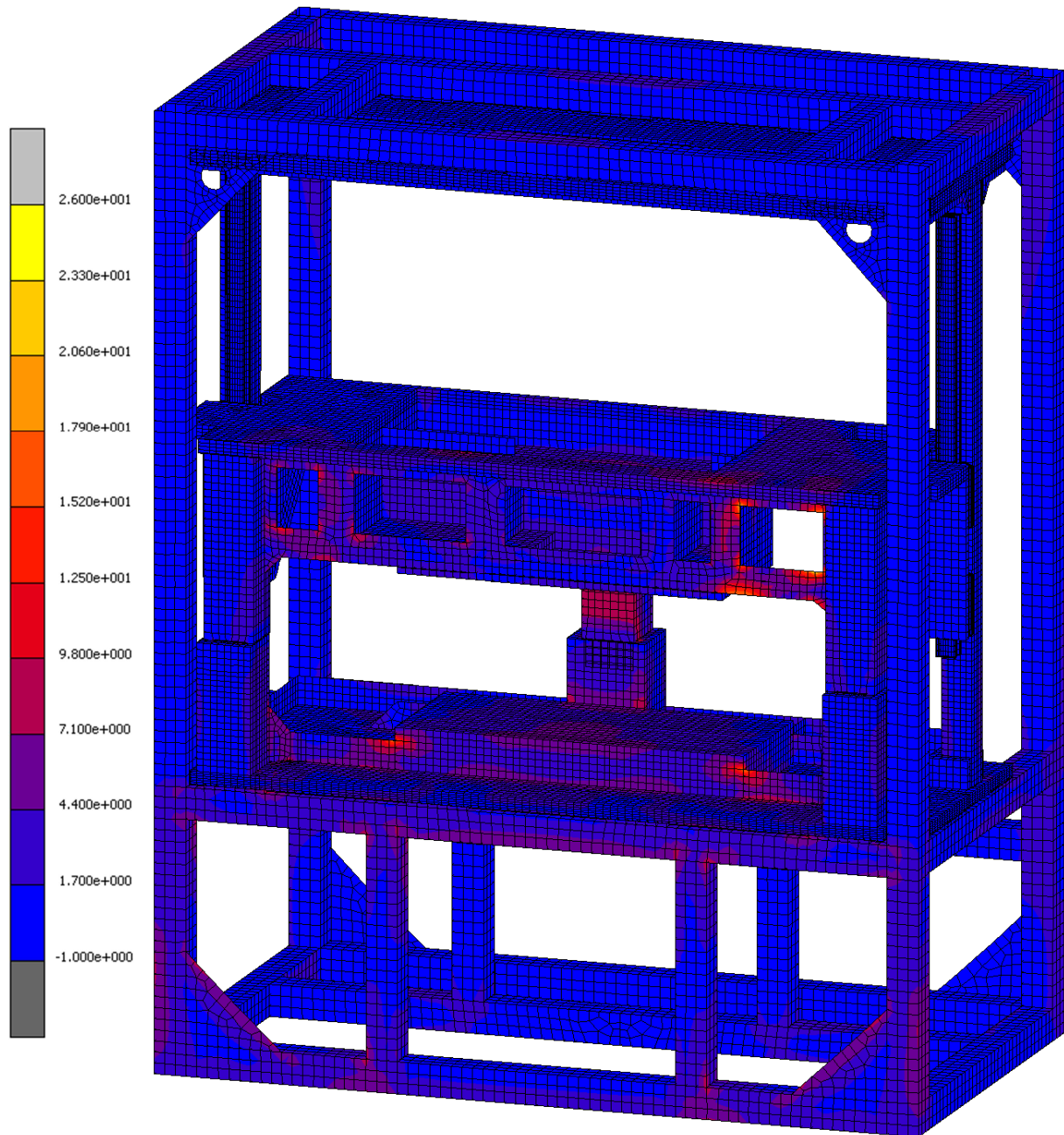
$$\sigma_{red} \leq \frac{R_e}{s_k} \Rightarrow s_k = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{284}{26} \cong 11 [-]$$

Hodnotu redukovaného napětí 23 MPa můžeme pozorovat na prostředním žeburu, které podepírá horní upínací desku vůči pohyblivému bloku. Podobné hodnoty redukovaného napětí se také objevují na spodním bloku v přechodu vyztužení a spodní upínací desky. Další mírně zvýšenou hodnotu můžeme vidět na vnitřní ploše středního dorazového sloupku pohyblivého bloku, kde je ale napočteno pouze 12 MPa, což je oproti nejvyššímu vypočtenému redukovanému napětí značně nižší hodnota.

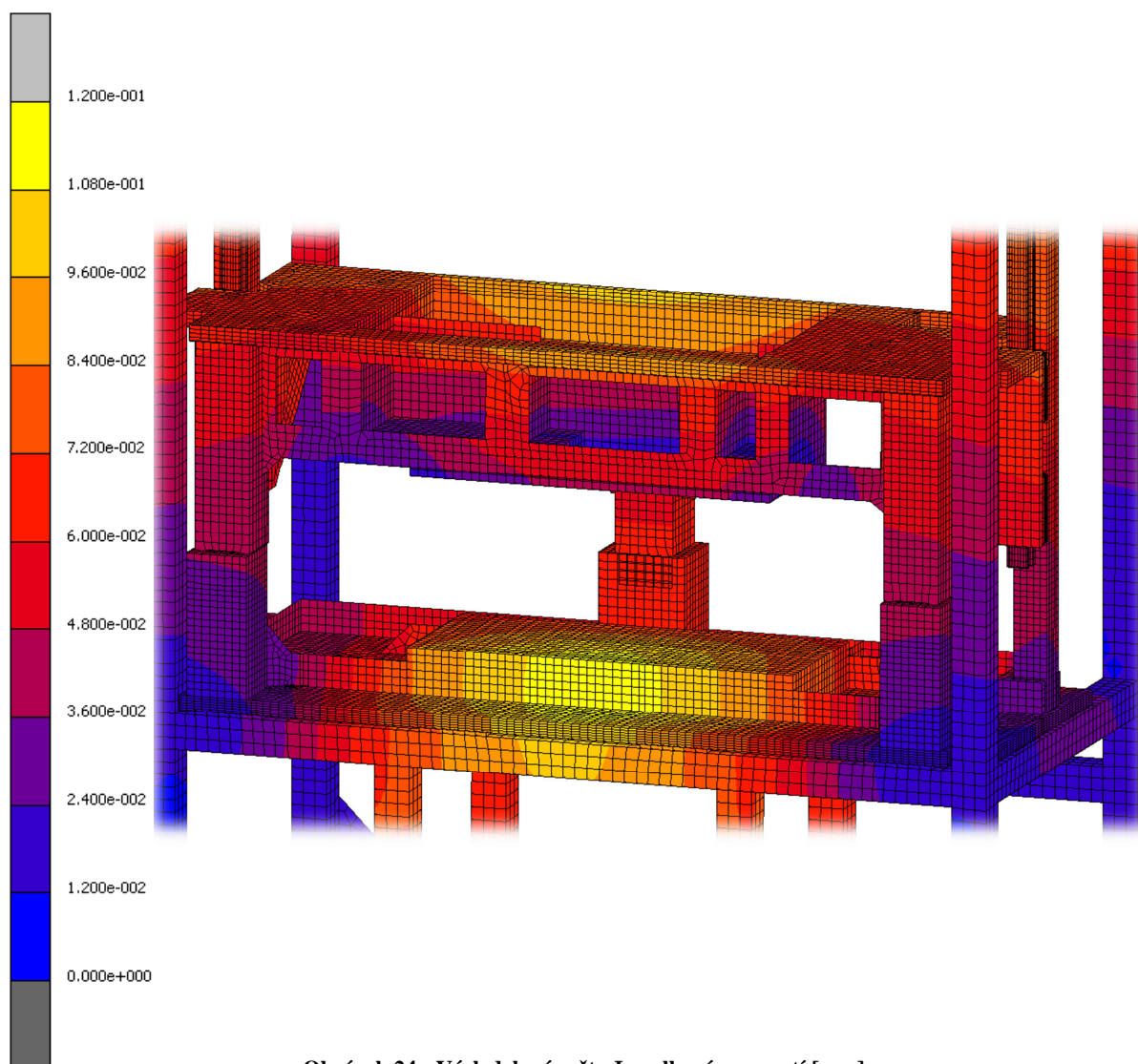
Na obrázku 24 je demonstrováno celkové posunutí a můžeme zde pozorovat, že maximální posunutí je především v oblasti spodní upínací desky, konkrétně se jedná

asi o 0,12 mm. Vzhledem k velikosti stroje a jeho účelu je tato hodnota celkového posunutí přijatelná.

Analýza výsledků sledovala hodnoty redukovaného napětí a částečně i celkového posunutí. Výsledky výpočtu však nabízejí mnoho dalších hodnot, jako například velikost posunutí ve směru všech tří souřadnicových os, stejně tak i rotaci, tlakové napětí v kontaktních plochách, zatížení od vnějších sil nebo reakční síly atd.



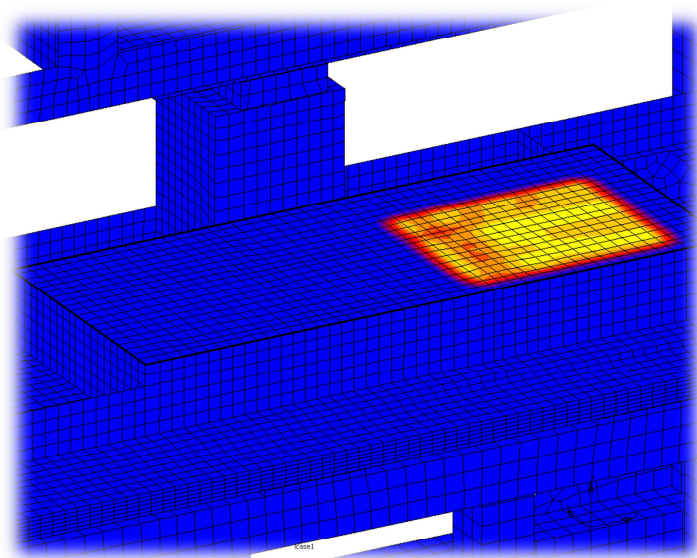
Obrázek 23 - Výsledek výpočtu I - redukované napětí dle HMH [MPa]



Obrázek 24 - Výsledek výpočtu I - celkové posunutí [mm]

### 3.9 MKP analýza navržené konstrukce stroje - varianta II

V kapitole 3.8 byly stanoveny určité počáteční podmínky pro výpočet varianty I. Varianta II jednu z těchto počátečních podmínek změní. V předcházející analýze působil tlak na upínací desky v jejich pomyslném středu. Jedná se tedy o předpoklad, že forma ustavená v navrhovaném stroji, je symetrická a zároveň je umístěna uprostřed upínacích desek. Tato podmínka ale nemusí být splněna vždy, proto se tato analýza bude zabývat chováním v případě, že tlak na upínací desky budeme soustředit do prostoru v rohu upínacích desek. Konečno-prvkový model zůstane

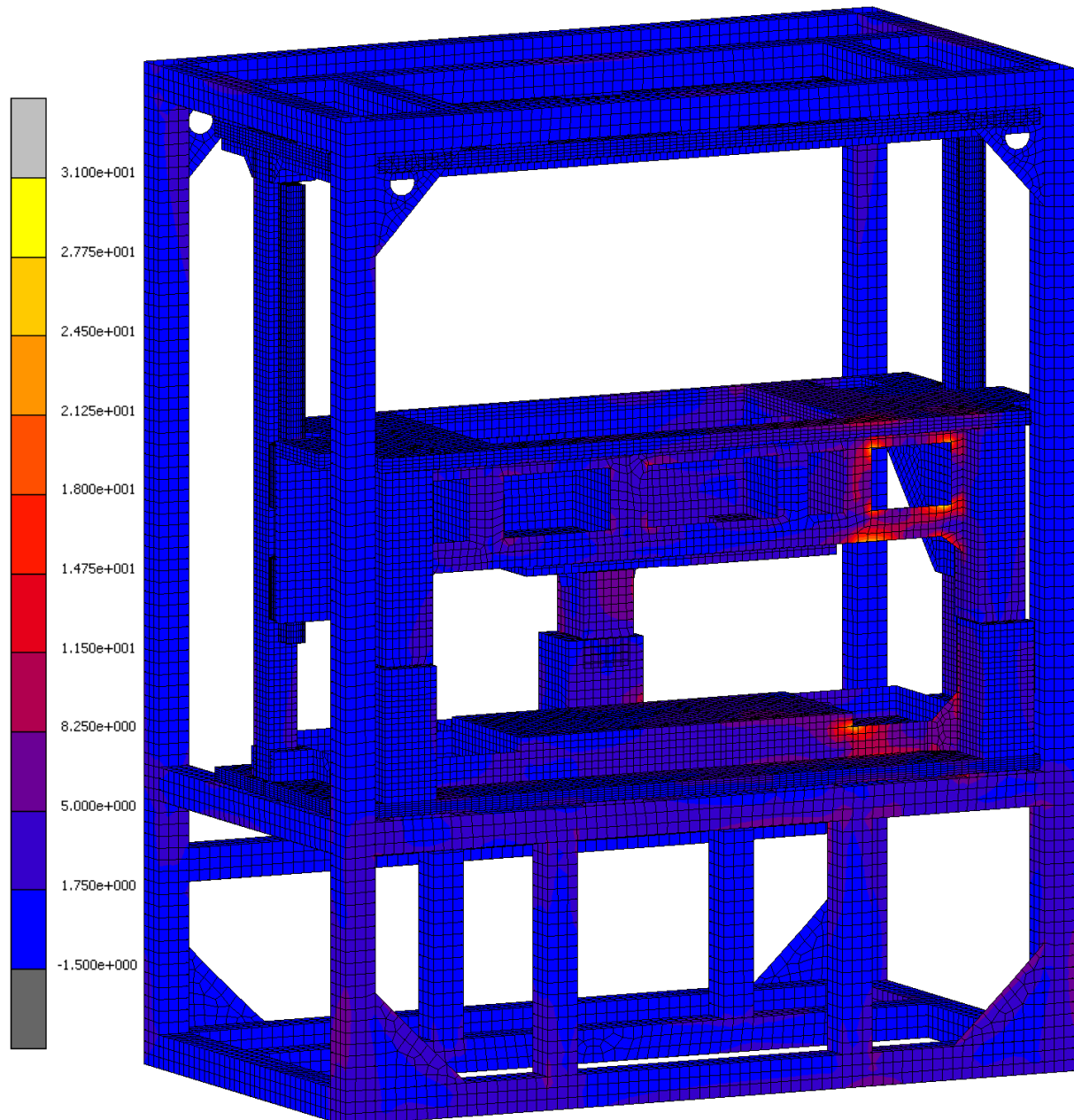


Obrázek 25 - Rozmístění tlaku na upínací desce



totožný, stejně jako geometrické a materiálové vlastnosti, nastavení kontaktů a ostatní počáteční podmínky:

- Uchycení konečno-prvkového modelu v prostoru - každý ze čtyř spodních rohů rámu stroje je pomocí pružné vazby zanedbatelné tuhosti uchycen k pevně ukotvenému bodu nacházejícímu se pod zařízením uprostřed půdorysné plochy. Zmíněným rohům rámu je zamezen posuv ve svislém směru.
- Zatěžující tlak 0,5 MPa působící v rozích obou upínacích desek.
- Gravitační zrychlení aplikováno na všechny komponenty.
- Pevné spojení dorazových sloupků pohyblivého a spodního bloku.



Obrázek 26 - Výsledek výpočtu II - redukované napětí dle HMH [MPa]

Z obrázku 26 je viditelné, kde se bude vyskytovat maximální redukované napětí. Podle očekávání se špička napětí vyskytuje v místech odlehčení žebra na pohyblivém bloku, stejně jako v předchozí variantě výpočtu a dále pak v přechodu spodní upínací desky a vyztužení spodního bloku. Maximální vypočtená hodnota redukovaného napětí je 31 MPa. Což je jen mírně zvýšená hodnota oproti analýze varianty I. Stejně jako v kapitole 3.8 můžeme stanovit hodnotu bezpečnosti vůči mezi kluzu za daných počátečních podmínek. Z následující rovnice je evidentní, že příliš nezáleží na tom, v jakém místě bude forma na upínacích deskách umístěna. Nicméně snaha obsluhy zařízení by vždy měla vést k tomu, aby forma byla ustavena přibližně ve středu upínacích desek.

$$\sigma_{red} \leq \frac{R_e}{s_k} \Rightarrow s_k = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{284}{31} \cong 9 [-]$$

### 3.10 MKP analýza navržené konstrukce stroje - varianta III

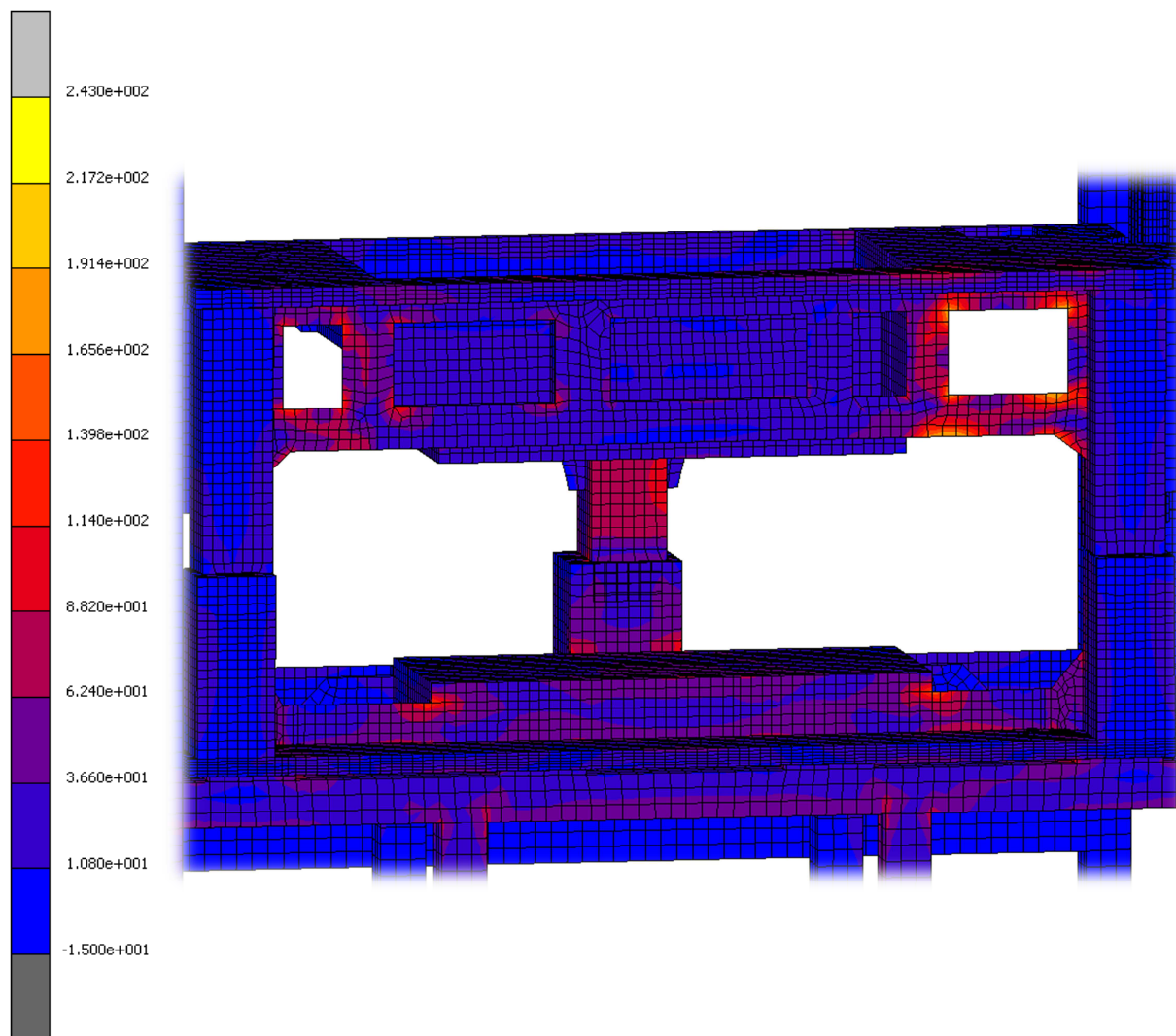
Analýza varianty III taktéž vychází z analýzy varianty I, opět ale bude pozměněna jedna z počátečních podmínek. Konečno-prvkový model zůstane totožný, stejně jako geometrické a materiálové vlastnosti, nastavení kontaktů a všechny počáteční podmínky s výjimkou jediné.

Vzhledem k vysokým hodnotám bezpečnosti vůči mezi kluzu, které vycházely během předchozích analýz, bude při této analýze aplikován násobně vyšší tlak působící přibližně ve středu upínacích desek. Konkrétně se budou upínací desky zatěžovat tlakem 5 MPa. Jedná se o hodnotu, která je zároveň maximálním tlakem, kterou je generátor hydraulického tlaku schopen vygenerovat, a jelikož má být přívod tohoto tlaku zaveden i na pohyblivý blok, může v provozu stroje nastat situace, kdy tento tlak bude přiveden do formy ustavené mezi upínacími deskami stroje. Konstrukce stroje by proto měla být ověřena i s aplikací této počáteční podmínky.

Předpokládanými místy, kde se budou vyskytovat nejvyšší hodnoty redukovaného napětí, jsou místa, která byla kritická i v analýze varianty I. Konkrétně se jedná o žebro a jeho odlehčení na pohyblivém bloku, dále pak prostřední žebro spojující pohyblivý blok s horní upínací deskou a v případě spodního bloku jeho spojení se spodní upínací deskou.

Nejvyšší hodnoty redukovaného napětí, které lze považovat za relevantní, můžeme pozorovat na pohyblivém bloku, kde se ve zmíněných místech hodnota redukovaného napětí dostává k hodnotě 243 MPa. Na spodním bloku se vyskytuje maximální hodnota redukovaného napětí o poznání nižší, konkrétně asi 191 MPa. Jiná kritická místa nebyla během analýzy objevena. Hodnota bezpečnosti vůči mezi kluzu při počátečních podmínkách během analýzy varianty III je 1,2. Konstrukce tedy vyhovuje z hlediska pevnosti i v případě aplikace poměrně extrémních okrajových podmínek. Při aplikaci vyšších tlaků, tak jako při této analýze ale považujeme za nezbytné, aby forma byla ustavena v prostředku upínacích desek.

$$\sigma_{red} \leq \frac{R_e}{s_k} \Rightarrow s_k = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{284}{243} \cong 1,2 [-]$$



Obrázek 27 - Výsledek výpočtu III - redukované napětí dle HMH [MPa]

## 4 Návrh přestavby ostatních subsystémů stroje

Mezi ostatní subsystémy stroje řadíme všechny podsestavy, které nezahrnuje hrubá stavba stroje, nicméně jsou nezbytné pro jeho chod. Jedná se především o podávací ústrojí, které bylo kompletně přepracováno, hydraulické a pneumatické rozvody, které také byly z velké části upraveny, dále pak pneumatické zámky dorazů, nouzovou brzdu, prvky elektroinstalace, kryptování nebo i stabilizační torzní hřídel.

### 4.1 Návrh podávacího ústrojí

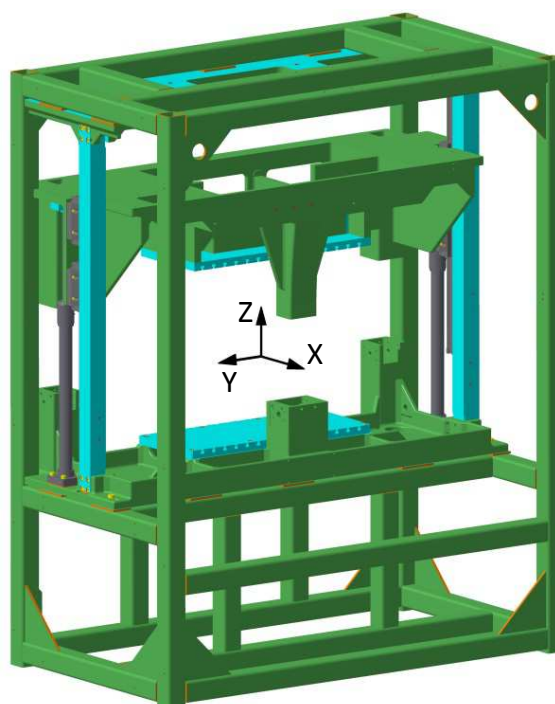
Konstrukce podávacího ústrojí sice vychází z původního řešení, které je viditelné na obrázku 06, nicméně většina komponent byla nahrazena a jedná se o zcela novou konstrukci, vzhledem ke specifikaci požadavků, která je uvedena v kapitole 3.1.

Původní řešení umožňovalo uchopení tvarově jasně definovaného materiálu, jeho pootočení okolo osy Y, omezený posuv ve směru osy Z, tedy ve svislém směru, a poté posun ve směru osy X tak, aby bylo možné zasunout zpracovávaný materiál až do prostoru formy nástroje. Pro snadnější orientaci v prostoru je přiložen obrázek 28, kde je znázorněna orientace souřadného systému, na který se tento text odkazuje.

Dle specifikace požadavků bylo nutné navrhnout dvě varianty úchopu, které budou navzájem jednoduše vyměnitelné. Obě varianty by měly umožňovat pohyb materiálu stejným způsobem jako původní varianta, tedy posuv ve směru osy X, Z a rotaci okolo osy Y. To je důležité pro vytvoření možnosti obsloužit požadovanou plochu nad upínací deskou, která má mít velikost 250 x 600 [mm].

Vzhledem k tomu, že navrhované podávací ústrojí musí být adaptivní pro širší škálu rozměrů zpracovávaného materiálu, dojde k zásadnímu přepracování konstrukce. A to tak, aby bylo možné s uchopovacími prvky pohybovat, a přizpůsobovat tak rozsah úchopů podávacího ústrojí velikosti materiálu, jehož požadovaná velikost je uvedena v tabulce 02, stejně jako veškerá specifikace požadavků týkající se podávacího ústrojí. Požadovaná velikost zpracovávaného materiálu, který bude možno uchopit, je dána jeho maximálními i minimálními rozměry takto: 50-300 x 100-600 [mm].

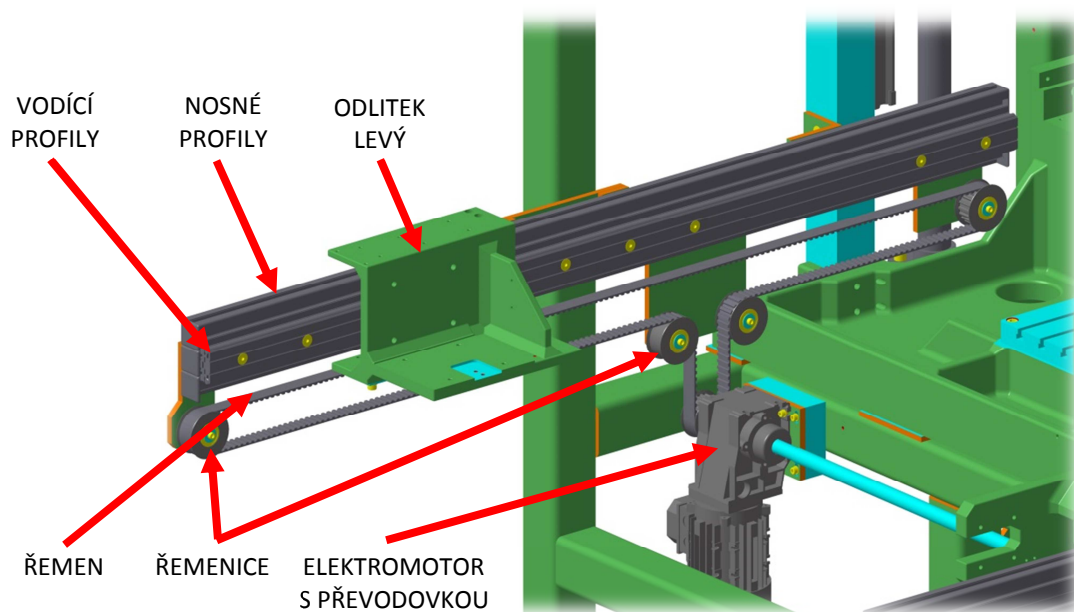
Dále bylo nutné využít stávajícího pneumaticko-elektrického pohonu. Součástí řešení jsou tak dva původní elektrické motory. První elektromotor Lenze BFK 458-06 N, jehož součástí je i převodovka, slouží k pohonu lineárního vedení pohyblivé části podávacího ústrojí ve směru osy X. Druhý elektromotor Lenze GKR05-2A, jehož součástí je také převodovka, zajišťuje rotační pohyb okolo osy Y. Pneumaticky je pak zajištěn pohyb ve směru osy Z a stejně tak jsou pneumaticky ovládané samotné uchopovací prvky.



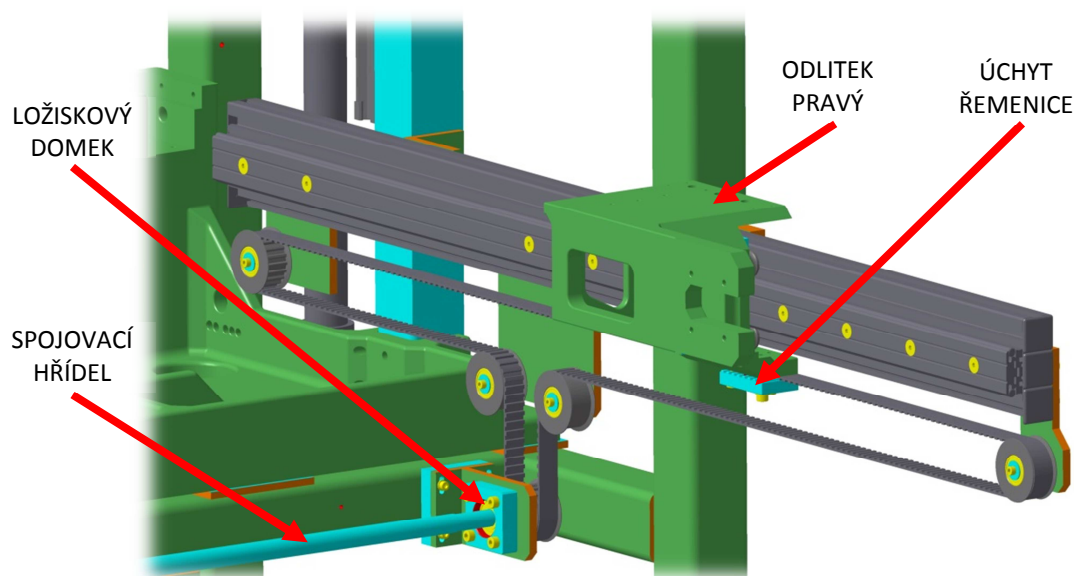
Obrázek 28 - Zobrazení souřadného systému sestavy

#### 4.1.1 Lineární pohyb ve směru osy X

Jak již bylo zmíněno, pohyb ve směru osy X zajišťuje elektromotor s integrovanou převodovkou. Touto převodovkou prochází hřídel, která je na obou koncích opatřena řemenicemi. Na jedné straně hřídel podepírá samotný motor, na straně druhé je použito kuličkové ložisko. Úchyt elektromotoru, stejně jako úchyt ložiska, je připevněn k rámu stroje. Řemenice na obou stranách pohání řemen. Ten je pak spojen s odlévanými komponenty, na které je upevněna zbylá konstrukce podávacího ústrojí. Tyto odlévané komponenty se tedy pohybují lineárně ve směru osy X. Na obou stranách je jejich vedení zajištěno pomocí válečkového vedení. Toto vedení je nakupovaná záležitost od společnosti Bosch Rexroth. Stejně jako hliníkové profily, které tvoří nosnou konstrukci tohoto vedení a potažmo i celého podávacího ústrojí a jsou připevněny přímo k rámu stroje. Tato část podávacího ústrojí zůstává původní, s výjimkou zmíněných hliníkových odlitků, kde bylo nutné opracovat některé plochy a vyvrtat několik děr. Obrázky 29 a 30 přehledně ukazují jednotlivé prvky tohoto konstrukčního uzlu, přičemž šedá barva přísluší nakupovaným komponentům.



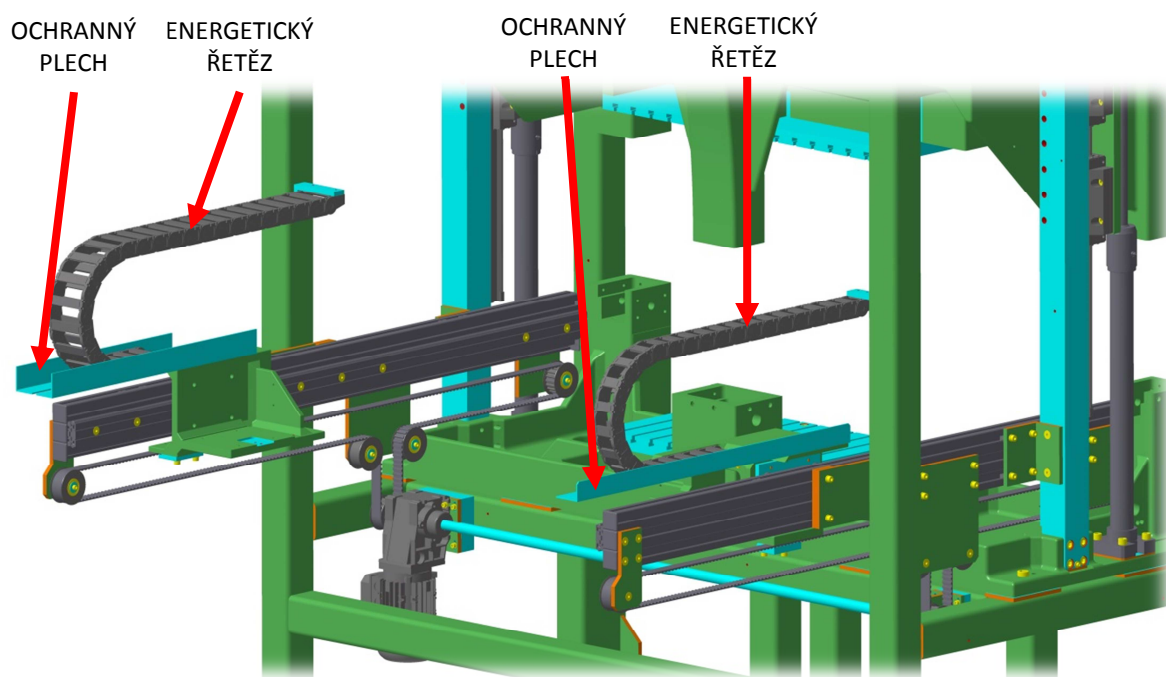
Obrázek 29 - Levá část rozpracovaného podávacího ústrojí



Obrázek 30 - Pravá část rozpracovaného podávacího ústrojí



Na pravý odlitek je nutné přivést pneumatické přípojky pro ovládání pneumatických prvků a kabely elektroinstalace. Na odlitek levý je pak nutné přivést elektrickou energii pro napájení dalšího motoru a taktéž pneumatické přípojky a kabely elektroinstalace. Aby pneumatické hadice a elektrické kabely nebyly pouze prověšené v prostoru, jsou využity energetické řetězy, v tomto případě zůstávají řetězy původní od firmy Igus. Zajišťují přesně definovanou polohu kabelů a hadic v případě, kdy je nutné je přivádět na pohyblivé komponenty, a zabraňují tak jejich poškození nebo poškození ostatních komponent zařízení. Jeden konec energetických řetězů je vždy připevněn k rámu a konec druhý je pak přišroubován k odlitkům. Během pohybu jsou pak energetické řetězy odkládány na ochranné plechy, což je viditelné na obrázku 31.



Obrázek 31 - Rozpracované podávací ústrojí

#### 4.1.2 Rotační pohyb okolo osy Y

Rotační pohyb okolo osy Y zajišťuje elektromotor s integrovanou převodovkou. Tento konstrukční uzel je kompletně nový a z původního řešení je využit pouze motor, ložiska a některé drobné komponenty. Vzhledem k nutnosti přivádět pneumatické a elektrické kabely je umožněna rotace jen o  $180^\circ$ , což je ale vzhledem k účelu dostačující.

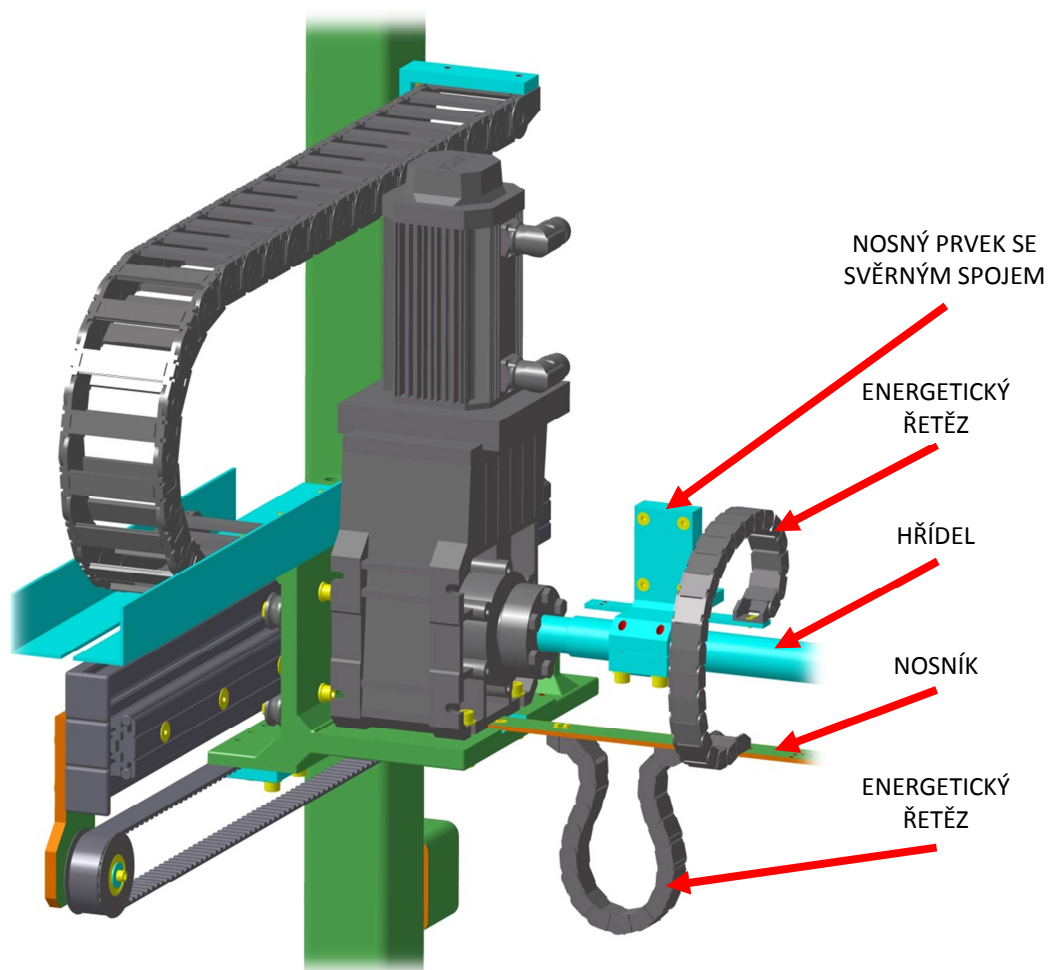
Elektromotor je uložen na levém odlitku. K jeho převodovce je uchycena hřídel, která je na svém opačném konci podepřena dvěma kuličkovými ložisky umístěnými v jednom ložiskovém domku. Tento ložiskový domek je připevněn k odlitku pravému. Na hřídel je pomocí svěrného spoje připevněna dvojice nosných prvků sloužících pro uchycení zbylých částí podávacího ústrojí. Svěrný spoj je velice důležitým konstrukčním uzlem celého podávacího ústrojí, a proto je výpočet tohoto spoje obsahem přílohy č. 1. Díky využití svěrného spoje lze po uvolnění čtyřech šroubů přestavit tyto nosné prvky kamkoli na hřídel. Tím je vyřešen požadavek na uchopení materiálů různých rozměrů. Zatím však pouze pro jeden ze dvou rozměrů zpracovávaného materiálu. Adaptivita pro druhý rozměr bude řešena v kapitole 4.1.4, resp. 4.1.5.

Problémem je přívod pneumatických a elektronických kabelů na nosné prvky. Hadice a kabely vycházejí z prostoru na odlitku. Je potřeba přivést je na nosné prvky, které ovšem konají rotační pohyb a chceme, aby bylo možné je po hřídeli přestavovat. K tomu je využita

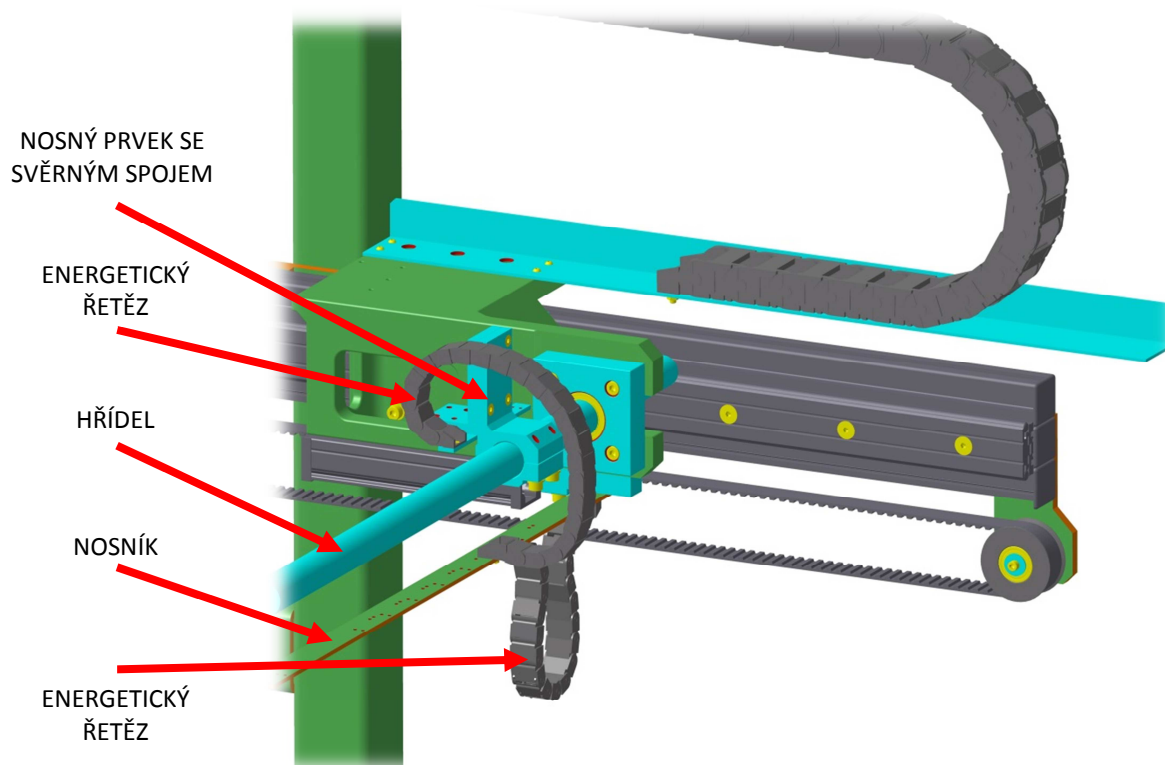
vždy dvojice energetických řetězů a mezi pravý a levý odlitek je umístěn tenký plechový nosník.

Spodní energetický řetěz vede z prostoru pravého, resp. levého odlitku právě na tento nosník, ke kterému je připevněn šrouby. Konec energetického řetězu, který směřuje do středu nosníku je po uvolnění dvou šroubů možno přemísťovat podél tohoto nosníku tak, jak jsou přestavovány nosné prvky po hřídeli. Nosník má po své délce předpřipravené dvojice děr s roztečí 55 mm, kam se mohou šrouby připevňující konec energetického řetězu umístit. Spodní dva energetické řetězy tedy umožňují přivést kabely a hadice na určené místo při zachování přestavitelnosti nosných prvků ve směru osy Y.

Druhá dvojice energetických řetězů slouží k přivedení kabelů a hadic přímo k nosným prvkům, přičemž zachovávají možnost jejich rotace. Spodní konec je upevněn opět dvěma šrouby k nosníku a to v bezprostřední blízkosti ústí předchozích energetických řetězů. Díry pro šrouby jsou taktéž připraveny po celé délce nosníku s roztečí 55 mm. Druhý konec těchto energetických řetězů je připevněno na samotné nosné prvky. Tento popis je zřejmý z obrázků 32 a 33.



Obrázek 32 - Levá část rozpracovaného podávacího ústrojí



Obrázek 33 - Pravá část rozpracovaného podávacího ústrojí

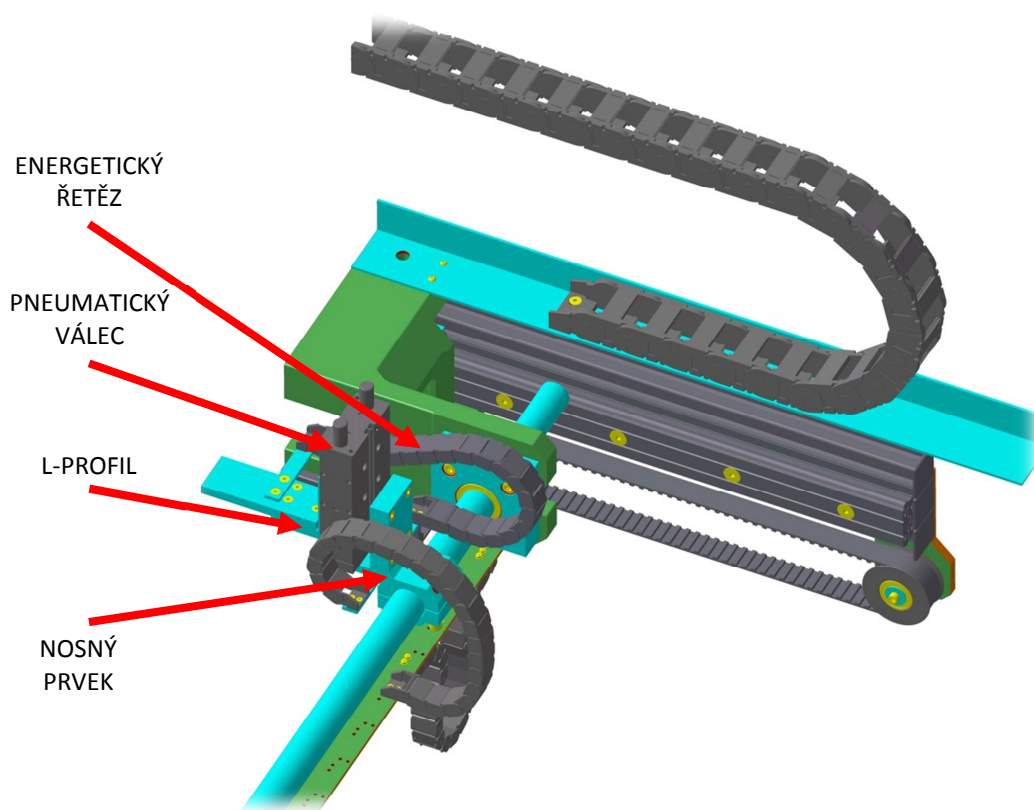
### 4.1.3 Lineární pohyb ve směru osy Z

Ve směru osy Z k lineárnímu pohybu dochází pouze v případě, že je podávací ústrojí v základní poloze, stejně jako v 3d modelu a na obrázcích. Pokud dojde k natočení okolo osy Y, pochopitelně se směr výsuvu vůči souřadnému systému, který je naznačen na obrázku 28, změní. Nicméně pro přehlednost se budeme držet stávající interpretace.

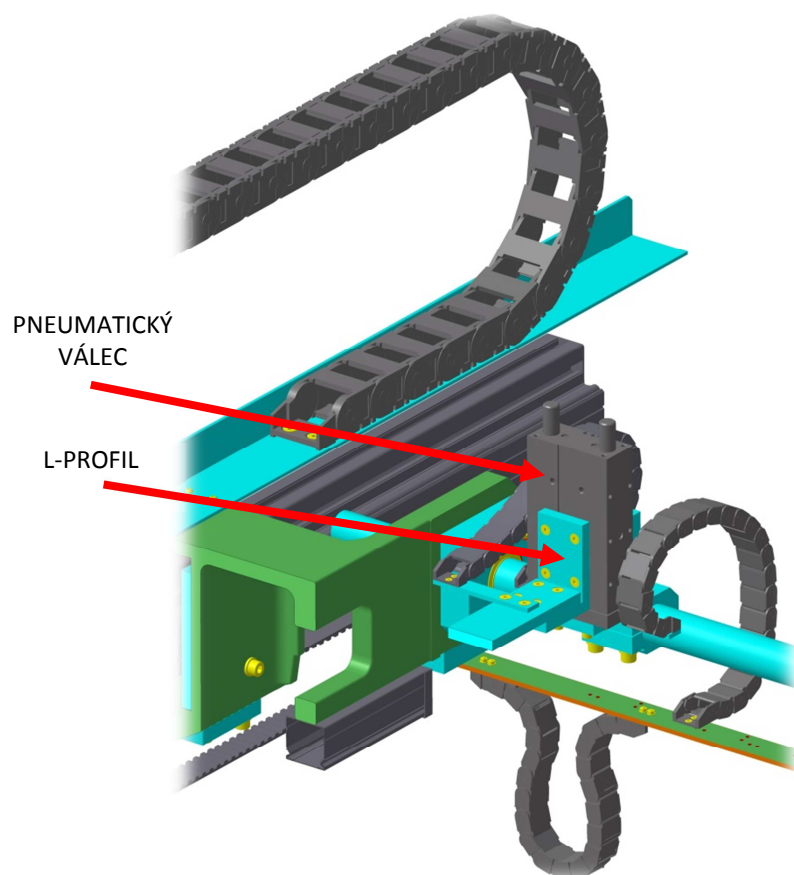
Rozsah pohybu ve směru osy Z je velmi omezený, jelikož je realizován pneumatickým válcem, jehož výrobcem je Festo. Zdvih činí 100 mm. Pístnice pneumatického válce je šrouby připevněna k nosnému prvku. Na pneumatickém válci je upevněn L-profil pomocí dvou párů šroubů, zatímco pneumatický válec disponuje celkem třemi páry závitových děr. Takže je možné ručně přestavit výšku L-profilu, na kterém je pak umístěna samotná deska s úchopy, a to do dvou výškových poloh. V krajním případě lze L-profil uchytit pouze za pomoci jednoho páru šroubů a počet poloh tak naroste na čtyři. Rozteč děr je 40 mm, takže je možné postupné výškové nastavení v rozsahu 120 mm. To je ovšem nutné provádět ručně.

Přívod kabelů a hadic je realizován skrz energetický řetěz, jehož jeden konec je uchycen k nosnému prvku a konec druhý pak k samotnému L-profilu. Tak je zajištěno, že kabely či hadice nebudou omezovat pohyb podávacího ústrojí a nedojde tak k jejich poškození.

Konstrukční řešení realizace lineárního pohybu ve směru osy Z pravé části podávacího ústrojí je zobrazeno na obrázku 34 a 35. Levá část podávacího ústrojí je řešena stejným způsobem, pochopitelně je ale zrcadlově obrácena.



Obrázek 35 - Pravá část rozpracovaného podávacího ústrojí



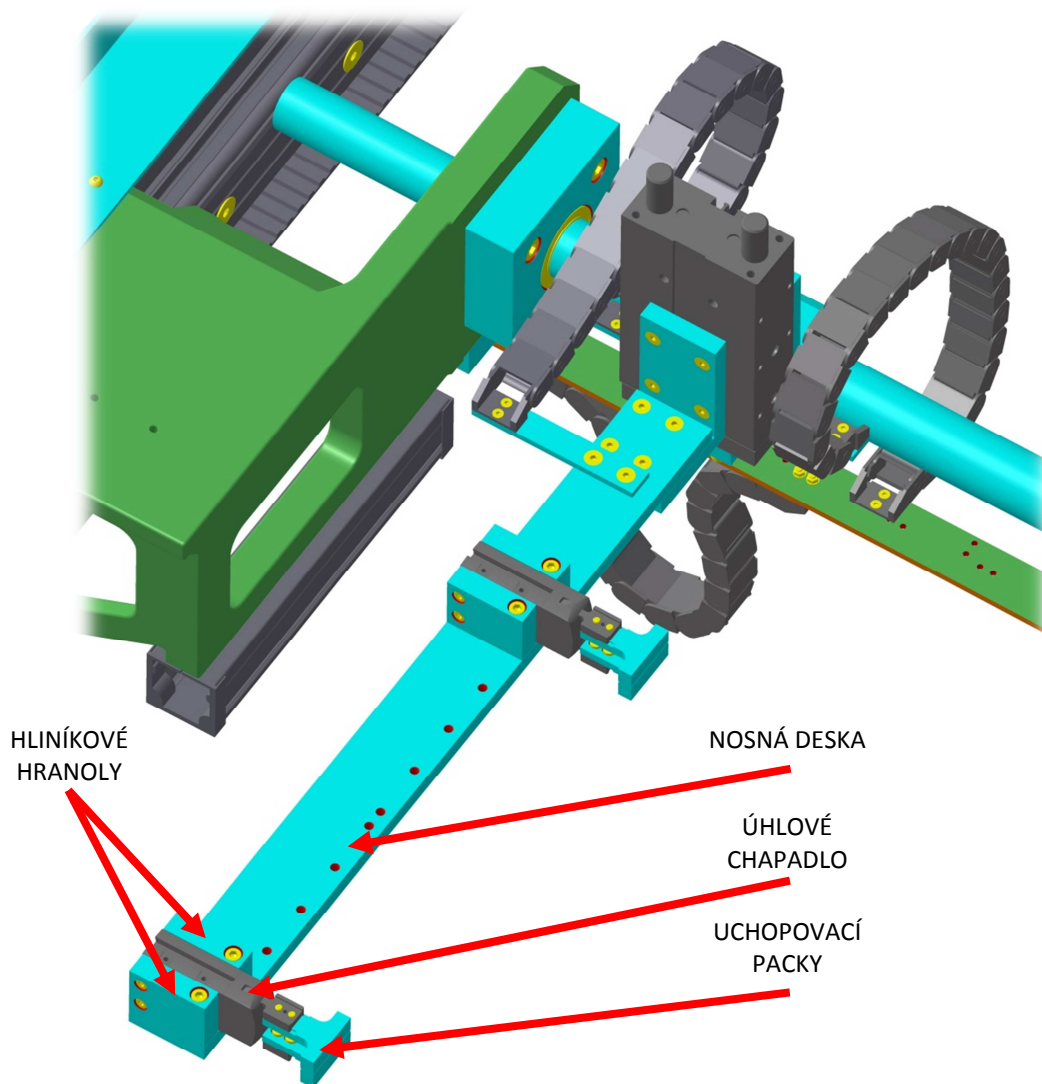
Obrázek 34 - Pravá část rozpracovaného podávacího ústrojí

#### 4.1.4 Úchop podávacího ústrojí - varianta I

Samotné úchopy jsou dle specifikace požadavků řešeny ve dvou variantách. Při jejich popisu v této a následující podkapitole opět budeme popisovat pouze pravou stranu podávacího ústrojí, jelikož strana levá je řešena totožným způsobem.

Nosná deska úchopů je šrouby připevněna k L-profilu. Samotná deska je poměrně dlouhá a to proto, aby bylo uchopovacím ústrojím možno obsloužit požadovanou plochu nad upínací deskou. Pomocí vždy dvou hliníkových hranolů jsou k desce připevněna pneumatická úhlová chapadla, jejichž výrobcem je společnost Festo. Deska má v sobě navrtané díry, takže je možné pneumatická chapadla s hranoly ručně přemísťovat podle potřeby a to povolením dvou šroubů. Rozteč děr zde činí 32 mm. Tím je zajištěno, že bude možno uchopovat materiál různých rozměrů.

Úhlová chapadla jsou pak opatřena uchopovacími packami, které jsou taktéž snadno vyměnitelné za jiný typ, připevněny jsou dvěma šrouby. Tento návrh však demonstruje pouze typ jediný, ale lze si představit uchopovací packy různého tvaru a různých rozměrů. Stejně tak by bylo možné vyměnit celá chapadla a místo úhlových použít například chapadla radiální, která společnost Festo taktéž nabízí.



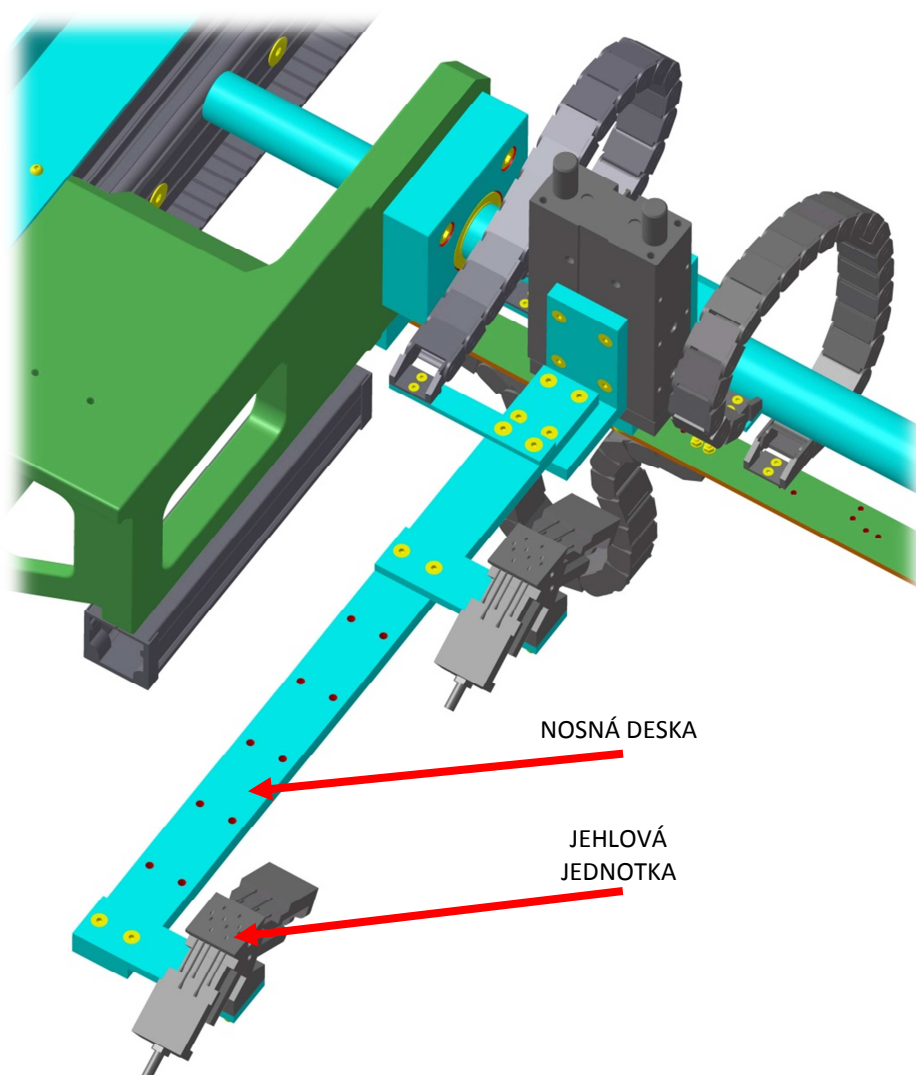
Obrázek 36 - Pravá strana úchopu podávacího ústrojí - varianta I



#### 4.1.5 Úchop podávacího ústrojí - varianta II

Druhá navržená varianta úchopu využívá naprosto odlišného způsobu uchopení zpracovávaného materiálu. Použity jsou pneumatické jehlové jednotky, jejichž výrobcem je firma Schmalz. Tyto jehlové uchopovací jednotky umožňují uchopení textilních materiálů, nebo materiálů silně pórovitých a to jejich probodnutím dvěma skupinami jehel, které se vysouvají z kompaktní jednotky proti sobě pod určitým úhlem. Materiál takto probodnutý nemá možnost se nijak uvolnit a to až do okamžiku, kdy budou jehly opět zasunuty.

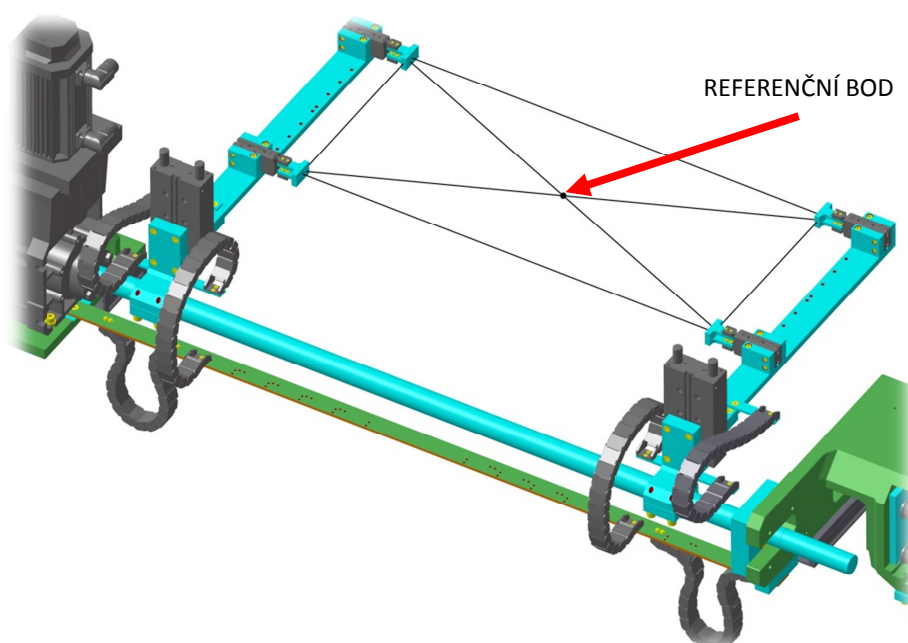
Použita je jiná nosná deska, než v přechozí variantě. Obsahuje díry s roztečí 50 mm, takže je opět možné pneumatické jehlové jednotky posouvat v závislosti na velikosti materiálů, jenž se bude zpracovávat. Opět stačí povolit dva šrouby. Jehlové jednotky nejsou umístěny přímo na nosné desce, jsou však pomocí dalších menších desek předsunuty mimo nosnou desku. Důvodem je snaha vyhnout se kolizi mezi nosnou deskou a jehlovou jednotkou při zasunutí jehel. Při tom totiž dochází k výsuvu pístu na druhé straně jehlové jednotky.



Obrázek 37 - Pravá strana úchopu podávacího ústrojí - varianta II

#### 4.1.6 Základní parametry navrženého podávacího ústrojí

Základní parametry podávacího ústrojí shrnuje tabulka 08. Přičemž za počátek souřadného systému uvažujeme bod umístěný 205 mm nad středem spodní upínací desky (viz obrázek 28). Referenčním bodem na podávacím ústrojí je pak průsečík úhlopříček pomyslného obdélníku, jehož vrcholy tvoří body umístěné ve středu funkční plochy uchopovacích pacek. Předpokladem je symetrické umístění nosných prvků na hřídeli vůči rovině X-Z a maximální možná montážní vzdálenost uchopovacích jednotek ve směru osy X. Pro přehlednost je uveden obrázek 38.



Obrázek 38 - Referenční bod podávacího ústrojí

Pohon	pneumatické-elektrický	
Rozsah posuvu ve směru osy X [mm]	0 - 810	
Rozsah posuvu ve směru osy Z [mm]	1. poloha	0 - 100
	2. poloha	40 - 140
	3. poloha	80 - 180
	4. poloha	120 - 220
Rozsah rotace okolo osy Y [°]	0 - 180	
Celkový dosah ve směru osy X (výsuv + rotace) [mm]	1618	
Maximální hmotnost uchopovaného materiálu [kg]	3	
Maximální velikost uchopovaného materiálu [mm]	330 x 690	
Minimální velikost uchopovaného materiálu [mm]	40 x 40	

Tabulka 08 - Základní parametry podávacího ústrojí

Během činnosti podávacího ústrojí se předpokládá nejprve vysunutí ve směru osy X a zároveň přetočení rotační části o 180° okolo osy Y. V tu chvíli jsou tedy uchopovací prvky přetočené opačně než na uvedených obrázcích. To je důležité zejména při využití varianty II. Jehlové jednotky směřují směrem dolů, a může tak dojít k nabodnutí materiálu shora. V případě využití varianty I tento poznatek není podstatný. Po uchopení materiálu opět dojde k přetočení do původní nebo požadované polohy. Dle potřeby může také dojít k posuvu ve

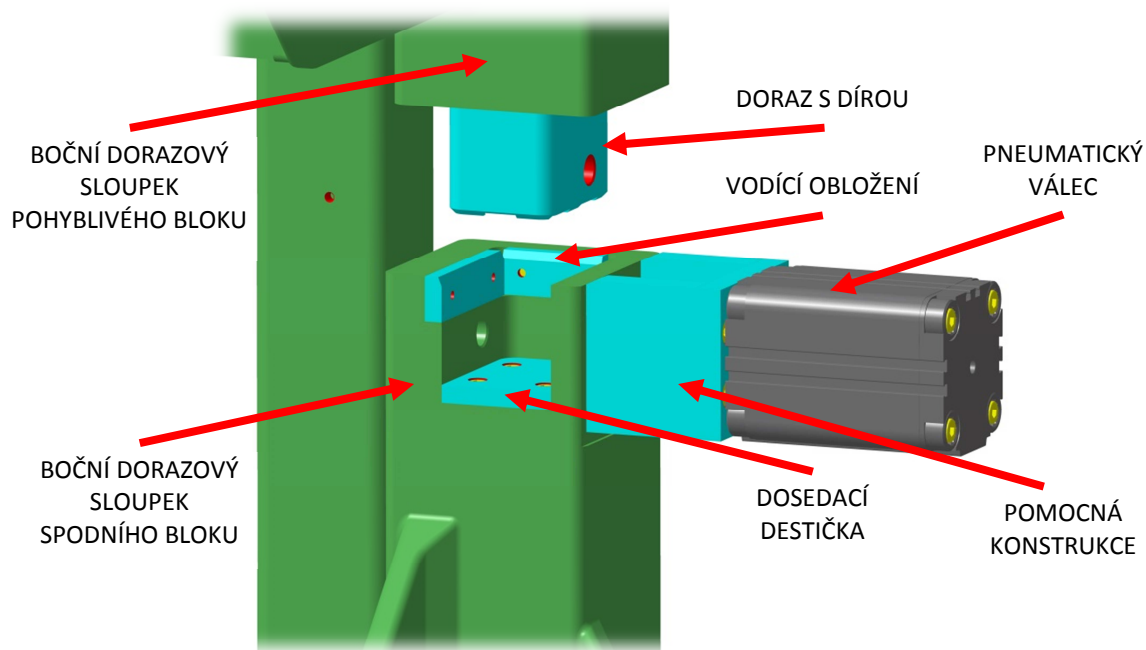
směru osy Z. Poté dojde k zasunutí podávacího ústrojí zpět ve směru osy X, aby se materiál dostal do požadované pozice mezi upínací desky, resp. do prostoru ustavené formy. Uchopovací jednotky pak uvolní materiál a podávací ústrojí se nyní musí dostat do takové polohy, aby během pracovního procesu nedošlo ke kolizi jakýchkoli částí zařízení s podávacím ústrojím. Ovládání podávacího ústrojí lze provádět buď manuálně pomocí řídicího panelu, nebo lze jeho pohyb naprogramovat a zautomatizovat, neboť součástí všech vedení pohybů budou senzory, které řídicí jednotce poskytnou nezbytné informace pro automatický chod. Umístění senzorů bude detailněji popsáno v kapitole 4.5.

## 4.2 Zamykací systém dorazových sloupků

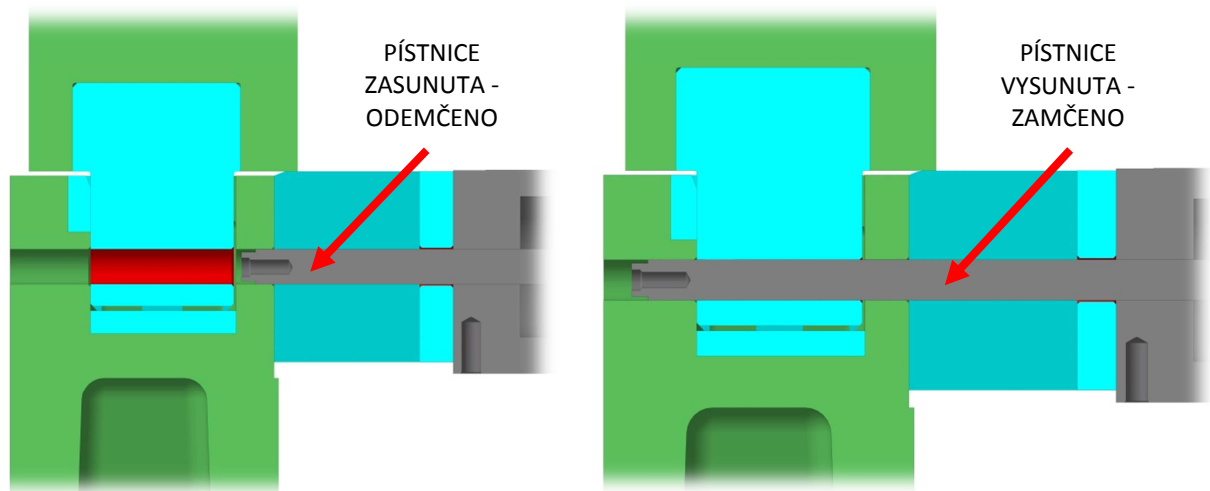
Zamykací systém, stejně jako dorazové sloupky, se od původního řešení prakticky neliší. Proto bude v této kapitole pouze stručně popsáno jeho konstrukční řešení. Příloha č. 2 však obsahuje kontrolní výpočet čepů, které tvoří hlavní spojovací prvek zamykacího systému. Nutnost provést kontrolní výpočet bude zdůvodněna v kapitole 4.3.

Zamykací systém se skládá ze tří dorazů, které jsou nalisovány v dorazových sloupcích v pohyblivém bloku. Dva ze sloupků se nacházejí po stranách bloku a jsou totožné, budeme je tedy nazývat dorazové sloupky boční. Třetí se nachází přibližně uprostřed bloku, budeme ho proto nazývat střední dorazový sloupek. Protikusem dorazů jsou dorazové sloupky, které jsou součástí spodního bloku. V těchto dorazových sloupcích jsou vyhotoveny dutiny, ve kterých je umístěno vodící obložení a také samostatné dosedací destičky, které tvoří dosedací plochu pro dorazy.

Ve chvíli, kdy se dorazy dostávají do prostoru dutiny s vodícím obložением, se zlepšuje přesnost a tuhost vedení celého zařízení. Po dosednutí dorazů na dosedací plochy pak může dojít k uzamčení formy. V tu chvíli je vzdálenost horní a spodní upínací desky 350 mm. Uzamčení stroje je zajišťováno pneumatickými válci Festo. Ty jsou vždy pomocnou konstrukcí upevněny k dorazovým sloupkům spodního bloku. Pístnice bočních pneumatických válců fungují jako čepy, které jsou zasunuty do děr v dorazech. Pokud je pístnice vysunuta z válce, je zámek uzamčen.

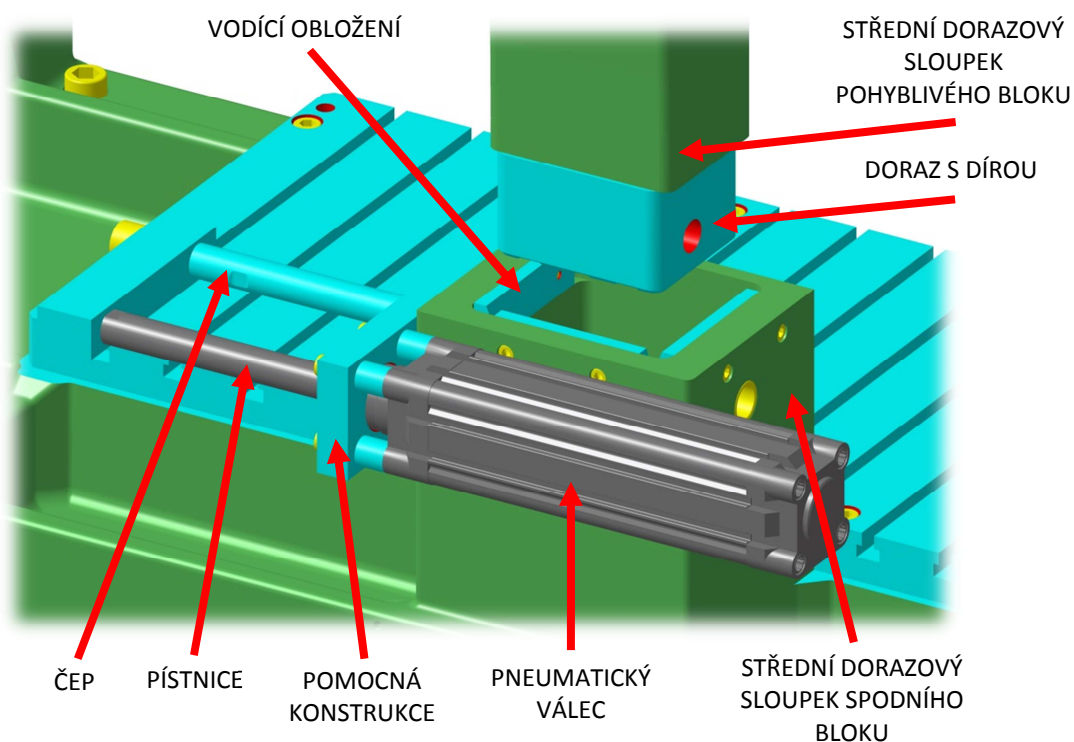


Obrázek 39 - Boční (levý) dorazový sloupek s pneumatickým zámekem



Obrázek 40 - Řez bočním (levým) dorazovým sloupkem - odemčeno/zamčeno

V případě středního dorazového sloupku není do díry v dorazu zasouvána přímo pístnice pneumatického válce, ale je k tomu využít čep, který je součástí pomocné konstrukce. Pokud je pístnice zasunuta ve válci, zámek je uzamčen. Střední zámek tedy funguje opačně než zámky boční a na to je třeba dbát během instalace přípojek pneumatického tlaku.



Obrázek 41 - Střední dorazový sloupek s pneumatickým zámekem

Jak je viditelné z obrázků 39 a 41, každý jednotlivý sloupek nedokáže zachytit sílu v obou směrech, a to jak v kladném, tak i záporném směru. Je tomu tak proto, aby doraz nebyl obklopen vodícím obložením ze všech čtyř stran. Mohlo by totiž docházet k zadírání, a tak i ke zvýšenému opotřebením vodících ploch a budoucímu snížení přesnosti vedení. Pokud se odkážeme na souřadný systém uvedený na obrázku 28, můžeme jasně definovat, který dorazový sloupek zachycuje sílu v jakém směru.

Střední dorazový sloupek zachycuje síly ve směru +X a zároveň ve směru +Y, stejně jako ve směru -Y. Levý dorazový sloupek umožňuje zachycení sil ve směru -X a zároveň +Y,

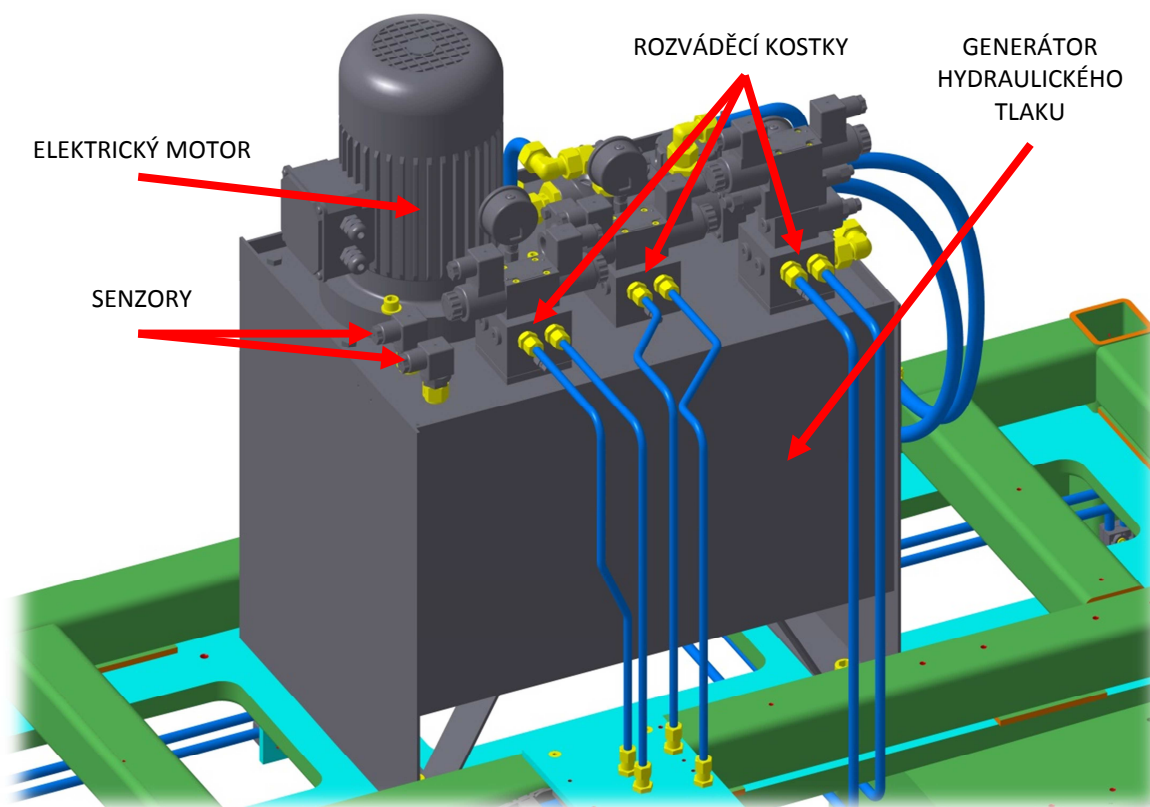
zatímco pravý dorazový sloupek ve směru -X a -Y. Zachycení sil vznikajících ve směru osy Z je pak pochopitelně zajištěno čepy, které při uzamčení procházejí otvory v dorazech.

### 4.3 Hydraulický obvod

Hydraulický obvod zajišťuje hlavní pohyb nástroje, kterým je vertikální pohyb pohyblivého bloku prostřednictvím hydraulických válců. Dále je pak hydraulický tlak vyveden na pohyblivý blok, a to ve dvou okruzích. Tyto dva okruhy jsou navrženy kompletně nové. Pomocí rychlospojek lze hydraulický tlak snadno využít pro další aplikace prováděné během provozu navrhovaného zařízení. Tuto funkci vyžaduje specifikace požadavků uvedená v tabulce 03. Forma ustavená do zařízení totiž může být vybavena vlastními střížníky, vyhazovači nebo mechanismem pro otevření formy ve vodorovném směru či zařízením pro vyvození předepínací síly apod. K pohonu těchto systémů se zpravidla využívá hydraulická nebo pneumatická tlaková energie.

Generátor hydraulického tlaku zůstává původní a je základem celého hydraulického okruhu. Sestava generátoru je přišroubována shora k hornímu bloku. Jedná se o produkt společnosti Busch Hydraulik a původně se pravděpodobně jednalo o sestavu na zakázku. Maximální tlak, který je tento generátor schopen dodat, je 5 MPa.

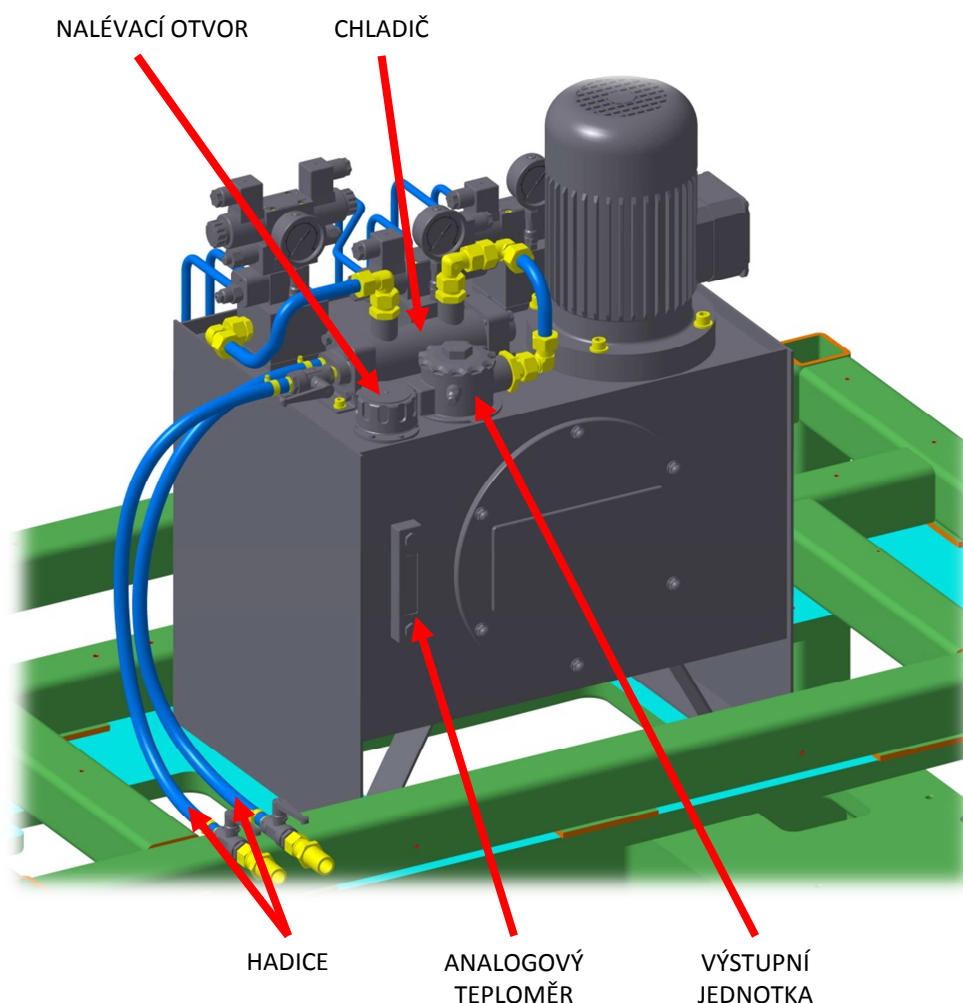
Součástí sestavy generátoru je elektrický motor, kterému bude věnována pozornost v kapitole 4.5, a nalévací otvor s filtrem, kde výrobcem je firma Stauff. Zespolu bychom našli vypouštěcí otvor nádrže. Dále je součástí výstupní jednotka taktéž opatřená filtrem, v tomto případě je výrobcem firma EPE. Přes výstupní jednotku s filtrem tlakové médium putuje do chladiče. Z chladiče od firmy Universal Hydraulik je tlakové médium přiváděno do rozváděcích kostek. Z chladiče ústí dvě hadice, ty slouží k přívodu a odvodu chladícího média, kterým může být pouze voda. Součástí generátoru hydraulického tlaku jsou i tři rozváděcí kostky. V tomto konstrukčním návrhu jedna rozváděcí kostka obsluhuje hydraulickým tlakem oba hydraulické válce, druhá kostka pak jeden hydraulický okruh



Obrázek 42 - Generátor hydraulického tlaku - pohled zepředu



vyvedený na blok pohyblivý a třetí kostka druhý hydraulický okruh vyvedený na blok pohyblivý. Za zmínku ještě stojí skupina senzorů, kterými je sestava hydraulického generátoru opatřena. Konkrétně se jedná o elektronické senzory snímání výšky hladiny a snímání teploty hydraulické kapaliny, nebo i teploměr analogový kapalinový.



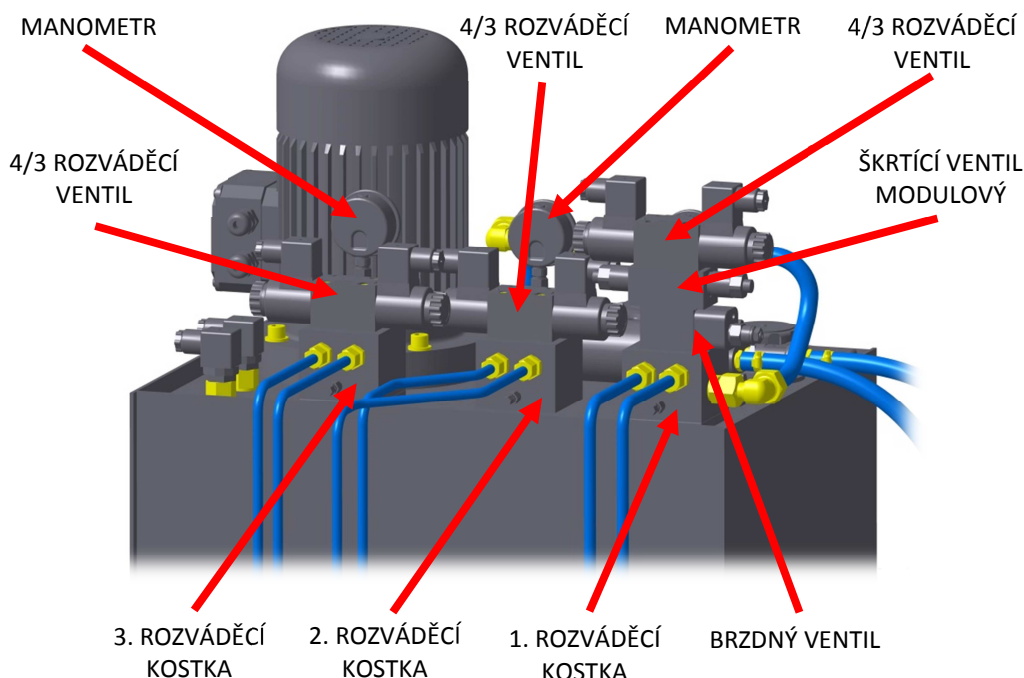
Obrázek 43 - Generátor hydraulického tlaku - pohled zezadu

První rozváděcí kostka, která slouží k zásobování hydraulických válců tlakovým médiem, je v bloku osazena 4/3 rozváděcím ventilem, škrťcím modulovým ventilem a na konci okruhu je umístěn brzdňý ventil. Elektromagneticky ovládaný rozváděcí ventil slouží k ovládání přívodu tlakového média. Škrťcím ventil modulový slouží k regulaci rychlosti pohybu pohyblivého bloku, a to jak při pohybu vzhůru, tak při pohybu směrem dolů. Brzdňý ventil je využit z důvodu, aby při pohybu bloku směrem dolů nedocházelo ke ztrátě kontroly nad pohybem. Dochází totiž ke spouštění poměrně vysoké hmoty, a tak by ve válci nad pístem docházelo ke snižování tlaku v závislosti na tom, jak tíha bloku vytlačuje tlakové médium z prostoru pod pístem. Brzdňý ventil je připojen na větvi, která při spouštění bloku dolů slouží k odvodu tlakového média. Ventil je uzavřen, pokud není ve větvi přívodní dostatečně velký tlak. Pokud tlak v přívodní větvi dosáhne určité hodnoty, je brzdňý ventil otevřen. Pokud ale tlak v přívodní větvi opět klesne pod danou hodnotu, brzdňý ventil se opět uzavře. Tak je zajištěna stálá kontrola pohybu bloku směrem dolů. Součástí okruhu je ještě manometr a pojistný ventil.

Zbylé dvě rozváděcí kostky obsluhují dva okruhy, které jsou přivedené na pohyblivý blok a jsou totožné. Na rozváděcí kostce je umístěn elektromagneticky ovládaný

4/3 rozváděcí ventil sloužící k ovládání přívodu tlakového média. Dále je součástí obou okruhů manometr a pojistný ventil. Funkce těchto dvou obvodů již byla vysvětlena na začátku této kapitoly. Takže také může nastat situace, kdy bude samotný tlak přiváděn do formy ustavené v lisu.

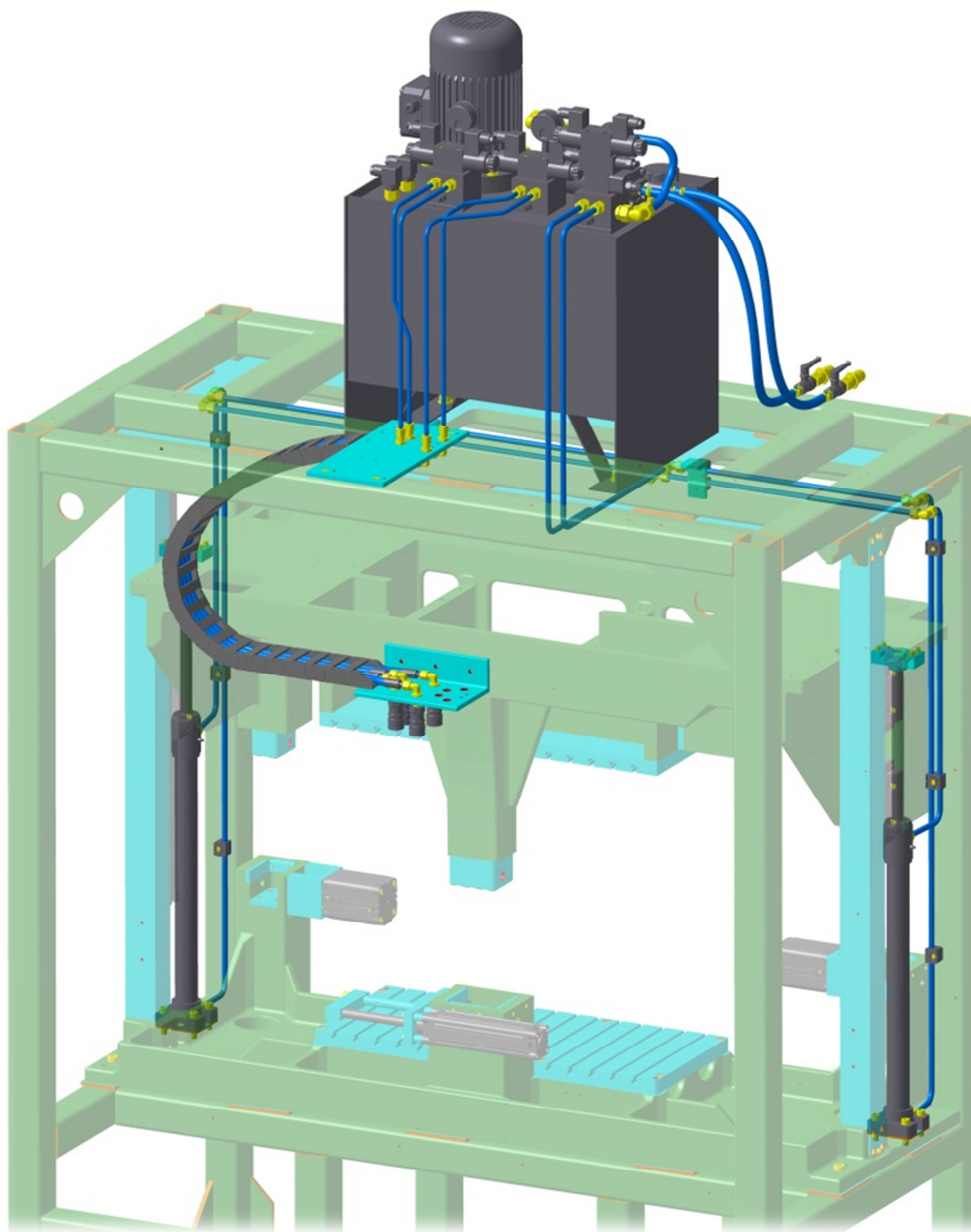
Tlak přivedený do dutiny vyvolá sílu, která pak tlačí obě upínací desky směrem od sebe. Na podobném principu byl založen výpočet pomocí MKP v kapitole 3.8, kde se aplikoval tlak až 5 MPa působící na poměrně značnou plochu ve středu upínacích desek. Tím byla ověřena tuhost hrubé konstrukce. Nebyl však z důvodu zjednodušení ověřen zamykací systém. Kontrolní výpočet čepů obsahuje příloha č. 2, jak již bylo avizováno v kapitole 4.2. Tento výpočet, kdy působením tlaku v dutině formy vzniká síla namáhající čepy zamykacího systému, je značně závislý na ploše, na kterou bude tlak působit. Výsledkem je tak graf, který v závislosti na velikosti plochy průmětu dutiny do vodorovné roviny udává maximální tlak, který je možno do dutiny formy vpustit. Pokud se tedy na zařízení bude provádět například vstřikovací operace s tlakem blízcím se 5ti MPa, je nutná znalost velikosti dutiny ve formě a vyhodnocení dle grafu 01 z přílohy č. 2.



Obrázek 44 - Generátor hydraulického tlaku - detailní pohled

Z první rozváděcí kostky je tlakové médium dopraveno k hydraulickým válcům pomocí několika vhodně ohnutých měděných trubek, několika šroubení a kloubů. Trubky jsou pomocí plastových úchytek připevněny k rámu stroje.

Z druhé a třetí rozváděcí kostky na blok pohyblivý je tlakové médium přiváděno měděnými trubkami a pryžovými hadicemi. Pryžové hadice je nutné využít, protože blok se pohybuje, a použít trubky je tedy nemožné. Hadice jsou ukryty v energetickém řetězu od společnosti Igus, aby nedošlo k jejich poškození. Oba dva okruhy jsou zakončeny pomocí rychlospojek, takže je možné jednoduše přivést tlakové médium do místa na ustavené formě, podle potřeby připojením dalších hadic. Veškeré hydraulické prvky jsou součástí 3d modelu. Schéma hydraulického obvodu je obsahem přílohy č. 3.



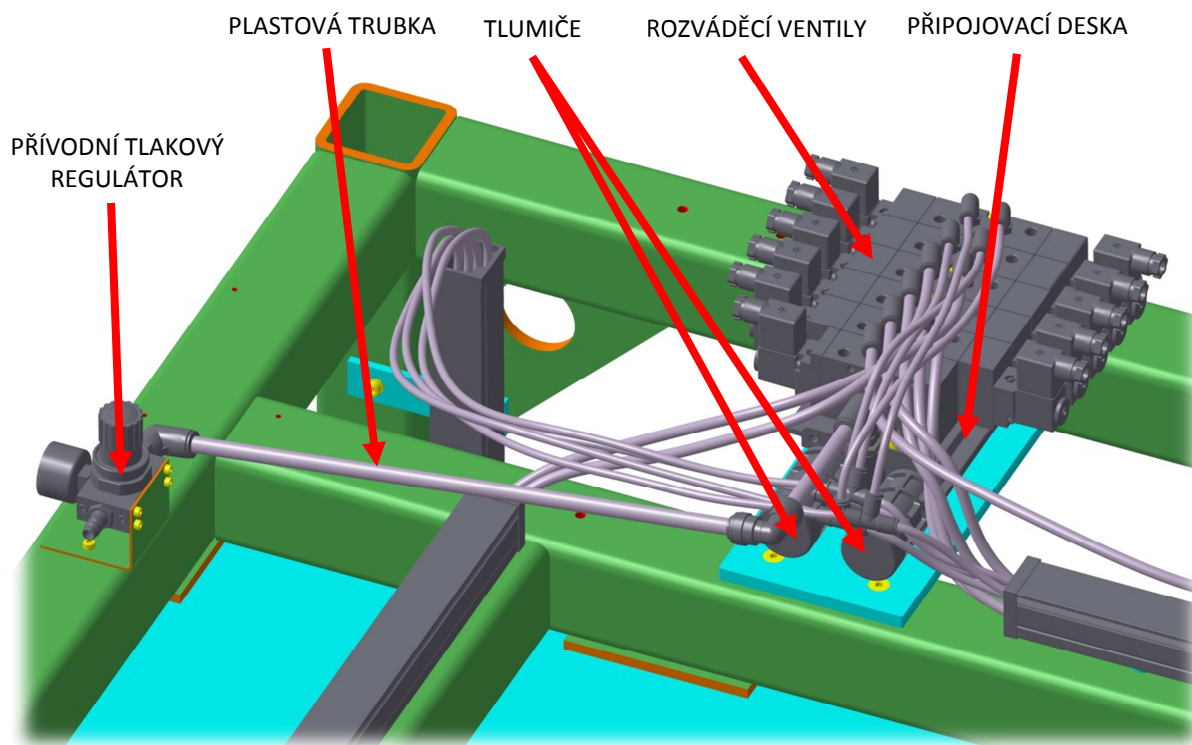
Obrázek 45 - 3d model hydraulického obvodu

#### 4.4 Pneumatický obvod

Pneumaticky je ovládáno podávací ústrojí, zamykací systém dorazových sloupků a nouzová brzda, o které bude ještě zmínka. Pneumatický obvod je z velké části přepracovaný. Přesto, že stroj nedisponuje vlastním zdrojem pneumatické tlakové energie, je pneumatická energie k chodu stroje bezpodmínečně nutná. Využívá se externí zdroj tlakového vzduchu. Předpokladem pro provoz stroje je tedy pracovní hala vybavená rozvodem tlakového vzduchu.

Tlakový vzduch je přiváděn externě prostřednictvím přívodního tlakového regulátoru, jehož součástí je samotný regulátor tlaku, rychlospojka, kohout a manometr. Pomocí soustavy plastových trubek a kloubů je tlakový vzduch přiveden do centrálního vzduchového rozvaděče. Ten se skládá z přípojovací desky, ke které je připojeno celkem šest elektromagneticky ovládaných rozváděcích ventilů, přívod tlakového vzduchu a dva tlumiče.

To vše je umístěno shora na rámu stroje a jedná se o komponenty nakupované od společnosti Festo. Rozváděcí ventily jsou číslovány od kraje rámu stroje. První rozváděcí ventil je typu 5/2 a slouží k řízení přívodu tlakového vzduchu k uchopovacím jednotkám podávacího ústrojí, a to jak pravé, tak i levé strany pomocí jednoho okruhu. Na pravé i levé straně podávacího ústrojí jsou vždy dvě uchopovací jednotky, a tak je třeba přívodní hadice celkem dvakrát rozdvojit. To je provedeno použitím čtyř Y-přípojek a dvou T-přípojek. Pneumatické hadice vedou skrz energetické žlaby umístěné na rámu stroje a skrz několik energetických řetězů, které jsou součástí podávacího ústrojí a byly popsány v kapitole 4.1.



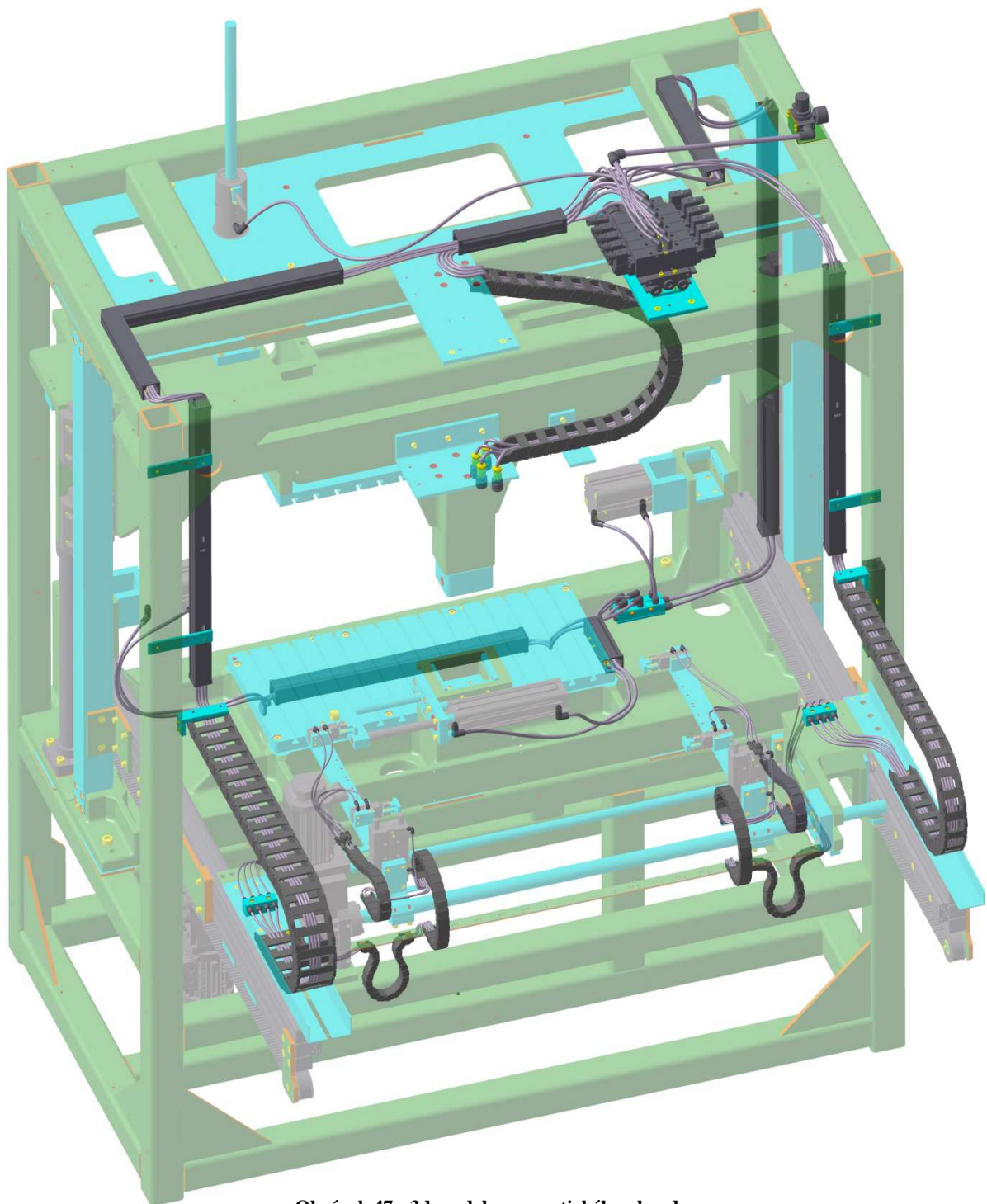
Obrázek 46 - Centrální rozvod tlakového vzduchu

Druhý rozváděcí ventil je opět typu 5/2 a jeho prostřednictvím se řídí přívod tlakového vzduchu na pneumatické válce Festo na podávacím ústrojí, které zajišťují pohyb ve směru osy Z. Hadice jsou v tomto případě vedeny stejnou cestou, jakou jsou vedeny hadice od prvního rozváděcího ventilu. Protože však na každé straně podávacího ústrojí je třeba zásobit tlakovým vzduchem pouze jeden válec, je nutné pouze jedno rozdvojení, a to pomocí dvou T-přípojek. T-přípojky je možné vidět na obrázku 46 ve změti pneumatických hadic.

Třetí rozváděcí ventil je typu 5/3 a zajišťuje ovládání přívodu tlakového vzduchu k pneumatickým válcům zamykacího systému. Jelikož součástí zamykacího systému jsou celkem tři pneumatické válce Festo, je třeba pneumatické hadice roztrojit. K tomu je použita přípojovací deska umístěná na spodním bloku. K této desce je tlakový vzduch přiveden dvěma hadicemi (jedna pro přívod, druhá pro odvod). Tyto hadice opět procházejí vhodně umístěným energetickým žlabem. Od přípojovací desky pak vedou pneumatické hadice buď přímo k pneumatickým válcům, nebo procházejí otvory ve spodním odlitku či skrz energetické žlaby. Při zapojování středního pneumatického válce je nutné připojit hadice opačně než v případě bočních pneumatických válců, jelikož tento zámek funguje opačně než zámky boční, což je vysvětleno v kapitole 4.2.



Čtvrtý a pátý rozváděcí ventil slouží k řízení přívodu tlakového vzduchu na pohyblivý blok. To vyžaduje specifikace požadavků uvedená v tabulce 03. Důvody použití těchto okruhů již byly popsány v kapitole 4.3. Oba rozváděcí ventily jsou typu 5/3, tedy stejné jako v případě třetího rozváděcího ventilu. Hadice z čtvrtého a pátého ventilu procházejí jedním energetickým žlabem a na pohyblivý blok jsou přivedeny skrz energetický řetěz Igus. Na pohyblivém bloku jsou hadice zakončeny rychlospojky, aby bylo možné snadno se připojit na zdroj tlakového vzduchu, pokud to z hlediska prováděné technologie bude nutné.



Obrázek 47 - 3d model pneumatického obvodu



Poslední, šestý rozváděcí ventil je typu 5/2. Od ostatních rozváděcích ventilů se však liší tím, že je monostabilní. Dále se pak liší tím, že z něj vystupuje pouze jedna hadice. Ta je připojena k nouzové brzdě, jejíž funkce bude vysvětlena v kapitole 4.7.

Veškeré pneumatické prvky jsou součástí 3d modelu, a to včetně veškerých hadic a přípojek. Schéma pneumatického obvodu je k nalezení v příloze č. 4.

## 4.5 Elektroinstalace

### 4.5.1 Elektrické pohony

Řešit kompletní elektroinstalaci nebylo předmětem diplomové práce. Nicméně veškeré prvky, které se elektroinstalace týkají, jsou ve 3d modelu zahrnuty, s výjimkou kabelů. Je tak učiněno z důvodů potřeby znalosti zástavbových rozměrů jednotlivých komponent elektroinstalace a prostorových možností celého zařízení. Všechny kabely, resp. hadice, které jsou součástí 3d modelu, se tedy týkají hydraulického nebo pneumatického okruhu.

Součástí zařízení jsou celkem tři elektrické motory. První motor pohání generátor hydraulického tlaku a je také jeho součástí. Jedná se o trojfázový asynchronní motor, jeho výrobcem je AC-Motoren a jeho označení je FY 100LB-4. V současnosti již tento konkrétní typ se stejným označením není v nabídce výrobce.

Druhý motor pohání podávací ústrojí a konkrétně slouží k pohonu jeho lineárního pohybu, což je popsáno v podkapitole 4.1.1. Opět se jedná o trojfázový asynchronní motor. Výrobcem je společnost Lenze a jeho obchodní označení je MDXMA2M063-42. V současnosti již stejný motor také není v nabídce výrobce. Jeho součástí je převodovka stejného výrobce s označením GKR03-2M a brzda BFK458-06 N.

Třetí motor se slouží k pohonu rotující části podávacího ústrojí. Výrobcem je stejně jako v přechodím případě Lenze a opět se jedná o trojfázový asynchronní motor. Jeho označení je MDSKABS056-22. Součástí motoru je také převodovka stejného výrobce s označením GKR05-2A. Základní údaje z informačních štítků umístěných na jednotlivých motorech a převodovkách demonstrují tabulky 09 a 10.

Výrobce motoru - typ	AC-Motoren - FY100LB-4	Lenze - MDXMA2M063-42	Lenze - MDSKABS056-22
Frekvence [Hz]	50/60	50/60/87	140
Výkon [kW]	3/3,6	0,25/0,31/0,46	0,8
Otáčky [1/min]	1390/1690	1370/1670/2490	3950

Tabulka 09 - Základní parametry použitých elektrických motorů

Výrobce převodovky - typ	Lenze - GKR03-2M	Lenze - GKR05-2A
Převodový poměr [-]	17,378	59,63
Maximální přenášený točivý moment [Nm]	29	113

Tabulka 10 - Základní parametry použitých převodovek

### 4.5.2 Senzory

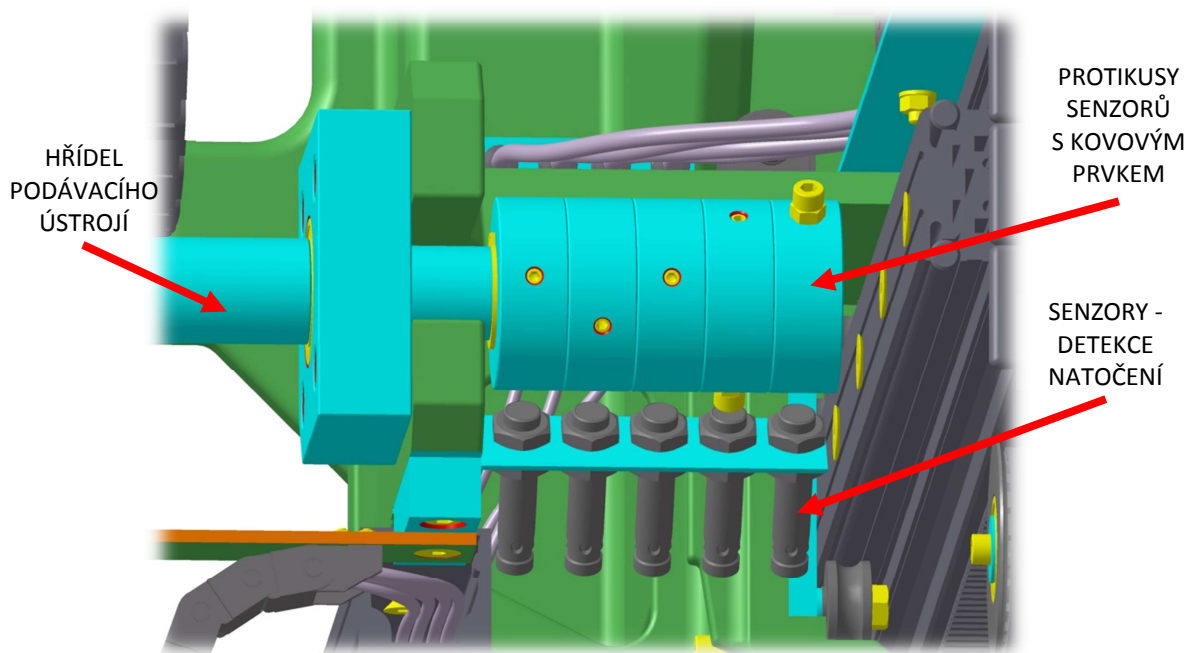
Jedním z požadavků na navrhovanou konstrukci bylo umožnit automatický chod stroje. Pro tento účel je využita řada senzorů snímání polohy. Pohybujícími se částmi stroje je pohyblivý blok a jednotlivé konstrukční uzly podávacího ústrojí, kde se nachází největší množství snímačů. Pneumatické zámky jsou senzory taktéž opatřeny. Další senzory jsou pak

instalovány například na nouzové brzdě nebo na dveřích, které budou součástí krytování. Nouzová brzda bude popsána v kapitole 4.7, krytování pak v kapitole 4.8.

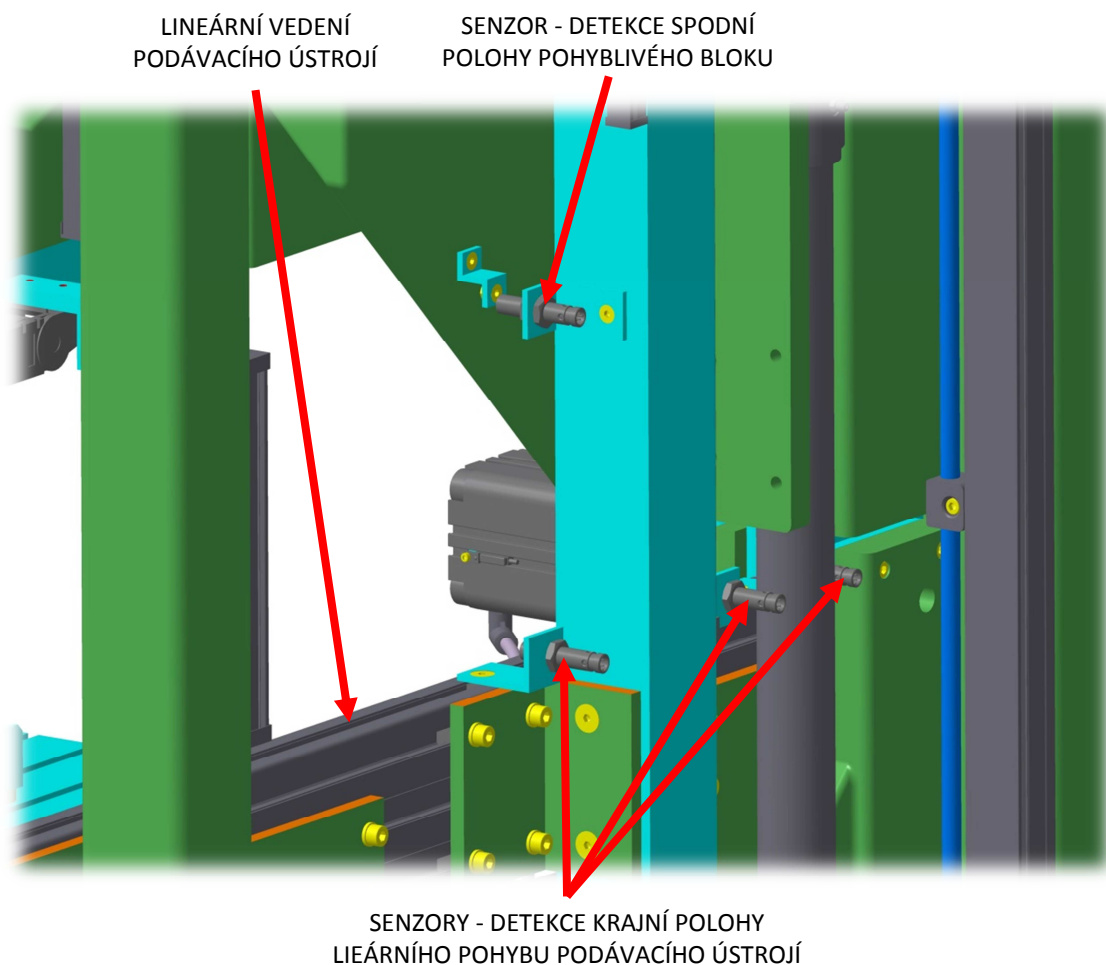
Celkem byly využity tři typy senzorů, jejichž umístění částečně odpovídá tomu, jak byly instalovány na původním zařízení, jelikož i to umožňovalo automatický chod. Prvním typem senzorů jsou indukční senzory Balluff BES M12MI. Ty jsou využity pro detekci horní a spodní krajní polohy pohyblivého bloku. Dále je tímto typem senzorů vybavena pomocná konstrukce pneumatického zámku středního dorazového sloupku pro zjištění, v jaké krajní poloze se nachází pístnice tohoto pneumatického válce, tedy jestli je zámek uzamčen, či nikoli. Hned několik těchto snímačů je použito pro indikaci krajních poloh lineárního pohybu podávacího ústrojí. Je jich celkem sedm a je možné je po lineárním vedení do jisté míry posouvat dle potřeby, vzhledem k tomu, kam přesně je nutné podávacím ústrojím materiál dopravit. Na hřídeli podávacího ústrojí, která se stará o jeho rotační pohyb, je těchto senzorů použito celkem pět a také je možno je na hřídeli pootáčet dle potřeby, a detekovat tak aktuální polohu rotační části podávacího ústrojí. Tento typ senzoru ještě slouží k detekci uzavření dveří, které jsou součástí krytování a umožňují vstup do prostoru stroje. Pokud budou otevřeny, nemělo by být možné stroj uvést do chodu. Poslední snímač tohoto typu pak slouží k detekci aktivace nouzové brzdy.



Obrázek 48 - Senzor Balluff BES M12MI-NSC40B-S04G [12]



Obrázek 49 - Senzory pro detekci natočení hřídele podávacího ústrojí



Obrázek 50 - Zobrazení umístění několika senzorů Balluff

Dalším typem senzorů jsou senzory Balluff 305K-PS. Ty slouží k detekci krajních poloh obou pneumatických válců, které pohybují podávacím ústrojím ve směru osy Z, nebo pro detekci krajní polohy pístnice pneumatických válců, které přísluší oběma bočním zámkům dorazových sloupků. Podávají tedy informaci o tom, zda jsou zámky uzamčené, či nikoli. Umístěné jsou vždy v k tomu určených drážkách na pneumatickém válci pomocí šroubu a T-matice.

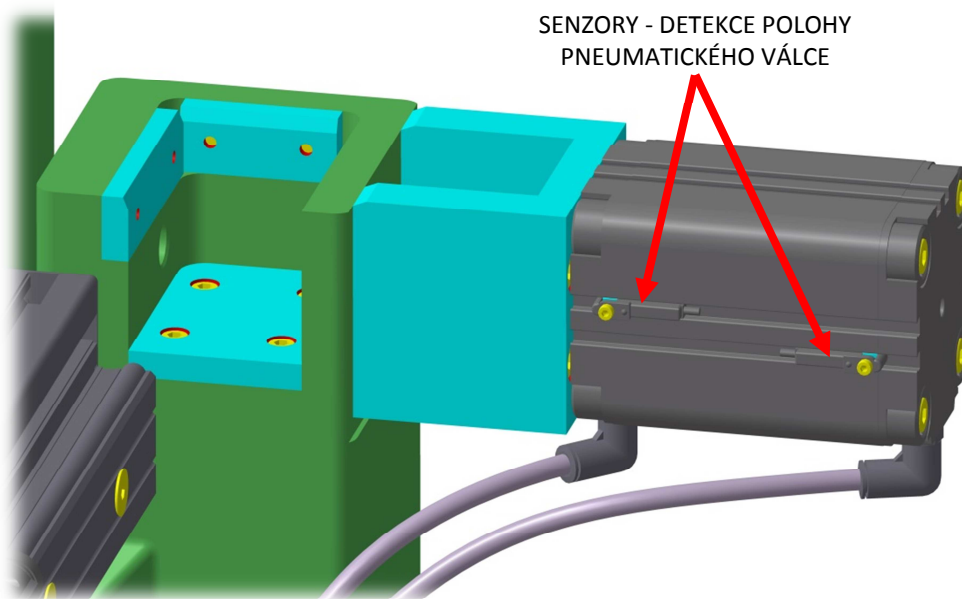
Posledním typem snímačů jsou senzory IPF MZ0701A6. Ty slouží k poskytnutí informace o tom, v jaké poloze se nacházejí uchopovací packy podávacího ústrojí. Zjišťují tedy, zda jsou packy sevřené, nebo rozevřené. Umístěné jsou taktéž v drážkách na pneumatickém chapadlu, ale pouze pomocí jednoho stavěcího šroubu.



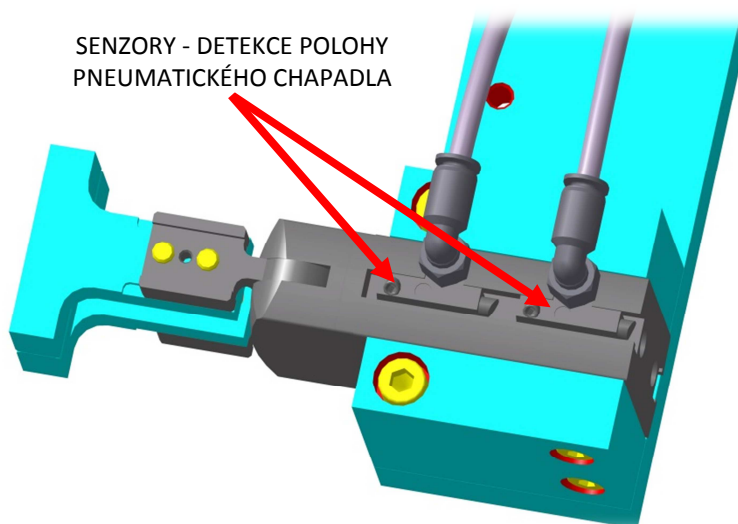
Obrázek 51 - Senzor Balluff 305K-  
PS-C-2-PU-05 [13]



Obrázek 52 - Senzor IPF MZ0701A6 [14]



Obrázek 53 - Zobrazení umístění senzorů Balluff



Obrázek 54 - Zobrazení umístění senzorů IPF

Mezi senzorovou techniku můžeme také zařadit tzv. světelnou závoru. Ta je součástí krytování, které ovšem ponechává pracovní prostor z jedné strany zařízení volně přístupný, pokud je pohyblivý blok v horní poloze. Přístup pro ruční manipulaci s materiálem je umožněn z opačné strany, než je umístěno podávací ústrojí. Tento prostor je tedy zabezpečen pomocí světelné závory Leuze. Ta se skládá z přijímače a vysílače umístěného po stranách otevřeného hlídaného prostoru. Pokud se jakýkoliv objekt nachází v tomto prostoru, nemůže dojít ke spuštění stroje, nebo dojde k jeho zastavení, pokud je právě v provozu.

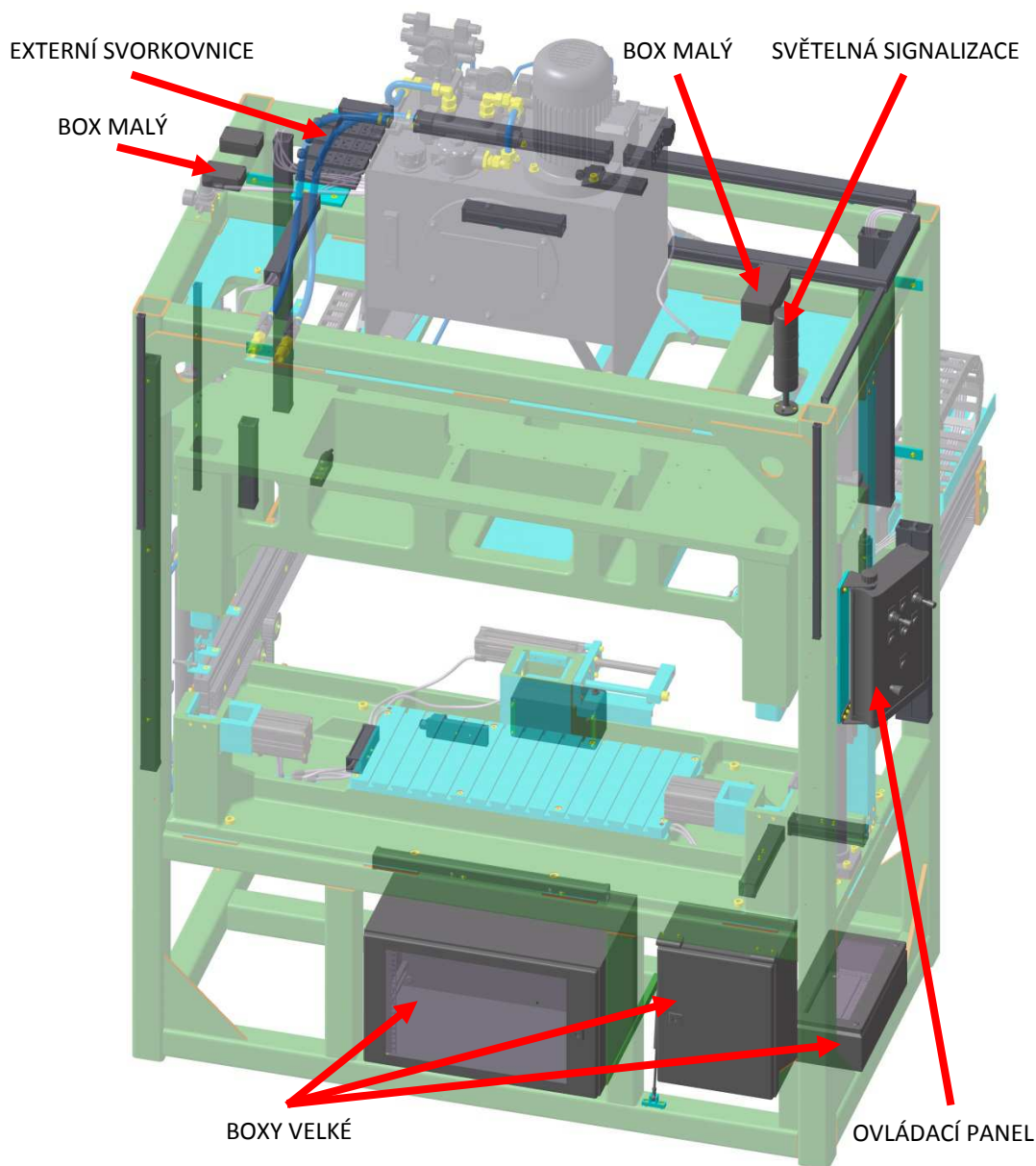
### 4.5.3 Ostatní prvky elektroinstalace

Co se týče elektroinstalace, byly do 3d modelu vloženy také boxy, které budou sloužit pro umístění svorkovnic, řídicích jednotek apod. Celkem tři poměrně masivní boxy jsou umístěny ve spodní části zařízení. Další menší boxy jsou umístěny v různých pozicích na zařízení tak, jak byly umístěny v původním řešení, jelikož se nepředpokládají větší rozdíly týkající se elektroinstalačních obvodů.

Z pochopitelných důvodů součástí 3d modelu nejsou elektrické kabely, nicméně modelově jsou pro ně vytvořeny cesty, a to pomocí energetických žlabů, podobně jako u cest pro pneumatické hadice. Některé kabely využívají stejné energetické žlaby jako pneumatický obvod, jiné mají žlaby samostatné.

Důležitým prvkem je ovládací panel pro manuální řízení stroje a podávacího ústrojí. Je umístěn z boku stroje poblíž místa, odkud je možné nahlížet na probíhající operaci. Uchycen je otočným způsobem na krytování.

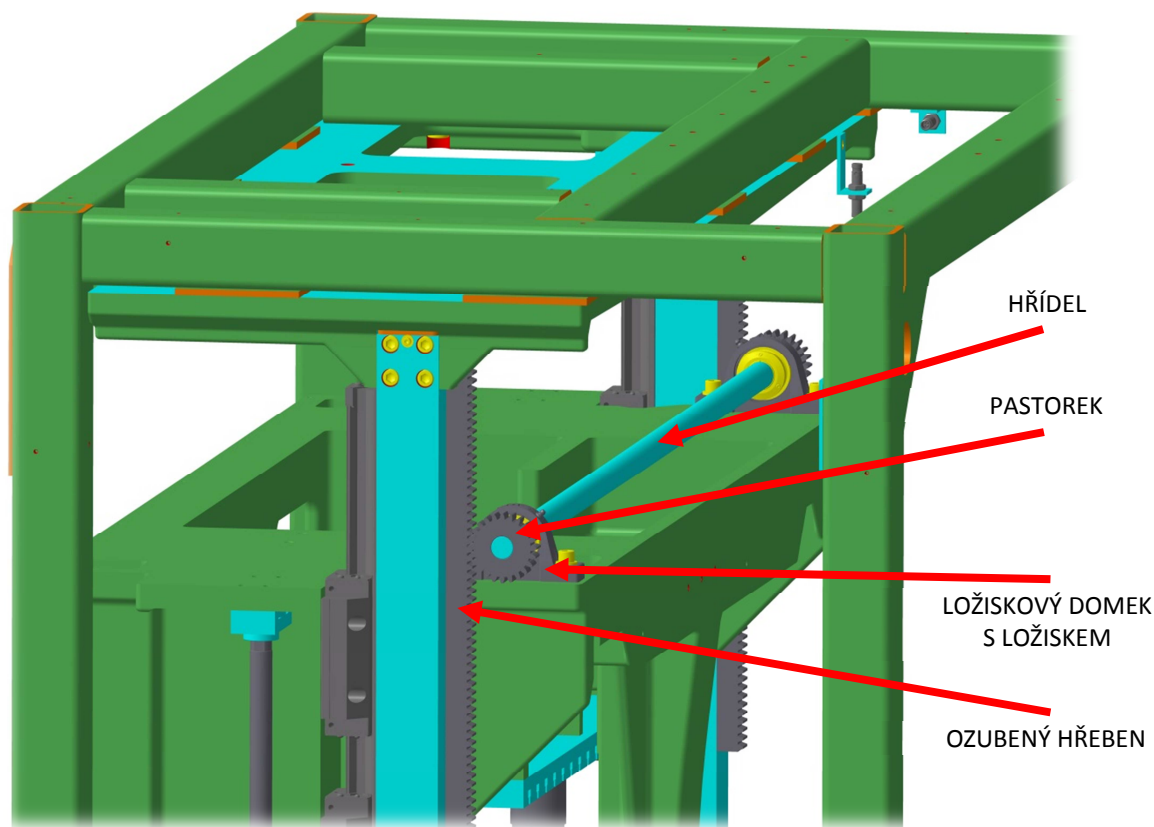
Na vrcholu stroje také můžeme nalézt světelnou signalizaci. Ta signalizuje, zda je zařízení v provozu, či nikoli podle barvy, jež právě svítí.



Obrázek 55 - 3d model prvků elektroinstalace



## 4.6 Stabilizační torzní hřídel



Obrázek 56 - Sestava stabilizační torzní hřídele

Sestava stabilizační torzní hřídele je součástí pohyblivého bloku a slouží k vyrovnávání rozdílů sil, které vyvozují jednotlivé hydraulické válce. Byla použita již u původního stroje a během přepracování nebyl důvod ji odstranit, a to i přes pochybnosti o její užitečnosti.

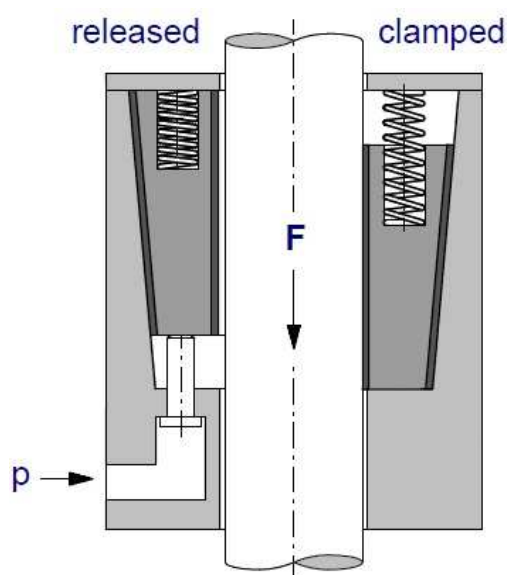
Jejími hlavními komponenty je hřídel, která je na svých koncích opatřena pastorky, a ložiskové domky s kuličkovými ložisky, které jsou připevněny k pohyblivému bloku. Na sloupcích vedení nástroje jsou pak umístěny ozubené hřebeny, jejichž ozubení zabírá při pohybu bloku pohyblivého s ozubením pastorků.

Pohyb bloku pohyblivého vyvozují dva hydraulické válce. Stabilizační hřídel tedy vyrovnává rozdíly v jimi vyvozených silách na jednotlivých stranách pohyblivého bloku. Z rozměrů hřídele a ozubení je evidentní, že pokud by jeden z válců byl úplně mimo provoz, hřídel nemůže zajistit plynulé zvednutí pohyblivého bloku. Tato situace by ale neměla nastat, jelikož oba hydraulické válce jsou zásobeny hydraulickým tlakem z jediného obvodu. Rozdíly ve vyvozených silách tak mohou být způsobeny pouze nepřesností výroby použitých hydraulických válců nebo případnými netěsnostmi či opotřebením vedení nástroje. Rozdíly ve vyvozených silách by tedy měly být minimální. Přesto by ale mohly mít negativní vliv na vedení stroje. Použití stabilizační hřídele by mělo zabránit zvýšenému namáhání a následnému zvýšenému opotřebením komponent souvisejících s vedením nástroje, především vodících kolejnic a válečkových vozíků.

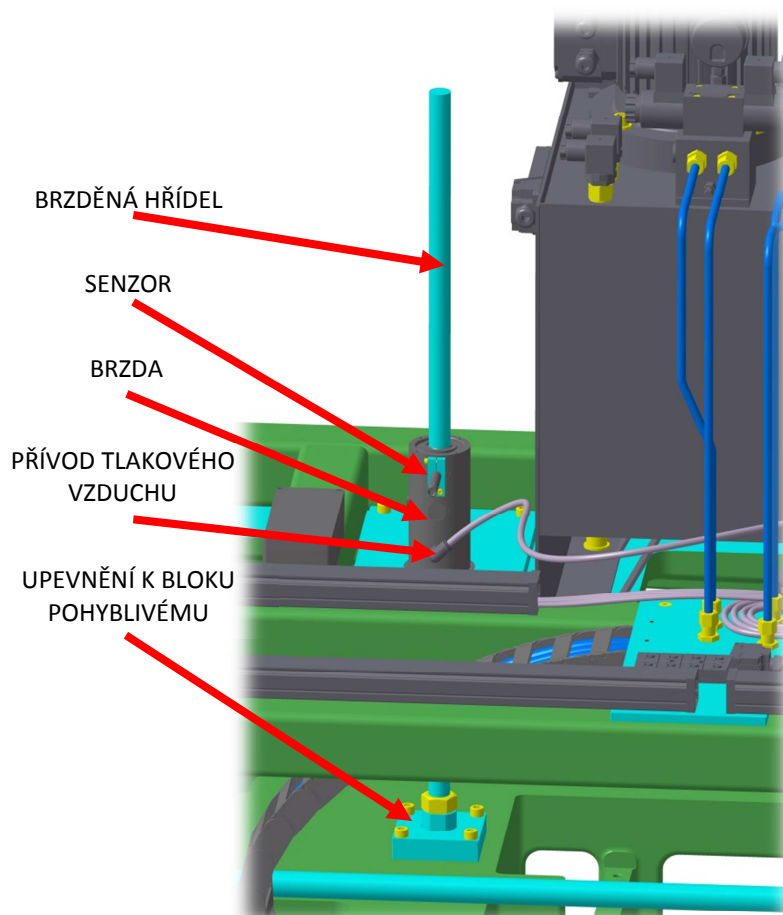
## 4.7 Ostatní komponenty stroje

### 4.7.1 Nouzová brzda

Nezbytnou součástí navrhovaného zařízení je nouzová brzda. Použita je nouzová brzda Sitema KRP25, která je schopna vyvodit brzdnu sílu 10 kN, takže udrží břemeno o hmotnosti 1 tuny, což je více, než je hmotnost pohyblivého bloku. Brzda je upevněna pomocí desky k hornímu bloku. Bržděná hřídel, která touto brzdou prochází, a pokud to situace vyžaduje, je brzdou také zadržována, je přírubou upevněna k bloku pohyblivému. K brzdě je připojen tlakový vzduch. Pokud tlak v této větvi klesne, okamžitě dojde k sevření hřídele brzdou, pohyb bloku pohyblivého se tak zastaví a nemůže dojít k samovolnému pádu pohyblivého bloku. Mělo by se tak dít při výpadku energií, při detekci objektu v prostoru světelné závory nebo při vypnutí stroje. Možné je také naprogramovat jiné situace, kdy bude docházet k aktivaci nouzové brzdy. Princip funkce nouzové brzdy je patrný z obrázku 58. Pokud klesne tlak  $p$ , pružina tlačí brzdny element směrem dolů a vzhledem ke kuželové ploše po obvodu dochází ke zvyšování brzdné síly. K jejímu zvyšování napomáhá i pohyb bržděné hřídele směrem dolů. Umístění brzdy je pak evidentní z obrázku 57.



Obrázek 58 - Princip funkce brzdy Sitema KRP25 TIA10EN [15]



Obrázek 57 - Umístění nouzové brzdy

#### 4.7.2 Horní dorazové sloupky

Kapitola 4.2 se mimo jiné zabývá dorazy ve spodní poloze pohyblivého bloku. Zatím však nebyla řeč o koncové poloze pohyblivého bloku při pohybu směrem nahoru. Horní koncovou polohu by měl detekovat indukční senzor, a vydat tak pokyn k zastavení pohybu. Pokud by k tomu z nějakého důvodu nedošlo, mohlo by dojít k destrukci komponent, které se nacházejí v prostoru mezi pohyblivým a horním blokem, popřípadě i k poškození lineárního vedení stroje. Proto je využit jeden pár dorazů i pro horní polohu pohyblivého bloku. Jedná se pouze o dorazové sloupky vyrobené z kulatiny, které jsou přišroubovány ke spodní části horního bloku po jeho stranách. Pokud by se pohyblivý blok nezastavil v poloze definované indukčním senzorem, jako první by došlo ke kontaktu horní plochy pohyblivého bloku se zmíněnými dorazovými sloupky. Tím by došlo i k nárůstu tlaku v hydraulickém obvodu, který zásobuje hydraulické válce. Protože je ale součástí každé rozváděcí kostky v hydraulickém obvodu pojistný ventil, bezprostředně po nárazu bloku do dorazových sloupků dojde k přepuštění hydraulického tlaku a k zastavení zásobování hydraulických válců tlakem. Dojde tedy k úplnému zastavení pohyblivého bloku, aniž by došlo k poškození jakýchkoli komponent zařízení.

#### 4.7.3 Podstavné nohy

Aby celé zařízení stálo v poloze kolmé vzhledem k zemi, což je velice důležité, jedná-li se o lisovací zařízení, rám je ustaven na stavitelných nohách s kulovým čepem a pryžovou podložkou. Kulový čep vyrovná případné nerovnosti povrchu, na kterém zařízení stojí, pryžová podložka pak zamezí přenášení vibrací do podlahy.



Obrázek 59 - Stavěcí noha Ganter GN [16]

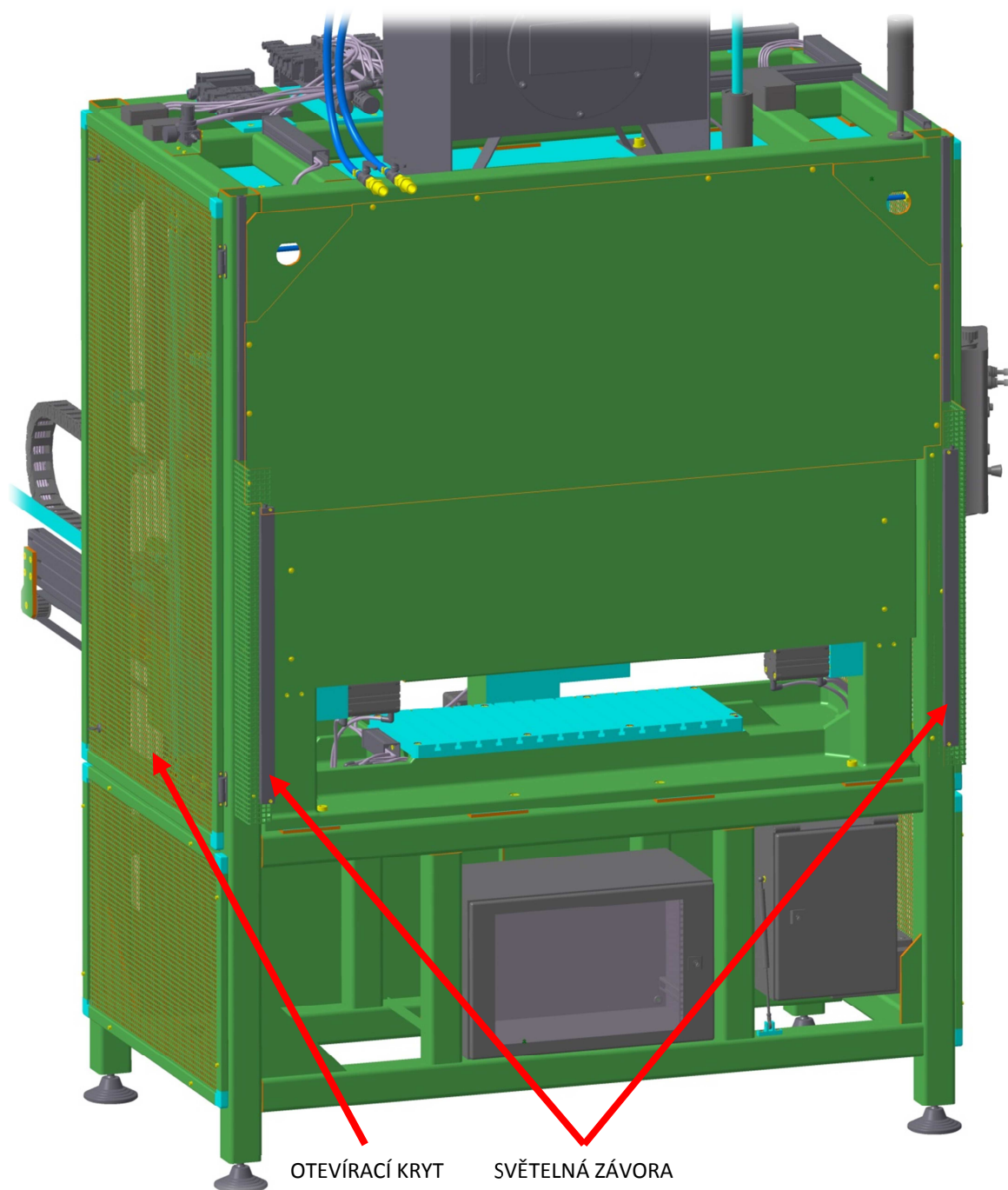
#### 4.8 Krytování

Pro zakrytování celého zařízení byl využit původní koncept krytování, takže i původní komponenty. Některé však bylo vzhledem ke změnám v konstrukci nutné tvarově upravit, a to především plechové kryty umístěné ve spodní části stroje, jelikož boxy pro elektroinstalaci úplně neodpovídají původnímu řešení.

Boční strany zařízení jsou zakrytovány celkem čtyřmi obdélníkovými tabulemi z děrovaného plechu s vyztuženými okraji. Menší tabule jsou umístěny ve spodní části stroje a jsou totožné na pravé i levé straně. Větší děrované tabule s vyztuženými okraji pak zakrývají horní část zařízení, přičemž na straně levé je na této tabuli umístěn ovládací panel. Pravá strana je otevírací, je opatřena dvěma panty a také dvěma zámky. Její uzavření detekuje indukční senzor, který byl již zmíněn v kapitole 4.5.

Ze strany na které se nachází podávací ústrojí, je pracovní prostor z pochopitelných důvodů zcela přístupný. Předpokládá se tedy, že do prostoru, kde operuje podávací ústrojí, nebude mít obsluha stroje možnost přístupu. Z této strany je zakrytována pouze spodní část. Umístěny jsou zde dva plechové výstřižky s lemovanými okraji, které brání případnému vnikání nečistot ze zpracovávaného materiálu do prostoru, kde se nachází velké množství prvků elektroinstalace.

Z opačné strany než je umístěno podávací ústrojí, tedy ze strany, kde se může pohybovat obsluha, je hned několik krycích plechů. Jeden kryt je připevněn k horní části rámu, další je připevněn k bloku pohyblivému. Dále je v tomto prostoru umístěna světelná závora, o které již bylo psáno v kapitole 4.5. Na obrázku 60 je vidět pravá boční strana s otevíracím krytem a také strana stroje, kde se může pohybovat obsluha. Pohyblivý blok je na tomto obrázku v nejnižší možné poloze, takže i v tuto chvíli má světelná závora své uplatnění, protože bez jejího použití by stále bylo možné dostat se například rukou ke spodní upínací desce za chodu stroje.



Obrázek 60 - Krytování zařízení ze strany pro obsluhu

## 5 Základní parametry navrženého zařízení

Uzavírací síla [t]	1,4
Velikost spodního upínacího stolu [mm]	800 x 334
Velikost horního upínacího stolu [mm]	788 x 334
Otevření [mm]	350
Zdvih pohyblivého bloku [mm]	480
Max. tlak hydraulického okruhu [MPa]	5
Max. tlak pneumatického okruhu [MPa]	0,5 - externí zdroj
Výška [mm]	3 158
Délka* [mm]	1 969 - 2 075
Šířka** [mm]	1 846 - 2 236
Velikost rámu [mm]	2 300 x 1 775 x 995
Celková hmotnost [t]	2,4

\* v závislosti na poloze ovládacího panelu

\*\* v závislosti na poloze podávacího ústrojí

Tabulka 11 - Základní parametry navrženého zařízení

Základní parametry navrženého univerzálního lisovacího zařízení shrnuje tabulka 11. Jedná se o dvousloupový lis pro zpracování především tkaninových nebo pěnových materiálů. Tomu odpovídá poměrně malá lisovací síla, která přísluší hmotnosti 1,4 tuny.

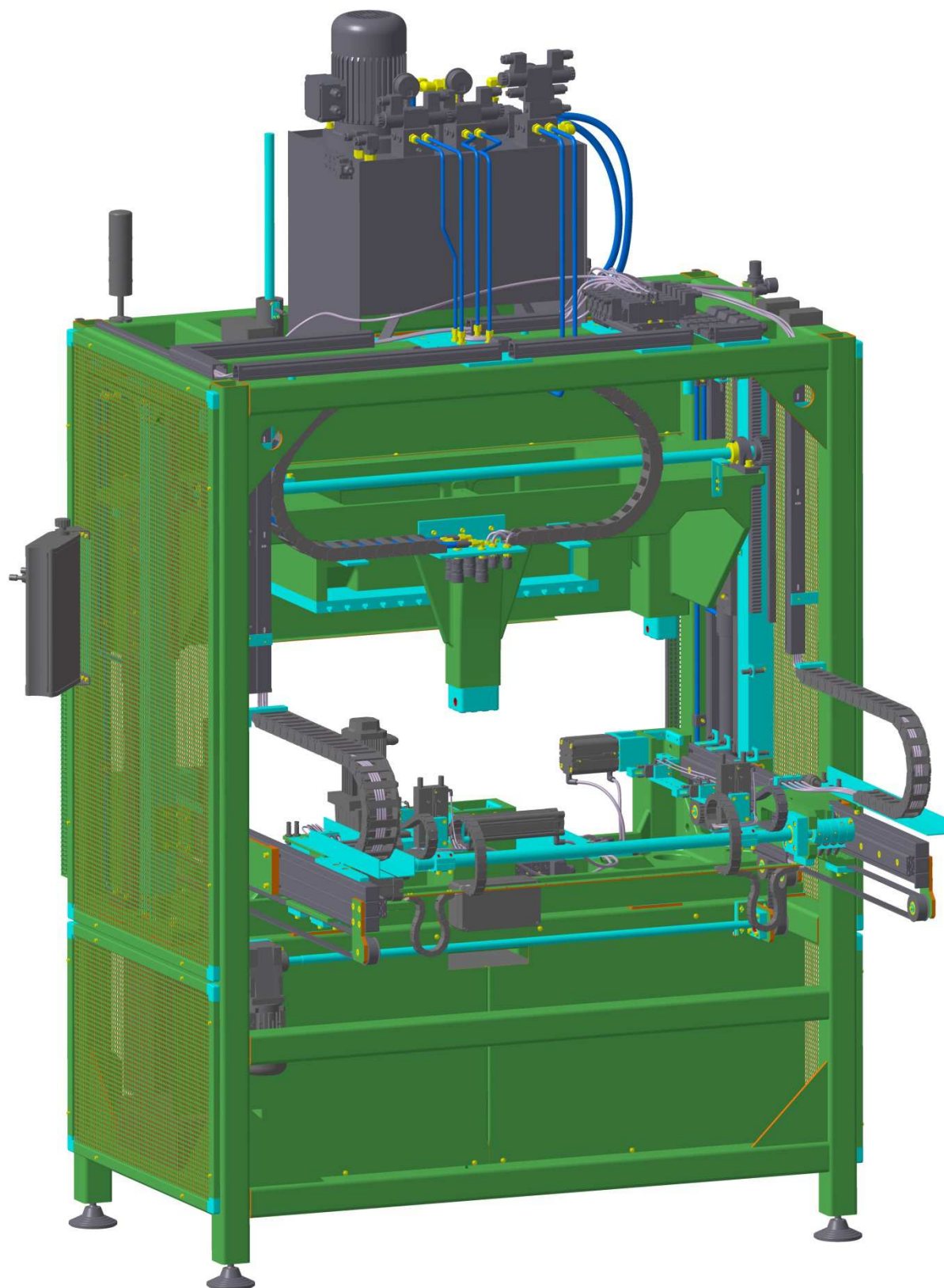
Pohon pohyblivého bloku je zajištěn vlastním zdrojem hydraulického tlaku. Ten poskytuje tlak až 5 MPa. Dva hydraulické okruhy jsou vyvedeny na blok pohyblivý a jsou zakončeny rychlospojkami.

Zdroj pneumatického tlaku není součástí navrženého zařízení, a proto je nutné přivádět tlakový vzduch externě. Pneumaticky je totiž ovládán zamykací systém stroje a podávací ústrojí. Veškeré parametry podávacího ústrojí již byly shrnuty a poměrně podrobně vysvětleny v kapitole 4.1. Pneumatický tlak je opět ve dvou okruzích přiveden na blok pohyblivý a zakončen rychlospojkami.

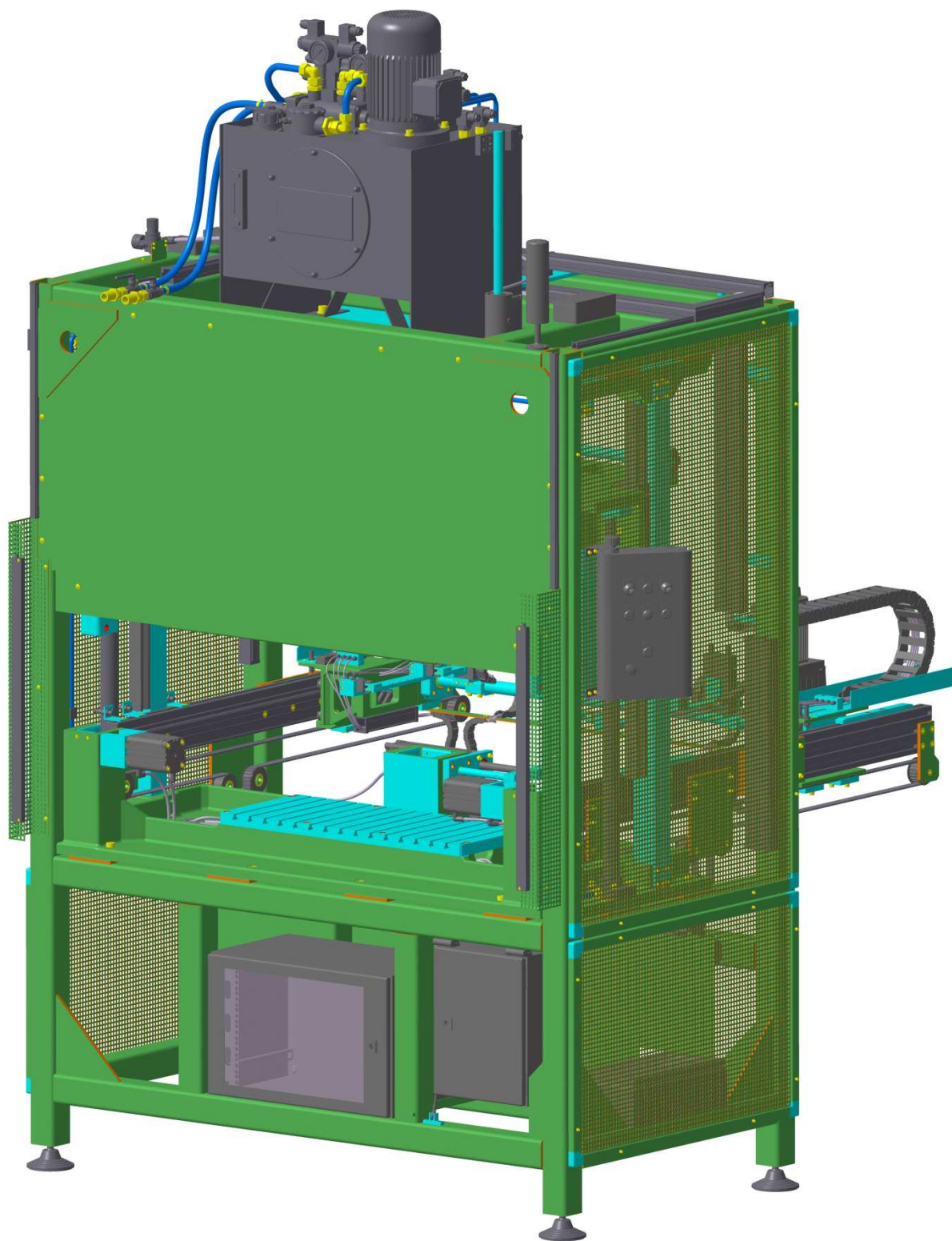
K hlavní pracovní operaci by mělo docházet při uzamčení stroje pomocí pneumatických zámků. V tu chvíli jsou spodní a horní upínací deska ve vzdálenosti 350 mm. To je tedy maximální výška formy, kterou je možné do lisu ustavit. V případě ustavení formy s menší výškou je nutné formu vhodným způsobem podložit. K upínání formy do lisu slouží horní a spodní upínací deska. Obě desky jsou vybaveny T-drážkami pro co nejuniverzálnější použití stroje. Při ustavování formy mezi upínací desky je nutné dbát na ustavení s co nejmenší excentricitou, jelikož při aplikaci vyššího tlaku uvnitř formy by její umístění mimo střed upínacích desek vyvolávalo zvýšené namáhání celé konstrukce. Toto tvrzení je podloženo výpočty v kapitole 3.9, resp. 3.10.

Zařízení je navrženo tak, aby bylo možné ovládat ho buď kompletně automaticky pomocí nadefinovaného programu, nebo kompletně manuálně s využitím ovládacího panelu.





Obrázek 61 - Kompletní model navrženého zařízení - pohled 1



Obrázek 62 - Kompletní model navrženého zařízení - pohled 2

## 6 Závěr

Diplomovou práci je možné rozdělit do tří základních částí. Součástí ani jedné z těchto částí není řešerše nebo teoretický popis podobných zařízení, jakým se diplomová práce zabývá nebo z jakého zařízení návrh vychází. Je tomu tak jednak proto, že původně se jedná o poměrně specifický stroj, ale především proto, že zadání žádnou řešerši nevyžaduje. Kompletní obsah zprávy o diplomové práci je tak popisem vlastní práce autora během návrhu přestavby, přičemž je evidentní, že zadavatelem byl vytvořen velký prostor pro vlastní iniciativu během zpracování konstrukčního návrhu.

První část diplomové práce se zabývá původním zařízením z hlediska jeho konstrukce a také vysvětluje jeho funkci. Hrubá stavba původního zařízení byla podrobena zkušebnímu výpočtu pomocí MKP, aby bylo možné včas odhalit případné nedostatky původního řešení.

Na poznatky z první části pak navazuje v části druhé specifikace požadavků a následné přepracování hrubé stavby zařízení. Největších změn bylo dosaženo na bloku pohyblivém a bloku spodním, kde bylo nejprve uvažováno několik variant řešení. Nově navržená konstrukce pak byla pomocí MKP ověřena hned pro několik provozních stavů.

Ve třetí části pak bylo nutné z konstrukčního hlediska přizpůsobit všechny ostatní subsystémy stroje nové konstrukci hrubé stavby a také požadavkům, které vznikaly dle možností v průběhu řešení diplomové práce na základě mnoha konzultací. Zde bylo největších změn dosaženo především na podávacím ústrojí.

V každé kapitole týkající se přestavby je alespoň částečně naznačeno, do jaké míry se návrh liší od původního řešení, takže je možné si představit, do jaké míry se celkový návrh přestavby liší od původního řešení.

Během zpracování této diplomové práce byl tedy navržen nový experimentální univerzální lis, jehož základem bylo zařízení jednoúčelové, které již bylo z výroby vyřazeno. Kompletní 3d model navrženého strojního zařízení je přiložen na datovém nosiči, který je odevzdán společně s touto kvalifikační prací.

## Seznam použité literatury

- [1] LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Třetí, doplněné vydání. Praha: Scientia, spol. s r.o., 1999. ISBN 80-7183-164-6.
- [2] Historie BMW řady 3. *Http://www.autorevue.cz* [online]. Praha: Mladá fronta a.s., 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/galerie-historie-bmw-rady-3-od-e21-pres-e30-e36-e46-a-e90-az-po-f30>
- [3] O společnosti. *Http://www.geservices.cz* [online]. Plzeň: General Engineering Services s.r.o., 2016 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.geservices.cz/cs/o-spolecnosti>
- [4] Materiály. *Http://www.pur.cz* [online]. Litoměřice: PUR izolace, 2010 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.pur.cz/cz/materialy/>
- [5] Investigation of the pressure generated in the mould cavity during polyurethane integral skin foam moulding. *Http://www.expresspolymlett.com* [online]. Budapest: eXPRESS Polymer Letters, 2008 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: [http://www.expresspolymlett.com/articles/EPL-0000640\\_article.pdf](http://www.expresspolymlett.com/articles/EPL-0000640_article.pdf)
- [6] DATA SHEET. *Http://www.covestro.com* [online]. Leverkusen: Covestro, 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.polyurethanes.covestro.com/Products/Polyurethane-Systems/BAYFILL/ProductList/201312050324/Bayfill-53IF40-U.aspx?region=018104A0F54D4238969887156F0AEDB8>
- [7] DATA SHEET. *Http://www.covestro.com* [online]. Leverkusen: Covestro, 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.polyurethanes.covestro.com/Products/Polyurethane-Systems/BAYFIT/ProductList/201502270523/BAYFIT-25SA01.aspx?region=4582956EA52041758057D04203E77AC7>
- [8] DATA SHEET. *Http://www.covestro.com* [online]. Leverkusen: Covestro, 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.polyurethanes.covestro.com/Products/Polyurethane-Systems/BAYFIT/ProductList/201508301448/BAYFIT-49BM02.aspx?region=4582956EA52041758057D04203E77AC7>
- [9] DATA SHEET. *Http://www.covestro.com* [online]. Leverkusen: Covestro, 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.polyurethanes.covestro.com/Products/Polyurethane-Systems/BAYFIT/ProductList/201403070424/BAYFIT-15108AO.aspx?region=4582956EA52041758057D04203E77AC7>
- [10] Katalogový list. *Http://www.denbraven.cz* [online]. Úvalno: Den Braven, 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.denbraven.cz/dokument-produkt/646/tl-05-25mx-pistolova-pena-maxi-750.pdf>

- [11] Katalogový list. *Http://www.denbraven.cz* [online]. Úvalno: Den Braven, 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.denbraven.cz/dokument-produkt/12/tl-05-25-pistolova-pena-mega-70.pdf>
- [12] Indukční snímač. *Http://www.balluff.com* [online]. Praha: Balluff CZ, 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: [http://www.balluff.com/balluff/MCZ/cs/products/product\\_detail.jsp#/188341](http://www.balluff.com/balluff/MCZ/cs/products/product_detail.jsp#/188341)
- [13] Indukční snímač. *Http://www.balluff.com* [online]. Praha: Balluff CZ, 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: [http://www.balluff.com/balluff/MCZ/cs/products/product\\_detail.jsp#/124042](http://www.balluff.com/balluff/MCZ/cs/products/product_detail.jsp#/124042)
- [14] Magnetische Sensoren. *Http://www.ipf-electronic.de* [online]. Lüdenscheid: ipf-electronic, 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: [http://www.ipf-electronic.de/de/online-shop/magnetische-sensoren/?user\\_ipf\\_article=MZ0701A6](http://www.ipf-electronic.de/de/online-shop/magnetische-sensoren/?user_ipf_article=MZ0701A6)
- [15] Technical Information. *Http://www.sitema.com* [online]. Karlsruhe: Sitema, 2014 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: [http://www.sitema.com/gfx\\_content/pdf/en/Safety\\_Catchers/SITEMA-TI-A10-EN.pdf](http://www.sitema.com/gfx_content/pdf/en/Safety_Catchers/SITEMA-TI-A10-EN.pdf)
- [16] Levelling feet. *Https://www.ganter-griff.de* [online]. Furtwangen: Ganter Griff, 2016 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <https://www.ganter-griff.de/en/products/2.5-Levelling-feet-Latches-Hinges/GN-344-Levelling-feet-Foot-plastic-Threaded-stud-Steel>



## Seznam použitého softwaru

1. Catia V5 R19
2. MSC Marc Mentat 2011
3. Auto CAD 2011
4. MIT Calc 1.70
5. Microsoft Office 2010

## Seznam obrázků

Obrázek 01 - Stávající podoba lisu - pohled zepředu.....	5
Obrázek 02 - Stávající podoba lisu - pohled zprava.....	5
Obrázek 03 - Popis stávajícího zařízení - pohled zleva .....	7
Obrázek 04 - Popis stávajícího zařízení - pohled zprava .....	8
Obrázek 05 - Popis prvků sloužících k vedení nástroje .....	9
Obrázek 06 - Popis stávajícího podávajícího ústrojí .....	9
Obrázek 07 - Hrubý model původního zařízení .....	11
Obrázek 08 - Výpočtový model původního zařízení .....	11
Obrázek 09 - Výsledek výpočtu původního modelu - redukované napětí dle HMH [MPa]....	12
Obrázek 10 - Model rámu lisu.....	14
Obrázek 11 - Model horního bloku .....	14
Obrázek 12 - Původní blok pohyblivý - pohled shora .....	16
Obrázek 13 - Model pohyblivého bloku .....	17
Obrázek 14 - Model spodního bloku.....	19
Obrázek 15 - Detail modelu sestavy lineárního vedení.....	20
Obrázek 16 - Detail modelu sestavy hydraulického válce .....	20
Obrázek 17 - Model sestavy hlavních komponent stroje .....	21
Obrázek 18 - Konečno-prvkový model.....	21
Obrázek 19 - Konečno-prvkový model - počáteční podmínky .....	24
Obrázek 20 - Rozdělení konečno-prvkového modelu dle materiálu.....	25
Obrázek 21 - Definice kontaktů konečno-prvkového modelu .....	26
Obrázek 22 - Tabulka kontaktů konečno-prvkového modelu .....	27
Obrázek 23 - Výsledek výpočtu I - redukované napětí dle HMH [MPa] .....	28
Obrázek 24 - Výsledek výpočtu I - celkové posunutí [mm] .....	29
Obrázek 25 - Rozmístění tlaku na upínací desce .....	29

Obrázek 26 - Výsledek výpočtu II - redukované napětí dle HMM [MPa] .....	30
Obrázek 27 - Výsledek výpočtu III - redukované napětí dle HMM [MPa].....	32
Obrázek 28 - Zobrazení souřadného systému sestavy .....	33
Obrázek 29 - Levá část rozpracovaného podávacího ústrojí.....	34
Obrázek 30 - Pravá část rozpracovaného podávacího ústrojí .....	34
Obrázek 31 - Rozpracované podávací ústrojí .....	35
Obrázek 32 - Levá část rozpracovaného podávacího ústrojí.....	36
Obrázek 33 - Pravá část rozpracovaného podávacího ústrojí .....	37
Obrázek 34 - Pravá část rozpracovaného podávacího ústrojí .....	38
Obrázek 35 - Pravá část rozpracovaného podávacího ústrojí .....	38
Obrázek 36 - Pravá strana úchopu podávacího ústrojí - varianta I .....	39
Obrázek 37 - Pravá strana úchopu podávacího ústrojí - varianta II .....	40
Obrázek 38 - Referenční bod podávacího ústrojí.....	41
Obrázek 39 - Boční (levý) dorazový sloupek s pneumatickým zámkem.....	42
Obrázek 40 - Řez bočním (levým) dorazovým sloupkem – odemčeno/zamčeno.....	43
Obrázek 41 - Střední dorazový sloupek s pneumatickým zámkem .....	43
Obrázek 42 - Generátor hydraulického tlaku - pohled zepředu .....	44
Obrázek 43 - Generátor hydraulického tlaku - pohled zezadu.....	45
Obrázek 44 - Generátor hydraulického tlaku - detailní pohled.....	46
Obrázek 45 - 3d model hydraulického obvodu .....	47
Obrázek 46 - Centrální rozvod tlakového vzduchu.....	48
Obrázek 47 - 3d model pneumatického obvodu.....	49
Obrázek 48 - Senzor Balluff BES M12MI-NSC40B-S04G [12].....	51
Obrázek 49 - Sensory pro detekci natočení hřídele podávacího ústrojí.....	51
Obrázek 50 - Zobrazení umístění několika senzorů Balluff .....	52
Obrázek 51 - Senzor Balluff 305K-PS-C-2-PU-05 [13] .....	52
Obrázek 52 - Senzor IPF MZ0701A6 [14].....	52
Obrázek 53 - Zobrazení umístění senzorů Balluff .....	53
Obrázek 54 - Zobrazení umístění senzorů IPF.....	53
Obrázek 55 - 3d model prvků elektroinstalace.....	54
Obrázek 56 - Sestava stabilizační torzní hřídele .....	55
Obrázek 57 - Umístění nouzové brzdy.....	56
Obrázek 58 - Princip funkce brzdy Sitema KRP25 TIA10EN [15].....	56
Obrázek 59 - Stavěcí noha Ganter GN [16] .....	57

Obrázek 60 - Krytování zařízení ze strany pro obsluhu.....	58
Obrázek 61 - Kompletní model navrženého zařízení - pohled 1.....	60
Obrázek 62 - Kompletní model navrženého zařízení - pohled 2.....	61

## Seznam tabulek

Tabulka 01 - Specifikace požadavků - obecně.....	13
Tabulka 02 - Specifikace požadavků - podávací ústrojí .....	13
Tabulka 03 - Specifikace požadavků - ostatní .....	14
Tabulka 04 - Návrh variant pohyblivého bloku (A, B).....	15
Tabulka 05 - Návrh variant spodního bloku (A, B) .....	18
Tabulka 06 - Návrh variant spodního bloku (C) .....	19
Tabulka 07 - Základní materiálové vlastnosti oceli .....	25
Tabulka 08 - Základní parametry podávacího ústrojí .....	41
Tabulka 09 - Základní parametry použitých elektrických motorů.....	50
Tabulka 10 - Základní parametry použitých převodovek .....	50
Tabulka 11 - Základní parametry navrženého zařízení.....	59

## Seznam příloh

### a) Přílohy vevázané

Příloha č. 1 - Výpočet rozměrů svěrného spoje rotační části podávacího ústrojí

Příloha č. 2 - Kontrolní výpočet čepů zamykacího systému

### b) Přílohy volné

Příloha č. 3 - Hydraulické schéma - schéma (1 x A4)  
- seznam položek (1 x A4)

Příloha č. 4 - Pneumatické schéma - schéma (1 x A3)  
- seznam položek (2 x A4)

Příloha č. 5 - Výkresová dokumentace

- výkres sestavy - experimentální lis (1 x A1)
- výrobní výkres - blok spodní (1 x A2)
- výkres sestavy - svěrný spoj levý (1 x A3)
- výrobní výkres - deska svěrná horní (1 x A3)
- výrobní výkres - deska svěrná spodní (1 x A4)

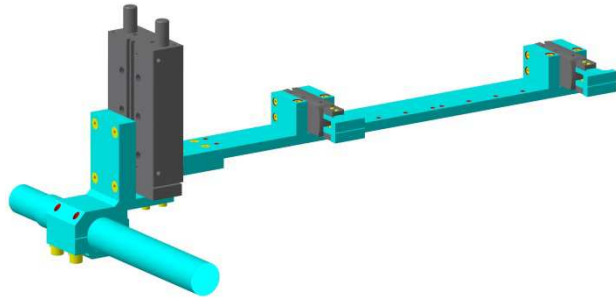
## **PŘÍLOHA č. 1**

**Výpočet rozměrů svěrného spoje rotační části podávacího ústrojí**

Výpočet svěrného spoje rotační části podávacího ústrojí se věnuje pouze jedné straně tohoto konstrukčního uzlu, jelikož obě strany jsou totožné.

#### a) Poloha těžiště a hmotnost soustředěná v těžišti

- poloha těžiště od osy hřídele i hmotnost rotujících hmot je stanovena z CAD dat, přičemž maximální hmotnost přepravovaného materiálu činí 3kg. Z toho 70 % této hmotnosti je již zahrnuto v hmotnosti  $m_t$



Obrázek 01 - CAD model rotační hmoty svěrného spoje

$$y_t = 232 \text{ [mm]} = 0,232 \text{ [m]}$$

$$m_t = 6 \text{ [kg]}$$

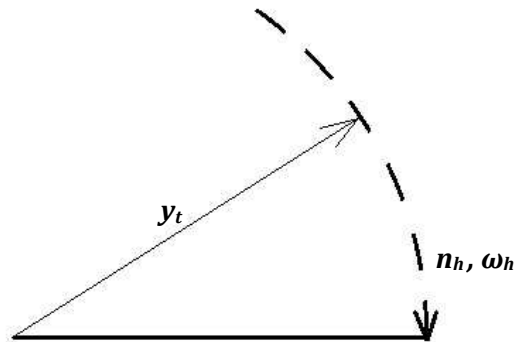
#### b) Moment namáhající svěrný spoj

$$n_p = 3\,950 \text{ [min}^{-1}] = 65,83 \text{ [s}^{-1}]$$

$$i_p = 59,63 \text{ [-]}$$

$$\Delta t_p = 0,1 \text{ [s]}$$

$$g = 9,81 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}]$$



Obrázek 02 - Schéma rotačního pohybu

$$n_h = \frac{n_p}{i_p} = \frac{65,83}{59,63} = 1,104 \text{ [s}^{-1}]$$

$$\omega_h = 2 \cdot \pi \cdot n_h = 2 \cdot \pi \cdot 1,104 = 6,94 \text{ [rad} \cdot \text{s}^{-1}]$$

$$\alpha_t = \frac{\omega_h}{\Delta t_p} = \frac{6,94}{0,1} = 69,4 \text{ [rad} \cdot \text{s}^{-2}]$$

$$a_t = y_t \cdot \alpha_t = 0,232 \cdot 69,4 = 16,1 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

- setrvačná síla při zastavení + gravitační síla:

$$F_C = m_t \cdot a_t + m_t \cdot g = m_t \cdot (a_t + g) = 6 \cdot (16,1 + 9,81) = 155 \text{ [N]}$$

$$M_C = F_C \cdot y_t = 155 \cdot 0,232 = 36 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$



### c) Stanovení rozměrů svěrného spoje pomocí MitCalc

Výpočet silových spojů hřídele s nábojem			
i Výpočet: A = Chyba; B = OK			
ii <input type="checkbox"/> Informace o projektu			
<b>1.0 <input checked="" type="checkbox"/> Společné vstupní údaje</b>			
1.1	Jednotky výpočtu	SI Units (N, mm, kW...)	
1.2	<b>Zatížení spoje</b>		
1.3	Přenášený výkon	P [kW]	
1.4	Otáčky hřídele	n [/min]	
1.5	Krouticí moment	T 36,00 [Nm]	
1.6	Axiální síla	F <sub>A</sub> 0,0 [N]	
1.7	<b>Způsob zatížení, provozní parametry</b>		
1.8	Charakter pohonu	Rovnoměrný	
1.9	Typ zatížení	Plynulý	
1.10	Charakter provozu	Plně obousměrný	
1.11	Počet rozběhů v tisících	10	
1.12	<b>Předběžný návrh průměru hřídele</b>		
1.13	Vnitřní průměr dutého hřídele	d <sub>0</sub> 0,000 [mm]	
1.14	Požadovaná bezpečnost	2,00	
1.15	Minimální průměr hřídele	d <sub>min</sub> 12,7 [mm]	
1.16	<b>Materiál hřídele (min. - max. pevnost v tahu)</b>		
1.17	A ... Konstrukční ocel (350 - 700)	450	[MPa]
1.18	Mez pevnosti v tahu	R <sub>m</sub> 450,0	[MPa]
1.19	Mez kluzu	R <sub>e</sub> 261,0	[MPa]
1.20	Dovolené napětí v krutu	τ <sub>D</sub> 183,0	[MPa]
1.21	Dovolený tlak	p <sub>D</sub> 59,0	[MPa]
1.22	Modul pružnosti v tahu	E 210000	[MPa]
1.23	Poissonovo číslo	ν 0,30	
1.24	Součinitel tepelné roztažnosti	α 11,50	[10 <sup>-6</sup> /°C]
1.25	<b>Materiál náboje (min. - max. pevnost v tahu)</b>		
1.26	A ... Konstrukční ocel (350 - 700)	450	[MPa]
1.27	Mez pevnosti v tahu	R <sub>m</sub> 450,0	[MPa]
1.28	Mez kluzu	R <sub>e</sub> 261,0	[MPa]
1.29	Dovolený tlak	p <sub>D</sub> 59,0	[MPa]
1.30	Modul pružnosti v tahu	E 210000	[MPa]
1.31	Poissonovo číslo	ν 0,30	
1.32	Součinitel tepelné roztažnosti	α 11,50	[10 <sup>-6</sup> /°C]
<b>Svěrný spoj</b>			
<b>7.0 <input checked="" type="checkbox"/> Návrh rozměrů spoje</b>			
7.1	<b>Parametry spoje</b>		
7.2	Provedení náboje	A ... Dělený náboj	
7.3	Čistota stykových ploch	Mazané povrchy	
7.4	Součinitel tření	μ 0,08 0,07	
7.5	Tvarový koeficient	K <sub>F</sub> 0,75	
7.6	Požadovaná bezpečnost proti prokluzu	2,00	
7.7	Požadovaná pevnostní bezpečnost	2,00	
7.8	<b>Zatížení spoje</b>		
7.9	Provozní koeficient	K <sub>S</sub> 1,60 1,60	
7.10	Provozní krouticí moment	T <sub>S</sub> 57,60 [Nm]	
7.11	Celkové provozní zatížení spoje	F <sub>S</sub> 3 387,98 [N]	
7.12	<b>Rozměry spoje</b>		
7.13	Vnitřní průměr dutého hřídele	d <sub>0</sub> 0 [mm]	
7.14	Minimální průměr hřídele	d <sub>min</sub> 12,7 [mm]	
7.15	Průměr hřídele	d 34,000 34 [mm]	
7.16	Min. funkční délka spoje	L <sub>min</sub> 47,787 [mm]	
7.17	Funkční délka spoje	L 50,000 50 [mm]	
7.18	<b>Montážní předpětí, návrh spojovacího šroubu</b>		
7.20	Počet spojovacích šroubů	i 4	
7.21	Dovolené montážní předpětí	F <sub>0</sub> 8986,9 ~ 9403,1 [N]	
7.22	Montážní předpětí	F <sub>0</sub> 9100,0 [N]	
7.23	Materiál spojovacího šroubu	R <sub>e</sub> 634,3 SAE 5 [MPa]	
7.24	Min. doporučená velikost závitu	M8	
<b>8.0 <input checked="" type="checkbox"/> Únosnost a pevnostní kontroly spoje</b>			
8.1	<b>Únosnost spoje</b>		
8.2	Celková svěrná (normální) síla	N 36400,0 [N]	
8.3	Stykový tlak	p 21,41 [MPa]	
8.4	Třecí síla spoje	F <sub>f</sub> 6861,2 [N]	
8.5	Celkové provozní zatížení spoje	F <sub>S</sub> 3388,0 [N]	
8.6	Bezpečnost proti prokluzu	2,03	
8.7	<b>Kontrola spojovacího šroubu</b>		
8.8	Mez kluzu materiálu šroubu	R <sub>e</sub> 634,3 [MPa]	
8.9	Průměr závitu	d 8 [mm]	
8.10	Utahovací moment	M 13,9 [Nm]	
8.11	Srovnávací napětí v jádře závitu	σ 354,4 [MPa]	
8.12	Bezpečnost na mezi kluzu	1,79	
8.13	<b>Kontrola spoje na otláčení</b>		
8.14	Dovolený stykový tlak	p <sub>D</sub> 59 [MPa]	
8.15	Max. stykový tlak	p <sub>max</sub> 28,5 [MPa]	
8.16	Bezpečnost	2,07	
8.17	<b>Kontrola hřídele na krut</b>		
8.18	Dovolené napětí v krutu	τ <sub>D</sub> [MPa]	
8.19	Srovnávací napětí	τ [MPa]	
8.20	Bezpečnost		
8.21	<b>Kontrola dutého hřídele</b>		
8.22	Dovolené napětí v tahu	σ <sub>D</sub> [MPa]	
8.23	Srovnávací napětí	σ [MPa]	
8.24	Bezpečnost		

Obrázek 03 - Stanovení rozměrů svěrného spoje pomocí MitCalc

## **PŘÍLOHA č. 2**

### **Kontrolní výpočet čepů zamykacího systému**

Při kontrolním výpočtu čepů zamykacího systému je kontrolován pouze jeden čep ze tří. Konkrétně se jedná o čep z bočního sloupku, jelikož čepy bočních zámků mají menší průměr. Vzhledem k tomu, že namáhání může být rozloženo nerovnoměrně mezi všechny tři zámků, uvažujeme při kontrole jednoho čepu působení 40ti % z celkového zatížení. Toto zatížení je způsobeno tlakem ve formě, který vyvolá sílu působící v kolmém směru proti oběma upínacím deskám. Hmotnost pohyblivého bloku je zanedbána.

#### a) Kontrola čepu na střih

- plocha  $S_F$  je totožná jako při MKP analýze v kapitole 3.10

$$S_F = 380 \cdot 240 = 91\,200 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$p_F = 5 \text{ [MPa]}$$

$$d_{\check{c}} = 16 \text{ [mm]}$$

$$R_e = 324 \text{ [MPa] [3]}$$

$$F_S = p_F \cdot S_F = 5 \cdot 91\,200 = 456\,000 \text{ [N]}$$

$$F_{Si} = 0,4 \cdot F_S = 0,4 \cdot 456\,000 = 182\,400 \text{ [N]}$$

$$A_S = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4} \cdot 2 = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{2} = \frac{\pi \cdot 16^2}{2} = 402,1 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{dS} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 324 = 194 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_S = \frac{F_{Si}}{A_S} \leq \tau_{dS} \Rightarrow \tau_S = \frac{F_{Si}}{A_S} = \frac{182\,400}{402,1} = 680,4 \text{ [MPa]} > 194 \text{ [MPa]} \Rightarrow \text{"NEVYHOVUJE"}$$

#### b) Stanovení podmínek pro přívod tlaku do dutiny formy - kontrola čepů na smyk

- jelikož předchozí kontrolní výpočet nevyhověl, bude stanovena závislost zohledňující maximální velikost tlaku přivedeného do dutiny formy vzhledem k velikosti plochy průmětu dutiny do vodorovné roviny
- výpočet je založen na splnění podmínky dovoleného smykového napětí

$$s_s = 1,5 \text{ [-]}$$

$$F_S = p_F \cdot S_{FP} \text{ [N]}$$

$$F_{Si} = 0,4 \cdot F_S \text{ [N]}$$

$$A_S = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4} \cdot 2 = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{2} \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\tau_S = \frac{F_{Si}}{A_S} \cdot s_s \leq \tau_{dS} \text{ [MPa]}$$

$$\tau_s = \frac{F_{Si}}{A_s} \cdot s_s = \frac{0,8 \cdot p_F \cdot S_{FP} \cdot s_s}{\pi \cdot d_{\check{c}}^2} \leq \tau_{ds} \text{ [MPa]}$$

$$S_{FP} \leq \frac{\tau_{ds} \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2}{0,8 \cdot p_F \cdot s_s} \text{ [mm}^2\text{]}$$

---

1)  $p_F = 5 \text{ [MPa]}$

$$S_{FP(5)} \leq \frac{\tau_{ds} \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2}{0,8 \cdot p_F \cdot s_s} = \frac{194 \cdot \pi \cdot 16^2}{0,8 \cdot 5 \cdot 1,5} = 26\,004 \text{ [mm}^2\text{]}$$

2)  $p_F = 4,5 \text{ [MPa]}$

$$S_{FP(4,5)} \leq \frac{\tau_{ds} \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2}{0,8 \cdot p_F \cdot s_s} = \frac{194 \cdot \pi \cdot 16^2}{0,8 \cdot 4,5 \cdot 1,5} = 28\,893 \text{ [mm}^2\text{]}$$

3)  $p_F = 4 \text{ [MPa]}$

$$S_{FP(4)} \leq \frac{\tau_{ds} \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2}{0,8 \cdot p_F \cdot s_s} = \frac{194 \cdot \pi \cdot 16^2}{0,8 \cdot 4 \cdot 1,5} = 32\,505 \text{ [mm}^2\text{]}$$

4)  $p_F = 3,5 \text{ [MPa]}$

$$S_{FP(3,5)} \leq \frac{\tau_{ds} \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2}{0,8 \cdot p_F \cdot s_s} = \frac{194 \cdot \pi \cdot 16^2}{0,8 \cdot 3,5 \cdot 1,5} = 37\,149 \text{ [mm}^2\text{]}$$

5)  $p_F = 3 \text{ [MPa]}$

$$S_{FP(3)} \leq \frac{\tau_{ds} \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2}{0,8 \cdot p_F \cdot s_s} = \frac{194 \cdot \pi \cdot 16^2}{0,8 \cdot 3 \cdot 1,5} = 43\,340 \text{ [mm}^2\text{]}$$

6)  $p_F = 2,5 \text{ [MPa]}$

$$S_{FP(2,5)} \leq \frac{\tau_{ds} \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2}{0,8 \cdot p_F \cdot s_s} = \frac{194 \cdot \pi \cdot 16^2}{0,8 \cdot 2,5 \cdot 1,5} = 52\,008 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$7) p_F = 2 \text{ [MPa]}$$

$$S_{FP(2)} \leq \frac{\tau_{dS} \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2}{0,8 \cdot p_F \cdot s_s} = \frac{194 \cdot \pi \cdot 16^2}{0,8 \cdot 2 \cdot 1,5} = 65\,010 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$8) p_F = 1,5 \text{ [MPa]}$$

$$S_{FP(1,5)} \leq \frac{\tau_{dS} \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2}{0,8 \cdot p_F \cdot s_s} = \frac{194 \cdot \pi \cdot 16^2}{0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,5} = 86\,680 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$9) p_F = 1 \text{ [MPa]}$$

$$S_{FP(1)} \leq \frac{\tau_{dS} \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2}{0,8 \cdot p_F \cdot s_s} = \frac{194 \cdot \pi \cdot 16^2}{0,8 \cdot 1 \cdot 1,5} = 130\,020 \text{ [mm}^2\text{]}$$

**c) Stanovení podmínek pro přívod tlaku do dutiny formy - kontrola čepů na otláčení**

- výpočet je založen na splnění podmínky dovoleného tlaku ve stykových plochách

$$s_p = 1,5 \text{ [-]}$$

$$l_{\check{c}1} = 16 \text{ [mm]}$$

$$l_{\check{c}2} = 65 \text{ [mm]}$$

$$p_d = 0,4 \cdot R_e = 0,4 \cdot 324 = 130 \text{ [MPa]}$$

$$F_S = p_F \cdot S_{FP} \text{ [N]}$$

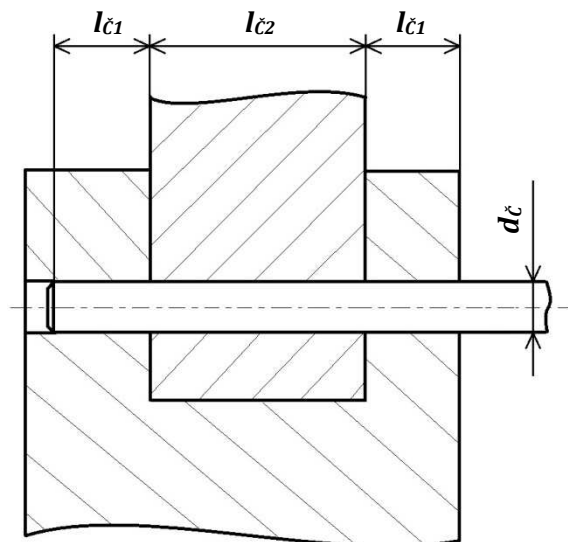
$$F_{Si} = 0,4 \cdot F_S \text{ [N]}$$

$$A_p = 2 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$p_p = \frac{F_{Si}}{A_p} \cdot s_p \leq p_d \text{ [MPa]}$$

$$p_p = \frac{F_{Si}}{A_p} \cdot s_p = \frac{0,4 \cdot p_F \cdot S_{FP} \cdot s_p}{2 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}}} \leq p_d \text{ [MPa]}$$

$$S_{FP} \leq \frac{5 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \cdot p_d}{p_F \cdot s_p} \text{ [mm}^2\text{]}$$



Obrázek 01 - Schéma uložení čepu



1)  $p_F = 5$  [MPa]

$$S_{FP(5)} \leq \frac{5 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \cdot p_d}{p_F \cdot s_p} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 130}{5 \cdot 1,5} = 22\,187 \text{ [mm}^2\text{]}$$

2)  $p_F = 4,5$  [MPa]

$$S_{FP(4,5)} \leq \frac{5 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \cdot p_d}{p_F \cdot s_p} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 130}{4,5 \cdot 1,5} = 24\,652 \text{ [mm}^2\text{]}$$

3)  $p_F = 4$  [MPa]

$$S_{FP(4)} \leq \frac{5 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \cdot p_d}{p_F \cdot s_p} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 130}{4 \cdot 1,5} = 27\,733 \text{ [mm}^2\text{]}$$

4)  $p_F = 3,5$  [MPa]

$$S_{FP(3,5)} \leq \frac{5 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \cdot p_d}{p_F \cdot s_p} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 130}{3,5 \cdot 1,5} = 31\,695 \text{ [mm}^2\text{]}$$

5)  $p_F = 3$  [MPa]

$$S_{FP(3)} \leq \frac{5 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \cdot p_d}{p_F \cdot s_p} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 130}{3 \cdot 1,5} = 36\,978 \text{ [mm}^2\text{]}$$

6)  $p_F = 2,5$  [MPa]

$$S_{FP(2,5)} \leq \frac{5 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \cdot p_d}{p_F \cdot s_p} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 130}{2,5 \cdot 1,5} = 44\,373 \text{ [mm}^2\text{]}$$

7)  $p_F = 2$  [MPa]

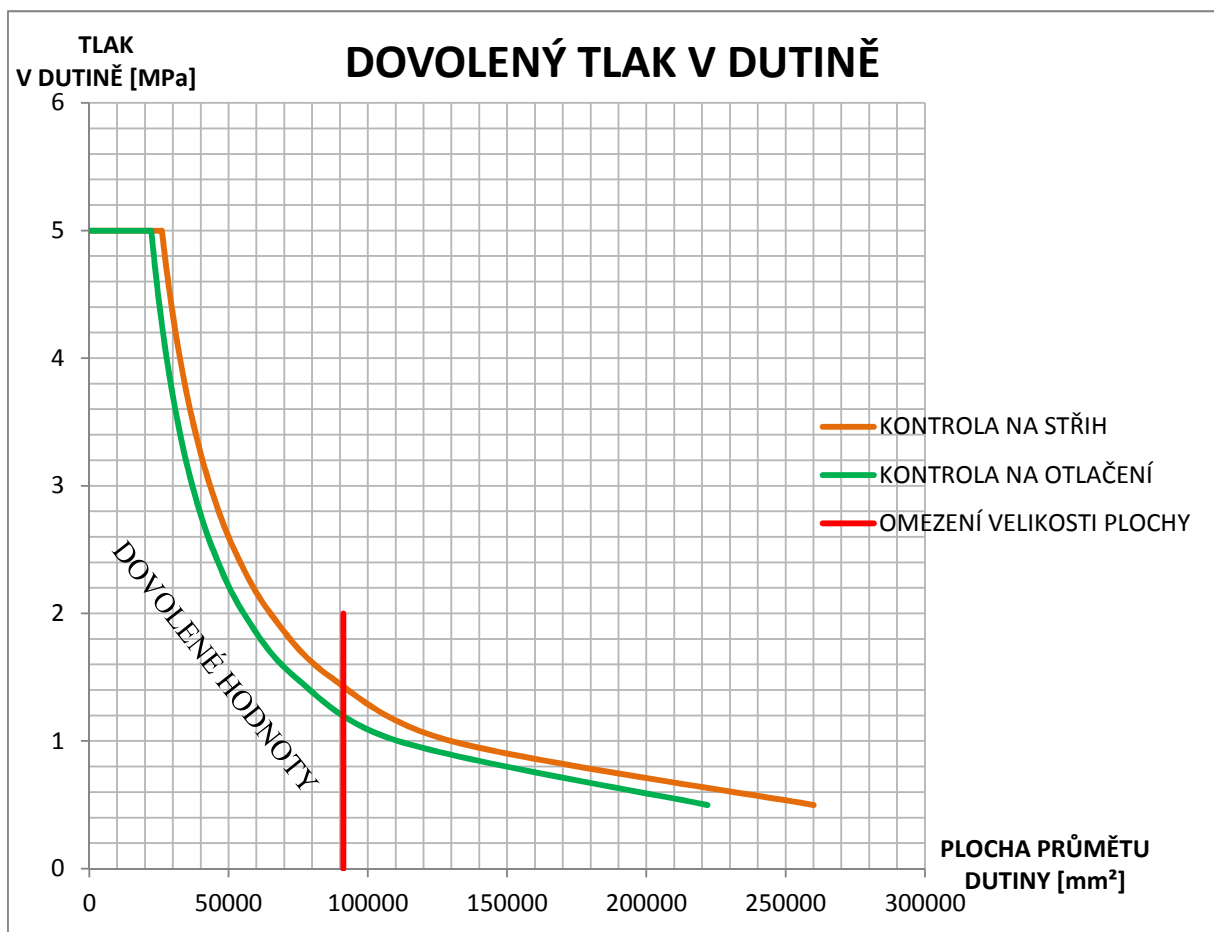
$$S_{FP(2)} \leq \frac{5 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \cdot p_d}{p_F \cdot s_p} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 130}{2 \cdot 1,5} = 55\,467 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$8) p_F = 1,5 \text{ [MPa]}$$

$$S_{FP(1,5)} \leq \frac{5 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \cdot p_d}{p_F \cdot s_p} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 130}{1,5 \cdot 1,5} = 73\,956 \text{ [mm}^2\text{]}$$

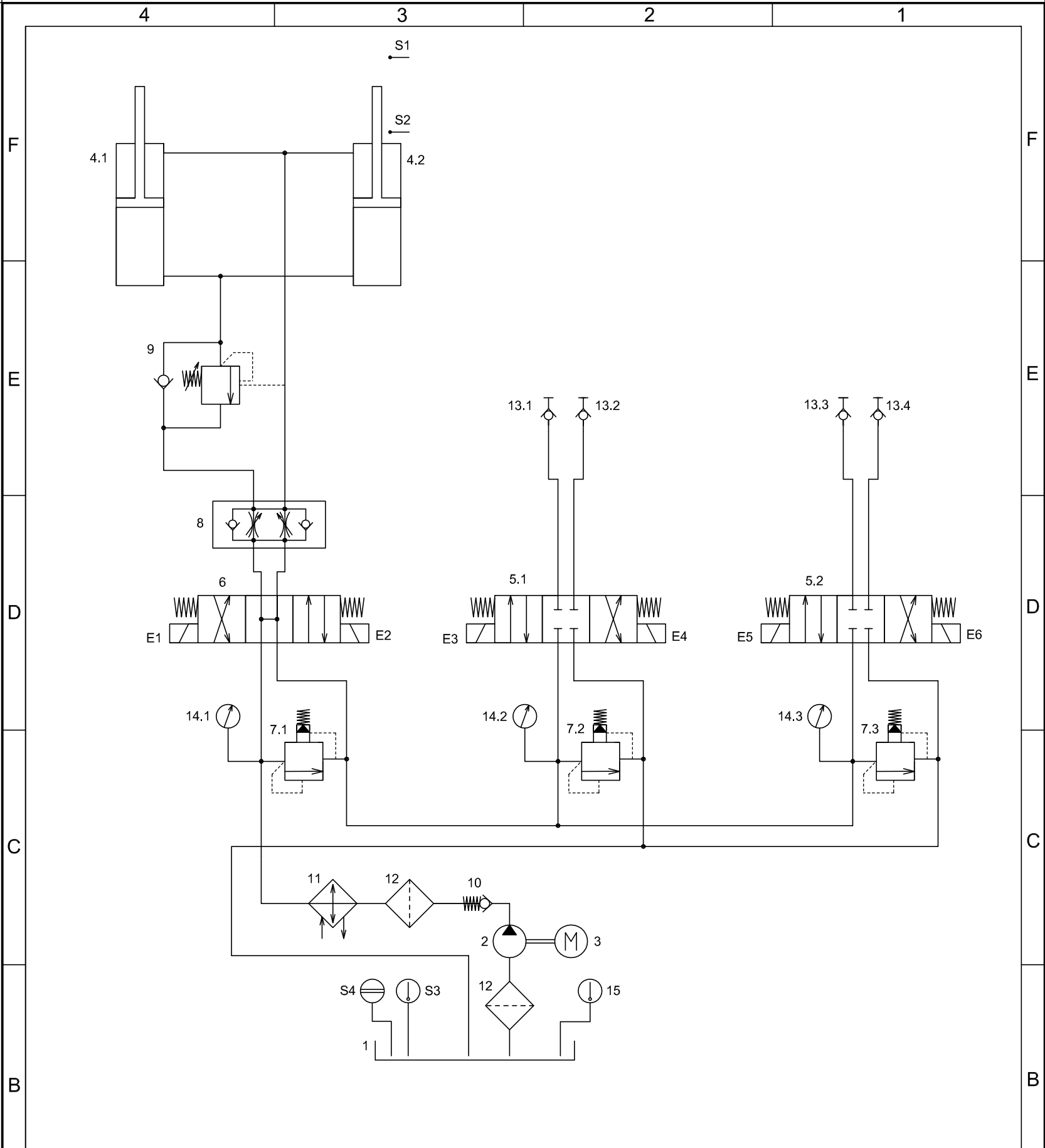
$$9) p_F = 1 \text{ [MPa]}$$

$$S_{FP(1)} \leq \frac{5 \cdot l_{\check{c}1} \cdot d_{\check{c}} \cdot p_d}{p_F \cdot s_p} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 130}{1 \cdot 1,5} = 110\,933 \text{ [mm}^2\text{]}$$




Graf 01 - Dovolný tlak v dutině formy v závislosti na velikosti plochy průmětu dutiny

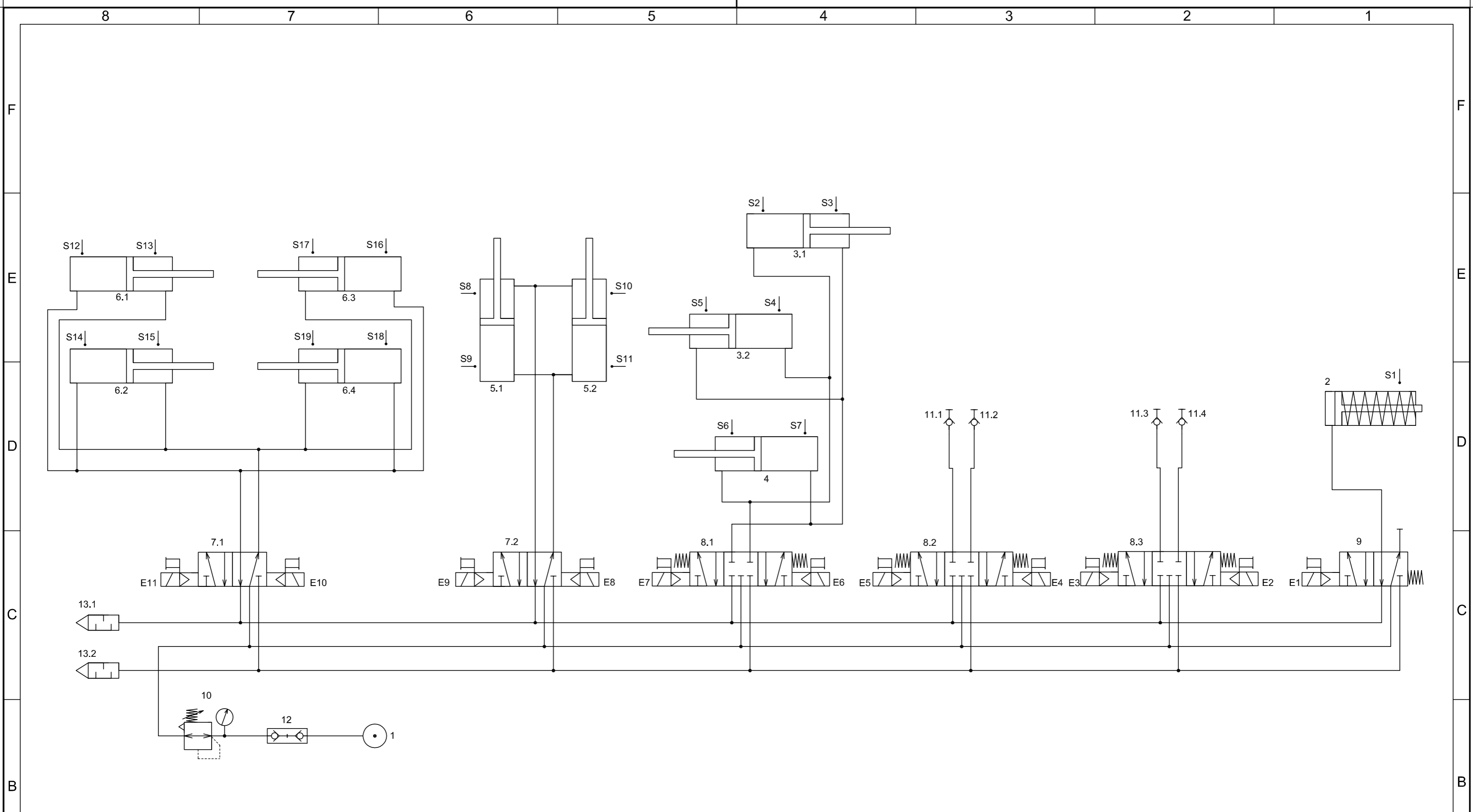
- Graf 01 zobrazuje dovolný tlak přivedený do dutiny formy v závislosti na velikosti plochy průmětu dutiny do vodorovné roviny, přičemž omezující jsou hodnoty, které byly získány při výpočtu založeném na splnění podmínky pro dovolný tlak ve stykových plochách
- hodnoty na vodorovné ose jsou omezeny velikostí plochy průmětu, jakou by mohla dutina ve formě definovat s ohledem na velikost upínacích desek. Tato plocha je shodná s plochou, na kterou byl aplikován tlak během MKP analýzy v kapitole 3.10
- omezení na svislé ose je dáno maximálním tlakem 5 MPa




Investor - uživatel		Jméno - podpis	Datum	Měřítko	Formát
Stavba - projekt	<b>EXPERIMENTALNI LIS</b>	Vyprac.	03.04.16		<b>A4</b>
Čís. zakázky		Overil			
Čís. projektu		Schválil			
Název	<b>HYDRAULICKE SCHEMA</b>	Číslo výkresu	<b>DP-EL-H01-000</b>		


**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA STROJNÍ**  
**KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ**

Seznam položek			DP-EL-H01-000			STRANA 1/1
č. položky	název	typ	ks.	výrobce/ dodavatel	označení	poznámka
1	NÁDRŽ	-	1	BUSCH HYDRAULIK	1	
2	HYDROGENERÁTOR	-	1	BUSCH HYDRAULIK	2	
3	ELEKTROMOTOR	FY 100LB-4	1	AC-MOTOREN	3	
4	HYDRAULICKÝ VÁLEC	HZ 250.40/25/500.05.204 S	2	MERKLE	4.1, 4.2	ZDVIH BLOKU POHYBLIVÉHO
5	ROZVÁDĚCÍ VENTIL	4WE 6 G62/EG24N9K4	2	BOSCH REXROTH	5.1, 5.2	
6	ROZVÁDĚCÍ VENTIL	081WV06P1V1000WS02 4	1	BOSCH REXROTH	6	
7	POJISTNÝ VENTIL	RPEC MAN	3	SUN HYDRAULICS	7.1, 7.2, 7.3	
8	ŠKRTÍCÍ VENTIL MODULOVÝ	Z2FS	1	BOSCH REXROTH	8	
9	BRZDNÝ VENTIL	CBCN LHN	1	SUN HYDRAULICS	9	
10	ZPĚTNÝ VENTIL	-	1	EPE	10	
11	CHLADIČ	EKM-508-T-CN G3/4	1	UNIVERSAL HYDRAULIK	11	
12	FILTR	08775-KETSCH	1	EPE	12	
13	RYCHLOSPOJKA	IB-3810 V	4	PARKER	13.1, 13.2, 13.3, 13.4	
14	MANOMETR	0 - 250	3	TECSIS	14.1, 14.2, 14.3	
15	TEPLOMĚR KAPALINOVÝ	-	1	BUSCH HYDRAULIK	15	
16	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	BOSCH REXROTH	E1	BLOK POHYBLIVÝ - POSUV DOLŮ
17	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	BOSCH REXROTH	E2	BLOK POHYBLIVÝ - POSUV NAHORU
18	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	BOSCH REXROTH	E3	
19	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	BOSCH REXROTH	E4	
20	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	BOSCH REXROTH	E5	
21	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	BOSCH REXROTH	E6	
22	INDUKČNÍ SENSOR	BES M12MI-NSC40B- S04G	1	BALLUFF	S1	HORNÍ POLOHA BLOKU POHYBLIVÉHO
23	INDUKČNÍ SENSOR	BES M12MI-NSC40B- S04G	1	BALLUFF	S2	SPODNÍ POLOHA BLOKU POHYBLIVÉHO
24	SENSOR TEPLoty	TRW-G1/2-PN16	1	CG	S3	
25	SENSOR VÝŠKY HLADINY	NR 1/2-L235-01	1	CG	S4	

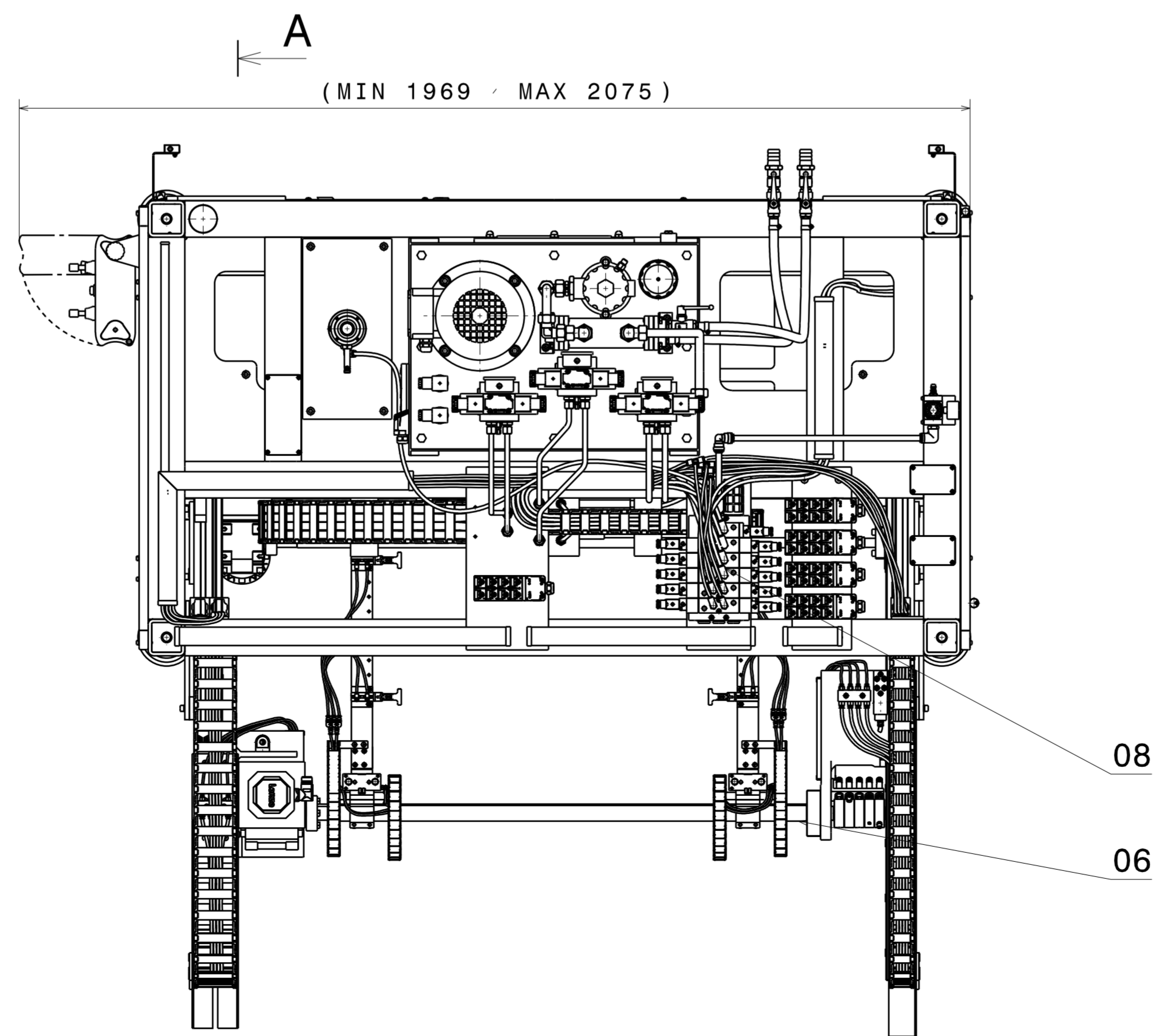
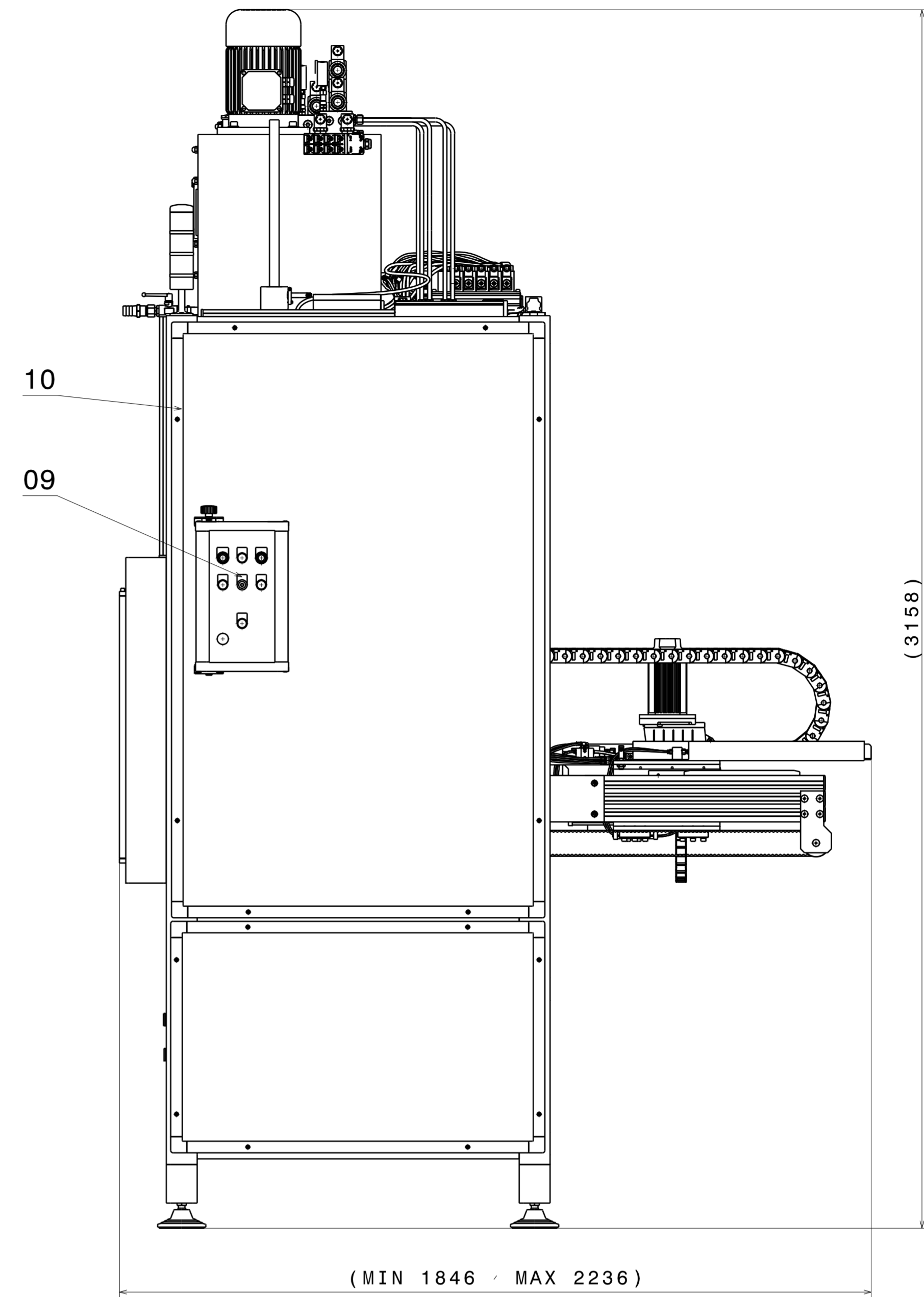
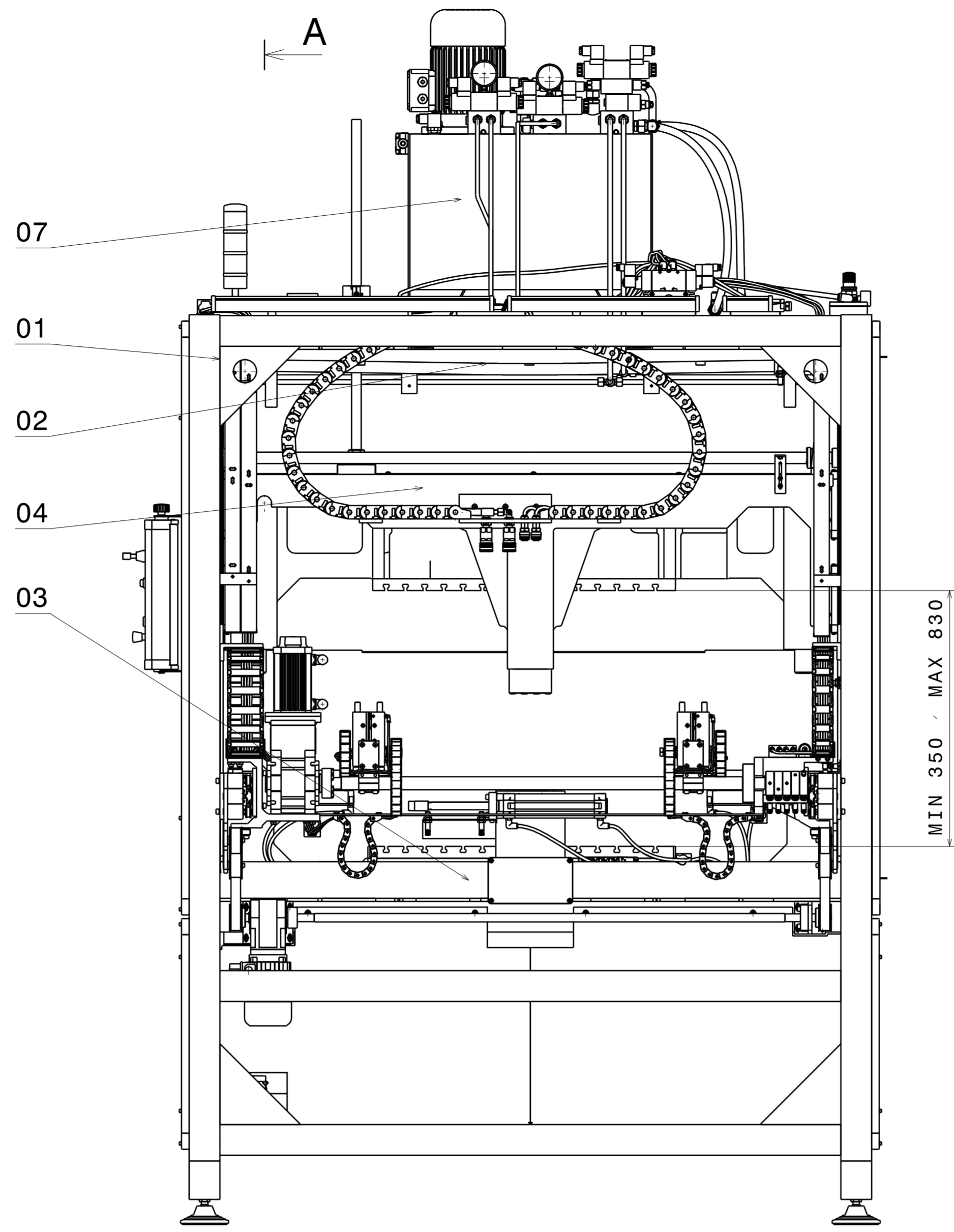
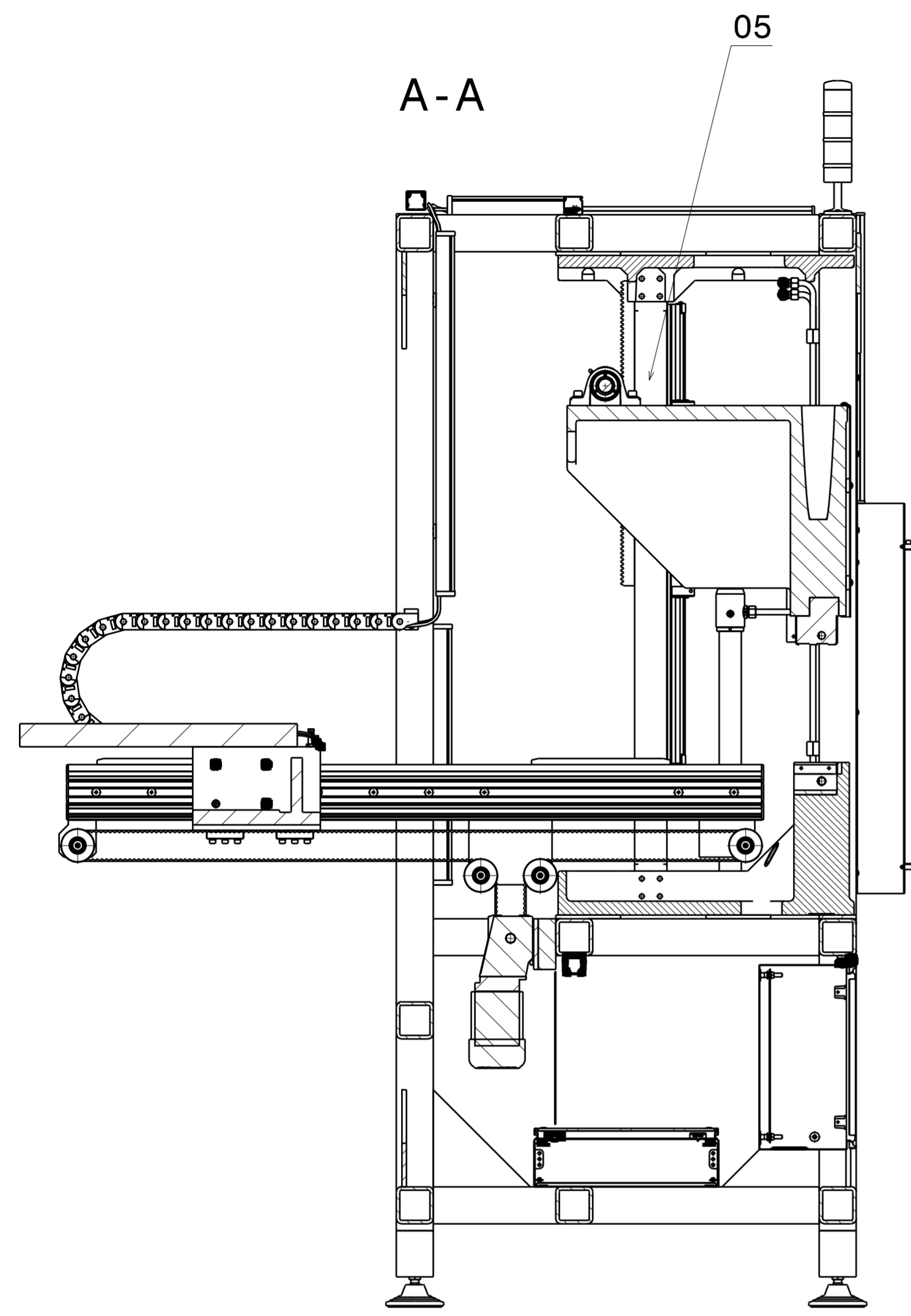


Investor - uživatel		Jméno - podpis	Datum	Měřítko	Formát
Stavba - projekt	<b>EXPERIMENTALNI LIS</b>		Vyprac.	MAJER	<b>A3</b>
Čís. zakázky			Ověřil	03.04.16	
Čís. projektu			Schválil		
Název	<b>PNEUMATICKE SCHEMA</b>		Číslo výkresu	<b>DP-EL-P01-000</b>	
			 <b>ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI</b> <b>FAKULTA STROJNÍ</b> <b>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</b>		

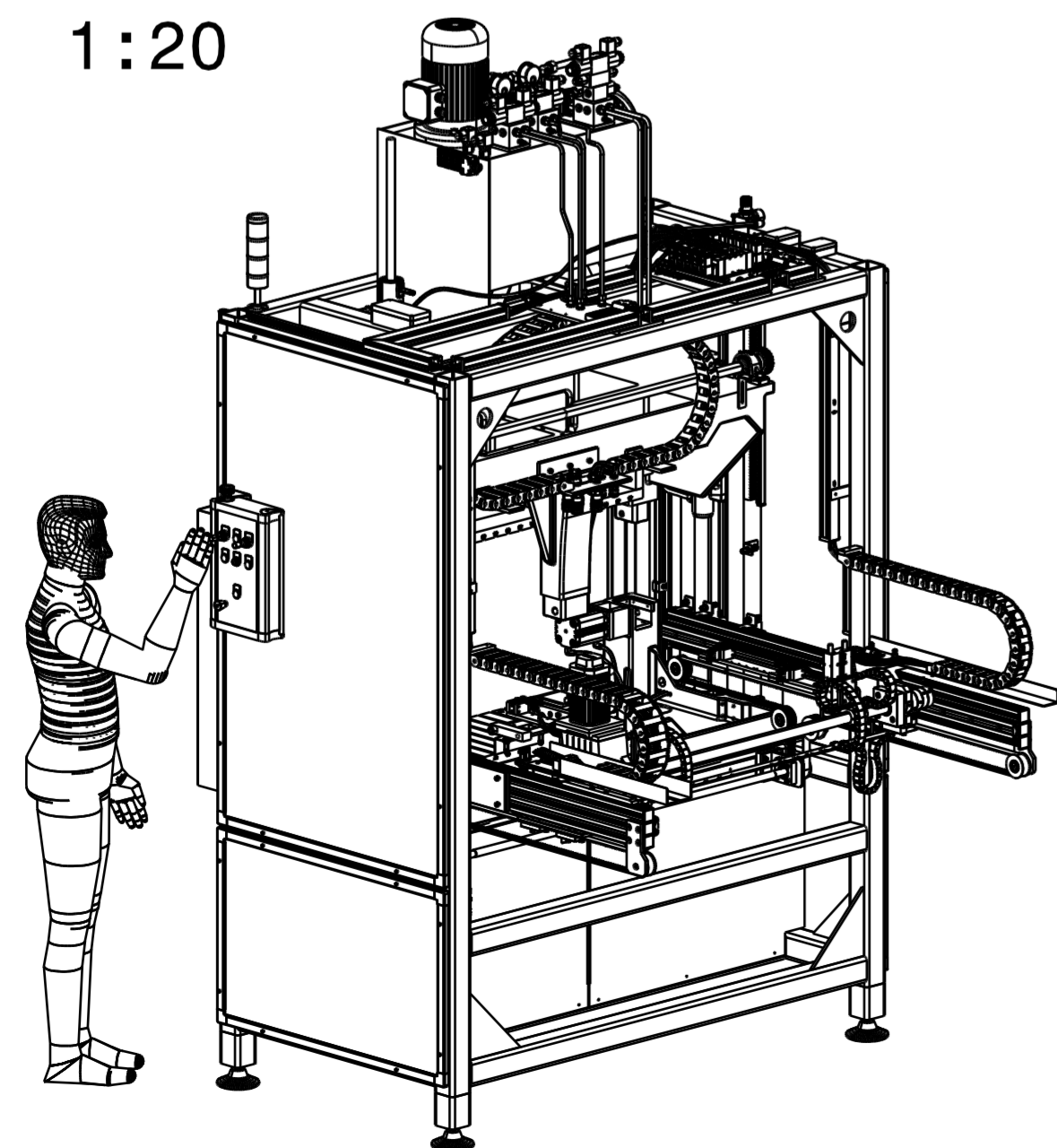


Seznam položek			DP-EL-P01-000				STRANA 1/2
č. položky	název	typ	ks.	výrobce/ dodavatel	označení	poznámka	
1	PŘÍVOD PNEU. TLAKU	-	1	-	1	EXTERNÍ PŘÍVOD	
2	NOUZOVÁ BRZDA	KRP25	1	SITEMA	2		
3	PNEUMATICKÝ VÁLEC	ADVU-63-80-P-A	2	FESTO	3.1, 3.2	ZÁMKY BOČNÍ	
4	PNEUMATICKÝ VÁLEC	DNC-50-160-PPV	1	FESTO	4	ZÁMEK STŘEDNÍ	
5	PNEUMATICKÝ VÁLEC	DFM-20-100-P-A-GF	2	FESTO	5.1, 5.2	ZDVIH PODÁVACÍHO ÚSTROJÍ VE SMĚRU OSY Z	
6	ÚHLOVÉ CHAPADLO	DHRS-16-A	4	FESTO	6.1, 6.2, 6.3, 6.4	ÚCHOP PODÁVACÍHO ÚSTROJÍ	
7	ROZVÁDĚCÍ VENTIL	JMFH-5-1/4-B	2	FESTO	7.1, 7.2		
8	ROZVÁDĚCÍ VENTIL	MFH-5/3G-1/4-B	3	FESTO	8.1, 8.2, 8.3		
9	ROZVÁDĚCÍ VENTIL	MFH-5-1/4	1	FESTO	9		
10	TLAKOVY REGULATOR	LR-1/4-D-MINI	1	FESTO	10		
11	RYCHLOSPOJKA	KD4-1/4-A	4	FESTO	11.1, 11.2, 11.3, 11.4		
12	RYCHLOSPOJKA	KSS6-1/4-A	1	FESTO	12		
13	TLUMIČ VÝFUKU	U-1/2	2	FESTO	13.1, 13.2		
14	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E1	UVOLNĚNÍ NOUZOVÉ BRZDY	
15	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E2		
16	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E3		
17	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E4		
18	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E5		
19	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E6	PNEUMATICKÉ ZÁMKY - ZAMČENO	
20	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E7	PNEUMATICKÉ ZÁMKY - ODEMČENO	
21	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E8	ZDVIH POD. ÚST. VE SMĚRU OSY Z - HORNÍ POLOHA	
22	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E9	ZDVIH POD. ÚST. VE SMĚRU OSY Z - DOLNÍ POLOHA	
23	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E10	ÚCHOP POD. ÚSTROJÍ - ČELISTI SEVŘENY	
24	ELEKTROMAG. OVLÁDÁNÍ	-	1	FESTO	E11	ÚCHOP POD. ÚSTROJÍ - ČELISTI UVOLNĚNY	
25	INDUKČNÍ SENSOR	BES M12MI-NSC40B-S04G	1	BALLUFF	S1	POLOHA NOUZOVÉ BRZDY - ODBRŽDĚNO	
26	SNÍMAČ MAG. POLE	305K-PS-C-2-PU-05	1	BALLUFF	S2	ZÁMEK BOČNÍ PRAVÝ - ODEMČENO	
27	SNÍMAČ MAG. POLE	305K-PS-C-2-PU-05	1	BALLUFF	S3	ZÁMEK BOČNÍ PRAVÝ - ZAMČENO	





ISOMETRICKY POHLED  
1:20



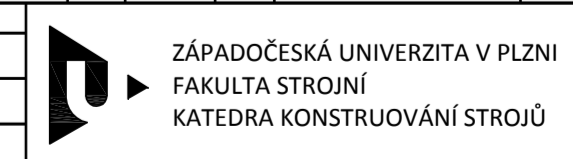
Pos.	Název - rozměr	Pokřovitel	Material	T.O.	C.hmot.	Hmot.	Průměr	Cílo vyřezu	Prostka
Pos.	Titel - size	Stav	Material	C.W.	Weight	R.wieg	Drawing No.	Quant	
10	KRYTOVANI	-	-	-	96	-	-	DP-EL-00-0010	1
09	ELEKTROINSTALACE	-	-	-	37	-	-	DP-EL-00-0009	1
08	PNEUMATICKY OKRUH	-	-	-	18	-	-	DP-EL-00-0008	1
07	HYDRAULICKY OKRUH	-	-	-	174	-	-	DP-EL-00-0007	1
06	PODAVACI USTROJI	-	-	-	125	-	-	DP-EL-00-0006	1
05	VEDENI NASTROJE	-	-	-	157	-	-	DP-EL-00-0005	1
04	BLOK POHYBLIVY	-	-	-	650	-	-	DP-EL-00-0004	1
03	BLOK SPODNI	-	-	-	442	-	-	DP-EL-00-0003	1
02	BLOK HORNÍ	-	-	-	145	-	-	DP-EL-00-0002	1
01	RAM	-	-	-	595	-	-	DP-EL-00-0001	1

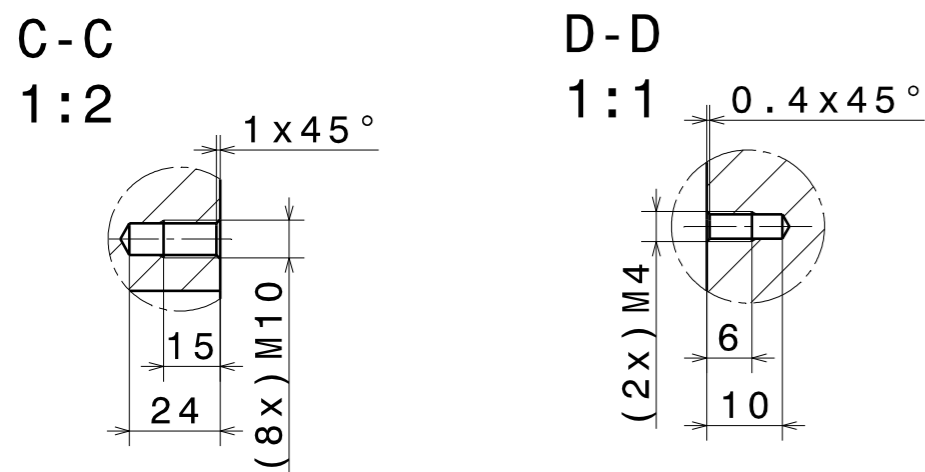
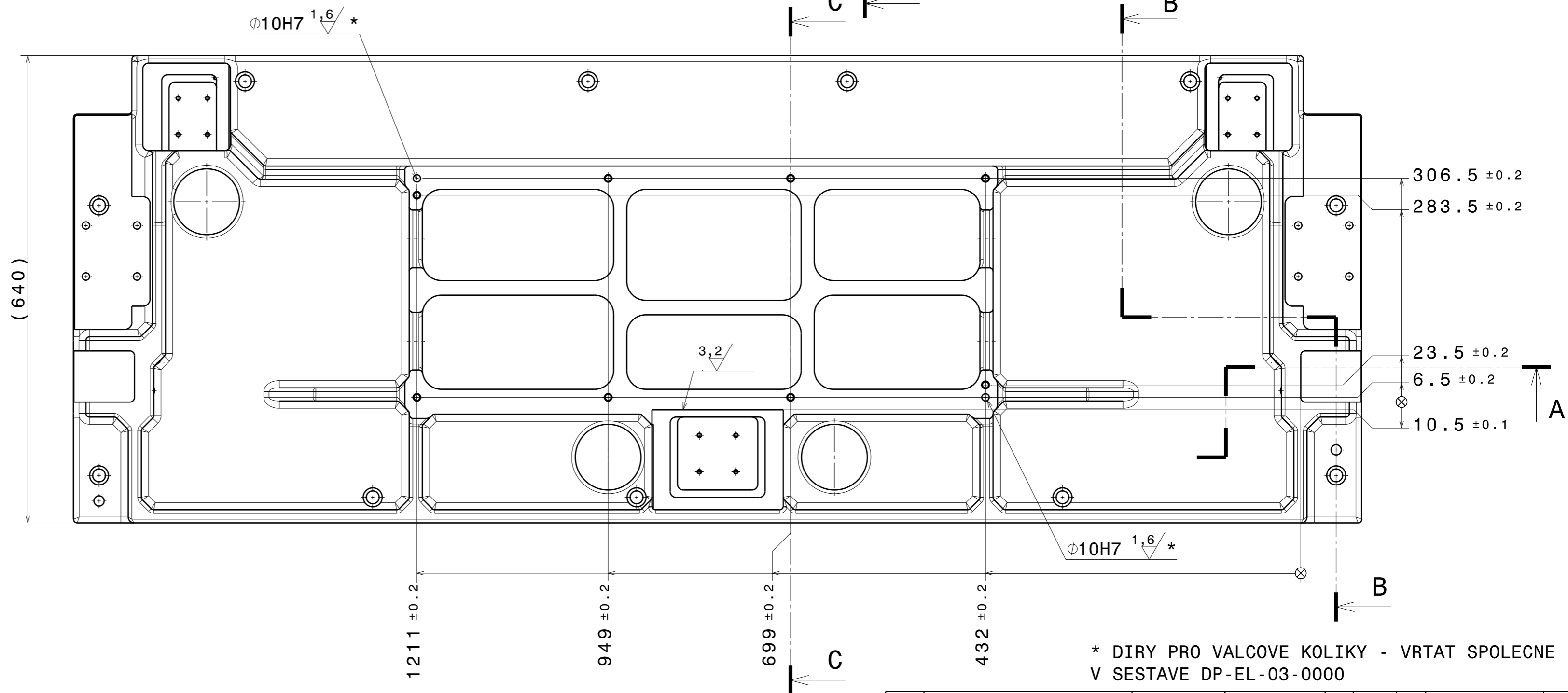
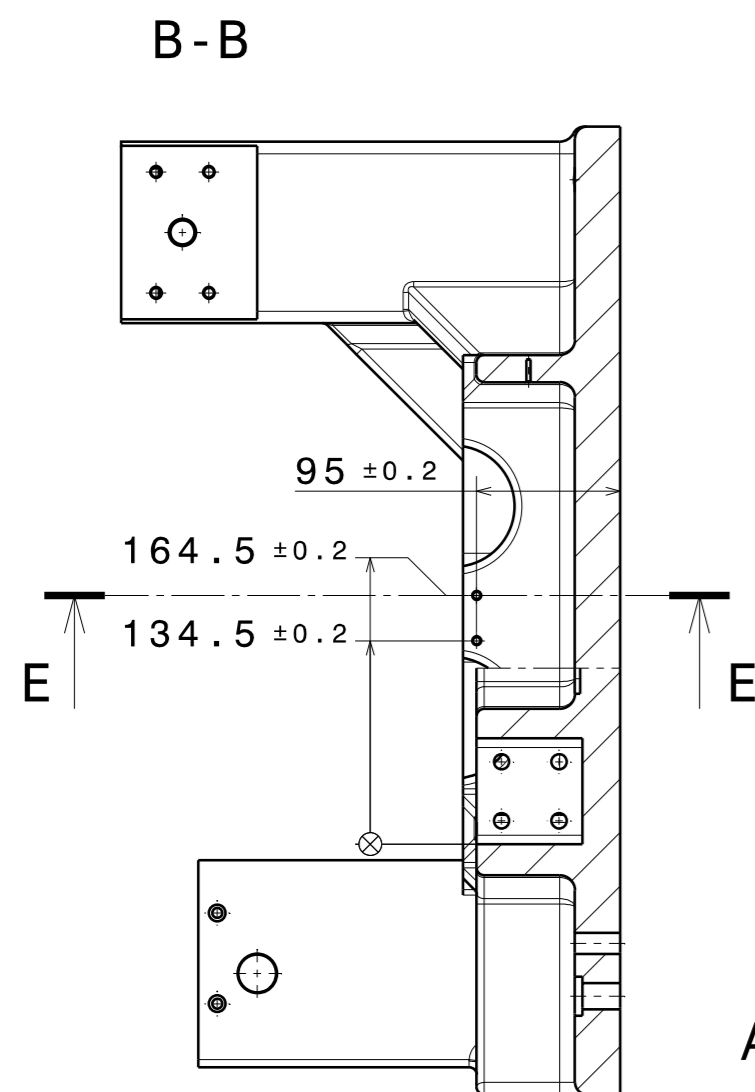
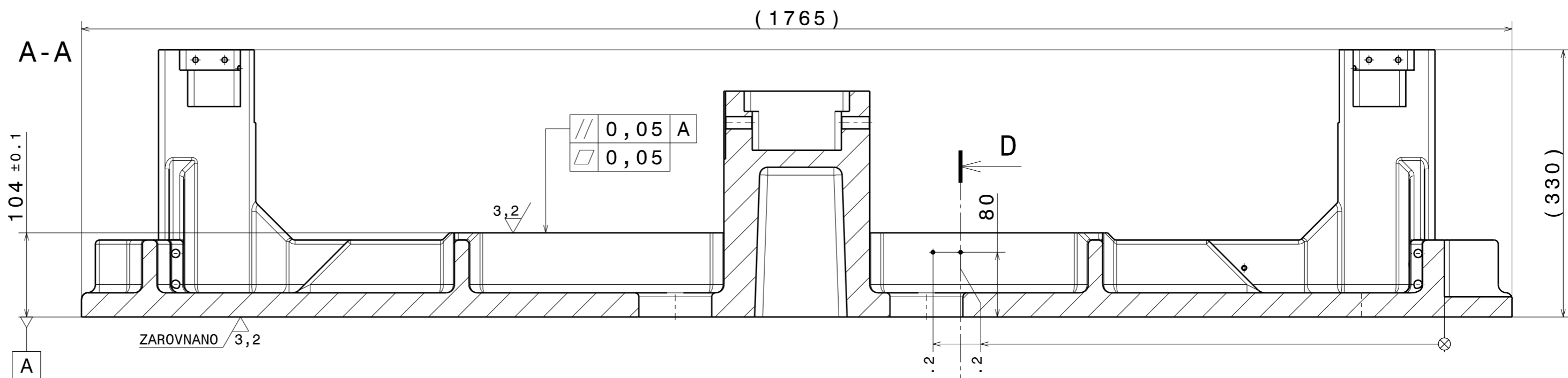
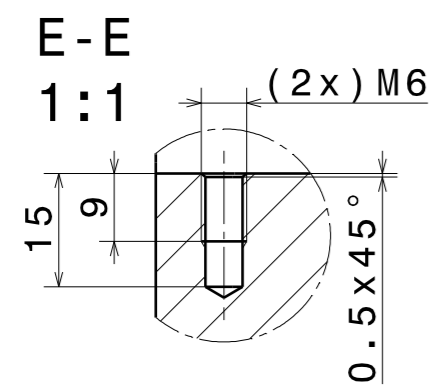
  

CAD 2	Datum / Date	Jmeno / Name
Kresil / D	04/04/2016	MAJER
Proj. /		
CHK		
Schvál. /		
APP		
Index	Popis zmeny / change	Schvál. / APP
1	-	-
2	-	-

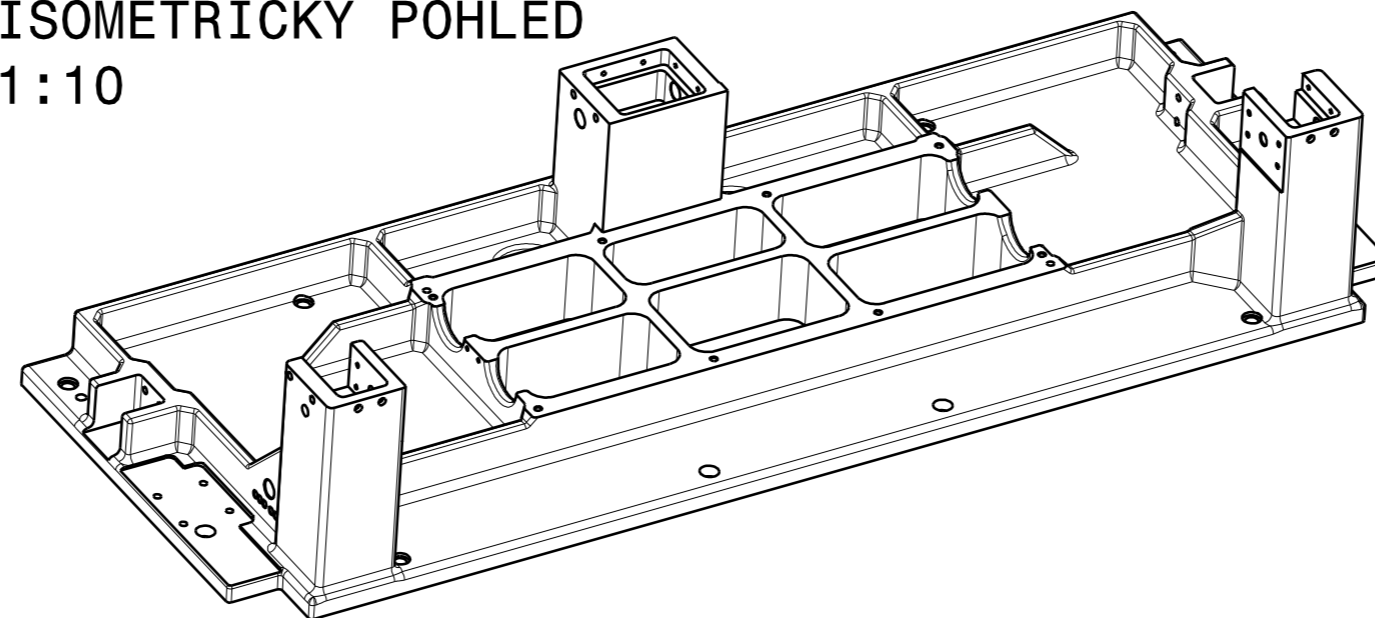
  

Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file _SESTAVA_LIS.CATProduct Soubor-vykres / DRW-file SESTAVA_LIS.CATdrawing	Projekt / Project C. sestavy / Assembly No. C. hmotnosti sestavy / Assembly weight 2439	Merko / Scale 1:10
<b>EXPERIMENTALNI LIS</b>		Rev. 0 Cílo vykresu / Drawing NO. <b>DP-EL-00-0000</b>	Format <b>A1</b>
Nazev / Title		List / sheet 1	Póčet listů / no sheet 1





**ISOMETRICKY POHLED**  
1:10

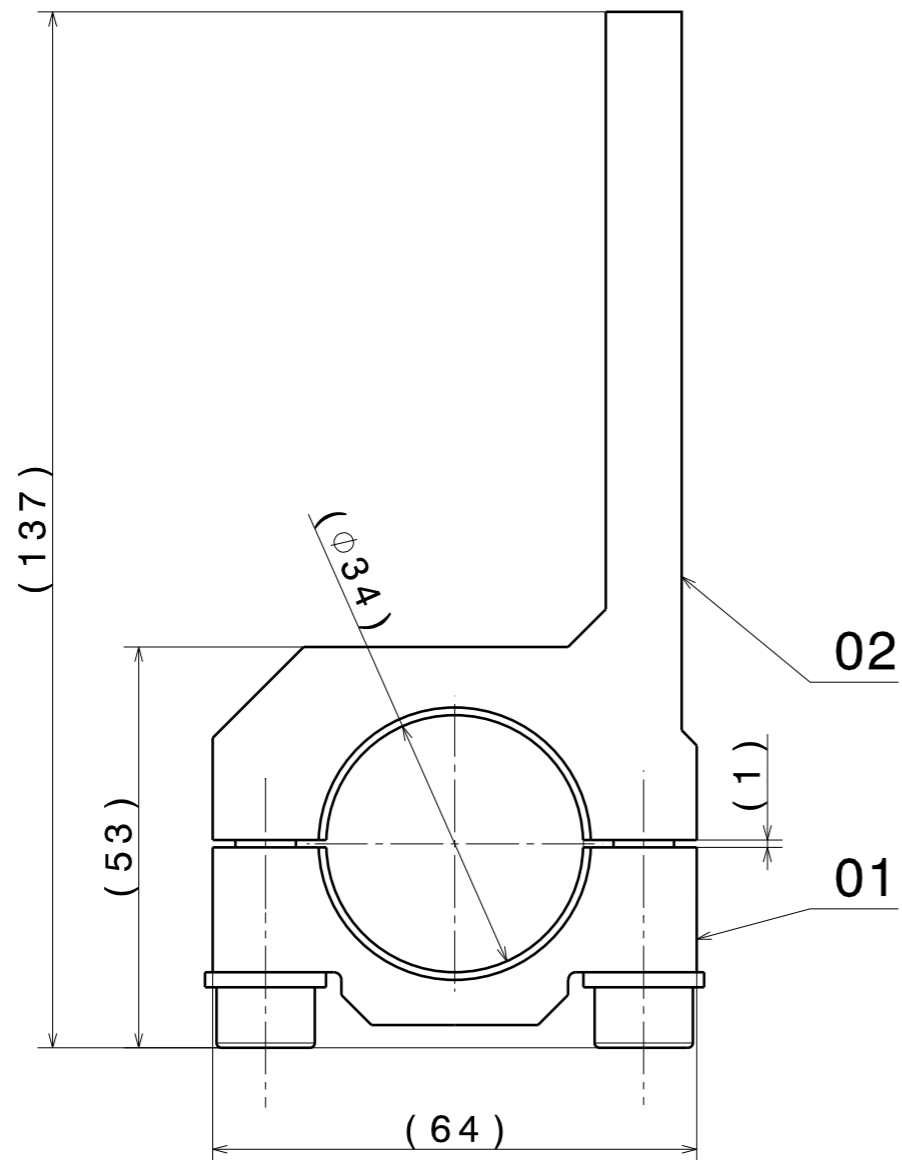
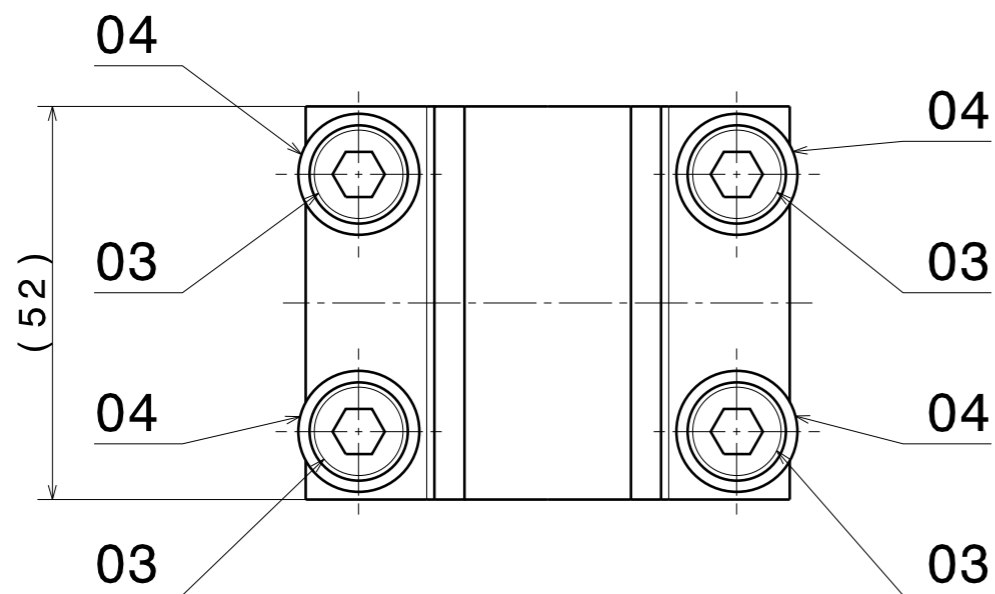


\* DIRY PRO VALCOVE KOLIKY - VRTAT SPOLECNE V SESTAVE DP-EL-03-0000

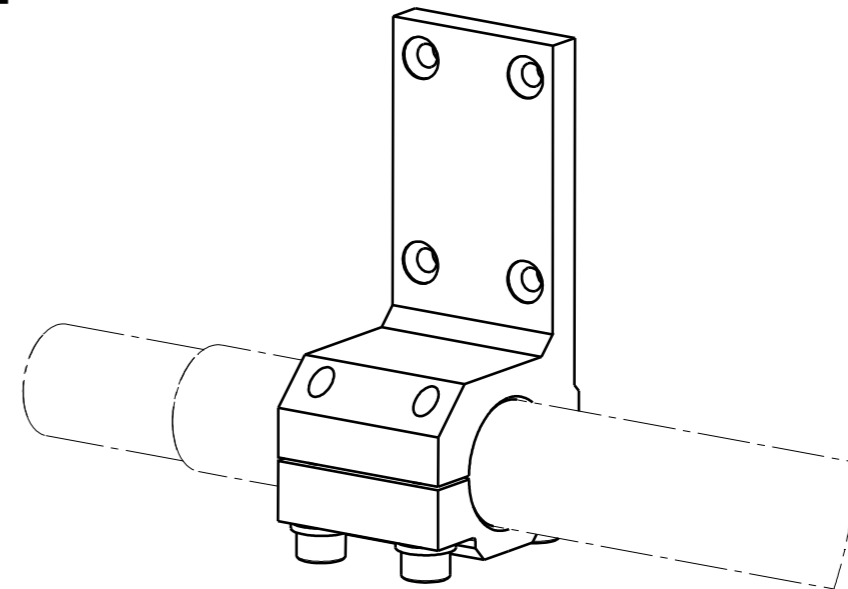
01	BLOK DOLNI-1765x640x 330	SVARENEC PUVODNI	11 523	-	377,41	-	DP-EL-00-0003	-
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C. hmot	Hmot	Cislo vykresu sestavy	Pocet ks
Pos.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R.weig	Assembly drawing no.	Quant.
CAD 2	Datum / Date	Jmeno / Name						
Kresil / Drawn by	04/04/2016	MAJER						
Prezkoušel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:			
1	-	-	-	-				
2	-	-	-	-				
Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file BLOK_DOLNI_PEVNY.CATPart		Projekt / Project:		DP-EL	Meritko / Scale		1:5
	Soubor-vykres / DRW-file BLOK_DOLNI_PEVNY.CATDrawing		C. sestavy / Assembly No.		DP-EL-00-0003			
<b>BLOK DOLNI</b> UPRAVA			Rev.	Cislo vykresu / Drawing NO.		DP-EL-03-0101		Format
Nazev / Title			0	1		Pocet listu / sheets		1

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ





### ISOMETRICKY POHLED 1:2

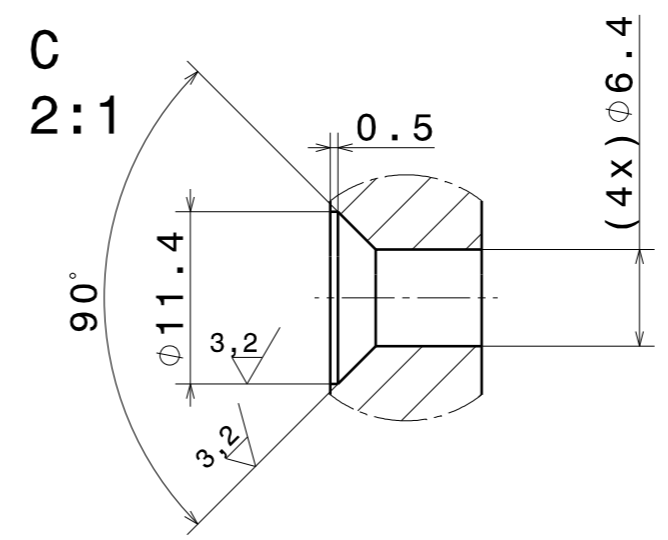
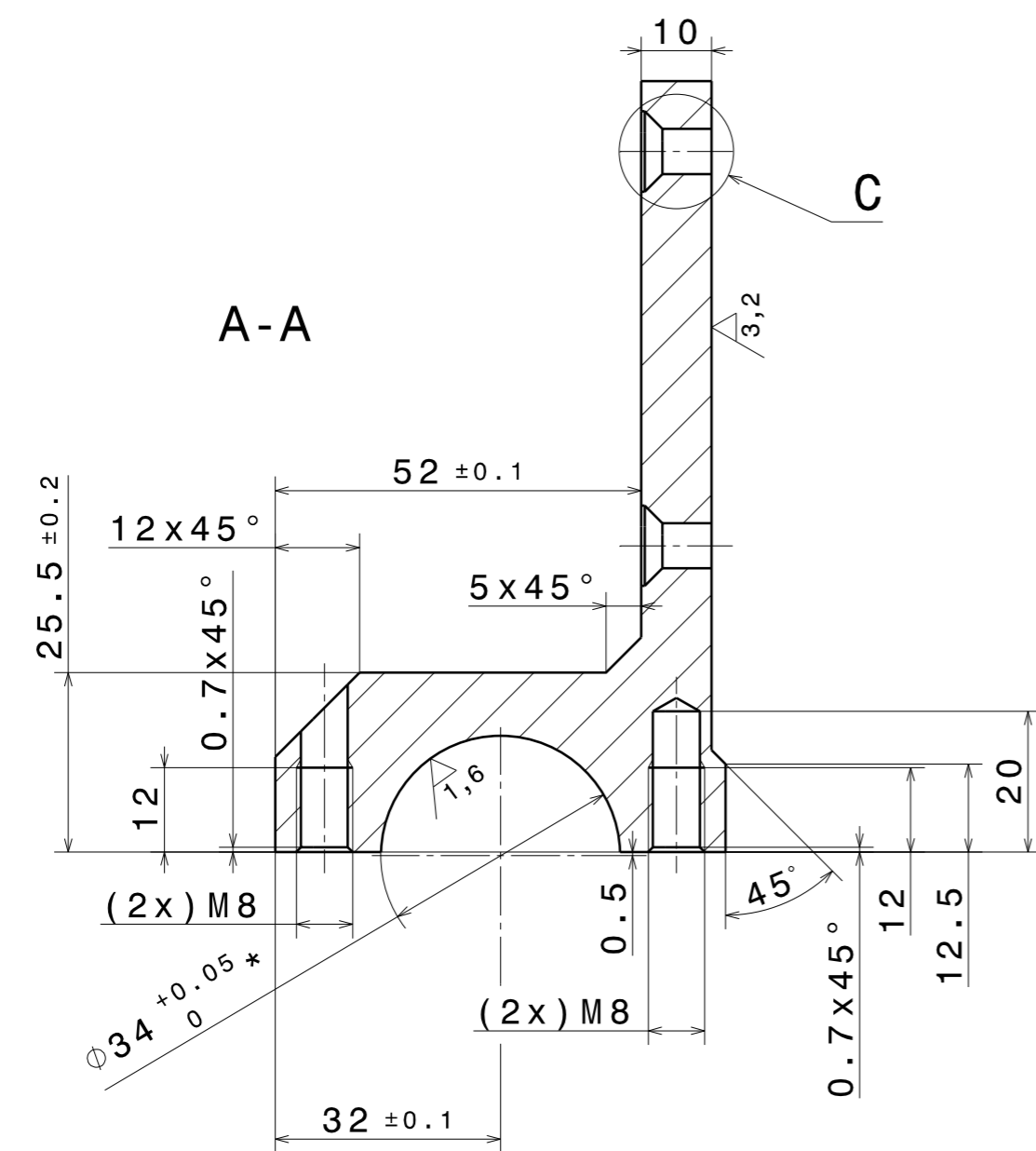
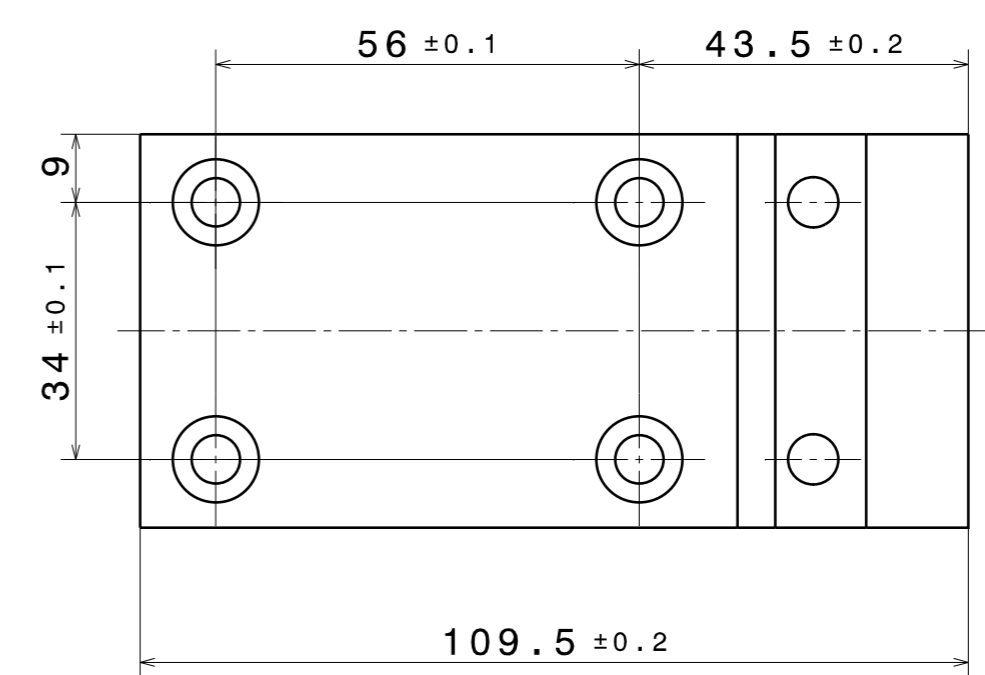
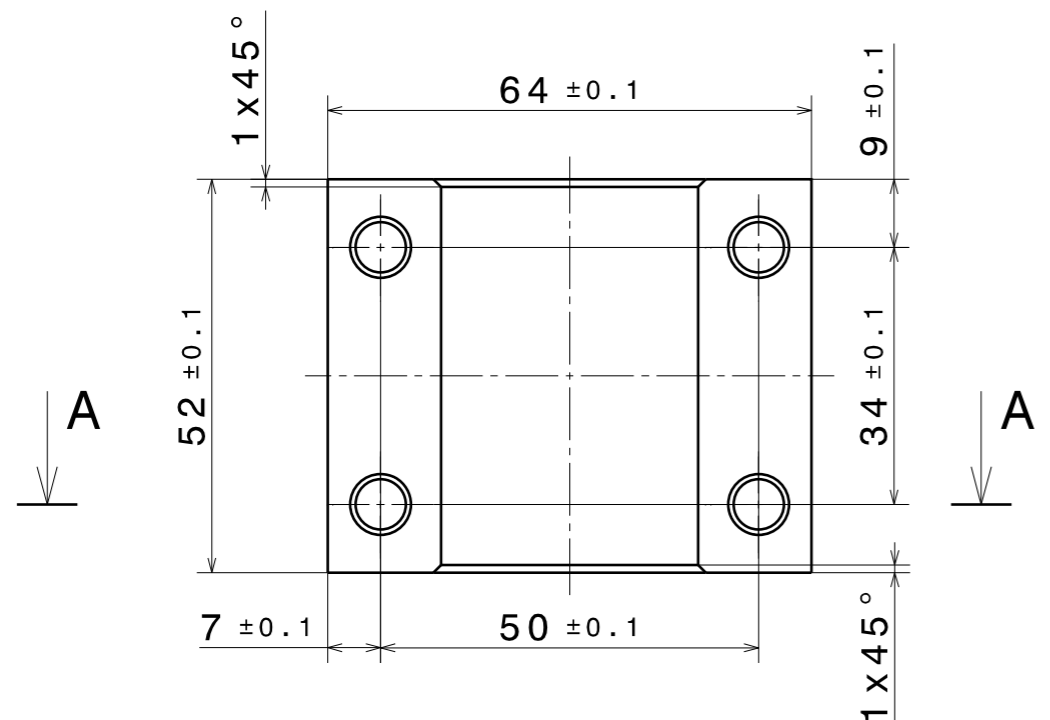


#### SROUB POZICE 03 - UTAHOVACI MOMENT 14 Nm

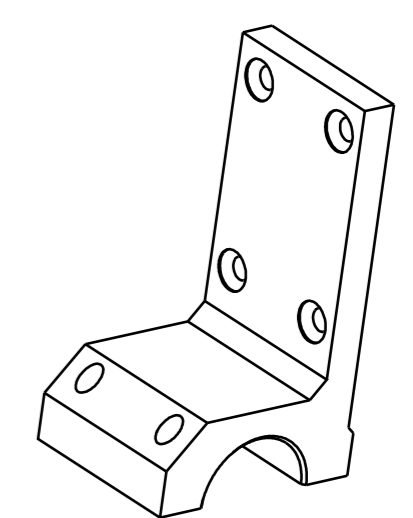
04	PODLOZKA - M8	DIN 125	-	-	0,002	-	-	4
03	SROUB - M8 x 1 - 30	DIN 912	-	-	0,02	-	-	4
02	DESKA SVERNA HORNÍ - 4HR 70 Z - 115	CSN 42 5520.01	11 500	-	0,76	-	DP-EL-06-1102	1
01	DESKA SVERNA SPODNI - PLO 70 x 30 Z - 55	CSN 42 5522.01	11 500	-	0,31	-	DP-EL-06-1101	1
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot	Hlrd	Cislo vykresu	Pocet ks
Pos.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R weig.	Drawing No.	Quant.

CAD 2	Datum / Date	Jmeno / Name		 <b>ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI</b> <b>FAKULTA STROJNÍ</b> <b>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</b>		
Kreslil / D	04/04/2016	MAJER				
WN						
Prezk. / CHK						
Schval. / APP						
Index	Popis zmeny / change	Schval. / APP	Datum	Podpis	Poznámka / Note:	
1	-	-	-	-	-	
2	-	-	-	-	-	
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file SVERNY_SPOJ_1.CATProduct		Projekt / Project DP-EL		Meritko / Scale -	
	Soubor-vykres / DRW-file SVERNY_SPOJ_1.CATDrawing		C. sestavy / Assembly No. DP-EL-06-0008			
			C. hmotnost sestavy / Assembly weight 1			
<b>SVERNY SPOJ LEVY</b>				Rev. 0	Cislo vykresu / Drawing NO. <b>DP-EL-06-0011</b>	Format <b>A3</b>
Nazev / Title -				List / sheet 1	Pocet listu / no.sheet 1	





ISOMETRICKY POHLED  
1:2



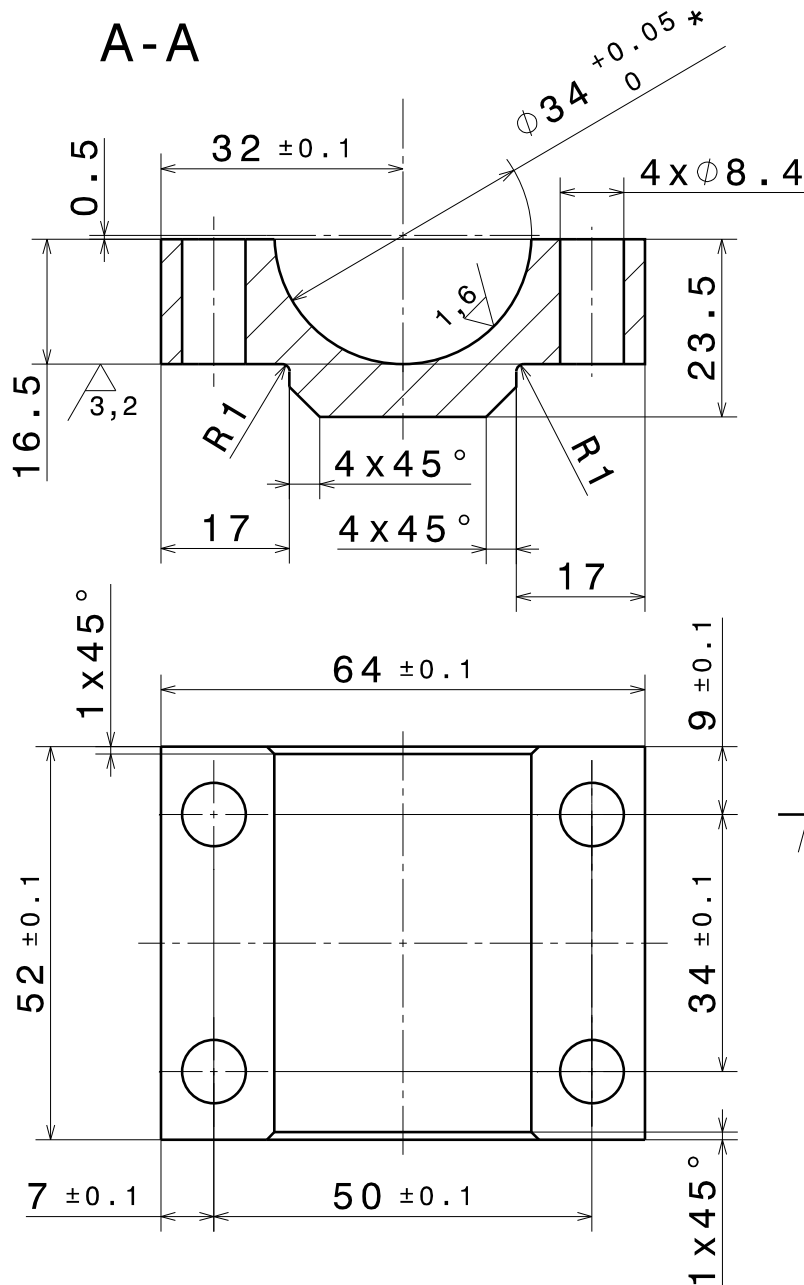
\* OBROBIT SPOLEČNĚ S DP-EL-06-1101

02	4HR 70Z-115	CSN 425520.01	11 500	-	0,76	-	DP-EL-06-0011	-
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C. hmot	H.hmot	Cislo vykresu sestavy	Pocet ks
Pos.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R.weig.	Assembly drawing no.	Quant.
CAD 2	Datum / Date		Jmeno / Name					
Kreslil / Drawn by	04/04/2016		MAJER					
Prezkoušel/ Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:			
1	-	-	-	-	-			
2	-	-	-	-	-			
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file DESKA_SVERNA_22_1.CATPart		Projekt / Project:		DP-EL		Meritko / Scale	
	Soubor-vykres / DRW-file DESKA_SVERNA_2.CATDrawing		C. sestavy / Assembly No.		DP-EL-06-0011		1:1	
<b>DESKA SVERNA HORNÍ</b> Nazev / Title			Rev.	Cislo vykresu / Drawing NO.				Format
			0	<b>DP-EL-06-1102</b>				A3
			List / sheet no.		1		Pocet listu / sheets 1	

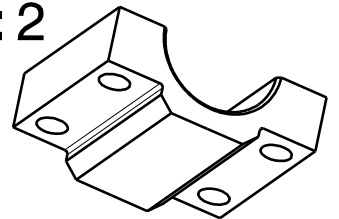
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

A-A



6,3 (✓)



ISOMETRICKY  
POHLED  
1:2



\* OBROBIT SPOLECNE S DP-EL-06-1102

01	PLO 70x30Z-55	CSN 425522.01	11 500	-	0,31	-	DP-EL-06-0011	-
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C. hmot	H.hmot	Cislo vykresu sestavy	Pocet ks
Pos.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R.weig.	Assembly drawing no.	Quant.
CAD 2	Datum / Date	Jmeno / Name		 <b>ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI</b> <b>FAKULTA STROJNÍ</b> <b>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</b>				
Kreslil / Drawn by	04/04/2016	MAJER						
Prezkoušel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:			
1	-	-	-	-	-			
2	-	-	-	-	-			
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file DESKA_SVERNA_12_1.CATPart		Projekt / Project: DP-EL			Meritko / Scale		
	Soubor-vykres / DRW-file DESKA_SVERNA_1.CATDrawing		C. sestavy / Assembly No. DP-EL-06-0011			1:1		
<b>DESKA SVERNA SPODNI</b>			Rev. 0	Cislo vykresu / Drawing NO. DP-EL-06-1101			Format A4	
Nazev / Title -			List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1				